

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

**“COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA FITORREMEDIACIÓN
MEDIANTE EL GERANIO (*Pelargonium hortorum*) Y EL GIRASOL
(*Helianthus annuus*) PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS
PROVENIENTES DE LA CONCESIÓN MINERA MISTER MUKI
DISTRITO SAN RAFAEL, PROVINCIA AMBO, DEPARTAMENTO
HUÁNUCO 2021”**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Cueva Ocaña, Guadalupe Chris

ASESOR: Riveros Agüero, Elmer

HUÁNUCO – PERÚ

2022

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería y tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica.

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniería ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 71870057

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 28298517

Grado/Título: Maestro en administración y gerencia en salud

Código ORCID: 0000-0003-3729-5423

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Calixto Vargas, Simeón Edmundo	Maestro en administración de la educación	22471306	0000-0002-5114-4114
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Vásquez Baca, Yasser	Título oficial de máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental	42108318	0000-0002-7136-697X

D

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 18:30 horas del día 10 del mes de junio del año 2022, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** mediante la plataforma Google Meet integrado por los docentes:

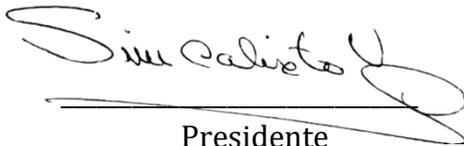
- Mg. Simeón Edmundo Calixto Vargas (Presidente)
- Mg. Frank Erick Cámara Llanos (Secretario)
- Mg. Yasser Vásquez Baca (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N°1103-2022-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **“COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA FITORREMEDIACIÓN MEDIANTE EL GERANIO (*Pelargonium hortorum*) Y EL GIRASOL (*Helianthus annuus*) PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS PROVENIENTES DE LA CONCESIÓN MINERA MISTER MUKI DISTRITO SAN RAFAEL, PROVINCIA AMBO, DEPARTAMENTO HUÁNUCO 2021”**, presentado por la Bach. **Guadalupe Chris CUEVA OCAÑA**, para optar el Título Profesional de Ingeniera Ambiental.

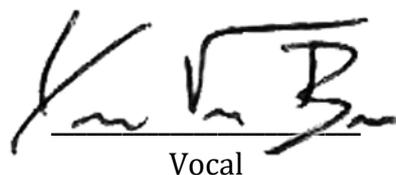
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas, procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándola **APROBADA** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **13** y cualitativo de **SUFICIENTE** (Art. 47)

Siendo las 19:23 horas del día 10 del mes de junio del año 2022, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Presidente


Secretario


Vocal

DEDICATORIA

A Dios, por brindarme fe, salud y fuerza para culminar mi carrera profesional con satisfacción y continuar mi camino, concediéndome también sabiduría en medio de las dificultades.

A mis padres, Remigio Cueva y Reyes y Gloria Edelmira Ocaña Igarza por ser mi principal motivación, apoyo incondicional; además de ser los pilares para el logro de esta meta trazada.

A mis hermanos Omar y Cindy; por alentarme en todo momento a conseguir este propósito.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen de Guadalupe por guiarme en todo momento, por la salud brindada y permitir el cumplimiento de este logro, gracias a su infinita bondad e inacabable misericordia.

A mis padres y hermanos por confiar en mí, gracias por apoyarme y concederme la oportunidad profesional y su propio ejemplo de superación.

A la Universidad de Huánuco, por los años de formación profesional, siendo mi segunda casa donde adquirí diversos conocimientos.

Agradezco a mi asesor Q.F Elmer Riveros Agüero, por su apoyo y valiosas sugerencias.

De igual manera quiero expresar mi agradecimiento a los docentes de la Universidad, al Blgo. Alejandro Rolando, Duran Nieva; al Ing. Miguel Ángel Torres Marquina, por su orientación muy valiosa para el desarrollo de la presente investigación.

Mi eterno agradecimiento a todas aquellas personas que me brindaron soporte, fortaleza, tiempo, paciencia y ser apoyo en los momentos más difíciles.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I.....	14
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	14
1.1. Descripción del problema.....	14
1.2. Formulación del problema.....	16
1.2.1. Formulación del problema general	16
1.2.2. Formulación de los problemas específicos.....	17
1.3. Objetivo general	17
1.4. Objetivos específicos.....	17
1.5. Justificación de la investigación	17
1.6. Limitaciones de la Investigación.....	18
1.7. Viabilidad de la investigación	18
1.7.1. Viabilidad Técnica	18
1.7.2. Viabilidad Económica.....	19
1.7.3. Viabilidad Ambiental.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1. Antecedentes de la investigación.....	20
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	20
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	23
2.1.3. Antecedentes locales.....	26
2.2. Bases teóricas.....	29
2.2.1. Calidad del suelo.....	29

2.2.2. Suelo	30
2.2.3. Indicadores de calidad del suelo.....	31
2.2.4. Propiedades del suelo.....	33
2.2.5. Fitorremediación	36
2.2.6. Plantas remediadoras	39
2.3. Definiciones conceptuales.....	41
2.4. Hipótesis	44
2.4.1. Hipótesis general	44
2.4.2. Hipótesis específicas.....	44
2.5. Variables.....	45
2.5.1. Variable dependiente	45
2.5.2. Variable independiente	45
2.6. Operacionalización de Variables (Dimensiones e indicadores).....	46
CAPÍTULO III	47
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	47
3.1. Tipo de investigación.....	47
3.1.1. Enfoque	47
3.1.2. Alcance o nivel	47
3.1.3. Diseño	47
3.2. Población y muestra	48
3.2.1. Población.....	48
3.2.2. Muestra	48
3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	48
3.3.1. Para la recolección de datos.....	48
3.3.2. Para la presentación de datos	50
3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información.....	51
CAPÍTULO IV.....	52
RESULTADOS	52
4.1. Procesamiento de datos.....	52
4.2. Contraste de hipótesis y prueba de hipótesis.	59
CAPÍTULO V.....	63
DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
CONCLUSIONES	67
RECOMENDACIONES.....	68

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69
ANEXOS	73

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Coordenadas UTM de ubicación del proyecto	19
Tabla 2	Indicadores físicos de la calidad del suelo	32
Tabla 3	Indicadores químicos de la calidad del suelo.....	32
Tabla 4	Indicadores biológicos de la calidad del suelo	33
Tabla 5	Mecanismos de fitorremediación.....	37
Tabla 6	Taxonomía de la especie (Girasol)	40
Tabla 7	Taxonomía de la especie (Geranio).....	41
Tabla 8	Coordenadas UTM de ubicación del proyecto.	48
Tabla 9	Medición del pH inicial y final con la fitorremediación.....	52
Tabla 10	Medición de la Materia Orgánica con el grupo operacional del Girasol	53
Tabla 11	Medición de la Materia Orgánica con el grupo operacional del Geranio	54
Tabla 12	Medición de los metales pesados con el grupo operacional del Girasol.....	55
Tabla 13	Medición de los metales pesados con el grupo operacional del Geranio	55
Tabla 14	Prueba de normalidad en las mediciones usando la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk.....	58
Tabla 15	Estadísticas de grupo.....	59
Tabla 16	Contrastación de la hipótesis con t de Student para muestras independientes	60
Tabla 17	Comparación de la textura antes y después de la fitorremediación	61
Tabla 18	Comparación del pH antes y después de la fitorremediación.....	61
Tabla 19	Comparación de la materia orgánica (M.O.) antes y después de la fitorremediación	61
Tabla 20	Comparación de los metales pesados (M.P.) antes y después de la fitorremediación	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Triangulo textural del suelo	31
Figura 2 Color del suelo.....	34
Figura 3 Textura del suelo	34
Figura 4 Mecanismos de fitorremediación	39
Figura 5 Diferencia de pH inicial y final con ambos grupos operacionales...	52
Figura 6 Diferencia de Materia orgánica en la fitorremediación con Girasol	53
Figura 7 Diferencia de Materia orgánica en la fitorremediación con Geranio	54
Figura 8 Comparación de remoción del Cobre en ambos grupos de fitorremediación	56
Figura 9 Comparación de remoción de plomo en ambos grupos de fitorremediación	56
Figura 10 Comparación de remoción de plomo en ambos grupos de fitorremediación	57

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Reconocimiento del lugar y observación de la zona de intervención del proyecto.....	99
Fotografía 2 Toma de muestras del suelo.....	99
Fotografía 3 Verificación de las diferentes texturas del suelo.....	100
Fotografía 4 Método de partición para la muestra del suelo.....	100
Fotografía 5 Muestras en ex situ.	101
Fotografía 6 Observación del crecimiento de las plantas.	101
Fotografía 7 Mediciones a las plantas (grosor, tamaño, numero de hojas).102	
Fotografía 8 Visita del jurado al lugar de investigación.....	102
Fotografía 9 Medición de la raíz en las plantas.....	103
Fotografía 10 Rotulación de las muestras finales y traslado.	103
Fotografía 11 Determinación de los análisis físicos del suelo – Método de la probeta.....	104
Fotografía 12 Mezcla de la muestra con la solución para la determinación de metales pesados.....	104
Fotografía 13 Análisis de metales pesados con el espectrofotómetro de absorción atómica.....	105
Fotografía 14 Análisis físico del suelo.....	105

RESUMEN

La investigación se desarrolló en el centro poblado de Achcay en el distrito de San Rafael, Huánuco. Tuvo como objetivo Comparar la eficacia de la fitorremediación mediante el uso de dos tipos de plantas el girasol (*Helianthus annuus*) y el geranio (*Pelargonium hortorum*) para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados. La metodología que se empleó fue mixta (enfoque tanto cualitativo y cuantitativo), se trabajó con dos grupos operacionales y cinco repeticiones. Se analizaron propiedades físicas y químicas del suelo de la misma manera tres metales pesados el cobre (Cu), plomo (Pb) y zinc (Zn). Los resultados fueron: en el análisis inicial del suelo, se clasifica en suelo franco arcilloso y en el análisis final un suelo franco arenoso; el pH pasó de 4.96 ligeramente ácido a 8.50 ligeramente alcalino con el *Helianthus annuus*, mientras que con el *Pelargonium hortorum* el pH cambio de 4.96 a 8.25 moderadamente alcalino. El suelo con *Helianthus annuus* tuvo el valor de M.O.=1.08%, mientras que con el *Pelargonium hortorum* tuvo el valor de M.O.=2.37%, también se produjo un efecto significativo en la 6.928ppm de Cu, 55.588ppm de Pb, 40.096ppm de Zn. En conclusión, Las plantas geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) tuvieron resultado en los parámetros: como el pH, la textura del suelo, la materia orgánica y los metales pesados que fueron fitorremediados de manera eficiente.

Palabras claves: *Helianthus annuus*, *Pelargonium hortorum*, fitorremediación, suelo, metal pesado.

ABSTRACT

The research was carried out in the Achcay population center in the district of San Rafael, Huánuco. Its objective was to compare the effectiveness of phytoremediation using two types of plants: sunflower (*Helianthus annuus*) and geranium (*Pelargonium hortorum*) for the recovery of soils contaminated by heavy metals. The methodology used was mixed (qualitative and quantitative approach), working with two operational groups and five replicates. Physical and chemical properties of the soil were analyzed in the same way for three heavy metals: copper (Cu), lead (Pb) and zinc (Zn). The results were: in the initial soil analysis, the soil was classified as clay loam and in the final analysis as sandy loam; the pH went from 4.96 slightly acidic to 8.50 slightly alkaline with *Helianthus annuus*, while with *Pelargonium hortorum* the pH changed from 4.96 to 8.25 moderately alkaline. The soil with *Helianthus annuus* had the value of M.O.=1.08%, while with *Pelargonium hortorum* had the value of M.O.=2.37%, there was also a significant effect on the 6.928ppm of Cu, 55.588ppm of Pb, 40.096ppm of Zn. In conclusion, Geranium (*Pelargonium hortorum*) and sunflower (*Helianthus annuus*) plants had result on the parameters: such as pH, soil texture, organic matter and heavy metals which were phytoremediated efficiently.

Key words: *Helianthus annuus*, *Pelargonium hortorum*, phytoremediation, soil, heavy metal.

INTRODUCCIÓN

El suelo es un producto de las alteraciones, reestructuración y de la forma como se organizan las capas de la parte superior de la corteza terrestre de la tierra bajo el desenvolvimiento de la vida, de la atmosfera y de los cambios de energía que en estas son manifestadas.

Los suelos a lo largo de los años se han ido degradándose, esto se da por las sustancias se acumulan a altos niveles tanto que repercuten de manera negativa sobre el comportamiento de los suelos. Estas sustancias, a altos niveles de concentración, suelen ser tóxicas para los organismos que componen el suelo. Lo que provoca pérdida parcial o total de su productividad.

El suelo percibe impactos negativos a causa de las actividades antropogénicas como la minería y la generación de pasivos ambientales, teniendo como consecuencia la alteración de la superficie de la tierra, contaminando las aguas superficiales, impactando sobre la flora y fauna.

La presente investigación que tiene por título “COMPARACIÓN DE LA EFICACIA DE LA FITORREMEDIACIÓN MEDIANTE EL GERANIO (*Pelargonium hortorum*) Y EL GIRASOL (*Helianthus annuus*) PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS PROVENIENTES DE LA CONCESIÓN MINERA MISTER MUKI DISTRITO SAN RAFAEL, PROVINCIA AMBO, DEPARTAMENTO HUÁNUCO 2021”, se realizó la investigación debido a que existen diversas soluciones con fitorremediación a los diversos problemas que ocurren sobre el suelo.

El trabajo de investigación se desarrolla en los siguientes en cinco capítulos:

En el capítulo I, abarca desde el planteamiento del problema, en el que se describe las principales problemáticas encontradas, así como también los objetivos de la investigación, justificación, limitaciones y viabilidad de la investigación.

En el capítulo II, abarca la descripción de los principales antecedentes encontrados (internacionales, nacionales y locales), además las bases teóricas, definiciones conceptuales, formulación de las hipótesis y operacionalización de las variables.

En el capítulo III, se determinó la metodología para dicha investigación, se definió el tipo de investigación, su enfoque, alcance y diseño; la población y muestra de estudio, técnicas e instrumentos de recolección de datos.

En el capítulo IV, abarca los resultados de toda la investigación, determinándose el procesamiento de datos y la contrastación de hipótesis de la investigación.

En el capítulo V, abarca la discusión de los resultados obtenidos de toda la investigación realizada, conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema

“El suelo un recurso vital, además de ser el soporte físico en la que están asentadas todos los seres bióticos” (Seoánez, 1999). Además, es la primordial fuente de toda materia prima y constituye todos elementos básicos y más importantes en el medio natural.

“Es también un componente totalmente específico de desenvolvimiento de la biosfera ya que es un agente de amortiguación natural que controla el transporte de ciertos elementos y sustancias químicas que viajan hacia la atmosfera, hidrosfera y la biota. entonces, el mantener las funciones ecológicas del suelo queda a la responsabilidad total de la humanidad” (Kabata, 1992).

Según la FAO, el suelo es un cuerpo natural que se compone de capas contenidas con material de mineral de la meteorización, sumado con la materia orgánica, el aire y agua. Llegando a ser producto final del paso del tiempo y que se combina con el clima, el tipo de topografía, los organismos presentes (flora, fauna y el hombre), como también el material parental (roca y mineral originario).

“La contaminación de los suelos es uno de los principales problemas que ocurren (AEMA-PNUMA, 2002) esto está asociado con la incorporación de sustancias que en ciertos niveles de concentración se les considera como no deseables” (Porta et al. 1994).

En la actualidad la minería es un contaminante activo del suelo, agua, aire, flora y fauna. Uno de temas más relevantes es la contaminación del suelo por metales pesados causando efectos nocivos para el hombre, la relación directa en la vegetación lo que lo lleva a degradarlo, además de reducir la cantidad de especies que viven en el suelo, esto también sucede en las plantas puesto que acumulan contaminantes, variaciones en el régimen hídrico del suelo por las alteraciones en el nivel freático, alteraciones por la mezcla de horizontes. Tales efectos tóxicos van a depender de la composición toxicológicas de los contaminantes y de concentración.

La actividad minera en general produce un sin número de contaminantes que vienen a ser gaseosos, líquidos y sólidos, estos de una forma u otra se albergan en el suelo. Tal proceso ocurre por el depósito a la atmósfera como partículas que se sedimentan o son llevadas por el agua de lluvia, el vertimiento directo de los productos líquidos de la minería como también por la infiltración de productos que son lixiviados del entorno: aguas que provienen de minas a cielo abierto y de los escombros.

En el entorno peruano los titulares de la minería son agrupadas en 3 principales regímenes: el general en la que están presentes la gran y mediana minería; la pequeña minería y la minería artesanal.

La gran minería es la que abarca toda operación de cateo, prospección, exploración, desarrollo, extracción, concentración, fundición, refinación y embarque, lo que lo caracteriza por ser casi por completo mecanizada y la explotación de yacimientos de toda índole mundial, casi siempre a tajo abierto. De otro lado, la mediana minería agrupa empresas en las que operan compañías mineras desarrolladas de modo subterráneo, sus características esenciales son el grado de mecanización y su adecuada infraestructura, pese a esto, las operaciones son limitadas a la extracción y concentración de minerales.

“En Perú, la minería artesanal se concentra en 4 zonas geográficas: Madre de Dios, Sur Medio (Ica, Ayacucho y Arequipa), Puno y La Libertad; la que la convierte en la actividad económica primordial. De otro lado, el nivel de inversiones que se requiere es menor basado a la inversión minera en general y, además, su alto precio la hace de rentabilidad. La mayor parte de estos casos, la pobreza es un principal impulsor ya que proporciona unas fuentes de sustento para diversas comunidades rurales. Pese a que al inicio era una actividad secundaria o de refugio se convirtió en una actividad que permanece, y sus características que más resaltan son los usos de tecnología rudimentarias la que depende exclusivamente de la mano de obrera” (Kuramoto, 2001). Pese a esto, el mayor riesgo de la minería artesanal de extracción de oro es el proceso que se sigue en la que usualmente se emplean sustancias tóxicas como el mercurio y

cianuro, lo cual agrava el problema por escasa información sobre los métodos que están a disposición para reducir los impactos negativos sobre el ambiente y la salud humana.

“La fitorremediación como nueva tecnología con la que se implementan especies vegetales para remediar el ambiente de la contaminación es considerado como una alternativa de bajo costo y no invasiva en los métodos convencionales usado para remediar. Hay diferentes formas de fitorremediar, desde la fitoestabilización, la fitoestimulación, fitotransformación, fitofiltración y la fitoextracción. Esta técnica de fitorremediar es sostenible para el medio ambiente además en remover metales pesados en suelos contaminados, es decir la oferta es una tecnología general y amigable con el medio ambiente. Además, en esta herramienta se puede poner toda la confianza que se necesita para que el recurso de la tierra esté en disposición para producir cultivos” (Delgadillo, 2019).

Con la fitorremediación se aprovechan las capacidades de diversas plantas con capacidad de absorber, acumular, metabolizar, volatilizar o estabilizar los contaminantes del suelo, aire, agua o sedimentos como: metales pesados, metales radioactivos, compuestos orgánicos y compuestos de hidrocarburos.

En la presente investigación se pretende contribuir al sustento que se tiene sobre algunas técnicas para tratar los suelos, mediante la experimentación, haciendo uso como plantas fitorremediadoras al girasol y el geranio, siendo una alternativa que permitirá remediar el suelo y restaurar su calidad.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Formulación del problema general

- ¿Cuál es la eficacia de la fitorremediación mediante el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) para la recuperación de suelos provenientes de la concesión minera Mister Muki?

1.2.2. Formulación de los problemas específicos

- ¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*)?
- ¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*)?
- ¿Cuál es el porcentaje de presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*)?

1.3. Objetivo general

- Comparar la eficacia de la fitorremediación mediante el uso de dos tipos de plantas el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados.

1.4. Objetivos específicos

- Evaluar las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*).
- Evaluar las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*).
- Evaluar el porcentaje de presencia de metales pesados del suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*).

