

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



TESIS

“Efecto de la fitorremediación con ortiga (urtica urens, urtica dioica y urtica atrovirens) en la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco - 2022”

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

AUTOR: Camones Cuentas, Vickey Owen

ASESOR: Vasquez Baca, Yasser

HUÁNUCO – PERÚ

2023

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, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

D

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniero ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

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

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 76299023

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 42108318

Grado/Título: Título oficial de máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental

Código ORCID: 0000-0002-7136-697X

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	Camara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Cajahuanca Torres, Raul	Maestro en gestión pública	22511841	0000-0002-5671-1907

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 16:30 horas del día 22 del mes de noviembre del año 2023, 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** integrado por los docentes:

- Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas (Presidente)
- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario)
- Mg. Raul Cajahuanca Torres (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2726-2023-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON ORTIGA (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*) EN LA CALIDAD DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON ARSÉNICO DEBIDO A ACTIVIDADES MINERAS EN EL DEPÓSITO DE RELAVES DE QUIULACOCHA, DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR, PROVINCIA Y REGIÓN DE PASCO- 2022"**, presentado por el (la) Bach. **CAMONES CUENTAS, VICKEY OWEN**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) 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, declarándolo(a) **APROBADO**..... Por **UNANIMIDAD**...con el calificativo cuantitativo de...**15**... y cualitativo de...**BUENO**..... (Art. 47)

Siendo las **17:20** horas del día **22** del mes de **NOVIEMBRE** del año **2023**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Simeon Edmundo Calixto Vargas
ORCID: 0000-0002-5114-4114
Presidente

Mg. Frank Erick Cámara Llanos
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Secretario

Mg. Raul Cajahuanca Torres
ORCID: 0000-0002-5671-1907
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, **YASSER VÁSQUEZ BACA**, asesor(a) del PA. **INGENIERÍA AMBIENTAL** y designado(a) mediante documento: **RESOLUCIÓN N° 1282-2022-D-FI-UDH del 30 de junio de 2022**; del bachiller **VICKEY OWEN CAMONES CUENTAS**, de la investigación titulada **“EFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON ORTIGA (*Urtica urens* y *Urtica dioica*) EN LA CALIDAD DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON ARSÉNICO DEBIDO A ACTIVIDADES MINERAS EN EL DEPÓSITO DE RELAVES DE QUIULACOCHA, DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR, PROVINCIA Y REGIÓN DE PASCO - 2022”**.

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud del 24 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 12 de mayo de 2023

Vásquez Baca Yasser
DNI N° 42108318
Código Orcid N° 0000-0002-7136-697X

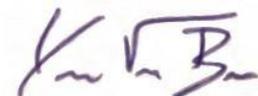
SEGUNDA REVISIÓN PARA LA CONFORMIDAD

INFORME DE ORIGINALIDAD

24%	24%	2%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	5%
2	pt.scribd.com Fuente de Internet	2%
3	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	laortiga.cl Fuente de Internet	2%
5	sites.google.com Fuente de Internet	1%
6	www.ecologiaverde.com Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ecci.edu.co Fuente de Internet	1%
8	Submitted to Universidad de Huanuco Trabajo del estudiante	1%
9	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%



DEDICATORIA

A Dios; por ser el pilar importante en mi desarrollo, por guiarme, enfocarme y bendecirme con esta oportunidad para demostrar que puedo ser mejor, sé que no le defraudaré.

A mis padres; por el apoyo incondicional, pero sobre todo por el amor y la confianza encomendada hacia mi persona.

A mi familia; por ser el pilar más importante en mi vida, me educaron y guiaron, pero sobre todo me brindaron su amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad de Huánuco, por haberme acogido en sus instalaciones, esto me ayudó mucho en toda esta etapa.

A todos los docentes, no olvido el tiempo y la dedicación que se dieron para poder guiarme e instruirme, les agradezco profundamente ese detalle, ya que me ayudó llegar hasta este punto de mi carrera profesional.

A todas mis amistades, amistades de años, amistades que se desarrollaron en la etapa universitaria, y a las amistades que desarrollé en el ámbito laboral, les agradezco mucho por formar parte de todo este viaje, espero que continúen allí, porque los llevaré siempre en mi corazón.

Es un honor haber podido culminar con éxito el proyecto, doy gracias al ING. Javier Cóndor Huamán por la oportunidad de desempeñar mi proyecto en el depósito de relaves de Quiulacocha, como también, el delegar como mi instructor al ING. Kevin Capcha Vertiz, su ayuda fue indispensable para este proyecto y dar gracias a toda la empresa de ACTIVOS MINEROS S.A.C.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN.....	XI
CAPITULO I.....	12
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	13
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	13
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	13
1.3. OBJETIVOS.....	14
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PERSONAL.....	15
1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL	15
1.4.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	15
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	16
1.6.1. PRIMERA ETAPA	16
1.6.2. SEGUNDA ETAPA.....	18
1.6.3. TERCERA ETAPA	19
1.6.4. CUARTA ETAPA.....	20
1.6.5. QUINTA ETAPA.....	20
CAPÍTULO II.....	21
MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	21

2.1.2.	ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.1.3.	ANTECEDENTES LOCALES.....	27
2.2.	BASES TEÓRICAS.....	31
2.2.1.	EFFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON ORTIGA (URTICA URENS, URTICA DIOICA Y URTICA ATROVIRENS) EN LA CALIDAD DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON ARSÉNICO	31
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	67
2.3.1.	ARSÉNICO	67
2.3.2.	FITORREMEDIACIÓN	67
2.3.3.	FITOEXTRACCIÓN.....	67
2.3.4.	FITOMOVILIZACIÓN.....	67
2.3.5.	FITOVOLATILIZACIÓN.....	67
2.3.6.	RIZOFILTRACIÓN	68
2.3.7.	FITOESTABILIZACIÓN.....	68
2.3.8.	FITODEGRADACIÓN	68
2.3.9.	FITORRESTAURACIÓN.....	68
2.3.10.	CALIDAD AMBIENTAL	68
2.3.11.	CALIDAD DE LOS SUELOS	69
2.3.12.	DESMONTERA.....	69
2.3.13.	RELAVE MINERO.....	69
2.3.14.	COMPOST	69
2.4.	HIPÓTESIS.....	69
2.4.1.	HIPÓTESIS GENERAL	70
2.4.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	70
2.5.	VARIABLES.....	71
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	71
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	71
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	71
CAPÍTULO III		73
MÉTODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....		73
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	73
3.1.1.	ENFOQUE	73
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	73
3.1.3.	DISEÑO	74

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	79
3.2.1. POBLACIÓN	79
3.2.2. MUESTRA.....	79
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS....	81
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFOMACION.....	86
CAPITULO IV.....	87
RESULTADOS.....	87
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	87
4.1.1. PROCESO DE ADAPTABILIDAD (URTICA URENS Y URTICA DIOICA).....	87
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS...	92
4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS – FITORREMEDIACIÓN CON ORTIGA (URTICA URENS, URTICA DIOICA).....	93
4.2.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS – ORTIGA URENS (GRUPO EXPERIMENTAL)	95
4.2.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS – ORTIGA DIOICA (GRUPO EXPERIMENTAL)	97
4.2.4. ORTIGA ATROVIRENS	98
CAPÍTULO V.....	106
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	106
CONCLUSIONES	109
RECOMENDACIONES.....	111
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	112
ANEXOS.....	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Los Cinco Reinos	35
Tabla 2 Coordenadas del punto de extracción de suelo contaminado - (UTM – WGS 84)	79
Tabla 3 Coordenadas del área de estudio (invernadero) - (UTM – WGS 84)	79
Tabla 4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	81
Tabla 5 Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) – Fitorremediación con ortiga (Urtica urens, Urtica dioica y Urtica atrovirens) Grupo Experimental (Pre & Pos Test).	94
Tabla 6 Estadísticos descriptivos – Fitorremediación con ortiga (Urtica urens, Urtica dioica y Urtica atrovirens) Grupo Experimental (Pre & Pos Test).	94
Tabla 7 Prueba de Hipótesis T Student – Fitorremediación con ortiga (Urtica urens, Urtica dioica) Grupo Experimental (Pre & Pos Test).	95
Tabla 8 Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) – (Ortiga Urens) Grupo Experimental (Pre & Pos Test).	95
Tabla 9 Estadísticos descriptivos – (Ortiga Urens) Grupo Experimental (Pre & Pos Test).	96
Tabla 10 Prueba de Hipótesis T Student – (Ortiga Urens) Grupo Experimental (Pre & Pos Test).	96
Tabla 11 Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) – (Ortiga Dioica) Grupo Experimental (Pre & Pos Test).	97
Tabla 12 Estadísticos descriptivos – (Ortiga Dioica) Grupo Experimental (Pre & Pos Test).	97
Tabla 13 Prueba de Hipótesis T Student – (Ortiga Dioica) Grupo Experimental (Pre & Pos Test).	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Modelo de las instalaciones del invernadero	80
Figura 2 Modelo de toma de muestras	88
Figura 3 Desarrollo de estratos.....	88
Figura 4 Construcción del invernadero	89
Figura 5 Estandarización del pH.....	89
Figura 6 Capas de los suelos.....	90
Figura 7 Estratos del sueloMedición de los grados de concentración	90
Figura 8 Especie <i>Urtica urens</i>	91
Figura 9 Medición de los grados de concentración.....	91
Figura 10Especie <i>Urtica dioica</i>	91
Figura 11 Especie <i>Urtica atrovirens</i>	99
Figura 12 Raíz de la <i>Urtica atrovirens</i>	99
Figura 13 Semejanza de su entorno natural - <i>Urtica atrovirens</i>	100
Figura 14 pH y la humedad del suelo del macetero.....	101
Figura 15 Tercera prueba de adaptabilidad - <i>Urtica atrovirens</i>	102
Figura 16 Prueba in situ - <i>Urtica atrovirens</i>	103
Figura 17 Decoloración y resequedad - <i>Urtica atrovirens</i>	103
Figura 18 Tercera planta - <i>Urtica atrovirens</i>	104

RESUMEN

Este estudio; se realizó con el principal **objetivo** de determinar el efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*) en la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco – 2022. La **metodología** empleada tiene un paradigma cuantitativo se utiliza para enmarcar el enfoque de este estudio. El enfoque y el diseño son cuasi experimentales. Las muestras que se utilizaron para desarrollar la presente investigación son un total de 18 kg de suelo contaminado, provenientes del depósito de relaves de Quiulacocha, que serán repartidos en los maceteros por cada tipo de ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*). Como **resultado** existe una diferencia notoria, entre las medias muestrales, PosTest (9,4383) < PreTest (149,0883), por lo que se puede afirmar que “La fitorremediación con ortiga *Urtica urens* influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha”, debido a su gran capacidad de adaptación y crecimiento en ambientes contaminados. Así mismo se obtuvo que existe una diferencia notoria entre las medias muestrales, PosTest (10,0367) < PreTest (90,1700), por lo que se puede afirmar que “La fitorremediación con ortiga *Urtica dioica* influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha”, debido a su capacidad de adaptarse a suelos contaminados de relaves mineros.

Por último; la presente investigación **concluyó** que existe una diferencia significativa entre los resultados Pre y Pos Test PosTest (9,7383) < PreTest (119,6300) por lo que se puede afirmar que “El efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica*) influye de manera significativa sobre los suelos contaminados con arsénico en las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, debido a la adaptación favorable que tuvieron.

Palabras clave: fitorremediación con ortiga, *urtica urens*, *urtica dioica* y *urtica atrovirens*, relaves, arsénico.