1.5. Justificación de la investigación

La contaminación minera en la actualidad es un problema que afecta directamente al ambiente y a la salud humana. El proyecto brinda una alternativa de mitigación de este problema y la recuperación del suelo que es de mucha relevancia.

Con la presente investigación se quiere aportar que en un futuro no afecte a los residentes de Centro Poblado de Achcay ya que sin un Plan de cierre de Mina puede afectar con la presencia de elementos tóxicos a todo el ecosistema.

La actual investigación hace uso de la fitorremediación mejorando la calidad del suelo contaminado por metales pesados, siendo una ecotecnología, muy diferente a las demás técnicas que se limitan en muchos aspectos como el coste económico caro y no son alternativas respetuosas con el medio ambiente.

Lo que se pretende con esta investigación es que se presenten nuevos proyectos haciendo el uso de la fitorremediación, dando soluciones a las diferentes problemáticas de contaminación.

1.6. Limitaciones de la Investigación

- Una de las limitantes que se tuvo fue la carencia de investigaciones regionales sobre Fitorremediación del suelo con metales pesados en la provincia de Huánuco.
- No se cuenta con un laboratorio que se especialice en los análisis de suelo en la ciudad de Huánuco, por ello se tuvieron que enviar las muestras de suelo en estudio hacia la ciudad de Tingo María, para ser trabajadas en el laboratorio de suelos de la UNAS, proporcionando un gasto extra.
- Limitado acceso a la Concesión Minera donde se extrajo el suelo.
- Reducida señal de comunicación ya que la Concesión se encuentra en un lugar alejado.

1.7. Viabilidad de la investigación

La presente investigación desarrollada fue viable por lo expuesto a continuación:

1.7.1. Viabilidad Técnica

Esta investigación demuestra que existen facilidades para la elaboración de la fitorremediación en la cual disminuyes los contaminantes, en un menor tiempo y en pequeñas áreas.

Contando con la asesoría de docentes de la universidad y personal con conocimiento en dicha área.

1.7.2. Viabilidad Económica

La fitorremediación reduce costos porque se trabaja con plantas de la zona.

Las actividades que se programaron desde en todo el proyecto (elaboración, ejecución y presentación) fueron cubiertas íntegramente por el investigador.

1.7.3. Viabilidad Ambiental

La fitorremediación cuenta con un alto grado de eficiencia del suelo, mejorando sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Se trabajó con el geranio y el girasol siendo plantas nativas que se acomodan al terreno y a las condiciones climáticas.

Tabla 1

Coordenadas UTM de ubicación del proyecto

VERTICE	NORTE	ESTE	ALTITUD
Vo.	8866250	369893	3195

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

Hernández et al. (2016) Texcoco - México; en su investigación titulada: *“Acumulación de metales pesados en Helianthus annuus desarrollado en residuos de mina”* **Objetivo** “Evaluación del desarrollo de *Helianthus annuus* L. y su capacidad de extracción de metales pesados en residuos de mina; bajo la influencia de nutrientes y composta, para proponerla como planta fitorremediadora” **Metodología:** “Realizó una caracterización física y química y obtuvo el contenido de metales pesados del jal de mina Dos Carlos. Se experimentó en un invernadero trabajando con material colectado realizando una muestra homogénea para posteriormente colocarlos en macetas de 6 kg cada una evaluando (N, F) y composta”. “Se establecieron 8 tratamientos con 4 repeticiones lo que hace un total de 32 unidades experimentales. La germinación de las semillas se realizó en semilleros con sustrato húmedo con profundidad de 2cm, el trasplante se realizó a los 15 días de siembra”. La evaluación de la planta se realizó cada 15 días (altura, coloración vigor de la planta, peso seco al final del experimento). “Después de realizar la cosecha vegetal se lavó cada muestra con agua potable, se preparó las hojas, tallo y raíz y se guardaron en bolsas de papel, secándose a temperatura ambiente posteriormente se molieron”. La evaluación del tejido vegetal fue realizada por digestión en húmedo y para cuantificar los metales pesados con espectrofotómetro de absorción atómica, metales que fueron cuantificados: Cadmio, Cobre, Manganeseo, Níquel, Plomo y Zinc”. “Resultado estos metales que se concentraron en mayor cantidad en el tallo del girasol fueron el Pb, Zn y Cd, en la hoja del girasol fue la parte donde se acumuló menor cantidad de metales respecto a la raíz y tallo, mientras que en la raíz se concentró Cu, Ni

y Mn en mayor cantidad con respecto al tallo y hoja”. **Concluyendo** “que las propiedades fisicoquímicas de los residuos de mina originaron un deficiente desarrollo del *Helianthus annuus*. Pero, en esas condiciones la planta tuvo capacidad de acumular los metales pesados en su raíz y tallo”.

Álvarez & Sánchez (2019) Bogotá – Colombia; en su investigación titulada: “Prueba piloto para la fitoextracción de cadmio usando *Helianthus annuus* en el suelo proveniente de la vereda el Zaden – mesitas del colegio”. Su **Objetivo** es: “Determinar a través de una prueba piloto la cantidad de Cadmio extraído por *Helianthus annuus* en suelos cultivados con café provenientes de la vereda el Zaden – Municipio de Mesitas del Colegio”. Siendo su **Metodología**: Se realizó el muestreo del área total determinada de la vereda el Zaden, obteniendo una muestra compuesta realizando de esta el análisis de determinación de Cd haciendo uso del fotómetro. Analizando también la caracterización del suelo. Para realizar la prueba piloto se estableció 2 concentraciones experimentales en la que se tuvo como valor inicial de Cd presente en el suelo de cultivos de café cuyo valor es de 0,2 mg/l, en la que se determinó que la concentración de Cd está por debajo del límite para ser detectado por el espectrofotómetro. Trabajando con plantas que fueron sembradas sin cadmio y con concentraciones de cadmio (0.0 y 0.2 mg/l). Realizaron la germinación de semillas, el montaje del semillero, el trasplante de las plántulas a los maceteros teniendo en cuenta el tamaño de la raíz fueron abonadas 1 vez por semana. Para determinar el Cd en el sistema radicular de *Helianthus annuus* se realizó el secado de las raíces y calcinación a 95°C por 2 horas eliminando toda la humedad, para la digestión del exceso de materia orgánica se usó ácido nítrico en concentraciones de 70% en temperatura de 200 °C, en un periodo de 1 hora. Asegurando que quede en la muestra el Cd que se acumuló en la raíz, para la determinar le Cd mediante el fotómetro se hizo una disolución de lo obtenido en la digestión orgánica con la adición agua hasta 50 ml y

se utilizó el kit de Cd. **Resultados:** Se verifica un buen florecimiento en 12 plantas, teniendo una buena estabilidad y una de ellas inestable. El suelo es franco arcilloso limoso y los parámetros fisicoquímicos que se realizaron fueron de M. O 4,7%, carbono de 2,7% lo que evidencia nutrientes en el suelo. La conductividad del suelo fue de 1,8 mS/cm y su Ph 7,2 un suelo neutro. Se evidencio que la capacidad de bioacumulación fue aumentando. El *Helianthus annuus* tiene mayor cantidad de metal en su sistema radicular en la que la planta se encuentra culminando su crecimiento. En la que se **concluye** La especie *Helianthus annuus* tiene la capacidad de fitoextraer cadmio en porcentajes de 50% hasta 75% en la etapa de su crecimiento final.

Queupuan (2017) Santiago de Chile; en su investigación titulada: "Evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de *Atriplex halimus L.*", su **Objetivo** "Evaluar la estrategia de fitorremediación inducida para mitigar la contaminación de suelos por plomo mediante el cultivo de *Atriplex halimus L.*" **Metodología:** "Se trabajó con el suelo de la Comuna de Puchuncaví, Región de Valparaíso, estableciendo 24 macetas de suelo contaminado con Pb (2.950 mg Kg⁻¹) posterior aplicación de ácido cítrico (AC) como agente quelante en diferentes dosis(4g L⁻¹ y 8g L⁻¹) a través del agua de riego". Se realizó la evaluación de la concentración de Pb de la especie *Atriplex halimus L.* en 90 y 180 días de ensayo. **Resultados:** "La aplicación constante del ácido cítrico produjo un aumento significativo en la concentración de plomo (Pb) en la planta. La dosis de 8g L⁻¹, permitió obtener mayor concentración del metal en la planta, logrando 28,6 ± 3,9mg kg⁻¹ en hojas y 200,2 ± 38,8mg Kg⁻¹ en raíces. Observándose que a los 180 días de ensayo la adición de ácido cítrico disminuyó de manera significativa la producción de materia seca en raíces. La especie *Atriplex halimus L.* presentó bajos valores para el índice de transporte a la parte aérea tanto a los 90 como a los 180 días de ensayo". **Conclusiones:** "El suelo presentó una alta concentración

de plomo a nivel de contaminación. Respecto a la distribución en el suelo, se encontró asociado principalmente a carbonatos y óxidos de Fe y Mn equivale a un 82% del total de plomo presente en el suelo. El *Atriplex halimus L.* tiene capacidad para acumular el plomo en las raíces, siendo una especie recomendada para la fitoestabilización de suelos contaminados con plomo”.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Gonzales et al. (2016) Trujillo – Perú, en su investigación titulada: “Fitorremediación de un suelo con exceso de cobre utilizando cuatro especies vegetales; girasol, alfalfa, “geranio “e higuierilla”, su **Objetivo** es: “Determinar la capacidad de fitorremediación de cuatro especies vegetales (*Helianthus annuus* - girasol, *Medicago sativa* - alfalfa, *Pelargonium zonale* - geranio e *Ricinus communis* - higuierilla)”. **Metodología:** “evaluando el suelo agrícola de la campiña Moche, el cual fue contaminado de manera artificial con 0.4 gr de sulfato de cobre (CuSO_4) por kilogramo de suelo. El suelo fue colocado en baldes de 20 litros, donde se procedió a sembrar las 4 especies de vegetales, se realizaron evaluaciones de porcentaje de germinación a los 15 días después de haber sembrado las especies, visualizando y midiendo la altura de las plantas y el análisis de la cantidad de cobre en el suelo al inicio y final del experimento”. Obteniendo como **Resultados**, “la reducción del nivel de cobre en la alfalfa logró bajar el nivel de cobre de 278mg/kg a 77 mg/kg, el geranio redujo el nivel de cobre a 89mg/kg, la higuierilla a 90 mg/kg y el girasol a 119 mg/kg”. **Conclusiones:** Capacidad fitorremediadora con alta eficiencia sobre el exceso de Cu fue la alfalfa seguidamente el geranio, higuierilla y por último el girasol.

Obeso et al. (2021) Trujillo – Perú, en su investigación titulada: “Cultivo de geranio: uso potencial para remover arsénico (As), cadmio (Cd) y cobre (Cu) de suelos contaminados”, su **Objetivo:** “Evaluar la capacidad del geranio para la acumulación y por ende

remoción de arsénico (As), cadmio (Cd) y cobre (Cu) de suelos contaminados”. **Metodología:** “Trabajaron con las muestras de suelo del botadero de la ciudad de Trujillo extrayendo aproximadamente 9 Kg de suelo a una profundidad de 30 cm, se sometió a homogenización y cuarteo para el llenado en las macetas y posterior cultivo ex situ de 3 plantas de geranio por cada maceta”. “Analizaron el suelo cada dos semanas para eso fueron removidas las plantas de las macetas, posteriormente fueron secadas a una temperatura de 140 °C por 24 horas en una estufa UN55 PLUS para ser trituradas y almacenadas hasta su análisis. El análisis del contenido residual de metales en las muestras de suelo se realizó mediante la Espectrometría de Emisión Atómica de Plasmas Acoplado por Inducción (ICP-OES), se pesaron 3 gramos de muestra, las cuales fueron incineradas en una mufla a 550°C durante 4 horas. Las cenizas fueron tratadas con una mezcla de HNO₃ y ácido perclórico, Siendo los residuos finales disueltos en 1 ml de HNO₃, enrasado a 25 ml con agua ultrapura”. **Resultados:** “Al realizar la comparación de las tasas de remoción de los 3 metales, se obtuvo una reducción significativa en las concentraciones de As y Cd y en menor cantidad de Cu, aprovechando la capacidad de remoción de geranio, debido a que cuenta con una mayor productividad de biomasa, lo cual la considera como una planta potencialmente acumuladora de metales, inmovilizándolos en raíces, tallos y hojas y sin el riesgo más adelante de eliminarlos hacia el ambiente”. **Conclusiones:** “El cultivo de geranio se puede utilizar como una herramienta efectiva y económica para la remoción de metales como el As, Cd y Cu”.

Valencia, (2017) Lima – Perú, en su investigación titulada: “Fitorremediación por *Helianthus Annus.L* en la disminución de cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola”; su **Objetivo** es: “Determinar la fitorremediación por *Helianthus annuus. L* para disminuir el cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola”. **Metodología:** “Procesar los resultados de las 4 muestras

de suelos. Se recolectaron 14Kg de muestra de suelos Cuculí, es decir 3.5kg de muestra a cada maceta. Se midió pH, conductividad eléctrica, temperatura, textura, materia orgánica y determinación de metales pesados”. **Resultados:** El potencial de Hidrogeno (pH), desciende desde 8.97 hasta 6.8 se observa este comportamiento en los primeros 4 análisis obteniendo como resultado final el promedio; Conductividad eléctrica incrementa en promedio de 0.223 uS/cm, Materia orgánica (M.O) Incremento en promedio de 0.505%, Concentración de Cu disminuye en promedio de 0.500 ppm.” **Conclusiones:** “Los parámetros fisicoquímicos que se realizan al suelo se encontraron a altas concentración que superaban el ECA, siendo su primer análisis de 2.153 ppm Cu para el tratamiento la técnica de fitorremediación con *Helianthus annuus* funciona como organismo fitorremediador siendo capaz de absorber Cu. Se compararon los pre y post análisis fisicoquímicos de los suelos Cuculí significativamente, donde se obtuvo en 9 días, un PH con valor de 7.71, la conductividad eléctrica se incrementándose en promedio de 0.223 uS/cm, la concentración de cobre en el suelo disminuyó en promedio de 0.500ppm y la materia orgánica en el suelo se incrementó en promedio de 0.505%”.

Ríos (2017) Lima – Perú; en su tesis titulada: “Comparación de las eficiencias fitorremediadoras de las especies *Lolium perenne*, *Pelargonium hortorum* y *Fuertesimalva echinata* en la reducción de la concentración de plomo en suelos agrícolas del distrito de Huamantanga, 2017”, su **Objetivo:** “Comparar las eficiencias fitorremediadoras de las especies Rye grass(*Lolium perenne*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y Malva (*Fuertesimalva echinata*) en la reducción de la concentración del plomo del suelo del distrito de Huamantanga en el periodo de marzo a junio del 2017”. **Metodología:** “Se implementaron 12 macetas con una capacidad de 4 Kg en cada una, se utilizaron 31 Kg de suelo contaminado del distrito de Huamantanga y 9 Kg de suelo control del crecimiento de las especies. El sustrato fue secado y tamizado, incorporando 3 Kg

en las macetas utilizadas para el tratamiento, tanto en las macetas utilizadas como control”. Se instaló 3 grupos experimentales: Rye grass, Geranio y Malva 3 repeticiones por especie con suelo con una concentración inicial del plomo de 402,80 ppm y 3 macetas control por especie. “Se realizaron controles de crecimiento de las 3 especies, por semana (7 días) para que se determine sobre los posibles efectos de las especies al emplear los tratamientos fitorremediadores”. Se determinaron a los 70 días el pH, CE y plomo en el suelo. **Resultados:** “La reducción de la concentración del plomo luego del tratamiento de fitorremediación con las especies Rye grass, Geranio y Malva, se muestra que la especie Rye grass logro reducir la concentración de plomo, mientras que las especies de Geranio y Malva lograron reducir la tercera parte de la concentración de plomo”. **Conclusiones:** Las 3 especies lograron reducir las concentraciones de plomo. Su eficiencia de retención de plomo en el suelo por Rye grass (*Lolium perenne*) es de 75%, Geranio (*Pelargonium hortorum*) 69% y Malva (*Fuertesimalva echinata*) de 68%.

2.1.3. Antecedentes locales

Corpus (2018) en su investigación titulada: “Eficiencia de especies alto andinas como plantas fitorremediadoras de suelos contaminados con metales pesados provenientes de la planta concentradora de minerales Santa Rosa de Jangas, en condiciones de invernadero, 2015- 2016”, siendo su **Objetivo:** “Evaluar la eficiencia fitorremediadora de *Calamagrostis recta* (Kunth) Trin. Ex Steud., *Cortaderia jubata* (Lemoine) Stapf y *Festuca glyceriantha* Pilg. Para suelos contaminados con metales pesados en condiciones de invernadero,2015–2016”. **Metodología:** “Trabajaron con tres repeticiones por cada grupo de tratamiento, siendo su etapa I la propagación de *Calamagrostis recta*, *Cortaderia jubata* y *fetusca*, trasplantando 9 individuos por especie”. “Para la etapa II del tratamiento consistió en 3 tratamientos el Control - turba + arena (3 repeticiones por especie), T1 turba+ arena+ solución de metales

pesados (3 repeticiones) y T2 tierra de la zona minera (3 repeticiones), siendo el sustrato, el material agrícola en el cual crecieron las plantas (las 3 especies vegetales antes mencionadas)". "Se utilizaron 27 macetas, a 18 se los coloco 2 Kg de sustrato previamente preparado con turba y arena y a las 9 macetas que restaban se colocó 2 Kg de suelo que se extrajo de la Planta Concentradora de Minerales Santa Rosa de Jangas, posteriormente se trasplanto una planta por maceta al realizar la cosecha de la planta se evaluó la raíz y parte área en el tiempo inicial, después de una semana se añadió 50 ml de cada solución de metal pesado a cada uno de los 3 maceteros con sustrato de turba + arena por especie". "Realizando el riego cada 3 días, evaluando el tratamiento por un periodo de 4 meses y cada 15 días se midió su altura máxima de cada una de las plantas. Después de los 4 meses se procedió a la colecta de las muestras de la planta y del sustrato de cada tratamiento por especie". Los **Resultados** fueron: "La especie *Calamagrostis recta* (Kunth) Trin. Ex Steud. Presento mayor concentración de Pb en la raíz para el grupo T1 y T2 a pesar de que esta especie presenta menos biomasa y altura que las otras 2 especies. La especie *Cortaderia jubata* (Lemoine)Stapf presentó mayor concentración de Pb y Zn en la raíz para el grupo T1 y T2 respectivamente, esta especie presenta mayor biomasa y altura que los 2 especies más que se evaluaron. La especie *Festuca glyceriantha* Pilg. Presento mayor concentración de Pb y Zn en la raíz para el grupo T1 y T2 respectivamente, esta especie presenta mayor biomasa y altura que *Calamagrostis recta* (Kunth) Trin. Ex Steud". **Conclusiones:** "Las especies evaluadas mostraron una alta eficiencia fitorremediadora, así como su capacidad de acumular más metales pesados en la raíz que la parte aérea. Se determinó la concentración (mg/Kg) de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn en el sustrato, la raíz y la parte área bajo condiciones e invernadero para el grupo T2; y en función a estos valores se tienen que, *Calamagrostis recta*, *Cortaderia jubata* y *Festuca glyceriantha* Pilg. Son plantas indicadoras de Cd, Cu, Ni, Pb y Zn".