ABSTRACT

This studio; was carried out with the main objective of determining the effect of phytoremediation with nettle (*Urtica urens*, *Urtica dioica* and *Urtica atrovirens*) on the quality of soils contaminated with arsenic due to mining activities in the Quiulacocha tailings deposit, district of Simón Bolívar, province and region of Pasco - 2022. The methodology used has a quantitative paradigm is used to frame the approach of this study. The approach and design are quasi-experimental. The samples that were used to develop this investigation are a total of 18 kg of contaminated soil, coming from the Quiulacocha tailings deposit, which will be distributed in the pots for each type of nettle (*Urtica urens*, *Urtica dioica* and *Urtica atrovirens*). As a result, there is a notorious difference between the sample means, PostTest (9.4383) < PreTest (149.0883), so it can be stated that "Phytoremediation with nettle *Urtica urens* significantly influences the recovery of soils contaminated with arsenic due to mining activities in the Quiulacocha tailings deposit", due to its great capacity for adaptation and growth in contaminated environments. Likewise, it was obtained that there is a notorious difference between the sample means, PostTest (10.0367) < PreTest (90.1700), so it can be affirmed that "Phytoremediation with *Urtica dioica* nettle significantly influences the recovery of soils contaminated with arsenic due to mining activities in the Quiulacocha tailings deposit", due to its ability to adapt to soils contaminated with mine tailings.

Finally; The present investigation concluded that there is a significant difference between the results Pre and Post Test PostTest (9.7383) < PreTest (119.6300) so it can be stated that "The effect of phytoremediation with nettle (*Urtica urens*, *Urtica dioica*) significantly influences soils contaminated with arsenic in mining activities in the Quiulacocha tailings deposit, due to the favorable adaptation they had.

Keywords: phytoremediation with nettle, *urtica urens*, *urtica dioica* and *urtica atrovirens*, tailings, arsenic.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio a través de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*) propone reducir la presencia de arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco.

Por tal motivo; el principal interés, fue realizar la investigación dentro de las instalaciones de la empresa ACTIVOS MINEROS S.A.C., obteniendo las muestras de un punto estratégicos del mismo relave y así, poder trasladarlos dentro de las instalaciones de la empresa ACTIVOS MINEROS S.A.C. Demostrando el uso que se le dará a la fitorremediación con la ortiga y sus variedades para los suelos contaminados por el arsénico. Se empleará en los suelos con elevadas concentraciones de arsénico, acortando el origen que esparcirá este contaminante a otras zonas vulnerables, ya sean, fuentes de agua potable, capa freática, suelos productivos, cultivos.

Ante todo, ello; dicha investigación se centró en la propuesta de fitorremediación con ortigas en cada masetero, las medidas de estos maseteros fueron de 0.30 m de largo, 0.30 m de ancho y 16 cm de grosor, se procedieron a brindarle un constante seguimiento y tratamiento a los suelos y a las plantas, agregando cantidades específicas de compost y nutrientes a cada masetero, esto apoyará al mejor desarrollo de las plantas de ortiga y sus variedades (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*), como también, se tomaron las muestras de cada masetero en la etapa intermedia (1 mes y 16 días) del desarrollo de las plantas (muestras intermedias), todas estas muestras de suelo fueron enviadas al laboratorio para su análisis, mediante estos resultados se observaron y se comprobaron los progresos de los objetivos y metas de este proyecto de investigación siendo favorable en mis resultados, a excepción de la especie *Urtica atrovirens* debido a la sensibilidad al cambio de hábitad que presentan.

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En todo el tiempo transcurrido, suscitaron grandes hechos históricos, grandes avances y desarrollos en distintos campos y áreas antrópicas, pero enfocándonos exclusivamente en el campo minero, “veremos cambios exponenciales a cerca de la contaminación causada por la minería, esta ha incrementado de una manera exorbitante valga la redundancia, poniendo en riesgo mortal a todo ser vivo junto con el medio ambiente que lo rodea” (Zapata, 2019, pág. 8). El hombre ha abusado de los privilegios, y dones otorgados por la naturaleza, armando todo un arsenal agresivo y letal en contra del ecosistema, bioma, biotopo.

Este problema ya está ocasionando un enfrentamiento entre nosotros mismos, se verá un duelo en la aplicación de métodos, herramientas y técnicas para remediar lo dañado. Suena fácil y sencillo, pero al sumergirnos en la profundidad de este problema, observaremos resultados deprimentes y daños irreversibles en materia. Llamaremos a estas, ramificaciones originadas por la contaminación minera, mencionadas así por tener el rasgo de un eslabón en cadena y que, como cabecilla de este eslabón tenemos a las actividades antrópicas, dando origen a la problemática de esta investigación. “En el Perú día a día suscitan diversos problemas medio ambientales, pero una de las principales amenazas potenciales hacia al medio ambiente y a todo ser vivo que habita en él, vendría a ser la minería ilegal” (Chávez, 2018, pág. 1), azotando gran parte de la superficie peruana y a todo tipo de vida que habita en ella.

“Entendemos que uno de los ingresos económicos más importantes para el Perú es la minería, pero nos estamos matando a sí mismos y lo peor es que no damos una solución ante este problema que día a día aumenta” (Barrios & Garcilazo, 2019, págs. 1-2). En esta investigación seleccionaremos uno de los muchos elementos de la tabla periódica, esta se halla en varias de las

actividades mineras, este elemento no presenta daño alguno en el medio ambiente, ya que se encuentra esparcido y en corteza terrestre de manera incomparable en distintos puntos.

Entonces nos preguntamos cuál es en sí la problemática de aquel elemento no dañino en su estado natural, pues el ser humano es una de las principales razones de que este elemento se altere y se modifique, llegando a explotar todo su potencial dañino. “El arsénico es un metaloide o semimetal, lo encontramos en nuestro entorno natural, en los alimentos, el suelo, agua, aire, animales, etc.” (Barrios & Garcilazo, 2019, pág. 4)

“Uno de los daños inminentes más letales causado por este elemento y la intromisión del ser humano, vendría a ser el cáncer, lesiones cutáneas, diabetes, problemas del desarrollo en los niños, enfermedades cardiovasculares y la neurotoxicidad” (Jiménez & Ramos, 2019, pág. 8)

Al describir estas problemáticas solo estoy rasgando la superficie de daños que ocasiona en el ser humano, pero para eso les presento esta investigación, muy aparte de ver la realidad en nuestro país, pues me enfocaré a dar una solución muy viable, apoyando a la descontaminación de los suelos con elevadas concentraciones de arsénico, una solución que salvará vidas futuras, y evitará que el daño aumente, como también, podremos controlar la concentración de este elemento químico.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es el efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*) en la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuál es la viabilidad de la fitorremediación con ortiga *Urtica urens* para la recuperación de los suelos contaminados con

arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha?

- ¿Analizar la viabilidad de la fitorremediación con ortiga *Urtica dioica* para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha?
- ¿Analizar la viabilidad de la fitorremediación con ortiga *Urtica atrovirens* para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Determinar el efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*) en la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco – 2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar la viabilidad de la fitorremediación con ortiga *Urtica urens* para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha.
- Analizar la viabilidad de la fitorremediación con ortiga *Urtica dioica* para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha.
- Analizar la viabilidad de la fitorremediación con ortiga *Urtica atrovirens* para la recuperación de los suelos contaminados con

arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PERSONAL

Me siento familiarizado y atraído ante esta variedad de planta (ortiga), esto me inspiró a emplearla y usarla como objeto principal y fundamental de esta investigación, con el propósito de solucionar problemas medio ambientales, problemas que suscitan día a día en mi entorno.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El Perú se vio azotado por la contaminación minera, y también, pasó muy desapercibido uno de los muchos elementos que vendrían a ser uno de los principales causantes del cáncer, neurotoxicidad, enfermedades cardiovasculares y la diabetes.

Todos estos problemas ocasionados debido al contacto con los alimentos derivados de los suelos contaminados por elevadas concentraciones de arsénico, como también por el consumo de agua contaminada con este elemento, y la inhalación del material particulado derivado del arsénico.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Si analizamos profundamente la problemática, nos iremos dando cuenta que es una cadena correlativa muy extensa, y que, como toda cadena sujeta a la pared, si se le corta desde el origen o inicio, toda ella caerá, en esta analogía trato de demostrar el uso que se le dará a la fitorremediación con la ortiga y sus variedades para los suelos contaminados por el arsénico. Se empleará en los suelos con elevadas concentraciones de arsénico, acortando el origen que esparcirá este contaminante a otras zonas vulnerables, ya sean, fuentes de agua potable, capa freática, suelos productivos, cultivos.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El principal problema que evitó que se realizaran los estudios de manera directa en el depósito de relaves de Quiulacocha, fue la seguridad y protección de los materiales para la investigación, debido que la empresa minera no cuenta con un equipo de seguridad para el depósito de relaves las 24 horas, dicho esto, el riesgo a los hurtos de los materiales destinados a la investigación es muy elevado, por lo que se optó realizar la investigación, trasladando las muestras de suelo dentro de las instalaciones de la empresa ACTIVOS MINEROS S.A.C.

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Se optó por realizar la investigación dentro de las instalaciones de la empresa ACTIVOS MINEROS S.A.C., obteniendo las muestras de un punto estratégicos del mismo relave y así, poder trasladarlos dentro de las instalaciones de la empresa ACTIVOS MINEROS S.A.C.

Este proyecto es viable económicamente, ya que la localización y el costo de los materiales son accesibles, brindando la facilidad de su ejecución. La fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*) para los suelos contaminados con arsénicos se caracterizará por tener cinco etapas.

1.6.1. PRIMERA ETAPA

Se localizo un terreno específico dentro de las instalaciones de la empresa ACTIVOS MINEROS S.A.C., en Quiulacocha, en esta oportunidad la empresa denominó a un especialista del lugar, con el fin de brindarnos una zona en la parte interna de las instalaciones de la empresa, una vez sucedido esto, se procederá a realizar la medición, 5 m de largo por 5 m de ancho, como también, se localizará un punto en específico en el mismo depósito de relaves de Quiulacocha, esto es muy importante, ya que de aquí se tomará una muestra de suelo muy en particular, esta muestra será enviada a un laboratorio (elección del especialista) para ser analizada, con el fin de obtener los resultados de

estos análisis de manera adelantada. Del punto en específico de donde se tomó la primera muestra, también se extraerán 18 kg de suelo de relave, estas muestras serán trasladadas dentro de las instalaciones de la empresa para proceder con la medición del pH de estos suelos, se logró realizar la construcción de maceteros especiales para el estudio de las plantas y sus variedades, estas poseen las longitudes de 30 cm², de la misma forma, se mandó a elaborar porta maceteros metálicos especiales, con dimensiones de 32 cm², previo a esto, se hizo una nivelación del área otorgada, con el objetivo de alistar la zona para la construcción del invernadero.

Previamente se realizó un proceso de estabilización de estos suelos, ya que la medición individual del pH de cada vasija nos arrojó un resultado que varía entre los 0 a 2 grados de acidez, cabe recalcar que se separaron 2,25 kg en cada vasija de plástico, se recolectó un total de 18 kg de suelo del depósito de relaves de Quiulacocha. A cada vasija se le roció dos manos llenas de óxido de calcio (CaO), se calculó este peso en una balanza analítica, y la cantidad exacta que se usó de óxido de calcio (CaO), fue de 72.38 gramos, esta se removió y se mezcló con el suelo contaminado, se mantuvo en reposo durante 22 días, en todos esos días se regó y se removió solo dos veces, con el objetivo de estabilizar el pH de cada vasija destinada a los maceteros para el proyecto de investigación. Como resultados de este proceso, se obtuvo un pH de 5 a 6 grados, esto se considera ligeramente ácido y grado neutro.