Dávila (2020) en su investigación titulada “Recuperación de suelo contaminado por plomo con vetiveria (*Chrysopogon zizanooides*) bajo condiciones de vivero en la Esperanza – Amarilis – Huánuco, Abril – Junio 2019”, su **Objetivo** es: “Determinar la recuperación de suelos contaminados por plomo con vetiveria (*Chrysopogon zizanooides*) en condiciones de vivero en la Esperanza – Amarilis – Huánuco, 2019”. **Metodología**, “Trabajaron con 150 Kg de suelo contaminado con plomo obtenido de una calicata. Teniendo el suelo cernido se apartó 5 kg para cada recipiente en un recipiente de capacidad de 20 Lts, en el cual se incorporó una concentración de 100 mg. Kg-1 de nitrato de plomo al suelo y se mezcló hasta tener un sustrato homogéneo. A los recipientes con sustrato se le introdujo las estacas de vetiveria (30 cm) a una profundidad de 5 cm efectuándose luego el riego ligero para que se enraícen las estacas”. Los **Resultados** fueron: “Evidencia que la densidad de las plantas de vetiveria no influyen en la concentración residual de plomo, no se logró demostrar la absorción de plomo por las plantas de vetiveria. La biomasa aérea de vetiveria indican que el número de macollo, hojas y longitud de hojas por planta solo tienen significación en el mes de septiembre, destacando el tratamiento T3 y en el mes de octubre tuvieron el mismo efecto”. Las **Conclusiones** fueron: “La concentración de plomo en el suelo contaminado son Tratamiento T1 con 67.39ppm, seguido del tratamiento T3 con 44.34ppm t el tratamiento T2 con 42.65ppm”

Solís (2020) en su investigación titulada: “Determinación de la hiperacumulación de metales pesados Cd, Pb y As en la planta nativa (*Baccharis tola Phil*) de la desmontera minera Rumiallana entre los distritos de Yanacancha y Simón Bolívar, Pasco, 2019-2020”, su **Objetivo** es: “Determinar la hiperacumulación de metales pesados Cd, Pb y As en la planta nativa Taya (*Baccharis tola Phil*) de la desmontera minera Rumiallana”. Su **Metodología**: “se tomaron

las 3 plantas de la misma especie para que sean analizadas de las cuales se tomó en cantidades de 200-250g de raíz y parte aérea respectivamente de la planta. Las muestras de suelo fueron las que estaban en contacto directo con las raíces de la planta y fue recogido entre una profundidad de 0 a 30 cm, envasado se realizó en bolsas herméticas con el debido etiquetado”. **Resultados:** Se determina la concentración de metales pesados de la planta Taya en la parte aérea es: 7.61 mg/kg de Cd, 41.14 mg/Kg de Pb y 4.64 mg/kg de As, las concentraciones en la raíz son: 7.48 mg/Kg de Cd, 384.69 mg/Kg y 7.55 mg/Kg de As y en el suelo rizósferico fue: 32.12 mg/Kg de Cd, 5369.44 mg/Kg de Pb y 17.65 mg/kg de As. Se evaluaron criterios de ser planta acumuladora donde el primer criterio determino que están por debajo de los límites requerido siendo menores a 100 mg/Kg y 1000 mg/kg, determinando los factores de bioconcentración y traslocación son inferiores a 1. **Conclusiones:** La planta Taya no llega a cumplir con los criterios de planta hiperacumuladora debido a que las concentraciones en la parte aérea de Cd, Pb y As están muy por debajo del límite requerido”.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Calidad del suelo

Banegas et al., (2014) “está relacionado con las funciones y el uso del mismo, dando atributo a las propiedades físicas, químicas y biológicas. Es la capacidad del mismo de funcionar con su ecosistema y su uso, sustentando la producción biológica, calidad del ambiente, la salud de las plantas, animales y personas”.

“Remarca las funciones del suelo que son promover la productividad del sistema sin perder sus propiedades físicas, químicas y biológicas (productividad biológica sostenible), atenuar contaminantes ambientales y patógenos (calidad ambiental) y favorecer la salud de plantas, animales y personas. También se ha considerado que el suelo es el substrato básico para las plantas, capta, retiene y emite agua y es un filtro ambiental efectivo”.

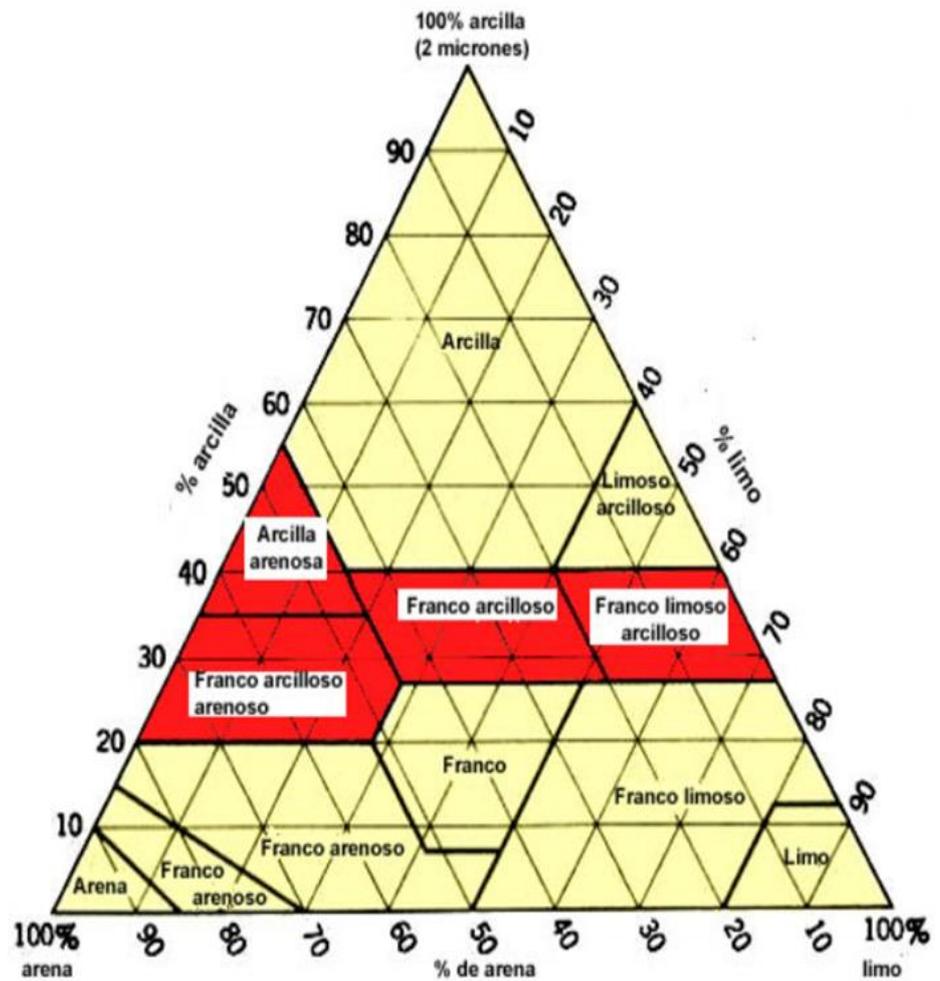
ACTON (1995) menciona que “es la capacidad específica que tiene un suelo para funcionar en un ecosistema natural o antrópico (generado por el hombre), para sostener o mejorar la productividad de las plantas y animales, controlar la polución del agua y del aire, favorecer la salud y la habitación del hombre. Se enfoca en forma integral los efectos que pueden tener sobre el suelo los diferentes usos y las actividades tecnológicas (erosión, salinización, acidificación, pérdida de materia orgánica, contaminación química)”. El concepto de calidad aquí no es sinónimo de producir, es decir el “suelo de mejor calidad es el que produce cultivos de alta calidad, sino que se considera al suelo como parte del sistema ecológico, en el cual interactúa y afecta a otras partes. Siendo entonces la capacidad de producir sin resultar degradado o sin perjudicar al ambiente. La salud de un suelo se determina por la evaluación a través del tiempo de su calidad”.

2.2.2. Suelo

García (2012) “El suelo es un recurso necesario para la vida que permite el desarrollo de las plantas, los animales y el hombre. Por lo general de suelo fértil se refiere a sus propiedades químicas, específicamente a la disponibilidad de los macroelementos primarios (nitrógeno, fósforo y potasio). En los últimos años se han propuesto nuevas definiciones que integran las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, así como su capacidad de ser sostenibles, producir alimentos sanos y mitigar la polución medioambiental”.

Figura 1

Triangulo textural del suelo



Nota. Textura del suelo, “Las partículas de arena varían en tamaño desde 0.005 a 2.0 mm, los limos varían desde 0.002 a 0.05 mm, y la fracción de arcilla está formada por partículas de menos de 0.002 mm”. (Riego et al., 2019).

2.2.3. Indicadores de calidad del suelo

García (2012) Se comprende como una “herramienta de medición que debe ofrecer información sobre las propiedades, procesos y características. Estos se miden para dar seguimiento a los efectos del manejo sobre el funcionamiento del suelo en un periodo dado”.

Tabla 2*Indicadores físicos de la calidad del suelo*

Indicador	Relación con las funciones y condiciones del suelo	Valores o unidades
Textura	Erosión el suelo, retención y transporte de agua y minerales.	% (arena, limo arcilla) posición del paisaje o pérdida del sitio.
Profundidad superficial y raíces	Estimación de la erosión y la productividad potencial.	Cm o m.
Infiltración y densidad aparente	Potencial de lavado; productividad y erosividad	Min/2.5 cm de agua; g/cm ³
Capacidad de retención de agua	Relación con la retención de agua, erosividad y transporte; humedad aprovechable, textura y materia orgánica	%(cm ³ /cm ³), cm de humedad Aprovechable/30 cm, intensidad de precipitación(mm/h)

Nota. Ecosistemas (2004).

Tabla 3*Indicadores químicos de la calidad del suelo*

Indicador	Relación con las funciones y condiciones del suelo	Valores o unidades
Materia Orgánica (C y N total)	Define la fertilidad del suelo; estabilidad y erosión.	Kg de (C o N) / ha.
PH	Define la actividad química y biológica	Se da la comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
Conductividad eléctrica	Define la actividad vegetal y microbiana	Ds/m; Comparación entre los límites superiores e inferiores para la actividad vegetal y microbiana
P, N y K extraíbles	Nutrientes disponibles para las plantas, pérdida potencial de N; productividad e indicadores de la calidad ambiental	Kg/ha; niveles suficientes para el desarrollo de los cultivos

Nota. Ecosistemas (2004).

Tabla 4*Indicadores biológicos de la calidad del suelo*

Indicador	Relación con las funciones y condiciones del suelo	Valores o unidades
Contenido de biomasa microbiana	Potencial catalizador microbiano, reposición de C y N	Kg (C o N) /ha relativo al C y N total o al CO ₂ producido.
Respiración, contenido de humedad y temperatura	Mide la actividad microbiana; estima la actividad de la biomasa	Kg de C/ha d relativo a la actividad de la biomasa microbiana, pérdida de C contra entrada al reservorio total de C
N potencialmente mineralizable	Productividad del suelo y suministro potencial de N	Kg de N/ha d relativo al contenido de C y N total

Nota. Ecosistemas (2004).

2.2.4. Propiedades del suelo

Propiedades físicas

López & Estrada (2015) Define como “propiedades físicas del suelo a aquellas que pueden observarse y/o medirse sin alterar químicamente la composición del suelo”.

- **Color.**

Se puede determinar el origen de material parental, “la presencia de materia orgánica, la capacidad de infiltración y la presencia de sales y carbonato en el suelo. Esta propiedad permite la diferenciación de los perfiles y horizontes del suelo. Sin embargo, no afecta directamente el crecimiento de las plantas, pero modifica la temperatura y humedad del suelo” (FAO, 2019).

- **Porosidad**

“Porcentaje del volumen del suelo ocupado por agua, nutrientes, aire y gases que pueden circular o almacenarse. Esta propiedad puede modificar la capacidad de retención de agua, que afecta la tasa de transpiración y fotosíntesis en las plantas” (Fertilab, 2019).

Figura 2

Color del suelo



Nota. El color del suelo tiene relación directa con la materia orgánica o diferentes minerales que se puedan.

- **Textura**

“Distribución de las partículas (arena, limo y arcilla) del suelo. Un suelo con mayor cantidad de arena es un suelo de textura gruesa, tiene poca capacidad de retención de agua y nutrientes para las plantas. Un suelo de textura fina y presenta alta capacidad de retención de agua y nutrientes es susceptible a la compactación”. (Fertilab 2019).

Figura 3

Textura del suelo

a. Suelo arenoso



b. Suelo arcilloso



c. Suelo limoso



Nota. “El suelo ideal es aquel que tiene textura franca” (Ramírez, 2010).

- **Densidad del suelo**

“Existen dos tipos de densidad; densidad aparente (DA) y la densidad real (DR), la primera corresponde a la relación entre el volumen y el peso seco, incluyendo huecos y poros que contenga, aparentes o no, y la segunda corresponde a la masa de los sólidos sin contar con el volumen que ocupan los poros” (Fertilab, 2019).

Propiedades químicas

- **Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)**

“Capacidad de retención de cationes de las cargas negativas presentes en el suelo” (FAO, 2015). “También es definida como el número total de cationes intercambiables que un suelo en particular puede o es capaz de retener (la capacidad total de carga negativa) Esta propiedad es fundamental pues este valor nos indica el potencial de un suelo para retener e intercambiar nutrientes”.

“Por lo tanto, la CIC proporciona una reserva de nutrientes para reponer los nutrientes que fueron absorbidos por las plantas o lavados de la zona radical” (Fertilab 2019).

- **Conductividad Eléctrica (CE)**

“Capacidad del suelo para conducir corriente eléctrica y dependerá del contenido de sales disueltas o ionizadas en la solución de suelo, a mayor CE mayor contenido de sales (López y Estrada, 2015). Según Warnecke y Krauskopog (1983) un nivel adecuado de CE en sustratos es de 1 a 2 Ds/m y recomiendan el uso de riegos pesados con agua de baja concentración de sales para disminuir la CE de un suelo que tiene problemas de sales” (Fertilab 2019).

- **PH**

Es una propiedad que permite conocer que tan ácida o alcalina es la solución del suelo. La escala de medición del

pH está entre los valores de 0.0 a 14.0. Se dice que son neutros con un pH de 7 (agua pura), menos de 7 es ácido y mayor a 7 es alcalino.

“Los microorganismos del suelo no funcionan con eficacia en suelos ácidos, a medida que disminuye el pH del suelo también disminuye la actividad de los microorganismos que descomponen la materia orgánica y proveen de nutrientes a las plantas” (Info agrónomo, 2018).

2.2.5. Fitorremediación

López - Martínez et al., (2005) Este proceso de fitorremediación permite fijar en el suelo los contaminantes mediante la acumulación y absorción en las raíces de las plantas utilizadas. El primer paso para llevar a cabo un proceso de fitorremediación es escoger “las plantas adecuadas, normalmente especies vegetales que acumulan contaminantes. Conforme las plantas van desarrollando, cambian y estabilizan el suelo, de manera que se disminuye la movilidad de los contaminantes evitando así su migración a otros medios como el aire o el agua”.

Delgadillo – López et al. (2011) Señala que la fitorremediación es un método capaz de asimilar, degradar, detoxificar o metabolizar metales y compuestos orgánicos, mediante la utilización de plantas para el tratamiento in situ o ex situ de suelos, agua contaminadas y sedimentos, basada en los procesos naturales, los cuales degradan y secuestran contaminantes inorgánicos y orgánicos.

Núñez – López et al., (2004) concuerda con la definición anterior, la “fitorremediación puede definirse como una tecnología sustentable basándose en el uso de plantas para reducir la concentración o peligrosidad de contaminantes orgánicos e inorgánicos de suelos, sedimentos, agua y aire a partir de procesos bioquímicos realizados por las plantas y microorganismos asociados a su sistema de raíz que conducen a la reducción, degradación,

volatilización, estabilización de diversos tipos de contaminantes. La fitorremediación está compuesta por dos palabras fito, ta, que en griego significa planta o vegetal, y remediar (del latín remediare), que significa poner remedio al daño, o corregir o enmedar algo. Siendo su significado remediar un daño por medio de plantas o vegetales”.

2.2.5.1. Mecanismos de fitorremediación.

Tabla 5

Mecanismos de fitorremediación

PROCESO	MECANISMOS	CONTAMINANTE
<i>Fitoestabilización</i>	Complejación	Orgánicos e inorgánicos
<i>Fitoextracción</i>	Hiperacumulación	Inorgánicos
<i>Fitovolatilización</i>	Volatilización a través de las hojas	Orgánicos e inorgánicos
<i>Fitoimmobilización</i>	Acumulación en la rizósfera	Orgánicos e inorgánicos
<i>Fitodegradación</i>	Uso de plantas y microorganismos asociados para degradar contaminantes.	Orgánicos
<i>Rizofiltración</i>	Uso de raíces para absorber contaminantes del agua.	Orgánicos e inorgánicos

Nota. Delgadillo et al., (2011).

Según Thangavel y Subhram (2004) “dependiendo del tipo de contaminante, las condiciones del sitio y nivel de limpieza requerido; las tecnologías de fitorremediación se pueden utilizar como medio de contención (rizofiltración, fitoestabilización y fitoimmobilización) o eliminación” (fitodegradación, fitoextracción y fitovolatilización) (Delgadillo et al., (2011).

- **Fitoestabilización**

“Inmoviliza a los contaminantes del suelo a través de su absorción y acumulación en las raíces o bien por precipitación en la zona de la rizosfera. Este reduce la

movilidad de los contaminantes y evita que vayan a parar a las aguas subterráneas o al aire”.

- **Fitoextracción**

Consiste en la absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas; “dando como resultado la limpieza permanente del sitio. Las partes de las plantas donde se acumula y contaminante pueden ser extraídas y destruidas o recicladas. Para considerar viable el proceso es importante que la acumulación del contaminante se realice en la parte aérea de la planta” (fácilmente cosechable).

- **Fitovolatilización**

Se produce a medida que en el crecimiento de las plantas “absorben agua junto con los contaminantes orgánicos e inorgánicos. Algunos de estos pueden llegar hasta las hojas y evaporarse o volatilizarse en la atmosfera. Al volatilizarse son dañinas en menor proporción o menos peligrosas para el ambiente”.

- **Fitoimmobilización**

Reducción de la “disponibilidad” de metales en el suelo, mediante adsorción/absorción, precipitación o quelatación en raíces o rizósfera. “Para contribuir a la disminución de la solubilidad de metales y la re-vegetación de lugares contaminados. El proceso se basa en la habilidad de las raíces y/o microorganismos asociados para impedir el movimiento de contaminantes y su transferencia a la parte aérea de la planta”.

- **Fitodegradación**

También llamado fitotransformación, “basado en el uso de plantas para degradar o transformar, en sustancias menos tóxicas. A través de reacciones enzimáticas que

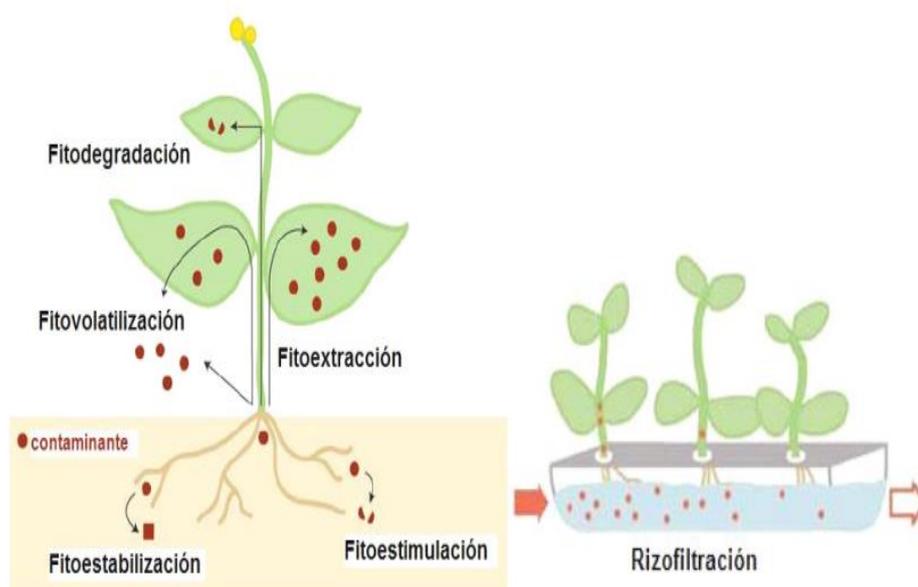
llevan a cabo plantas o microorganismos en la rizósfera, siendo estos contaminantes parcialmente o completamente degradados o transformados”.

- **Rizofiltración**

Es una técnica que utiliza diferentes plantas para eliminar del medio hídrico contaminantes a través de su raíz. Se trabaja de manera “hidropónica cuando el sistema radicular está bien desarrollado se introducen las plantas en el agua contaminada con metales, en donde las raíces los absorben y acumulan. A medida que va avanzando la saturación de las plantas, estas se cosechan y se disponen para su uso fina”l.