El invernadero posee una estructura metálica interna de 15 fierros base cada uno de ellos con una longitud de 9 m y con grosor de 3/8 o de 9 mm, también, 15 fierros de unión cada uno con una longitud de 9 m y con grosor 6 mm, la unión de estos se realizará mediante alambres de 16 mm de grosor, se estima que se utilizarán 7 kg de alambre.

Para dar paso a la unión de todos los fierros, se procederá a cortar 1.20 m a cada fierro de 9 m, dándonos un total de 7.80 m para cada fierro, finalizado este paso, se procederá intersectar los fierros base y los

fierros de unión, realizando un tejido entre los fierros, añadido a todo eso, se reforzará la unión de cada intersección de los fierros con alambre, muy importante, la longitud de separación entre cada recuadro, debe de ser de un aproximado de 40 cm, como paso final, el arqueamiento del fierro base y el fierro de unión creará una estructura de semicilindro, como sugerencia personal, y apegado a mi diseño, para este tipo de estructura es preciso reforzarlo con los fierros restantes de 1.20 m, todos estos se clavarán en cada esquina, y los fierros restantes se introducirán en puntos de soporte estratégicos, esto evitará que la estructura se deforme evitando el diseño deseado, ojo, para realizar el levantamiento de la estructura, se recomienda como mínimo 3 personas de apoyo, ya que la estructura posee un peso considerable, de manera opcional, se le podría unir 4 vigas madera de 2.50 m en espacio arqueado de la estructura metálica (como un soporte adicional), pero principalmente es importante añadir una o dos vigas en la parte central del invernadero, esto ayudará y evitará el hundimiento ocasionado por el propio peso de toda la estructura del invernadero, como paso siguiente, se recubrirá todo el invernadero con un material especial denominado agrofilm, este es de calibre doce y de color blanco.

1.6.2. SEGUNDA ETAPA

Se planteó un diseño de estratos de suelo para el proyecto de investigación, mencionado esto, se acomodaron piedras en la base de los maseteros, creando la primera capa de nuestro proyecto y denominándola el estrato rocoso, después de haber realizado esta primera capa proseguiremos a recolectar la muestra de suelo contaminado para poder distribuirlos a los ocho maseteros, por lo que primero se localizará un punto específico de todo el depósito de relaves de Quiulacocha, de este punto se extraerán 18 kg de muestra de suelo.

Para la segunda capa, se distribuirán los 18 kg en ocho maseteros, por lo que nos dará un total de 2.25 kg para cada uno, especialmente se les hará un seguimiento a estas 8 muestras, con el fin medir el pH del suelo, por lo que es recomendable poseer un Peachímetro de suelo.

Existen varias maneras de estabilizar suelos provenientes de relaves mineros, pero el método que se empleará será un poco ortodoxo, utilizaremos óxido de calcio (CaO), comúnmente también denominado “cal”, con el propósito de tratar de equilibrar solamente el pH de cada muestra de suelo, es importante no usar este componente en abundancia, este tratamiento de suelo se realizará en 8 vasijas independientes, por actos naturales, las muestras llegan con tamaños y porciones irregulares de suelo, granulado y semi rocoso, por lo que es muy importante el cribar, desmenuzar y disgregar estas partes irregulares de cada muestra, con el fin de obtener una textura fina de suelo, y así poder apoyar el desempeño del óxido de calcio (CaO) en este tipo de tratamiento.

Para la tercera capa, se extraerán 8 kg más de muestra de suelo del mismo punto específico del depósito de relaves de Quiulacocha, a esta se le realizará un semi cribado o semi disgregado para después combinarla con 8 kg de suelo agrícola, en total se esparcirán 2 kg de mezcla en cada masetero.

Para la cuarta capa solo se requerirá suelo agrícola, específicamente 32 kg en total, de las cuales se esparcirán 4 kilogramos en cada masetero, el procedimiento de cribar, disgregar y desmenuzar este suelo es opcional, o a criterio del especialista.

Antes de llegar a la última capa del modelo diseñado, procederemos a realizar las plantaciones de las ortigas y sus variedades. En esta oportunidad se plantarán tres ortigas en cada masetero, una vez hecho esto, se procederá a ejecutar la quinta capa, esta capa está conformada por 2 clases de abonos.

1.6.3. TERCERA ETAPA

Luego de haber realizado la plantación de las ortigas en cada masetero, las medidas de estos maseteros fueron de 0.30 m de largo, 0.30 m de ancho y 16 cm de grosor, se procederá a brindarle un constante seguimiento y tratamiento a los suelos y a las plantas,

agregando cantidades específicas de compost y nutrientes a cada masetero, esto apoyará al mejor desarrollo de las plantas de ortiga y sus variedades (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*), como también, se tomarán las muestras de cada masetero en la etapa intermedia (1 mes y 16 días) del desarrollo de las plantas (muestras intermedias), todas estas muestras de suelo serán enviadas al laboratorio para su análisis, mediante estos resultados se observarán y se comprobarán los progresos de los objetivos y metas de este proyecto de investigación.

1.6.4. CUARTA ETAPA

Luego de haber transcurrido los DOS meses y medio, se procederá a recoger las últimas muestras de los maseteros (muestras finales), y así proceder a analizarlas en el laboratorio, en este punto de tiempo, la planta se desarrolló en totalidad.

Se captarán imágenes sobre las etapas del desarrollo de la planta ortiga, como también, estas imágenes nos servirán como evidencias para corroborar y comparar los objetivos de esta investigación, sobre todo, se obtendrán los resultados finales de los análisis, dicho esto, daremos paso a resolver nuestras conclusiones y a analizar los detalles de cada resultado de nuestro proyecto.

1.6.5. QUINTA ETAPA

Como paso final, se analizarán los resultados obtenidos, tanto de campo y de laboratorio, dando pie a inicio al desamblaje de todo el invernadero.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Jiménez & Ramos (2019) en su estudio de investigación: *Evaluación de la eficiencia fitorremediadora de Lupinus Pubescens, Plantago Pajor y Scirpus Californicus en suelos contaminados con arsénico*. Resumen que: El elemento químico arsénico (As) viene a ser uno de los elementos más dañinos y nocivos, su origen puede trascender de diversas fuentes, tanto naturales como artificiales, un ejemplo, la parte interna de un volcán puede poseer elevadas concentraciones de arsénico, esto puede contaminar el suelo y la flora que habita en ella. Esta investigación tuvo como **objetivo** analizar ciertas cualidades o propiedades fitorremediadoras de *Lupinus pubescens* (Falso chocho), *Plantago pajor* (Llantén) y *Scirpus californicus* (Totora) en todos los suelos dañados por el arsénico (As). La **metodología** inició con el análisis del muestreo de los suelos de toda la sociedad de Toacaso, esta se encuentra situada en la provincia de Cotopaxi, este análisis arrojó de resultado, contaminación debido al arsénico con origen del volcán Illinizas, procedimos a analizar los parámetros físicos y químicos, como también, identificar la vida microbiana en los suelos tanto como en sus distintas fases de concentración o acumulación de arsénico (As) en los suelos y plantas. Todos **resultados** microbiológicos denotaron gran diversidad de hongos, tales variedades como: *Fusarium sp*, *Aspergillus sp*, *Mucor sp*, *Penicillium sp* y *Trichoderma sp*, como también, algunas variedades de bacterias como: *Lactobacillus sp*, *Micrococcus sp* y *Bacillus sp*. Las **conclusiones** que se lograron obtener en esta investigación, nos arrojaron resultados, que planta llamada *Scirpus californicus* (Totora) obtuvo el mayor nivel de concentración debido a la absorción de arsénico, esta especie de planta logró absorber más arsénico, logrando sustraer cerca del 35% de casi todo el total debido al

proceso natural de fitoextracción. Para que se de este proceso, la planta genera proteínas muy particulares para el traslado y la captación de este arsénico (As), entre ellas, las fitoquelatinas, las acuaporinas y los transportadores de fosfato. La planta (*Lupinus pubescens*), posee entre sus características, nódulos, estos son adecuados para la absorción, como también, estos son sensibles al proceso shock post trasplante y *Plantago pajor*, como también, estas mejoran en sus capacidades de adaptación o aclimatación a estos tipos de suelos destinados a la agricultura, evidenciando también el crecimiento y desarrollo acelerado o antes de tiempo. Los estudios de fitorremediación demostraron, ser el estudio más seguro para atenuar y descontaminar los suelos dañados.

Reyes et al. (2016) en su estudio de investigación: *Contaminación por Metales Pesados, Implicaciones en Salud, Ambiente y Seguridad Alimentaria*. Resumen: Los daños emitidos a causa de los impactos negativos con los metaloides y metales pesados, en los componentes hídricos, de los suelos y del aire, están ocasionando grandes repercusiones y daños, en los distintos capos de seguridad (alimentaria, salud ambiental, salud social), en general de toda la población a nivel mundial. Un resumen de toda la exploración a cerca de este tema, salió un **objetivo** en específico, abarcar la problemática, específicamente denotar la contaminación por todos los elementos de los metaloides y metales pesados como él (Cadmio (Cd), Arsénico (As), mercurio (Hg), y Plomo (Pb) en el ambiente y en los alimentos). Toda la **metodología** se desarrolló gracias a las investigaciones enfocadas a las descripciones de las fuentes de origen de la contaminación, ya que, por medio de estas, se crea un contacto y una exposición a todos los seres vivos, y es así como se desarrolla todo este proceso de contaminación, adhiriendo y reteniendo todos estos recursos naturales para el consumo humano. Y como **resultado**, se obtuvo datos que abarcaron estudios en muchos países en el mundo, especialmente se incluyó a Colombia. Las **conclusiones** de toda esta investigación, sacó al aire muchos resultados preocupantes de todas las investigaciones realizadas a detalle, en especial un dato imposible de ignorar, que la leche de bovinos

posee elevadas concentraciones de todos estos metales pesados y metaloides, entre ellos (Plomo (Pb), mercurio (Hg), Arsénico (As) y Cadmio (Cd)), dándonos a entender que el contacto que se dio entre todos estos animales y áreas de suelo y agua contaminada por estos elementos químicos influyeron en las concentraciones de todos estos elementos derivados de todos estos animales (leche y carne). Como también, influyó en las áreas de cultivo, ya que de la misma manera que en los animales, todo ser vivo tiene la capacidad de acumular estos metales pesados, tan solo por entrar en contacto sobre los diferentes componentes ambientales (aire, agua, suelo y plantas).

Borie et al. (2014) en su investigación: *Evaluación de la Cesión de Nutrientes y Metales Pesados en Perfiles de Suelos y Suelos Adicionales con Biosólidos*. Resumen: El **objetivo** de este estudio de investigación, es plantear y formular una metodología novedosa, con el fin de realizar el monitoreo de estos metales pesados, como también, los nutrientes de los suelos que han sido mezclados y aplicados con residuos orgánicos con elevadas concentraciones de contaminación, consecuentemente, todo esto se midió mediante un lisímetro. Toda la **metodología** está enfocada en realizar un muestreo acuoso de todos los niveles y perfiles de los suelos de (0-10, 10-20, 20-30, 30-40 y 40-50 cm de profundidad). Como resultados se logró hallar iones metálicos y también fósforo soluble en las distintas soluciones acuosas y también los elementos, nitrógeno (N), fósforo (P) total y calcio (C) y nitrógeno (N) en todos los niveles y perfiles de los suelos. Uno de los procesos importantes que se logró desarrollar, fue el seguimiento y monitoreo ante alguna presencia de algún contaminante en algunas de las distintas capas de los suelos. Si realizamos una comparación entre los testigos y las muestras de todas las parcelas que entraron en contacto con el lodo de características (P soluble), en ninguna de estas parcelas se percibe la concentración de este elemento. Estos elementos metálicos y nutrientes como Mg y Fe se lograron localizar en composición con estas, pero no incrementaron de manera alarmante en todo el año de tratamiento. Los metales pesados como (plomo (Pb), cadmio (Cd), níquel (Ni), cobre (Cu), manganeso (Mn)