Figura 4

Mecanismos de fitorremediación



Nota. Díaz, F (2008).

2.2.6. Plantas remediadoras

“Las plantas (terrestres, acuáticas, leñosas, entre otras) usadas para la fitorremediación, cuentan con propiedades destinadas a

almacenar metales. Convenientemente en el tejido vegetal y raíces, crecen rápidamente y resultan fácilmente cosechables” (Ríos, 2017).

Girasol (*Helianthus annuus*)

Se considera una especie con capacidad de acumular metales y responde con alta biomasa radicular, también acumula concentraciones de metales en sus tejidos (tallo y raíz) con una razonable tolerancia. (García, 2019)

Tabla 6

Taxonomía de la especie (Girasol)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Genero	Helianthus
Especie	Annuus L.

Nota. Se emplea en procesos de fitorremediación acumulando y reciclando metales excesivos en los suelos para promover su limpieza (García, 2019).

Geranio (*Pelargonium hortorum*)

Se considera una “especie hiperacumuladora, este arbusto tiene la capacidad de absorber los contaminantes presentes en el suelo mediante la raíz, tallos y hojas, es considerada especie fitoextractora. Cuenta con grandes índices de tolerancia al contaminante, el geranio tiene la capacidad de absorber y/o retener el contaminante de la siguiente manera Raíz>Tallo>Hojas>Flores” (Ríos, 2017).

Tabla 7

Taxonomía de la especie (Geranio)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Geraniales
Familia	Geraniaceae
Genero	Pelargonium
Especie	Pelargonium Hortorum

Nota. algunos estudios determinan que el geranio es una especie fitoestabilizadora por tener la capacidad de retener el contaminante en las raíces (Ríos, 2017).

2.3. Definiciones conceptuales

- **Suelo**

“Es la capa superficial de la tierra y constituye el medio en el cual crecen y se desarrollan las plantas. Es capaz de aportar nutrientes fundamentales para el crecimiento de vegetales y almacenar agua de lluvias cediéndola las plantas a la medida que necesiten” (INIA, 2015).

- **Contaminante**

“Cualquier sustancia química que no pertenece a la naturaleza de suelo o cuya concentración excede causando efectos nocivos para la salud de las personas y el ambiente” (MINAM, 2013).

- **Suelo contaminado**

“Suelo cuya características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por la presencia de componentes de carácter peligroso de origen humano, en elevada concentración comparte un riesgo para la salud humana o el medio ambiente” (Sabroso – Pastor, 2004).

- **Toxicidad**

“Propiedad de que una sustancia o mezcla de sustancias pueda provocar efectos adversos en la salud o en los ecosistemas” (MINAM, 2013).

- **Fitorremediación**

“Es una tecnología natural donde se emplean 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 el microbiota asociado a sus raíces degradan y/o secuestran contaminantes” (Pilon – Smits, 2005).

- **Fitoextracción**

“Absorción de metales contaminantes mediante las raíces de las plantas y su acumulación en tallos y hojas. Seleccionando especies más adecuadas” (Delgadillo, 2011).

- **Absorción**

“Proceso mediante el cual una sustancia tóxica atraviesa membranas de las células de un organismo a través de la piel, pulmones, tracto”.

- **Rizósfera**

“Es una zona de interacción única y dinámica entre raíces de plantas y microorganismos del suelo. Está caracterizada por el aumento de la biomasa microbiana y su actividad. Promueve un complejo dinámico donde las bacterias y hongos, se asocian con las raíces formando comunidades únicas para la eliminación de toxinas” (Steciow, 2005).

- **Degradación**

“Se define como la pérdida de equilibrio de sus propiedades, lo que limita su productividad en aspectos físicos (erosión), químicos (déficit de nutrientes, acidez, salinidad y otros) y biológicos del suelo” (deficiencia de materia orgánica) (ODPA, 2013).

- **Parámetro**

“Es un elemento de medición, puede ser físico, químico o biológico y forma parte de un Estándar de Calidad Ambiental” (MINAM 2013).

- **Estándar de Calidad Ambiental (ECA)**

“Es la medida que establece el nivel de concentración o del grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, que están presentes en el aire, agua o suelo, en su condición de cuerpo receptor, que no presenta riesgo significativo para la salud de las personas ni la del medio ambiente. Según el parámetro en particular a que se refiera su concentración o grado puede ser expresada en máximos, mínimos o rangos” (MINAM, 2013).

- **Guía para muestreo de suelo – Resolución Ministerial N°085-2014- MINAM**

“La guía de muestreo de suelos determina si existe contaminación en el suelo, su dimensión (extensión horizontal y vertical) de la contaminación en el suelo, la concentración de nivel de fondo y las diferentes técnicas de muestreo, criterios para establecer el número de muestras” (MINAM, 2013).

- **Directrices canadienses para la calidad del suelo para la protección del medio ambiente y salud humana**

“Proporciona directrices sobre la calidad del suelo, datos suficientes y adecuados para calcular la calidad del suelo para la salud ambiental (SQGE) y para la salud humana (SGHH)” (Consejo Canadiense de ministros de Medio Ambiente, 1999).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

- **HA:** El girasol (*Helianthus annuus*) y el geranio (*Pelargonium hortorum*) tienen diferente eficacia en fitorremediar suelos contaminados con metales pesados.
- **H0:** El girasol (*Helianthus annuus*) y el geranio (*Pelargonium hortorum*) tienen igual eficacia en fitorremediar suelos contaminados con metales pesados.

2.4.2. Hipótesis específicas

- **HA₁:** Las propiedades físicas del suelo varían después de la fitorremediación utilizando el girasol (*Helianthus annuus*) y el geranio (*Pelargonium hortorum*).
- **H0₁:** Las propiedades físicas del suelo no varían después de la fitorremediación utilizando el girasol (*Helianthus annuus*) y el geranio (*Pelargonium hortorum*).
- **HA₂:** Las propiedades químicas del suelo varían después de la fitorremediación utilizando el girasol (*Helianthus annuus*) y el geranio (*Pelargonium hortorum*).
- **H0₂:** Las propiedades químicas del suelo no varían después de la fitorremediación utilizando el girasol (*Helianthus annuus*) y el geranio (*Pelargonium hortorum*).
- **HA₃:** Reducen de manera significativa los metales pesados del suelo después de la fitorremediación con el girasol (*Helianthus annuus*) y el geranio (*Pelargonium hortorum*).
- **H0₃:** No reducen de manera significativa los metales pesados del suelo después de la fitorremediación con el girasol (*Helianthus annuus*) y el geranio (*Pelargonium hortorum*).

2.5. Variables

2.5.1. Variable dependiente

- La calidad del suelo.

2.5.2. Variable independiente

- Fitorremediación con las plantas Girasol (*Helianthus annuus*) y el Geranio (*Pelargonium hortorum*).

2.6. Operacionalización de Variables (Dimensiones e indicadores).

TÍTULO: Comparación de la eficacia de la fitorremediación mediante el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) para la recuperación de suelos provenientes de la concesión minera Mister Muki distrito San Rafael, provincia Ambo, departamento Huánuco 2021.

TESISTA: Bach. Cueva Ocaña, Guadalupe C.

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida	Técnicas e instrumentos
Variable Independiente	Tecnología natural donde se emplean plantas para la recuperación de suelos contaminados.	Se realiza la fitorremediación con plantas de la zona como el girasol (<i>Helianthus annuus</i>) y el geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) para la reducción de los contaminantes.	<i>Helianthus annuus</i>	Cantidad de hojas	Unidad	Observación Directa
Fitorremediación con las plantas girasol (<i>Helianthus annuus</i>) y el geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>)			<i>Pelargonium hortorum</i>	Tamaño del tallo	cm	
				Grosor del tallo	cm	
Variable dependiente	Capacidad de un tipo específico de suelo para funcionar dentro de los límites de un sistema natural.	Mediciones que se realizan mediante las muestras de suelo antes y después de la fitorremediación	Metales Pesados	Cobre, Plomo, Zinc	ppm	Análisis de la muestra del suelo
Calidad del suelo			Propiedades Físicas	Textura	Arena-Limo-Arcilla	
			Propiedad Químicas	pH	1:1	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

3.1.1. Enfoque

Mixto; siendo una “investigación que implica un conjunto de procesos de recolección, análisis y vinculación de datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio”. Se empleará métodos cuantitativos por la recolección de datos verificando y comprobando la hipótesis planteada, en base a mediciones numéricas como el resultado del análisis del suelo y análisis estadísticos. “Datos cualitativos porque se utilizó la recolección de datos sin medición numérica, tomando un proceso de interpretación de la investigación realizada” (Hernández, 2014).

3.1.2. Alcance o nivel

“De acuerdo a la naturaleza de la investigación se realizó, el estudio que reúne las características de un estudio explicativo, analizando si es eficiente o no utilizar” las plantas del Girasol (*Helianthus annuus*) y Geranio (*Pelargonium Hortorum*) para la absorción de Metales Pesados en la Concesión Minera Mister Muki, Distrito San Rafael, Provincia Ambo, Departamento Huánuco 2021 (Hernández, 2014).

3.1.3. Diseño

El presente estudio tiene como diseño metodológico el estudio verdadero, esto debido a que el estudio se trabajará con dos grupos experimentales (Supo & zacarias, 2020).

El siguiente esquema ilustra el diseño de experimento verdadero que se va seguir.

GE1: O₁ – X₁ – O₂

GE2: O₁ – X₂ – O₂

- GE1:** Grupo experimental con la planta girasol.
- GE2:** Grupo experimental con la planta geranio.
- O1:** Observación inicial.
- O2:** Observación final.
- X1:** Intervención con la planta girasol.
- X2:** Intervención con la planta geranio.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población

En la presente investigación se consideró como población el suelo de la Concesión minera Mister Muki que se estima un área de 500 m² ubicado en el distrito de San Rafael, provincia y departamento Huánuco.

Tabla 8

Coordenadas UTM de ubicación del proyecto.

VERTICE	NORTE	ESTE	ALTITUD
Vo.	8866250	369893	3195

3.2.2. Muestra

La muestra de estudio va estar constituido por un total de 35 Kg, esta muestra será trabajada de manera ex situ realizando el método de cuarteo el cual consistirá en tomar muestras de 1.5 Kg, los cuales serán ubicados en envases específicos para poder realizar el estudio.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.3.1. Para la recolección de datos

Se trabajó de acuerdo a la Normativa correspondiente, la Guía de muestreo de suelos R.M N°085-2014-MINAM y el D.S. N°002-2013 MINAM.

Etapas preliminar

En primer lugar, se realizaron diversas visitas a la zona de estudio para el estudio de la zona y obtener datos preliminares

como: rutas de acceso, los puntos de ubicación, distancia de la zona. Posteriormente se siguieron realizando visitas para la toma de las muestras.

Etapas de trabajo de campo

- Muestreo de suelos

Se establecieron los puntos de muestreo tanto para el análisis inicial como también para el proceso de fitorremediación, de acuerdo a las normativas basándonos en un MUESTREO DE IDENTIFICACIÓN (MI) teniendo como objetivo “la existencia de contaminación del suelo a través de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo supera o no los Estándares de Calidad Ambiental”.

El número mínimo de puntos de muestreo está de acuerdo al área potencial de interés, que en este caso es de 500 m² obteniendo un total de 6 puntos de muestreo.

La profundidad del muestreo es según el uso del suelo, basándonos en un suelo extractivo que tendría profundidad de 0-10 cm y en calicatas de 30x30 cm.

El área de contaminación es de forma irregular, las muestras y su distribución se realizaron de acuerdo al lugar una muestra por cada 15 – 20 metros lineales en las paredes del perímetro y 2 en el fondo.

Las tomas de muestras superficiales se realizaron tomando la partición de muestras, la cantidad original en primera partición, $\frac{1}{2}$ muestra en segunda partición, $\frac{1}{4}$ de muestra en tercera partición.

Luego de la toma de muestras se procedió a trasladar las muestras en bolsas de polietileno.

Materiales:

Cinta Métrica, pala recta, tamizador, picota, plástico de 2m, bolsas de polietileno, barrilejo, GPS, cámara fotográfica.

- Preparación del terreno

Se preparó el terreno donde se llevó la muestra ex situ, poniendo la muestra de suelo en bolsas de 1.5 Kg con las semillas de girasol (*Helianthus annuus*), Geranio (*Pelargonium hortorum*) y el testigo que fue el maíz (*Zea maíz*)

- Control de muestras

El control que se realizaba en el ambiente era de temperatura y humedad dos veces al día durante 90 días, los horarios eran a las 08:00 am y 13:00pm.

Los controles en las plantas se realizan semanalmente, verificando el tamaño, grosor y número de hojas.

Materiales:

Termómetro ambiental, cinta métrica, calibre, hojas de verificación.

- Análisis de suelo:

Se procedió a cabo de 90 días a llevar los suelos fitorremediados a un nuevo análisis de suelo, trasladando 5 muestras de suelo con la planta geranio (*Pelargonium hortorum*), 5 muestras de suelo con la planta girasol (*Helianthus annuus*), 1 muestra de testigo con la planta Maíz (*Zea mays*) al laboratorio de la Universidad Agraria de la Selva donde se realizaron los muestreos de M.O, pH, (N, P, K), Textura del suelo, metales pesados (Cu, Zn, Pb).

3.3.2. Para la presentación de datos

Datos presentados en la investigación de manera cuantitativa y cualitativa:

Los datos cuantitativos: representación en tablas y gráficos del análisis estadístico.

Los datos cualitativos, comprende las informaciones proporcionadas en el marco metodológico, a partir de diferentes autores con sus revisiones bibliográficas, englobando toda la información descriptiva.

Llevando así a facilitar los resultados y discusiones de la investigación.

3.4. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

Los datos fueron obtenidos durante 90 días, los análisis de laboratorio con una duración de 20 días.

Con la obtención de los datos obtenidos en campo y con su respectivo análisis se procesaron en forma digital elaborando tablas y gráficos estadísticos; obteniendo los resultados.

Las informaciones numéricas de las muestras fueron procesadas estadísticamente, siguiendo el diseño de SPSS versión 25.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.1. Procesamiento de datos

Propiedades fisicoquímicas del suelo de la concesión minera Mister Muki

Tabla 9

Medición del pH inicial y final con la fitorremediación

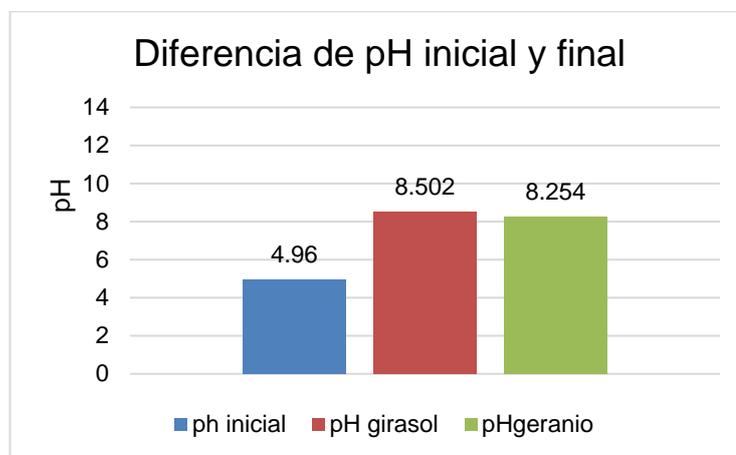
Medición	Grupo	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				Límite inferior	Límite superior
pH - inicial	Girasol	4,9600	0,0000	4,9600	4,9600
	Geranio				
pH - final	Girasol	8,5020	0,04091	8,3884	8,6156
	Geranio	8,2540	0,02750	8,1777	8,3303
Diferencia	Girasol	3,5420	0,04091	3,4284	3,6556
	Geranio	3,2940	0,02750	3,2177	3,3703

Nota: Elaboración propia, a partir de la medición y análisis realizado con la fitorremediación.

En la tabla se muestra que el grupo de estudio correspondiente al Girasol ocasionó una diferencia mayor sobre el pH, que la que ocasionó el grupo correspondiente al Geranio, esto en una descripción estadística.

Figura 5

Diferencia de pH inicial y final con ambos grupos operacionales



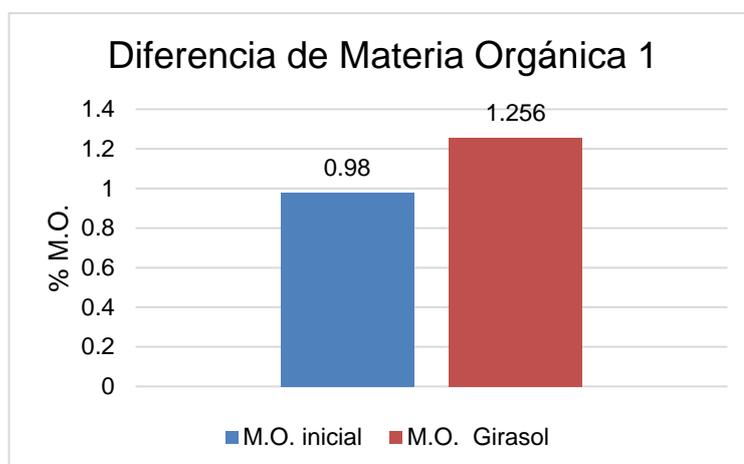
Nota: la diferencia del pH después del tratamiento es notorio y más favorable con el Girasol.

Tabla 10*Medición de la Materia Orgánica con el grupo operacional del Girasol*

Grupo operacional 1	Medición	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				Límite inferior	Límite superior
Girasol	M.O. inicial	0,9800	0.00000	0,9800	0,9800
	M.O. Final	1,2560	0.24923	1,1013	1,4107
	Dif. M.O.	0.1040	0,00812	0.0814	0.1266
	N. Inicial	0,0500	0.00000	0,0500	0,0500
	N. Final	0,0520	0,00200	0,0464	0,0576
	Dif. N.	0.0020	0,00200	-0.00360	0.00760
	P. Inicial	5,3500	0.00000	5,3500	5,3500
	P. Final	10,1180	0,16919	9,6483	10,5877
	Dif. P.	4.7680	0,16919	4.2983	5.2377
	K. Inicial	77,8700	0.00000	77,8700	77,8700
	K. Final	136,1420	1,09226	133,1094	139,1746
	Dif. K.	58.27200	1.09226	55.23940	61.30460

Nota: Elaboración propia, a partir de la medición y análisis realizado con la fitorremediación.

La tabla muestra un incremento de la Materia Orgánica y sus componentes, sobre el suelo sometido a la fitorremediación con el Girasol.

Figura 6*Diferencia de Materia orgánica en la fitorremediación con Girasol*

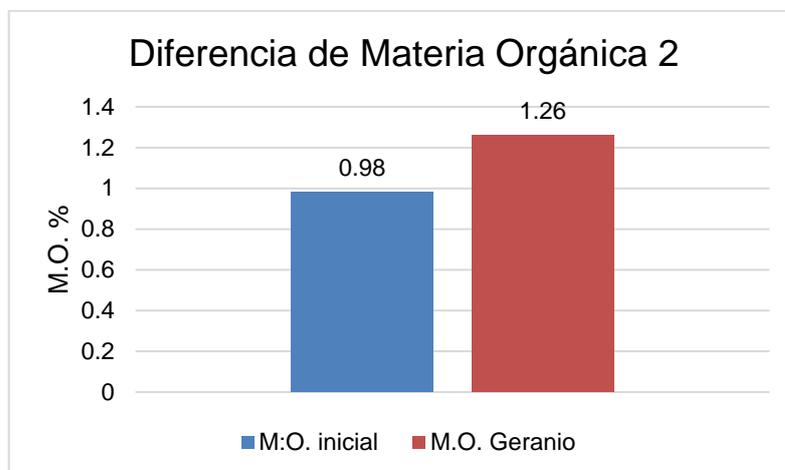
Nota: Estadísticamente el incremento de la materia orgánica es favorable para el suelo en la fitorremediación con el Girasol.