y zinc (Zn)) no se perciben en concentraciones elevadas, por lo contrario, se hallaron por debajo de los parámetros establecidos, este resultado se halló gracias al tratamiento de estos extractos de suelos manipulados con biosólidos, dando como resultado, la inexistencia de riesgos o peligro en la aplicación de estos métodos. Como **resultado** obtenido, tenemos a los extractos de suelo en la zona del bosque adulto, toda esta área ha sido manipulada con porciones de dosis de lodo, peso neto en general de cuatrocientos y ochocientos kilogramos de nitrógeno (N) por hectárea, también se pudo desarrollar una tabla con la presencia de todos los nutrientes y metales pesados hallados en los dos principales niveles y perfiles de este suelo. Y como **conclusiones**, se realizó la comparación de los suelos testigos con los suelos han sido manipulados por estos métodos, los cambios o variaciones de características entre estos, no fueron tan notorios. Estas investigaciones denotaron que en la V y VI región se hallaron resultados casi similares entre sí.

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Díaz (2017) en su investigación: *Capacidad de Acumulación de la ortiga (Urtica Urens) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017*, para recibir el título profesional de Ingeniero Ambiental, en la Universidad César Vallejo, Lima – Perú. Resumen: En siguiente tesis tiene como **objetivo** localizar y verificar si la ortiga tiene esta cualidad, de acumular o almacenar plomo (Pb) entre los tejidos internos que posee, la muestras que se extrajeron y que también se utilizaron para esta investigación, conforma parte de la estructura de los suelos contaminados en la ciudad de la Oroya, específicamente, en áreas residenciales, a base de estos datos, se obtuvo como objetivo principal hallar el potencial de esta cualidad, el poder de almacenamiento de la planta ortiga (*urtica urens*), para el tratamiento mediante la fitorremediación de los suelos dañados a causa de la contaminación por plomo, el tiempo en el que se hallaron estos resultados fueron de 2 meses, en estos meses se monitoreó a detalle el porcentaje total de concentración de plomo en la estructura de la planta

ortiga, específicamente, en las hojas y raíces. La utilización de esta **metodología** se aplicó fuera del área contaminada (fuera de la zona residencial de la Oroya), a base de un diseño experimental, también se realizaron 5 repeticiones, previamente también se analizaron las muestras antes y para finalizar, también se llevaron a cabo análisis después del tratamiento, como **resultado** obtenido gracias a las investigaciones realizadas, nos dio que la ortiga presenta la cualidad de almacenar o acumular entre sus hojas $84,34 \text{ mg/kg}$ y también en sus raíces $25,06 \text{ mg/kg}$, el resultado de la concentración inicial es de $1119,51 \text{ mg/kg}$ y el resultado de los niveles concentración final es de $1010,05 \text{ mg/kg}$, este resultado presentó una variación de $109,046 \text{ mg/kg}$ de este metal pesado. Las **conclusiones** principales de este estudio, fue que sacó a relucir, pero, sobre todo, dar a conocer ciertas cualidades y capacidades de la planta ortiga (*Urtica Urens*), entre varias de estas capacidades, se priorizó la característica de almacenar o acumular en su interior el plomo proveniente de los suelos de la ciudad de Oroya, se logró almacenar $109,46 \text{ mg/kg}$, internamente de la planta, pero específicamente, dentro de las hojas y raíces, se medió un porcentaje final de eficiencia respecto a esta cualidad que posee la planta, como resultado nos dio que, aminoró un 10% del plomo en total que se halló inicialmente.

Barrios & Garcilazo (2019) en su investigación: *Capacidad Fitorremediadora de Ricinus Communis "Higuerilla" sobre Arsénico y Plomo de Suelos Contaminados del Sector La Porfía Pataz, 2019*. Resumen: La siguiente investigación tiene como **objetivo** desempeñar la "Cualidad fitorremediadora de la planta *Ricinus communis* (Higuerilla) a través de la fitoextracción, llevándola a cabo en los distintos tipos de suelos dañados con arsénico (As) y plomo (Pb)". Se logró realizar un análisis de esta característica fitorremediadora, lo cual se utilizó la planta Higuerilla (*Ricinus communis*), para adherir y concentrar elevados porcentajes de estos metales pesados o metaloides. Se sembraron semillas de esta planta, en un almacenador de 50 cavidades (semillero), previo a esto, se logró realizar un diseño de un proceso de siembra y