Tabla 11*Medición de la Materia Orgánica con el grupo operacional del Geranio*

Grupo operacional 2	Medición	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				Límite inferior	Límite superior
Geranio	M.O. inicial	0.98000	0.00000	0.98000	0.98000
	M.O. Final	2.36800	1.08916	-0.65600	5.39200
	Dif. M.O.	1.38800	1.08916	-1.63600	4.41200
	N. Inicial	0.05000	0.00000	0.05000	0.05000
	N. Final	0.06200	0,00200	-0.03620	0.27220
	Dif. N.	0.01200	0,00200	-0.08620	0.22220
	P. Inicial	5.35000	0.00000	5.35000	5.35000
	P. Final	8.21800	0.13477	7.84380	8.59220
	Dif. P.	2.86800	0.13477	2.49380	3.24220
	K. Inicial	77.87000	0.00000	77.87000	77.87000
	K. Final	105.69200	1.99579	100.15080	111.23320
	Dif. K.	27.82200	1.99579	22.28080	33.36320

Nota: Elaboración propia, a partir de la medición y análisis realizado con la fitorremediación.

La tabla muestra un incremento de la Materia Orgánica y sus componentes, en mayor proporción que el grupo de girasol, sobre el suelo sometido a la fitorremediación.

Figura 7*Diferencia de Materia orgánica en la fitorremediación con Geranio*

Nota: Estadísticamente el incremento de la materia orgánica es mayor que el grupo 1 (Girasol) para el suelo en la fitorremediación con el Girasol.

Tabla 12*Medición de los metales pesados con el grupo operacional del Girasol*

Grupo operacional 1	Medición	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				Límite inferior	Límite superior
Girasol	Cu inicial	1273.69000	0.00000	1273.6900	1273.6900
	Cu Final	576.10800	2.96570	557.69600	594.52000
	Dif. Cu	-697.58200	2.96570	-715.99400	-679.17000
	Pb Inicial	72.25000	0.00000	72.25000	72.25000
	Pb Final	36.80400	0.28899	36.00160	37.60640
	Dif. Pb	-35.44600	0.28899	-36.24840	-34.64360
	Zn Inicial	106.30000	0.00000	106.3000	106.30000
	Zn Final	42.9520	0.22661	41.5484	44.3556
	Dif. Zn	-63.86000	0.22661	-64.7516	-61.9444

Nota: Elaboración propia, a partir de la medición y análisis realizado con la fitorremediación.

La tabla muestra estadísticamente una diferencia de los metales pesados inicial y final, teniendo efecto en todas las medidas para el grupo que fue sometido a la fitorremediación con el Girasol.

Tabla 13*Medición de los metales pesados con el grupo operacional del Geranio*

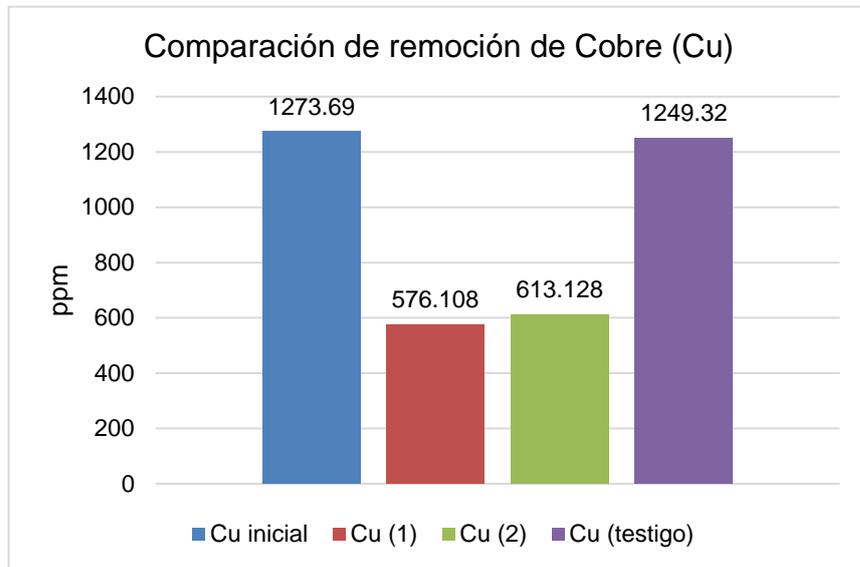
Grupo operacional 2	Medición	Media	Error estándar	95% del intervalo de confianza para la media	
				Límite inferior	Límite superior
Geranio	Cu inicial	1273.69000	0.00000	1273.69000	1273.69000
	Cu Final	626.92800	1.86010	582.48230	671.37370
	Dif. Cu	-646.76200	1.86010	-691.20770	-602.31630
	Pb Inicial	72.25000	0.00000	72.25000	72.25000
	Pb Final	55.58800	1.35740	51.81930	59.35670
	Dif. Pb	-16.66200	1.35740	-20.43070	-12.89330
	Zn Inicial	106.30000	0.00000	106.30000	106.30000
	Zn Final	40.09600	0.44625	38.85700	41.33500
	Dif. Zn	-66.20400	0.44625	-67.44300	-64.96500

Nota: Elaboración propia, a partir de la medición y análisis realizado con la fitorremediación.

La tabla muestra estadísticamente una diferencia de los metales pesados inicial y final, teniendo efecto en todas las medidas para el grupo que fue sometido a la fitorremediación con el Geranio.

Figura 8

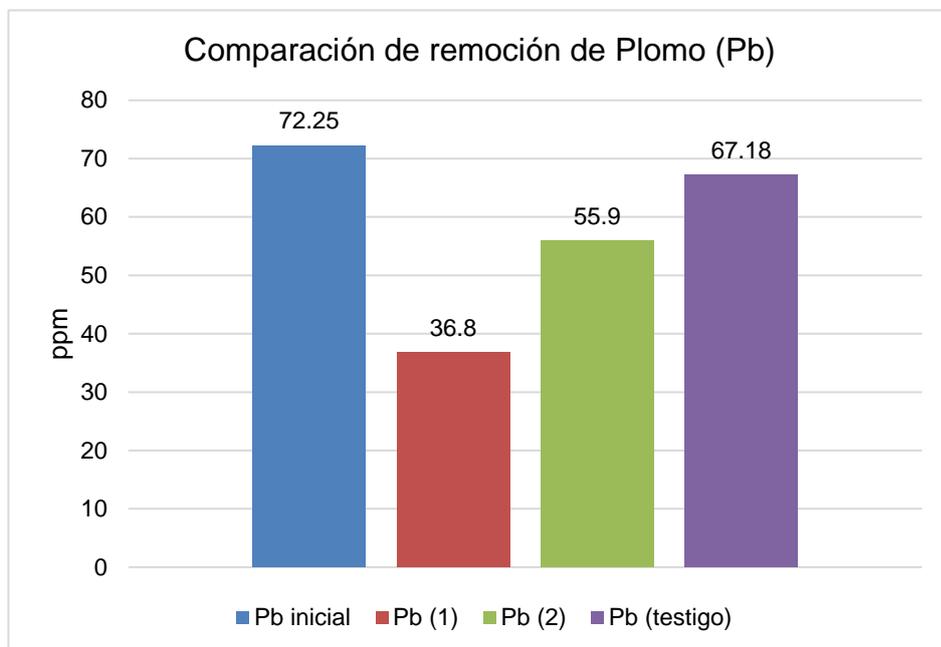
Comparación de remoción del Cobre en ambos grupos de fitorremediación



Nota: Es notorio que el grupo operacional del Girasol (1) tuvo mejor efecto que el grupo del Geranio (2) en remover el cobre, además el maíz (testigo) usado tuvo mínimo efecto.

Figura 9

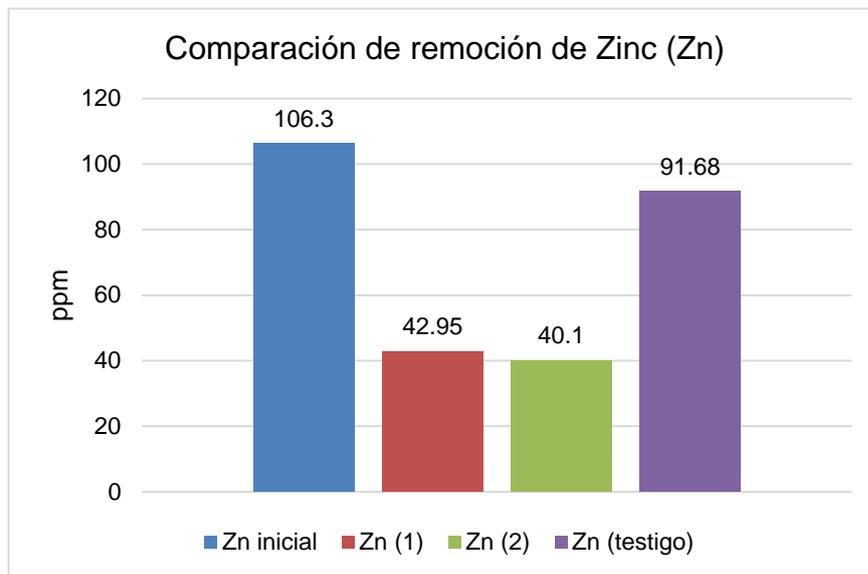
Comparación de remoción de plomo en ambos grupos de fitorremediación



Nota: Es notorio que el grupo operacional del Girasol (1) tuvo mejor efecto que el grupo del Geranio (2) en remover el plomo, además el maíz (testigo) usado tuvo un mínimo efecto.

Figura 10

Comparación de remoción de plomo en ambos grupos de fitorremediación



Nota: Es notorio que el grupo operacional del Girasol (1) tuvo mejor efecto que el grupo del Geranio (2) en remover el Zinc, además el maíz (testigo) usado tuvo un mínimo efecto.

Tabla 14

Prueba de normalidad en las mediciones usando la prueba de Kolmogorov-Smirnov y Shapiro-Wilk

Diferencia	Grupo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
pH (final – inicial)	Girasol	0,277	5	0,200*	0,842	5	0,172
	Geranio	0,310	5	0,131	0,862	5	0,236
MO (final – inicial)	Girasol	0,213	5	0,200*	0,963	5	0,826
	Geranio	0,319	5	0,106	0,800	5	0,081
P (final – inicial)	Girasol	0,262	5	0,200*	0,929	5	0,587
	Geranio	0,297	5	0,170	0,914	5	0,495
K (final – inicial)	Girasol	0,203	5	0,200*	0,916	5	0,504
	Geranio	0,250	5	0,200*	0,950	5	0,737
Cu (final – inicial)	Girasol	0,239	5	0,200*	0,954	5	0,763
	Geranio	0,260	5	0,200*	0,867	5	0,253
Pb (final – inicial)	Girasol	0,201	5	0,200*	0,977	5	0,920
	Geranio	0,176	5	0,200*	0,988	5	0,974
Zn (final – inicial)	Girasol	0,214	5	0,200*	0,903	5	0,424
	Geranio	0,331	5	0,076	0,838	5	0,159

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

Nota: Elaboración propia partiendo de las mediciones realizadas en la fitorremediación.

A partir de la Sig. Asintótica bilateral (p-valor) que se obtuvo en la prueba de normalidad, se observa que los datos cumplen con el supuesto de normalidad, por lo que se contempla un procedimiento estadístico paramétrico para el análisis de estos datos. Se elige la prueba denominada t de Student para muestras independientes.

4.2. Contraste de hipótesis y prueba de hipótesis.

Para determinar los efectos favorables sobre y la remoción de metales pesados del suelo de la concesión minera Mister Muki es necesario el planteamiento una hipótesis de investigación, el cual presenta el análisis de los indicadores que evidencian la fitorremediación:

H1: El geranio y el girasol tienen diferente eficacia en fitorremediar suelos contaminados con metales pesados

La hipótesis nula (**H₀**) es la que se opone a la hipótesis alterna (**H_A**)

Nivel de significancia: 5% = 0.05

Cálculo del p-valor

Tabla 15

Estadísticas de grupo

Diferencia	Grupo	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
pH (final – inicial)	Girasol	5	3,5420	0,09149	0,04091
	Geranio	5	3,2940	0,06148	0,02750
MO (final – inicial)	Girasol	5	0,1040	0,01817	0,00812
	Geranio	5	0,2760	0,12462	0,05573
P (final – inicial)	Girasol	5	4,7680	0,37831	0,16919
	Geranio	5	2,8680	0,30136	0,13477
K (final – inicial)	Girasol	5	58,2720	2,44237	1,09226
	Geranio	5	27,8220	4,46271	1,99579
Cu (final – inicial)	Girasol	5	-697,5820	14,82847	6,63150
	Geranio	5	-660,5620	9,30052	4,15932
Pb (final – inicial)	Girasol	5	-35,4460	0,64620	0,28899
	Geranio	5	-16,6620	3,03523	1,35740
Zn (final – inicial)	Girasol	5	-63,3480	1,13045	0,50555
	Geranio	5	-66,2040	0,99784	0,44625

Nota: Elaboración propia partiendo de las mediciones y el procesamiento de los datos realizadas en la fitorremediación.

Tabla 16*Contrastación de la hipótesis con t de Student para muestras independientes*

Prueba de muestras independientes						
prueba t para la igualdad de medias						
Diferencia	Grupo	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar
pH (final – inicial)	Girasol	5,031	8	0,001	0,24800	0,04930
	Geranio	5,031	7,001	0,002	0,24800	0,04930
MO (final – inicial)	Girasol	-3,054	8	0,016	-0,17200	0,05632
	Geranio	-3,054	4,170	0,036	-0,17200	0,05632
P (final – inicial)	Girasol	8,784	8	0,000	1,90000	0,21631
	Geranio	8,784	7,619	0,000	1,90000	0,21631
K (final – inicial)	Girasol	13,384	8	0,000	30,45000	2,27513
	Geranio	13,384	6,199	0,000	30,45000	2,27513
Cu (final – inicial)	Girasol	-4,729	8	0,001	-37,02000	7,82794
	Geranio	-4,729	6,725	0,002	-37,02000	7,82794
Pb (final – inicial)	Girasol	-13,535	8	0,000	-18,78400	1,38782
	Geranio	-13,535	4,362	0,000	-18,78400	1,38782
Zn (final – inicial)	Girasol	4,235	8	0,003	2,85600	0,67433
	Geranio	4,235	7,879	0,003	2,85600	0,67433

Nota: Elaboración propia partiendo de las mediciones y el procesamiento de los datos realizadas en la fitorremediación.

La significancia asintótica bilateral (p-valor) obtenida que se puede apreciar y considerando un nivel de significancia de 5% (0.05), esto es un indicativo que la prueba nos indica que existe diferencia en cada uno de los parámetros evaluados, con lo que se acepta la hipótesis alterna.

Tabla 17*Comparación de la textura antes y después de la fitorremediación*

Grupo Operacional	Textura inicial	interpretación	Textura final	interpretación
<i>Girasol</i>		Presente bastante		Normalmente suele sobrecargarse con poca agua y se seca rápidamente
<i>Geranio</i>	Franco	arcilla del	Franco	
<i>Testigo (Maíz)</i>	Arcilloso	considerado optimo	arenoso	

Nota: interpretación emitida por el laboratorio de análisis de suelo UNAS.

Tabla 18*Comparación del pH antes y después de la fitorremediación*

Grupo Operacional	pH inicial	interpretación	pH final	interpretación
<i>Girasol</i>		Fuertemente ácido para	8.50	Ligeramente alcalino
<i>Geranio</i>	4.96	suelo lo cual reduce la actividad microbológica	8.25	Moderadamente alcalino
<i>Testigo (Maíz)</i>		y desarrollo vegetal	7.73	Neutro; aceptable para el desarrollo vegetal

Nota: interpretación emitida por el laboratorio de análisis de suelo UNAS.

Tabla 19*Comparación de la materia orgánica (M.O.) antes y después de la fitorremediación*

Grupo Operacional	M.O. inicial	interpretación	M.O. final	interpretación
<i>Girasol</i>		Bajo para	1.08 %	Bajo para suelo agrícolas y/o desarrollo de las plantas
<i>Geranio</i>	0.98 %	suelo agrícolas y/o desarrollo de las plantas	2.37 %	Medio para suelo agrícolas y/o desarrollo de las plantas
<i>Testigo (Maíz)</i>			1.04 %	Bajo para suelo agrícolas y/o desarrollo de las plantas

Nota: interpretación emitida por el laboratorio de análisis de suelo UNAS, considerando que el porcentaje de Materia Orgánica (%) es Bajo < 2; Medio 2.0 - 4.0 y Alto > 4.

Tabla 20

Comparación de los metales pesados (M.P.) antes y después de la fitorremediación

Grupo Operacional	M.P. inicial	interpretación	M.P. final	interpretación
<i>Girasol</i>	Cu = 1273.69 ppm	Por encima de las Directrices Canadienses para la calidad del suelo	Cu = 576.108 ppm	Por encima de la Directrices Canadienses
<i>Geranio</i>			Cu = 626.928 ppm	Por encima de las Directrices Canadienses
<i>Testigo (Maíz)</i>			Cu = 1249.32 ppm	Por encima de las Directrices Canadienses
<i>Girasol</i>	Pb = 72.25 ppm	Sobrepasa el ECA para suelo agrícola	Pb = 36.804 ppm	Por debajo del ECA para suelo agrícola
<i>Geranio</i>			Pb = 55.588 ppm	Por debajo del ECA para suelo agrícola
<i>Testigo (Maíz)</i>			Pb = 67.18 ppm	Por debajo del ECA para suelo agrícola
<i>Girasol</i>	Zn = 106.255 ppm	Dentro del rango del ECA para suelo agrícola	Zn = 52.44 ppm	Dentro del rango del ECA para suelo agrícola
<i>Geranio</i>			Zn = 40.096 ppm	
<i>Testigo (Maíz)</i>			Zn = 91.68 ppm	

Nota: Para la interpretación se tomaron los promedios de las repeticiones de cada grupo operacional, esto se compara con lo que está establecido en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo aprobado por el D. S. N° 011-2017-MINAM y las Directrices Canadienses para la calidad del suelo para la protección del medio ambiente y salud humana.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con respecto al objetivo general; Comparar la eficacia de la fitorremediación mediante el uso de dos tipos de plantas el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados. Los resultados demuestran de manera significativa la reducción de metales pesados con ambas plantas que fueron evaluadas, con lo que se demuestra la eficacia puesto que, en las propiedades físicas del suelo varia empezando desde su textura que se obtiene un suelo franco arenoso que tiene la característica de sobrecargarse con poca agua y se seca muy rápidamente. Comparando también con el testigo el maíz (*Zea mays*) tiene de igual manera una textura final de franco arenoso.

El pH pasa de ser fuertemente ácido que se caracteriza por llevar un suelo con poca actividad microbiológica y desarrollo vegetal a un pH final moderada a ligeramente alcalino entre el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*). De la misma manera se muestra nuestro testigo el maíz (*Zea mays*) con un pH final neutro, estando aceptable para el desarrollo vegetal. Mientras que Queupuan (2017) con su investigación “Evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de *Atriplex halimus L.*” donde explica que el *Atriplex halimus L.* estabiliza el pH del suelo presentando un valor moderadamente ácido a un rango neutro. De la misma manera Ríos (2017) con su investigación “Comparación de las eficiencias fitorremediadoras de las especies *Lolium perenne*, *Pelargonium hortorum* y *Fuertesimalva echinata* en la reducción de la concentración de lomo en suelos agrícolas del distrito de Huamantanga, 2017” afirma con datos estadísticos que el Geranio (*Pelargonium hortorum*) equilibra el pH de moderadamente básico a un rango neutral.

La materia orgánica inicial estaba en un rango bajo para suelo agrícola y/o para el desarrollo de las plantas, obteniendo un resultado final de un porcentaje medio para un suelo agrícola con la planta geranio. Por su parte Valencia (2017), con su investigación “Fitorremediación por *Helianthus annuus L.* en la disminución de cobre en los suelos mineros de Cuculí para

uso agrícola” afirma también un ligero aumento en el porcentaje de materia orgánica.

Los resultados sobre los metales pesados como análisis inicial sobrepasaban el ECA para suelo agrícola y residencial posteriormente se obtuvo el análisis final con el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) con un rango de disminución pero que aún el Cu sobrepasa las Directrices, mientras que el Pb se encuentra por debajo del estándar y el Zn dentro del rango. El testigo maíz (*Zea mays*) se muestra de manera similar aminorando las estadísticas, pero con un porcentaje mínimo. De la misma manera Ríos (2017) en su investigación “Comparación de las eficiencias fitorremediadoras de las especies *Lolium perenne*, *Pelargonium hortorum* y *fuertesimalva echinata* en la reducción de la concentración de plomo en suelos agrícolas de distrito de Huamantanga, 2017” afirma que con la planta el Geranio (*Pelargonium hortorum*) con un tratamiento de fitorremediación a los 70 días disminuye de manera significativa dicho porcentaje de concentración de Pb. Concordando con Valencia (20179) con su investigación “Fitorremediación por *Helianthus annuus* L. en la disminución de cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola “donde muestra su evaluación de la concentración de Cu apreciando una curvatura descendente en los resultados por semana de concentración de cobre.

Con respecto al objetivo específico 1; Evaluar las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*), el tipo textural del suelo de la concesión minera Mister Muki antes era franco arcilloso y después de la fitorremediación con el geranio y el girasol llegó a ser franco arenoso, discrepando con Álvarez (2019) en su investigación “Prueba piloto para la fitoextracción de cadmio usando *Helianthus annuus* en el suelo proveniente de la vereda el Zaden – Mesitas del colegio” en la que demuestra que el *Helianthus annuus* fue capaz de obtener el tipo textural del suelo franco arcillo limoso.

Con respecto al objetivo específico 2; Evaluar las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio

(*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*). El pH inicial del suelo fue de 4.96 siendo fuertemente ácido resultando con un pH final de 8.25 (moderadamente alcalino) con el geranio y con el girasol 8.50 (ligeramente alcalino) estando en el rango de un pH neutro, mientras que Valencia (2017) describe en su investigación “fitorremediación por *Helianthus annuus* L. en la disminución de cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola” en la que se muestra un comportamiento del pH inicial de 8.66 descendiendo hasta 6.8 como pH final, teniendo un promedio de 7.71.

La materia orgánica inicial fue de 0.98% siendo bajo para suelos agrícolas y como resultado final el geranio obtuvo 2.37% y el girasol 1.08%, ascendiendo las estadísticas; concordando con Valencia (2017) en su investigación titulada “Fitorremediación por *Helianthus annuus* L. en la disminución de cobre en los suelos mineros de cuculí para uso agrícola” describe en el post análisis que la M.O inicial fue de 0.12 % y al finalizar aumento el porcentaje a 0.22% obteniendo un promedio de 0.19 %.

Con respecto al objetivo específico 3; Evaluar el porcentaje de presencia de metales pesados en el suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*). Se evalúa en base a los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo y también las Directrices canadienses para la calidad del suelo para la protección del medio ambiente y salud humana. La reducción de Cobre (Cu) tuvo un mejor desempeño teniendo como análisis inicial 1273.69 ppm que sobrepasaba las Directrices canadienses para la calidad del suelo sin embargo se tuvo como análisis final de 626.928 ppm con el geranio (*Pelargonium hortorum*) y con el girasol (*Helianthus annuus*) 576.108 ppm reduciendo un porcentaje significativo, mientras que con el testigo maíz (*Zea mays*) se redujo un mínimo a 1249.32 ppm; dejándolo por encima de las Directrices. El Plomo (Pb) también tuvo una reducción, su análisis inicial fue de 72.25 ppm sobrepasando el ECA de suelo y como resultado final el geranio (*Pelargonium hortorum*) disminuyó a 55.588 ppm; el girasol (*Helianthus annuus*) a 36.804 ppm y el testigo maíz (*Zea mays*) a 67.18 ppm estando por debajo del ECA. El Zinc (Zn) de la misma manera, con análisis inicial de 106.55 ppm y como análisis final en el geranio (*Pelargonium*

hortorum) se obtuvo 40.096ppm, el girasol (*Helianthus annuus*) a 52.44 ppm y el testigo maíz (*Zea mays*) a 91.68 ppm estando dentro del rango del Estándar de Calidad Ambiental. Concordando con Gonzales et al. (2016) donde describe que las cuatro especies resultaron eficientes en la extracción de Cu, ya que lograron reducir niveles de cobre, destacando la especie de alfalfa que logro bajar hasta 77 ppm, seguido de geranio que redujo hasta 89 ppm, la higuera a 90 ppm y el girasol a 119 ppm. Mientras que Ríos (2017) con su investigación “Comparación de las eficiencias fitorremediadoras de las especies *Lolium perenne*, *Pelargonium hortorum* y *fuertesimalva echinata* en la reducción de la concentración de plomo en suelos agrícolas del distrito de Huamantanga, 2017” reduce la concentración inicial de Pb a 402,80 ppm hasta una concentración final de 105,79 ppm si bien es cierto sobrepasa los Estándares de Calidad Ambiental, pero reduce de manera representativa la concentración de Pb.

CONCLUSIONES

A continuación, se mencionan las conclusiones en base a los objetivos planteados en la investigación:

Con respecto al objetivo general; Las plantas geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) tuvieron resultado en los parámetros: como el pH, la textura del suelo, la materia orgánica y los metales pesados que fueron fitorremediados de manera eficiente.

Con respecto al objetivo específico 1; La textura del suelo sufre un cambio de franco arcilloso a un suelo franco arenoso en el proceso de fitorremediación.

Con respecto al objetivo específico 2; El pH es fuertemente ácido para el suelo después de la fitorremediación pasa a ser moderadamente alcalino con el geranio (*Pelargonium hortorum*) y ligeramente alcalino con el girasol (*Helianthus annuus*). La materia orgánica tiene un incremento en los porcentajes que lo hace medio para un suelo agrícola y el desarrollo de plantas.

Con respecto al objetivo específico 3; El cobre (Cu), el plomo (Pb) y el zinc (Zn) después de la fitorremediación reducen su presencia de manera significativa, obteniendo mayor eficacia el girasol con el Cu y el Pb mientras que el geranio con el Zn.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

- Realizar el análisis de las raíces, tallos y hojas del geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) para determinar la acumulación de metales pesados.
- Realizar un análisis microbiológico en el suelo de la concesión minera Mister Muki.
- Estudiar las diferentes especies de plantas que se desarrollan en la concesión minera Mister Muki, ya que pueden poseer capacidad fitorremediadora.
- Realizar una evaluación detallada a los residuos mineros que genera la concesión minera Mister Muki.
- Realizar una evaluación del drenaje ácido de minas (AMD), puesto que la Concesión minera Mister Muki esta colindante con una fuente de agua.
- Tener el debido cuidado con la planta el girasol (*Helianthus annuus*) porque son propensos a la enfermedad de la chupadera fungosa ocasionado por el hongo rhizoctonia solani, de la misma manera con el testigo el maíz (*Zea mays*) ya que sufren del ataque de plagas como el cogollero.
- A las personas de la localidad de Achcay realizar un pre siembra con las plantas el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) puesto que tienen capacidad fitorremediadora.
- A las autoridades competentes realizar visitas continuas para verificar el correcto funcionamiento en la concesión minera Mister Muki.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, I. & Sánchez, R. (2019). Prueba piloto para la fitoextracción de cadmio usando *Helianthus annuus* en el suelo proveniente de la vereda el Zaden – mesitas del colegio. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=2157&context=ing_ambiental_sanitaria
- Arteaga, R. (2007). Definición sobre la contaminación de los suelos. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/473/1/Roberto%20Arteaga%20Alonso.pdf>
- Acton, D. & Gregorich, L. (1995). Calidad y salud del suelo. <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/CalidadSalSuelo.htm>
- Banegas, N. (2014). Definición de la calidad del suelo. <https://www.edafologia.org/app/download/9046636976/Calidad+y+salud+del+suelo.pdf?t=1563476239>
- Bautista, A., Etchevers, J., Del Castillo, R., Gutierrez, C. (2004). La calidad del suelo y sus indicadores. <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/572>
- Corpus, M. (2018). Eficiencia de especies altoandinas con plantas fitorremediadoras de suelos contaminados con metales pesados provenientes de la planta concentradora de minerales Santa Rosa de Jangas, en condiciones de invernadero, 2015-2016. <http://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/3339>
- Consejo Canadiense de Ministerios de Medio Ambiente, (2001). Directrices canadienses para la calidad del suelo para la protección del medio ambiente y salud humana. https://elaw.org/system/files/sediment_summary_table.pdf
- Cartes, G. (2013). Degradación de suelos agrícolas. <https://www.odepa.gob.cl/wp-content/uploads/2013/10/SueloAgricola201310.pdf>
- Delgadillo, A., Gonzales, C., Prieto, F., Villagómez, J., Acevedo, O. (2011). Fitorremediación una alternativa para eliminar la contaminación.

http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002

- Díez, J. (2009). Fitocorrección de suelos contaminados con metales pesados <https://minerva.usc.es/xmlui/handle/10347/2540>.
- Dorronsoro, C. (2013). Introducción a la edafología. [file:///C:/Users/Lup3/Downloads/introduccion-a-la-edafologia-apunte-programa%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Lup3/Downloads/introduccion-a-la-edafologia-apunte-programa%20(1).pdf)
- Dávila, R. (2020). Recuperación de suelo contaminado por plomo con vetiveria (*Chrysopogon zizanioides*) bajo condiciones de vivero en la Esperanza – Amarilis – Huánuco, abril – junio 2019. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/2497>
- EcuRed. (2002). La calidad del suelo. https://www.ecured.cu/Calidad_del_suelo
- Fertilab. (2012). Propiedades fisicoquímicas del suelo y el crecimiento de las plantas. <https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/NTF-19-012-Propiedades-fisicoquimicas-del-suelo-y-el-crecimiento-de-las-plantas.pdf>
- Garbisu, C. (2008). Fitorremediación. <https://www.ecologistasenaccion.org/17857/fitorremediacion/>
- García, Y., Ramírez, W., Sánchez, S. (2012). Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v35n2/pyf01212.pdf>
- García, L. (2009). Capacidad remediadora y bioacumuladora de los órganos de *Helianthus annuus* L. "girasol" cuando son sometidas a diferentes concentraciones de plomo. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4924>
- Gonzales, J., Acebedo, J., Armas, C., Custodio, M., García, M., Gonzales, A., León, B., Méndez, L., Ortiz, G., Paredes, E., Rodríguez, L., Tuesta, M., Ulloa, J., Vásquez, M. (2016). <https://revista.uct.edu.pe/index.php/science/article/view/28/15>
- Hernandez, R. (2014). Metodología de la investigación. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Hernandez, E., Juarez, Y., Robledo, E., Díaz, P., Cristobal, D. (2016). Acumulación de metales pesados en *Helianthus annuus* desarrollado

- en residuos de mina.
<http://www.reibci.org/publicados/2016/nov/1900109.pdf>
- INIA. (2013). El suelo. Un recurso natural a cuidar. 2.
- López, S., Gallegos, M., Pérez, L., Gutiérrez, M. (2005). Mecanismos de fitorremediación de suelos contaminados con moléculas orgánicas xenobioticas. <http://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v21n2/0188-4999-rica-21-02-91.pdf>
- Laboratorio CSR. (2019). La textura en los suelos agrícolas. <https://www.universidadderiego.com/la-textura-en-los-suelos-agricolas/>
- MINAM. (2013). Aprueban Guía para el Muestreo de Suelos y Guía para la Elaboración de Planes de Descontaminación de Suelos. SINIA Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-guia-muestreo-suelos-guia-elaboracion-planes-descontaminacion>
- MINAM. (2015). Glosario de términos de sitios contaminados. <https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>
- Marrero, J., Amores, I., Coto, O. (2012). Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. <https://www.redalyc.org/pdf/2231/223124988007.pdf>
- Núñez, R., Meas, Y., Ortega, R., Olguín, E. (2004). Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf
- Obeso, A. (2021). Cultivo de geranio: uso potencial para remover arsénico (AS), cadmio (Cd) y cobre(Cu) de suelos contaminados. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/25862>
- Pilon, E. (2005). Fitorremediación. <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.arplant.56.032604.144214>
- Queupuan, M. (2017). Evaluación de fitorremediación de suelos contaminados con plomo mediante el cultivo de *Atriplex halimus* L.

<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/152823/Evaluacion-de-fitorremediacion-de-suelos-contaminados-con-plomo-mediante-el-cultivo-de-Atriplex-halimus-L.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ríos, A. (2017). Comparación de las eficiencias fitorremediadoras de las especies *Lolium Perenne*, *Pelargonium Hortorum* y *Fuestesimalva Echinata* en la reducción de la concentración de plomo en suelos agrícolas del distrito de Huamantanga, 2017. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/3591>

Solis, E. (2020). Determinación de la hiperacumulación de metales pesados Cd, Pb y As en la planta nativa (*Baccharis tola* Phil) de la desmontera minera Rumiallana entre los distritos de Yanacancha y Simón Bolívar, Pasco, 2019-2020. <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2536>

Sabroso, C. (2004). Guía sobre suelos contaminados. <https://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/1471.pdf>

Steciow, M. (2012). Rizófora. <https://www.mendoza.conicet.gov.ar/portal/enciclopedia/terminos/Rizosfera.htm>

Supo, J., & Zacarías, H. (2020). Metodología de la Investigación científica (Tercera edición, Vol.1). Bioestadístico EEDU.

Valencia, G. (2017). Fitorremediación por *Helianthus annuus* L. en la disminución de cobre en los suelos mineros de Cuculí para uso agrícola. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32314/valencia_vg.pdf?sequence=1

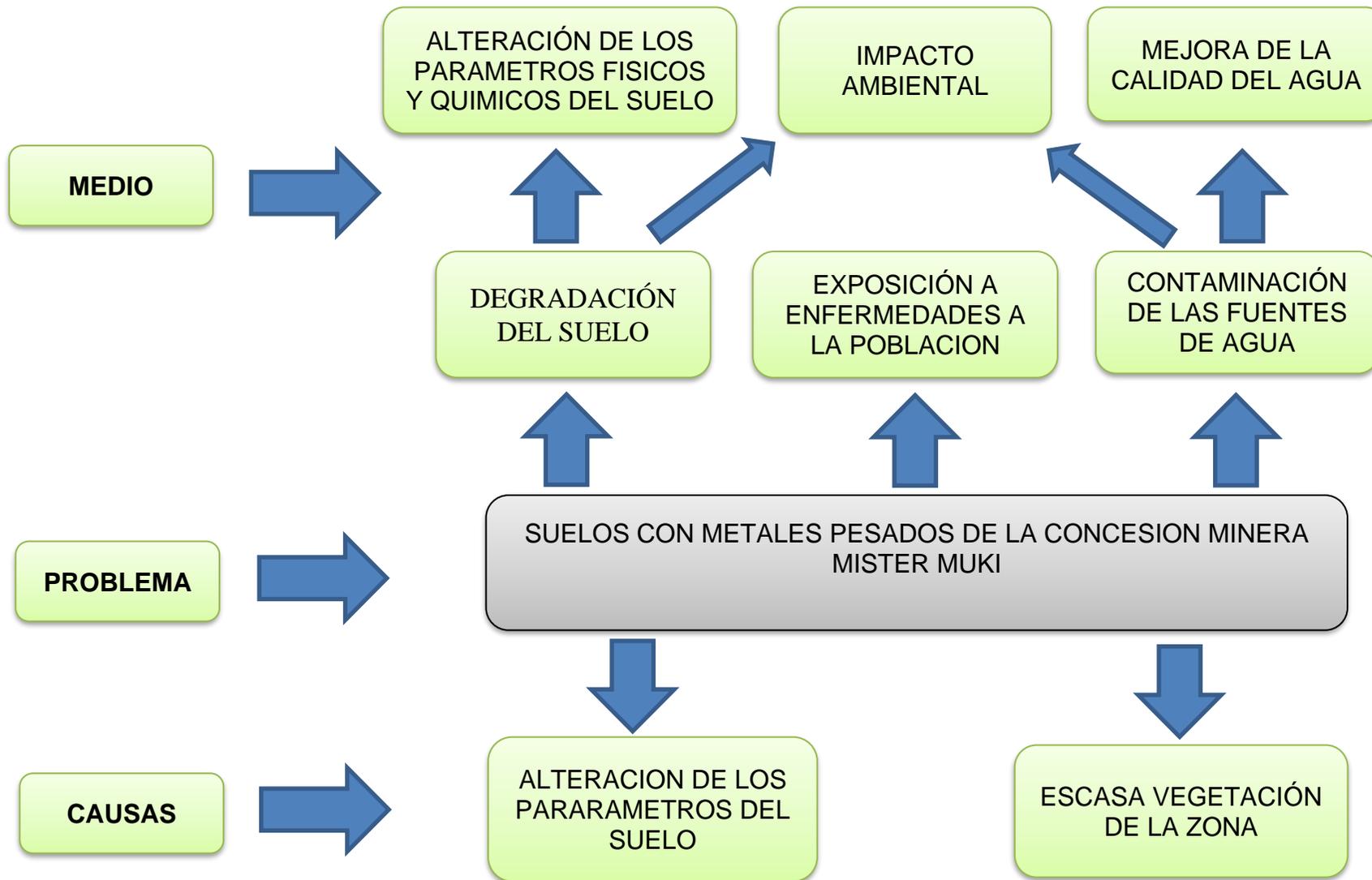
ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

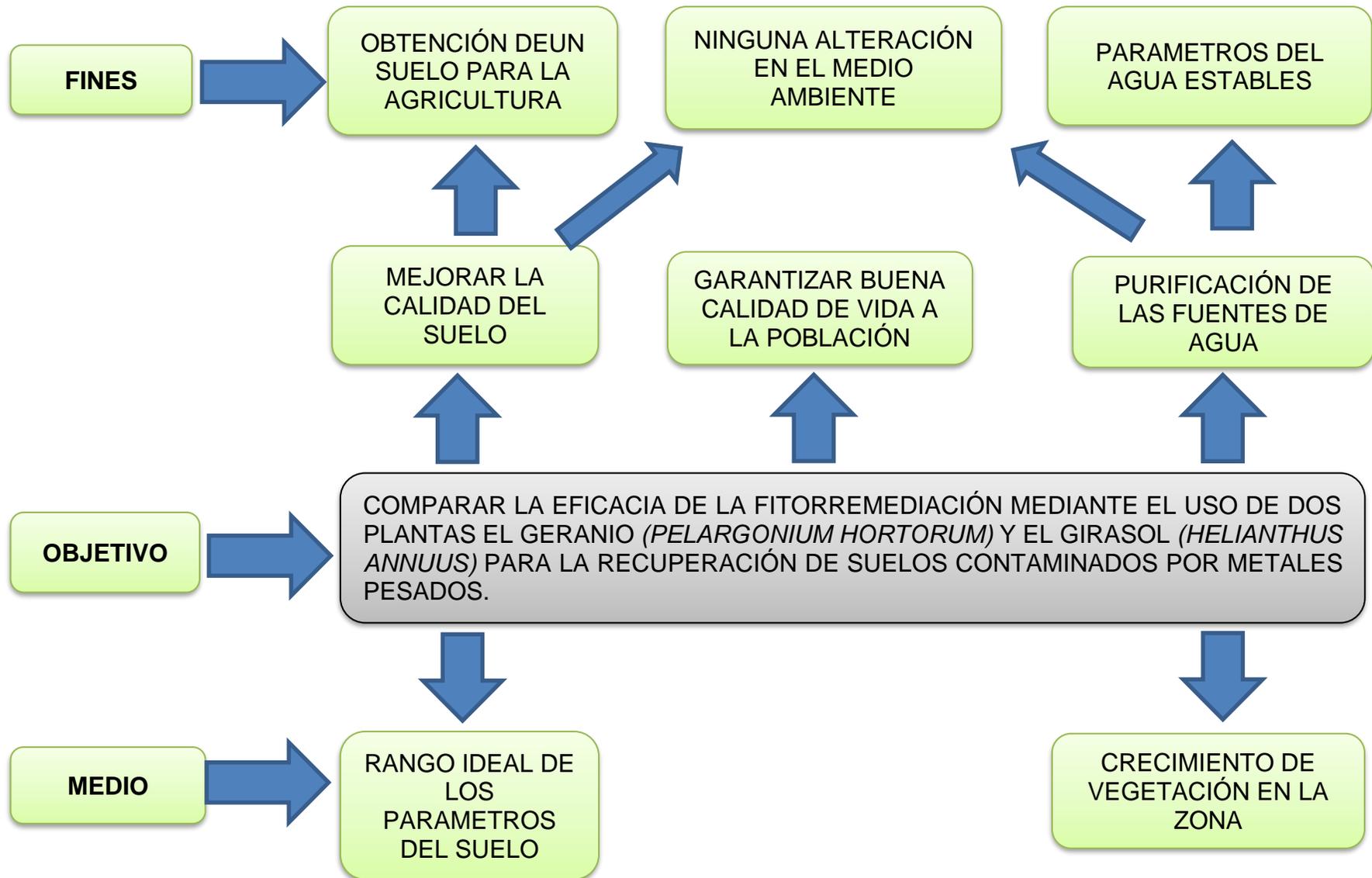
TÍTULO: “Comparación de la eficacia de la fitorremediación mediante el geranio (*Pelargonium hortorum*) y el girasol (*Helianthus annuus*) para la recuperación de suelos provenientes de la concesión minera Mister Muki distrito San Rafael, provincia Ambo, departamento Huánuco 2021”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
<p>Problema general ¿Cuál es la eficacia de la fitorremediación mediante el Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y el Girasol (<i>Helianthus annuus</i>) para la recuperación de suelos provenientes de la concesión minera Mister Muki?</p> <p>Problemas específicos ¿Cuáles son las propiedades físicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y el girasol (<i>Helianthus annuus</i>)? ¿Cuáles son las propiedades químicas del suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y el girasol (<i>Helianthus annuus</i>)? ¿Cuál es el porcentaje de presencia de metales pesados en el suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y el girasol (<i>Helianthus annuus</i>)?</p>	<p>Objetivo General Comparar la eficacia de la fitorremediación mediante el uso de dos tipos de plantas el geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y el girasol (<i>Helianthus annuus</i>) para la recuperación de suelos contaminados por metales pesados.</p> <p>Objetivos Específicos Evaluar la calidad del suelo contaminado por metales pesados antes y después de la fitorremediación con el Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) Evaluar la calidad del suelo contaminado por metales pesados antes y después de la fitorremediación con el Girasol (<i>Helianthus annuus</i>) Evaluar el porcentaje de presencia de metales pesados en el suelo antes y después de la fitorremediación con el geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y el girasol (<i>Helianthus annuus</i>).</p>	<p>Hipótesis General H1: El geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y el girasol (<i>Helianthus annuus</i>) tiene diferente eficacia en fitorremediar suelos contaminados con metales pesados. H0: El geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y el girasol (<i>Helianthus annuus</i>) tiene igual eficacia en fitorremediar suelos contaminados con metales pesados.</p> <p>Hipótesis Específica H1: Las propiedades físicas del suelo varían después de la fitorremediación utilizando el geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y el girasol (<i>Helianthus annuus</i>) H1: Las propiedades químicas del suelo varían después de la fitorremediación utilizando el geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y el girasol (<i>Helianthus annuus</i>) H1: Reducen de manera significativa los metales pesados del suelo después de la fitorremediación con el geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) y el girasol (<i>Helianthus annuus</i>)</p>	<p>Variable Independiente Fitorremediación: Geranio (<i>Pelargonium hortorum</i>) Girasol (<i>Helianthus annuus</i>)</p> <p>Variables Dependiente Calidad del suelo: Propiedades físicas Propiedades químicas</p>	<p>Tipo de Investigación El enfoque es mixto, la investigación vincula datos cuantitativos y cualitativos en un mismo estudio.</p> <p>Alcance o nivel Es un estudio explicativo, porque se va describir, analizar e interpretar los conceptos, pero también se va a evaluar los resultados al reaccionar las dos variables.</p> <p>Diseño de la investigación Experimental - Analítico</p> <p>Población El suelo de la Concesión Minera Mister Muki. (500 m²)</p> <p>Muestra 35 kg de suelo con metales pesados.</p>

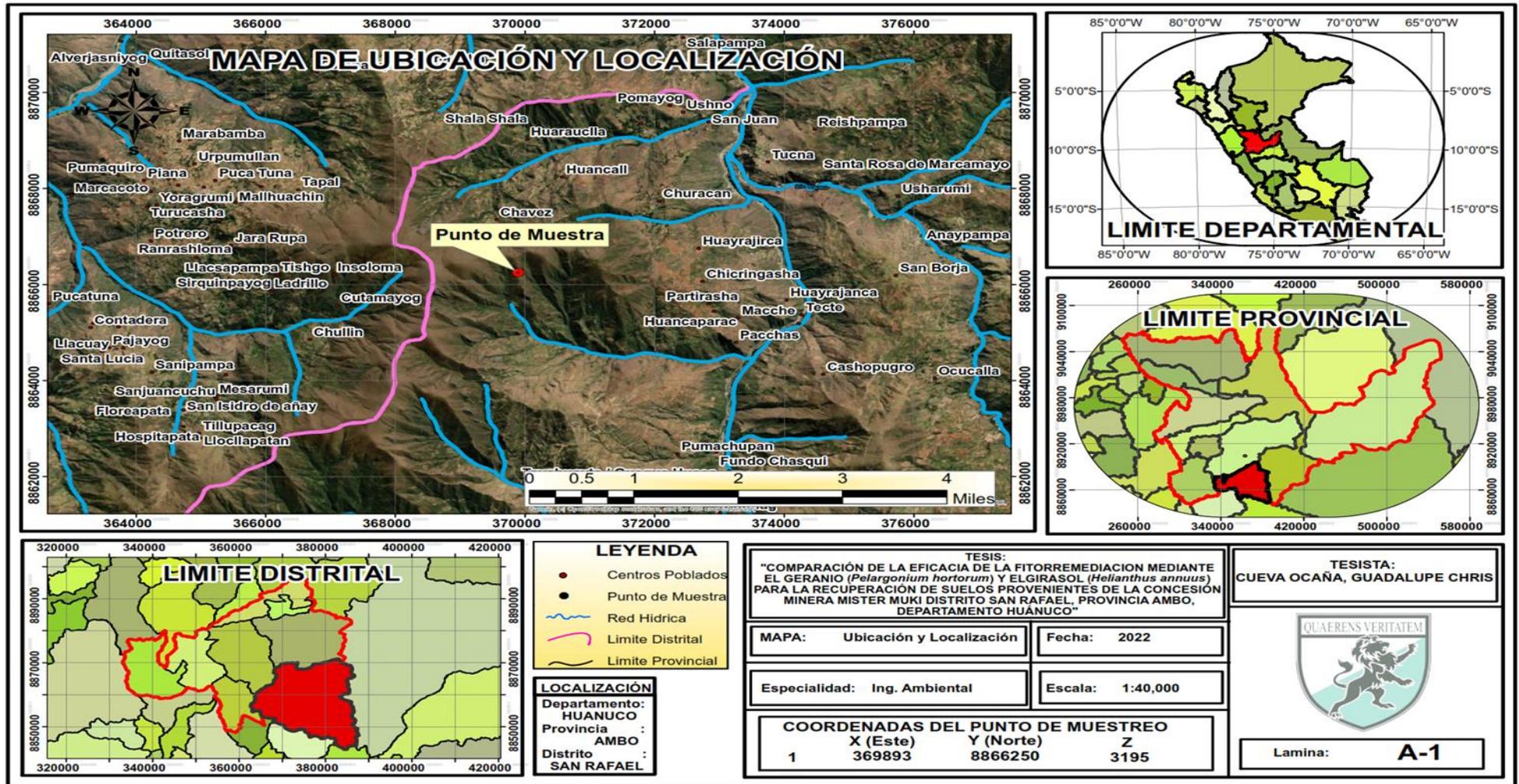
Anexo 2. Diagrama de causa y efectos



Anexo 3. Diagrama de medios y fines



Anexo 4. Mapa de ubicación del proyecto



Anexo 5. Fichas de campo

Indicadores de temperatura y humedad

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 01		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 09		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.6 °C	56%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	17.7 °C	58%
	TARDE 01:00 pm	28.9 °C	32%		TARDE 01:00 pm	23.8 °C	33%
DÍA: 02		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 10		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	18.0 °C	60%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	17.4 °C	58%
	TARDE 01:00 pm	33.1 °C	33%		TARDE 01:00 pm	29.8 °C	34%
DÍA: 03		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 11		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	18.3 °C	54%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	18.5 °C	56%
	TARDE 01:00 pm	26.3 °C	42%		TARDE 01:00 pm	29.1 °C	36%
DÍA: 04		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 12		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	19.8 °C	49%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	17.8 °C	60%
	TARDE 01:00 pm	31.2 °C	34%		TARDE 01:00 pm	24.0 °C	47%
DÍA: 05		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 13		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	18.7 °C	54%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	17.2 °C	60%
	TARDE 01:00 pm	20.1 °C	58%		TARDE 01:00 pm	24.6 °C	37%
DÍA: 06		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 14		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	17.0 °C	70%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	19.5 °C	57%
	TARDE 01:00 pm	26.0 °C	42%		TARDE 01:00 pm	25.3 °C	42%
DÍA: 07		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 15		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	15.8 °C	73%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	18.4 °C	56%
	TARDE 01:00 pm	28.3 °C	49%		TARDE 01:00 pm	23.9 °C	30%
DÍA: 08		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 16		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	16.2 °C	65%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	19.5 °C	56%
	TARDE 01:00 pm	28.0 °C	46%		TARDE 01:00 pm	28.0 °C	32%

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 17		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 25		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	19.7°C	47%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	19.7°C	76%
	TARDE 01:00 pm	29.3°C	33%		TARDE 01:00 pm	33.2°C	38%
DÍA: 18		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 26		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	19.0°C	49%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	20.1°C	68%
	TARDE 01:00 pm	23.5°C	92%		TARDE 01:00 pm	38.8°C	32%
DÍA: 19		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 27		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	17.6°C	66%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.6°C	70%
	TARDE 01:00 pm	24.6°C	93%		TARDE 01:00 pm	32.0°C	37%
DÍA: 20		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 28		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	16.8°C	64%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	24.8°C	94%
	TARDE 01:00 pm	32.8°C	34%		TARDE 01:00 pm	27.9°C	43%
DÍA: 21		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 29		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	19.3°C	61%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.3°C	66%
	TARDE 01:00 pm	30.5°C	32%		TARDE 01:00 pm	29.0°C	35%
DÍA: 22		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 30		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.0°C	61%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.5°C	61%
	TARDE 01:00 pm	34.8°C	35%		TARDE 01:00 pm	32.5°C	28%
DÍA: 23		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 31		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	19.5°C	66%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	19.1°C	70%
	TARDE 01:00 pm	33.3°C	38%		TARDE 01:00 pm	36.8°C	88%
DÍA: 24		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 32		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	20.7°C	71%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	18.7°C	39%
	TARDE 01:00 pm	32.1°C	37%		TARDE 01:00 pm	37.0°C	26%

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 33			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 41			TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	25.4 °C	56%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	20.8 °C	84%		
	TARDE 01:00 pm	30.1 °C	31%		TARDE 01:00 pm	36.3 °C	33%		
DÍA: 34			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 42			TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	24.7 °C	60%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	22.2 °C	61%		
	TARDE 01:00 pm	33.1 °C	33%		TARDE 01:00 pm	35.6 °C	27%		
DÍA: 35			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 43			TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.6 °C	33%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.4 °C	60%		
	TARDE 01:00 pm	33.6 °C	31%		TARDE 01:00 pm	36.3 °C	86%		
DÍA: 36			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 44			TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	20.7 °C	60%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.3 °C	60%		
	TARDE 01:00 pm	30.3 °C	28%		TARDE 01:00 pm	25.1 °C	53%		
DÍA: 37			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 45			TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	23.9 °C	59%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	22.3 °C	62%		
	TARDE 01:00 pm	29.8 °C	32%		TARDE 01:00 pm	32.7 °C	27%		
DÍA: 38			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 46			TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.5 °C	65%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	22.1 °C	61%		
	TARDE 01:00 pm	27.6 °C	30%		TARDE 01:00 pm	33.6 °C	28%		
DÍA: 39			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 47			TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	20.3 °C	88%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.2 °C	60%		
	TARDE 01:00 pm	21.2 °C	70%		TARDE 01:00 pm	28.8 °C	36%		
DÍA: 40			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 48			TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.7 °C	82%	FECHA	MAÑANA 08:00 am	21.6 °C	82%		
	TARDE 01:00 pm	34.3 °C	57%		TARDE 01:00 pm	26.6 °C	38%		

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 49		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 57		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA 30/10/21	MAÑANA 08:00 am	18.6 °C	67%	FECHA 07/11/21	MAÑANA 08:00 am	22.8 °C	62%
	TARDE 01:00 pm	26.4 °C	41%		TARDE 01:00 pm	28.7 °C	36%
DÍA: 50		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 58		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA 31/10/21	MAÑANA 08:00 am	20.8 °C	62%	FECHA 08/11/21	MAÑANA 08:00 am	22.4 °C	60%
	TARDE 01:00 pm	27.6 °C	37%		TARDE 01:00 pm	25.5 °C	44%
DÍA: 51		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 59		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA 01/11/21	MAÑANA 08:00 am	20.5 °C	83%	FECHA 09/11/21	MAÑANA 08:00 am	21.3 °C	60%
	TARDE 01:00 pm	26.5 °C	37%		TARDE 01:00 pm	29.5 °C	43%
DÍA: 52		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 60		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA 02/11/21	MAÑANA 08:00 am	35.2 °C	66%	FECHA 10/11/21	MAÑANA 08:00 am	20.9 °C	63%
	TARDE 01:00 pm	30.0 °C	55%		TARDE 01:00 pm	30.8 °C	31%
DÍA: 53		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 61		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA 03/11/21	MAÑANA 08:00 am	19.7 °C	84%	FECHA 11/11/21	MAÑANA 08:00 am	24.4 °C	52%
	TARDE 01:00 pm	32.9 °C	48%		TARDE 01:00 pm	25.8 °C	42%
DÍA: 54		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 62		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA 04/11/21	MAÑANA 08:00 am	21.3 °C	73%	FECHA 12/11/21	MAÑANA 08:00 am	21.1 °C	63%
	TARDE 01:00 pm	28.6 °C	46%		TARDE 01:00 pm	33.9 °C	36%
DÍA: 55		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 63		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA 05/11/21	MAÑANA 08:00 am	20.7 °C	70%	FECHA 13/11/21	MAÑANA 08:00 am	17.3 °C	75%
	TARDE 01:00 pm	28.6 °C	38%		TARDE 01:00 pm	26.6 °C	55%
DÍA: 56		TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 64		TEMPERATURA	HUMEDAD
FECHA 06/11/21	MAÑANA 08:00 am	23.0 °C	65%	FECHA 14/11/21	MAÑANA 08:00 am	18.0 °C	74%
	TARDE 01:00 pm	26.4 °C	43%		TARDE 01:00 pm	27.7 °C	58%

INDICADORES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD

DÍA: 65			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 73			TEMPERATURA	HUMEDAD		
FECHA 15/11/21	MAÑANA 08:00 am	20.1°C	68%	FECHA 23/11/21	MAÑANA 08:00 am	21.0°C	69%	FECHA 23/11/21	TARDE 01:00 pm	26.3°C	40%
	TARDE 01:00 pm	35.0°C	32%		TARDE 01:00 pm	26.3°C	40%				
DÍA: 66			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 74			TEMPERATURA	HUMEDAD		
FECHA 16/11/21	MAÑANA 08:00 am	18.3°C	69%	FECHA 24/11/21	MAÑANA 08:00 am	19.4°C	79%	FECHA 24/11/21	TARDE 01:00 pm	19.5°C	75%
	TARDE 01:00 pm	33.4°C	30%		TARDE 01:00 pm	19.5°C	75%				
DÍA: 67			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 75			TEMPERATURA	HUMEDAD		
FECHA 17/11/21	MAÑANA 08:00 am	22.3°C	66%	FECHA 25/11/21	MAÑANA 08:00 am	25.3°C	60%	FECHA 25/11/21	TARDE 01:00 pm	25.9°C	46%
	TARDE 01:00 pm	31.1°C	39%		TARDE 01:00 pm	25.9°C	46%				
DÍA: 68			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 76			TEMPERATURA	HUMEDAD		
FECHA 18/11/21	MAÑANA 08:00 am	18.2°C	63%	FECHA 26/11/21	MAÑANA 08:00 am	16.8°C	79%	FECHA 26/11/21	TARDE 01:00 pm	29.2°C	46%
	TARDE 01:00 pm	23.5°C	57%		TARDE 01:00 pm	29.2°C	46%				
DÍA: 69			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 77			TEMPERATURA	HUMEDAD		
FECHA 19/11/21	MAÑANA 08:00 am	23.2°C	58%	FECHA 27/11/21	MAÑANA 08:00 am	19.2°C	72%	FECHA 27/11/21	TARDE 01:00 pm	34.5°C	41%
	TARDE 01:00 pm	35.8°C	33%		TARDE 01:00 pm	34.5°C	41%				
DÍA: 70			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 78			TEMPERATURA	HUMEDAD		
FECHA 20/11/21	MAÑANA 08:00 am	17.7°C	73%	FECHA 28/11/21	MAÑANA 08:00 am	17.7°C	71%	FECHA 28/11/21	TARDE 01:00 pm	27.4°C	57%
	TARDE 01:00 pm	36.9°C	35%		TARDE 01:00 pm	27.4°C	57%				
DÍA: 71			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 79			TEMPERATURA	HUMEDAD		
FECHA 21/11/21	MAÑANA 08:00 am	20.4°C	69%	FECHA 29/11/21	MAÑANA 08:00 am	24.7°C	66%	FECHA 29/11/21	TARDE 01:00 pm	35.8°C	33%
	TARDE 01:00 pm	30.0°C	43%		TARDE 01:00 pm	35.8°C	33%				
DÍA: 72			TEMPERATURA	HUMEDAD	DÍA: 80			TEMPERATURA	HUMEDAD		
FECHA 22/11/21	MAÑANA 08:00 am	21.6°C	66%	FECHA 30/11/21	MAÑANA 08:00 am	20.6°C	71%	FECHA 30/11/21	TARDE 01:00 pm	28.7°C	49%
	TARDE 01:00 pm	24.6°C	55%		TARDE 01:00 pm	28.7°C	49%				

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 19/09/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.1	5cm	2	0.2	3cm	2	0.4	4cm	4
2	0.1	4cm	3	0.2	4cm	3	0.5	4cm	5
3	0.1	3.5cm	3	0.2	4cm	4	0.5	3.5cm	2
4	0.2	4cm	2	0.3	4cm	3	0.4	3cm	2
5	0.2	4cm	3	0.3	3cm	3	0.4	4cm	4
6	0.2	3.5cm	3	0.3	2cm	3	0.3	4cm	2
7	0.1	4cm	2	0.2	2cm	3	0.4	3cm	2
8	0.2	4cm	2	0.2	2cm	2	0.3	3cm	2
9	0.2	3cm	2	0.2	3cm	3	0.4	3cm	4
10	0.1	3cm	2	0.1	2cm	4	0.4	4cm	4
11	0.1	2cm	2	0.2	3cm	4	0.5	3cm	5
12	0.2	4cm	1	0.2	2cm	3	0.3	3cm	2
13	0.1	3cm	1	0.3	2cm	2	0.5	3.5cm	2
14	0.2	4cm	2	0.3	3cm	3	0.4	4cm	2
15	0.1	4cm	2	0.3	2cm	2	0.4	3cm	2
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 26/09/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.1	6cm	3	0.4	5cm	3	0.6	5cm	6
2	0.1	6cm	4	0.4	5cm	4	0.5	6cm	6
3	0.2	5cm	5	0.4	6cm	5	0.5	6cm	4
4	0.2	5cm	3	0.4	5cm	3	0.5	5cm	3
5	0.2	6cm	5	0.3	4.5cm	3	0.4	3cm	4
6	0.2	4cm	5	0.3	3cm	4	0.4	5cm	3
7	0.1	5cm	3	0.3	4cm	4	0.4	4cm	4
8	0.2	5.5cm	3	0.3	3cm	3	0.3	4cm	3
9	0.2	4cm	3	0.2	3cm	3	0.5	3.5cm	6
10	0.1	3cm	4	0.2	4cm	4	0.6	4cm	6
11	0.2	3cm	3	0.3	4.5cm	5	0.5	3cm	5
12	0.2	4cm	3	0.4	3cm	4	0.4	4cm	3
13	0.1	5cm	3	0.4	4cm	3	0.6	5cm	4
14	0.2	5cm	3	0.3	3cm	5	0.4	5cm	3
15	0.1	4cm	4	0.3	3cm	2	0.5	4cm	3
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 03/10/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.3	7.5cm	4	0.5	6cm	3	0.6	7cm	6
2	0.2	8cm	6	0.7	5cm	4	0.6	7cm	7
3	0.3	7cm	6	0.4	7cm	5	0.7	7cm	5
4	0.3	6cm	5	0.5	5cm	4	0.7	6cm	5
5	0.3	7cm	4	0.4	6cm	3	0.5	5cm	4
6	0.3	7cm	5	0.5	4cm	3	0.5	6cm	5
7	0.3	7cm	6	0.4	4cm	4	0.5	6cm	6
8	0.3	6cm	3	0.4	5cm	5	0.5	6cm	4
9	0.3	6cm	4	0.5	4cm	5	0.7	6cm	6
10	0.2	4cm	4	0.5	6cm	6	0.6	5cm	8
11	0.3	5cm	4	0.7	6cm	5	0.7	5cm	6
12	0.3	5cm	4	0.6	4cm	4	0.5	5cm	4
13	0.3	7cm	5	0.5	6cm	4	0.7	7cm	5
14	0.3	6cm	4	0.6	5cm	5	0.6	6cm	4
15	0.2	7cm	5	0.4	7.5cm	3	0.6	5cm	3
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 10/10/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.3	8cm	4	0.5	6cm	5	0.9	7cm	7
2	0.3	10cm	7	0.4	5cm	4	0.9	7cm	7
3	0.4	8cm	6	0.5	7cm	6	0.8	7cm	7
4	0.4	7cm	5	0.7	6cm	7	0.8	7cm	5
5	0.4	8cm	5	0.4	7cm	5	0.6	6cm	5
6	0.3	8cm	6	0.6	6cm	5	0.7	6cm	6
7	0.3	9cm	7	0.4	6cm	4	0.7	6cm	6
8	0.5	7cm	4	0.4	5cm	5	0.6	8cm	6
9	0.3	7cm	4	0.6	4cm	5	0.8	6.5cm	6
10	0.3	6cm	5	0.5	6cm	6	0.8	5.5cm	8
11	0.3	6cm	5	0.5	8cm	7	0.9	6cm	6
12	0.4	6cm	6	0.8	5cm	5	0.7	7cm	5
13	0.7	8cm	5	0.6	6cm	6	0.9	7cm	5
14	0.3	6cm	6	0.7	5cm	5	0.9	6cm	6
15	0.3	8cm	6	0.5	5cm	5	0.6	6cm	4
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 17/10/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.4	8cm	4	0.5	6cm	5	0.9	7cm	7
2	0.4	11.5cm	9	0.4	5cm	4	0.9	7cm	8
3	0.4	8cm	7	0.7	7cm	6	0.8	7cm	7
4	0.4	7cm	5	0.8	7cm	9	0.8	7cm	5
5	0.4	9cm	8	0.4	7cm	5	0.6	6cm	5
6	0.3	9.5cm	7	0.6	6cm	5	0.7	6cm	6
7	0.3	9cm	7	0.4	6cm	4	0.7	8cm	6
8	0.5	8cm	6	0.4	5cm	5	0.6	8cm	6
9	0.3	7cm	6	0.6	4cm	5	0.8	7cm	6
10	0.4	8cm	7	0.5	6cm	6	0.9	6cm	8
11	0.3	6cm	6	0.7	8cm	7	0.9	6cm	6
12	0.4	6cm	6	0.8	6cm	5	0.8	7cm	5
13	0.4	8cm	5	0.6	6cm	6	0.9	7cm	5
14	0.3	6cm	6	0.7	5cm	5	0.9	6.5cm	6
15	0.3	8cm	7	0.5	5cm	5	0.6	6cm	4
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 24/10/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.4	9cm	5	0.5	9cm	5	1	10cm	9
2	0.4	13cm	10	0.5	7cm	4	0.9	8cm	8
3	0.5	10cm	10	0.9	10cm	7	0.8	8cm	7
4	0.4	8cm	5	0.8	9cm	11	1	10cm	5
5	0.5	12cm	10	0.6	10cm	7	0.9	9cm	5
6	0.7	14cm	9	0.6	7cm	5	0.7	10cm	7
7	0.4	12cm	8	0.4	8cm	5	0.9	10cm	6
8	0.6	10cm	8	0.4	7cm	5	0.8	11cm	6
9	0.3	9cm	7	0.7	6cm	7	0.8	9cm	7
10	0.6	10cm	7	0.5	8cm	6	1.2	10cm	8
11	0.4	9cm	8	0.9	13cm	9	0.9	10cm	7
12	0.4	6cm	6	1	10cm	8	0.8	11cm	5
13	0.4	9cm	5	0.9	9cm	8	1.2	10cm	6
14	0.3	6cm	6	0.8	10cm	6	1	9cm	6
15	0.3	8cm	7	0.7	9cm	6	0.6	10cm	4
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 31/10/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.4	9cm	5	0.5	13cm	5	1	14cm	9
2	0.6	16cm	12	0.5	10cm	4	0.9	12cm	8
3	0.5	13cm	10	1	15cm	9	0.8	10cm	7
4	0.4	11cm	7	0.9	14cm	12	1	15cm	6
5	0.5	17cm	14	0.8	13cm	7	1.1	12cm	5
6	0.6	16cm	11	0.6	7cm	5	0.7	14cm	7
7	0.5	16cm	10	0.4	8cm	5	0.9	13cm	6
8	0.6	13cm	10	0.4	10cm	6	0.9	15cm	6
9	0.4	13cm	9	0.7	8cm	7	0.8	12cm	7
10	0.7	16cm	10	0.5	9cm	6	1.2	12cm	8
11	0.4	12cm	8	1.3	16cm	12	0.9	13cm	8
12	0.4	9cm	6	1.4	14cm	10	0.9	14cm	5
13	0.4	11cm	5	0.9	12cm	8	1.2	15cm	6
14	0.3	7cm	6	0.9	14cm	6	1.1	12cm	6
15	0.4	8cm	7	0.7	12cm	7	0.6	10cm	4
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 07/11/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.4	12cm	6	0.6	16cm	6	1.1	18cm	11
2	0.6	21cm	13	0.5	13cm	4	0.9	16cm	8
3	0.5	19cm	10	1.2	20cm	10	1	17cm	10
4	0.4	18cm	7	1.4	19cm	13	1	19cm	6
5	0.5	23cm	14	0.9	17cm	7	1.2	17cm	7
6	0.6	21cm	13	0.6	8cm	5	0.8	14cm	7
7	0.5	20cm	13	0.4	8cm	5	1	19cm	6
8	0.8	18cm	12	0.5	10cm	6	1.1	15cm	6
9	0.4	16cm	12	0.7	9cm	7	1	17cm	10
10	0.8	24cm	13	0.5	9cm	6	1.2	12cm	8
11	0.5	18cm	11	1.3	21cm	12	0.9	17cm	8
12	0.4	9cm	6	1.4	19cm	12	0.9	15cm	5
13	0.4	15cm	7	1.2	18cm	9	1.2	16cm	6
14	0.4	7cm	7	0.9	19cm	8	1.1	17cm	10
15	0.4	9cm	7	0.8	17cm	8	0.6	10cm	4
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 14/11/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.5	12cm	6	0.6	18cm	6	1.1	18cm	11
2	0.6	30cm	13	0.6	13cm	4	0.9	16cm	8
3	0.5	19cm	10	1.2	25cm	10	1	14cm	10
4	0.4	23cm	7	1.4	28cm	13	1	22cm	9
5	0.5	29cm	15	0.9	21cm	9	1.2	17cm	7
6	0.6	25cm	13	0.6	8cm	8	0.9	14cm	7
7	0.6	25cm	13	0.4	8cm	5	1	21cm	6
8	0.8	22cm	12	0.5	10cm	6	1.2	16cm	8
9	0.4	20cm	13	0.7	9cm	7	1	22cm	11
10	0.8	27cm	13	0.5	9cm	6	1.2	13cm	8
11	0.5	23cm	11	1.3	26cm	12	0.9	18cm	8
12	0.5	9cm	6	1.4	25cm	12	0.9	15cm	6
13	0.4	16cm	8	1.2	23cm	9	1.2	18cm	6
14	0.4	7cm	7	0.9	22cm	9	1.1	17cm	12
15	0.4	14cm	7	1	21cm	8	0.5	10cm	4
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 21/11/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.5	15cm	6	0.6	18cm	6	1.1	21cm	11
2	0.6	36cm	13	0.6	14cm	4	0.9	17cm	8
3	0.6	19cm	11	1.2	31cm	10	1	14cm	10
4	0.4	26cm	7	1.4	35cm	13	1	24cm	9
5	0.5	33cm	15	0.9	26cm	10	1.2	17cm	7
6	0.6	25cm	13	0.6	8cm	8	0.9	14cm	7
7	0.6	32cm	13	0.4	10cm	6	1	21cm	7
8	0.8	27cm	12	0.6	10cm	6	1.2	16cm	9
9	0.4	24cm	13	0.7	9cm	7	1	22cm	11
10	0.8	34cm	13	0.5	9cm	6	1.2	13cm	8
11	0.6	28cm	11	1.3	33cm	12	0.9	18cm	8
12	0.5	9cm	6	1.4	31cm	12	0.9	15cm	6
13	0.4	22cm	8	1.2	28cm	9	1.2	18cm	6
14	0.4	9cm	8	0.9	26cm	9	1.1	17cm	14
15	0.5	17cm	8	1	23cm	9	0.5	10cm	5
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 28/11/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.6	15cm	7	0.6	20cm	6	1.1	21cm	11
2	0.6	39cm	15	0.6	14cm	4	0.9	17cm	9
3	0.6	21cm	11	1.2	36cm	10	1	14cm	10
4	0.4	26cm	7	1.4	40cm	13	1	24cm	9
5	0.5	37cm	15	1	30cm	11	1.2	17cm	7
6	0.6	25cm	13	0.6	9cm	8	1	14cm	8
7	0.6	35cm	13	0.5	10cm	6	1	22cm	7
8	0.8	32cm	12	0.6	10cm	6	1.2	16cm	9
9	0.4	26cm	13	0.7	10cm	7	1	23cm	11
10	0.8	39cm	13	0.6	9cm	6	1.2	13cm	9
11	0.6	34cm	11	1.3	37cm	12	0.9	19cm	8
12	0.5	11cm	6	1.4	35cm	12	0.9	16cm	6
13	0.4	26cm	8	1.2	31cm	9	1.2	18cm	6
14	0.5	9cm	9	0.9	27cm	10	1.1	17cm	14
15	0.5	19cm	8	1	26cm	9	0.5	10cm	5
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

DATOS DE MEDICIÓN DE LAS 3 ESPECIES DE PLANTAS									
FECHA: 05/12/2021									
Numero de Planta	GIRASOL			MAIZ			GERANEO		
	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS	GROSOR	TAMAÑO	HOJAS
1	0.6	15cm	7	0.7	20cm	6	1.2	22cm	13
2	0.6	45cm	15	0.6	14cm	5	0.9	18cm	9
3	0.6	23cm	11	1.2	41cm	11	1	16cm	11
4	0.5	27cm	8	1.4	46cm	13	1.1	24cm	10
5	0.5	42cm	15	1	36cm	11	1.2	18cm	8
6	0.6	25cm	13	0.7	9cm	8	0.9	16cm	8
7	0.6	40cm	13	0.5	10cm	7	1	23cm	7
8	0.8	38cm	12	0.7	11cm	6	1.2	17cm	9
9	0.5	26cm	13	0.7	10cm	7	1	23cm	11
10	0.8	44cm	13	0.7	9cm	7	1.2	15cm	10
11	0.6	39cm	11	1.3	40cm	12	1	19cm	9
12	0.5	13cm	7	1.4	40cm	12	0.9	16cm	6
13	0.4	28cm	8	1.2	33cm	10	1.2	19cm	7
14	0.5	9cm	9	0.9	27cm	10	1.2	19cm	14
15	0.5	20cm	8	1.2	26cm	9	0.6	11cm	6
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									

Anexo 6. Resultado del Análisis del suelo



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
 Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531
 Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelos@unasa.edu.pe



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: CUEVA OCAÑA GUADALUPE CHRIS		PROCEDENCIA: CENTRO POBLADO CHURACAN - DISTRITO DE SAN RAFAEL - PROVINCIA DE AMBO - REGION HUANUCO																							
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS REFERENCIAL A	ANÁLISIS MECÁNICO		pH	M.O.	N	P	K	Cu	Pb	Zn	CIC	CAMBIABLES Cmoil(+)/kg						CICe	%	Bas. Camb.	%	Ac. Camb.	%
			Arena %	Arcilla %										Limo %	Tendroso	1:1	Frasco Ancliso	Ca	Mg						
1	50710	Concesión Minera Mider Maki CA-381	39	40	21	5.34	1.00	0.05	5.07	71.97	1275.38	67.50	100.38	6.13	4.73	0.63	0.17	0.07	0.48	0.06	8.13	87.30	8.80	7.83	
2	50711	Concesión Minera Mider Maki CA-381	43	40	17	4.58	0.96	0.05	5.63	83.76	1272.00	77.00	112.13	7.87	4.61	0.64	0.16	0.07	2.20	0.20	7.87	66.61	30.50	27.96	

MUESTREO POR EL SOLICITANTE
 RECIBO 001 N° 0630036
 TINGO MARIA, 30 DE JUNIO 2021



[Handwritten signature and date]



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531
Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología
analisisdesuelosumas@hotmail.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: CUEVA OCAÑA GUADALUPE CHRIS										PROCEDENCIA: CENTRO POBLADO CHURACAN - DISTRITO DE SAN RAFAEL - PROVINCIA DE AMBO - REGION HUANUCO																		
N°	CODIGO DEL LAB.	DATOS REFERENCIA		ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	Cu	Pb	Zn	CIC	CAMBIABLES Cmo+/kg					CICe	%	Bas. Camb.	%	Ac. Camb.	%	Sat. Al	
		Aréola	Aréola	Aréola	Aréola	Aréola										Aréola	Ca	Mg	K	Na								Al
		%	%	%	%	%		%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm													
1	S1118-1	69	18	13	8.22	1.47	0.07	7.88	105.35	604.92	51.27	41.44	8.86	7.35	1.19	0.23	0.092	0.00	0.00	0.00	8.86	100	0	0				
2	S1118-2	69	20	11	8.20	1.25	0.06	8.70	106.25	605.58	55.69	39.48	8.93	7.47	1.17	0.21	0.07	0.00	0.00	0.00	8.93	100	0	0				
3	S1118-3	69	18	13	8.26	1.22	0.06	8.20	112.55	625.68	56.78	39.48	8.99	7.66	1.07	0.20	0.06	0.00	0.00	0.00	8.99	100	0	0				
4	S1118-4	69	18	13	8.22	1.18	0.06	8.22	104.05	609.30	59.57	39.20	9.31	7.24	0.93	0.18	0.96	0.00	0.00	0.00	9.31	100	0	0				
5	S1118-5	69	20	11	8.35	1.16	0.06	8.09	100.26	620.24	54.63	40.88	9.37	7.89	1.20	0.21	0.87	0.00	0.00	0.00	9.37	100	0	0				

MUESTREADO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0630036

TINGO MARIA, 16 DE DICIEMBRE 2021



[Handwritten signature and date]
16 de Diciembre de 2021



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelo.unas@hotmali.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: CUEVA OCAÑA GUADALUPE CHRIS		PROCEDENCIA: CENTRO POBLADO CHURACAN - DISTRITO DE SAN RAFAEL - PROVINCIA DE AMBO - REGION HUANUCO																						
N°	CODIGO DEL LAB.	ANÁLISIS MECÁNICO				pH	M.O.	M	P	K	Cu	Pb	Zn	CAMBIABLES Cmol(+) /kg					CIC	CICe	%	%	%	
		arena	arcilla	limo	textura									Ca	Mg	K	Na	Al						H
1	S1117-1	68	20	12	Fraco Arenoso	8.43	1.08	0.05	9.72	138.09	568.47	37.58	44.24	10.53	8.65	1.46	0.33	0.096	0.00	0.00	10.53	100	0	0
2	S1117-2	69	20	11	Fraco Arenoso	8.44	1.06	0.05	10.65	134.06	559.52	36.47	41.72	9.83	8.08	1.34	0.33	0.080	0.00	0.00	9.83	100	0	0
3	S1117-3	69	18	13	Fraco Arenoso	8.46	1.09	0.05	10.36	133.59	597.31	37.11	42.84	10.02	8.26	1.40	0.27	0.090	0.00	0.00	10.02	100	0	0
4	S1117-4	69	20	11	Fraco Arenoso	8.53	1.11	0.06	9.96	135.81	584.40	35.89	42.00	9.93	8.17	1.36	0.32	0.082	0.00	0.00	9.93	100	0	0
5	S1117-5	69	20	11	Fraco Arenoso	8.65	1.08	0.05	9.90	139.16	570.84	36.97	43.96	9.92	8.21	1.35	0.28	0.076	0.00	0.00	9.92	100	0	0

MUESTREO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0630036

TINGO MARIA, 16 DE DICIEMBRE 2021



[Handwritten signature and stamp]



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Carretera Central Km 1.21 - Tingo Maria - CELULAR 944407531

Facultad de Agronomía - Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelos@hotmaill.com



ANÁLISIS DE SUELOS

SOLICITANTE: CUEVA OCAÑA GUADALUPE CHRIS										PROCEDENCIA: CENTRO POBLADO CHURACAN - DISTRITO DE SAN RAFAEL - PROVINCIA DE AMBO - REGION HUANUCO																					
N°	CODIGO DEL LAB.	REFERENCIA	ANÁLISIS MECÁNICO			pH	M.O.	N	P	K	Cu		Pb	Zn	CIC	CAMBIABLES Cmol(+)/kg						%	%	%							
			Arma	Arcilla	Limo						Textura	ppm				ppm	total	ppm	ppm	Ca	Mg				K	Na	Al	H	CDCs	Bas. Camb.	Ac. Camb.
1	S1116	Mt-Mt	70	20	10	7.73	1.04	0.05	5.39	88.94	1249.32	67.18	91.68	8.03	6.45	1.33	0.18	0.07	0.00	0.00	8.03	100	0	0							

MUESTREO POR EL SOLICITANTE

RECIBO 001 N° 0630036

TINGO MARIA, 16 DE DICIEMBRE 2021

[Handwritten signature]



Anexo 7. Panel fotográfico de las actividades de la investigación

Fotografía 1

Reconocimiento del lugar y observación de la zona de intervención del proyecto.



Fotografía 2

Toma de muestras del suelo.



Fotografía 3

Verificación de las diferentes texturas del suelo.



Fotografía 4

Método de partición para la muestra del suelo.



Fotografía 5

Muestras en ex situ.



Fotografía 6

Observación del crecimiento de las plantas.



Fotografía 7

Mediciones a las plantas (grosor, tamaño, número de hojas).



Fotografía 8

Visita del jurado al lugar de investigación.



Fotografía 9

Medición de la raíz en las plantas.



Fotografía 10

Rotulación de las muestras finales y traslado.



Fotografía 11

Determinación de los análisis físicos del suelo – Método de la probeta.



Fotografía 12

Mezcla de la muestra con la solución para la determinación de metales pesados.



Fotografía 13

Análisis de metales pesados con el espectrofotómetro de absorción atómica.



Fotografía 14

Análisis físico del suelo