cultivo enfocado en la remoción u eliminación de estos metales pesados y metaloides (plomo (Pb) y arsénico (As)). El área o población de estudio que se empleó para desarrollar este estudio, vino a ser el sector de la Porfía – Pataz, de todo esto obtuvimos una muestra determinada gracias a la metodología del muestreo de suelos dañados y planteados por la entidad ambiental del (MINAM). La **metodología** que se desarrolló incluyó los estudios de todos los parámetros de crecimiento de la planta, específicamente, las longitudes de sus raíces, altura y grosor del tallo y el número total de las hojas que tiene la planta, todos estos detalles se lograron captar en las diferentes fases y niveles de desarrollo de la planta, con el propósito de hallar la capacidad de esta cualidad fitorremediadora de la planta Higuierilla, el absorber y almacenar los distintos niveles de concentración de plomo (Pb) y arsénico (As) en su interior. Como también, se logró calcular el nivel de acumulación de estos metales pesados y metaloides de los interiores de esta planta. Como **resultados**, se destacó que la cualidad de tolerancia de la Ricinus communis, como también, el nivel y porcentaje de absorción que posee esta planta, dándonos de resultados los niveles de concentración total de plomo (47.32 Pb *mg/kg*) y arsénico (49.15 As *mg/kg*) en los suelos dañados por metales pesados, esto beneficia a la investigación, ya que esto es material fundamental para el desarrollo de la investigación, ya que este suelo se utilizará para la fitorremediación. Como principales **conclusiones**, se logró hallar la facultad fitorremediadora de la Higuierilla (Ricinus communis) ante el plomo y arsénico, a través de un tratamiento inicial de 10 días, los primeros datos de acumulación fueron de 12.5 *mg/Kg* de plomo y 10.7 *mg/kg* de Arsénico, El proceso secundario duró veinte días en total, como resultado se obtuvo un total de 41.7 Pb *mg/kg* y para finalizar, el tercer tratamiento tuvo una duración de 30 días y como resultado se obtuvo 61.0 Pb *mg/kg* – 51.0 As *mg/kg*. Como conclusión final obtuvimos que todos los resultados obtenidos fueron a causa de la acción fitorremediadora de la planta, la cual tuvo un proceso, un tiempo, que marcó mucha diferencia en los resultados, ya que cuanto más prolongado fue el tiempo de tratamiento, mayor fue el porcentaje de acumulación de estos metales. Palabras

clave: Fitoextracción, Ricinus communis L, Plomo, Ricinus communis L, Arsénico y Calidad fitorremediadora.

Zapata (2019) en su investigación: *Contenido de metales pesados en vegetación alrededor de una mina cerrada en la región Piura, 2019*. Resumen: El principal **objetivo** de esta investigación es hacer denotar las características de los metales pesados, como también la flora afectada por estos metales muy próximos a una mina cerrada en el departamento Piura, uno de los propósitos principales es analizar el daño por metales pesados a todas las especies de flora, como también, es de brindar una base sólida de información para futuras investigaciones y monitores relacionados a estos daños ambientales. El área de muestreo que se analizó, se encuentra ubicado en una de las comunidades de Canchaque donde se halla el yacimiento minero de Turmalina, esta estuvo en funcionamiento entre los años de 1970 y los años de 1996. La **metodología** que se usó para la medición de estos metales pesados, fue mediante los procesos de vía húmeda y hallazgo por el proceso espectrometría de absorción atómica (AAS), utilizando los equipos y herramientas necesarias del Centro de Estudios de Química de la Universidad de Piura. Los hallazgos clave se obtuvieron gracias a las hojas y raíces analizadas, como también, estas se hallaron mediante con el enlace de ácido nítrico – ácido perclórico (4:1), en un proceso de asimilación y absorción que duró 2 horas. Nuestros **resultados** obtenidos nos indican el hallazgo de elevadas acumulaciones de concentraciones de los metales (aluminio, hierro y cobre). Los metales pesados más dañinos como el plomo y el cadmio, poseen los niveles más bajos de concentración. Las **conclusiones** más importantes y relevantes, la absorción de metales pesados por medio de la flora endémica es una muy buena opción ecológica para remediar suelos en ecosistemas dañados por la contaminados por la minería.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Dávila (2020) en su investigación: *Recuperación de Suelo Contaminado por Plomo con Vetiveria (Chrysopogon zizanioides) Bajo*

Condiciones de Vivero en la Esperanza – Amarilis – Huánuco, abril – junio 2019. Resumen: Los daños causados al suelo causado por metales pesados, han formado parte de la problemática a nivel mundial, el plomo, que viene a ser uno de los metales más tóxicos y dañinos, se ha vuelto punto de inicio para diversas investigaciones y acciones de remediación, esta tesis tuvo como **objetivo** principal, descubrir si la planta vetiveria posee la capacidad de remediar los suelos contaminados por estos metales, pero condicionándola a desarrollarse en un vivero en distrito de la Esperanza. La **metodología** que se empleó fue un ensayo, y todas las instalaciones estuvieron bajo un diseño experimental que consiste en el tratamiento de tres muestras: (T1: 6 estacas, T2: 8 estacas y T3: 12 estacas de vetiveria) cada una con cinco repeticiones, finalizando con 15 muestras obtenidas. Lo analizado fue: El acumulamiento de los residuos del plomo, el número, longitud de macollos y las hojas de vetiveria. Nuestros **resultados** hacen mención, que la cantidad y densidad de plantas de vetiveria que se usaron, no influyó estadísticamente en la acumulación del metal pesado (plomo), y que mediante los estudios del suelo dañado, también se hace mención una elevada concentración de este metal pesado (plomo); tanto la planta como sus componentes (macollos y hojas) se vieron afectadas aún inicio por las partículas contaminadas, pero a pesar de eso, la planta sobrevivió, demostrando su capacidad de resistencia ante ambientes desfavorables presentes en el suelo. Y como **conclusiones** finales, tratamos de recomendar que se realice un nuevo estudio siguiendo estos pasos a detalle, pero también incluir y considerar los estudios de la materia orgánica y el pH del suelo, con el propósito de monitorear la movilidad de este metal pesado, y también, verificar la capacidad acumulativa que posee la planta vetiveria. Palabras clave: metal pesado (plomo), acumulación, suelos, contaminación, vetiveria.

Solis (2020) en su investigación: *Determinación de la Hiperacumulación de metales pesados cd, pb y as en la Planta Nativa Taya (Baccharis Tola Phil.) de la Desmontera Minera Rumiallana Entre los Distritos de Yanacancha y Simón Bolívar, Pasco, 2019 – 2020.*

Resumen: En esta investigación se priorizó como principal **objetivo** resolver y hallar las capacidades hiperacumulativas de metales pesados (Cd, Pb y As) que posee la planta nativa Taya (*Baccharis tola* Phil), esta va a florecer en la desmontera minera Rumiallana. La **metodología** de esta tesis es mixta (enfocado en lo cuantitativo y cualitativo). Como también, el nivel empleado en esta investigación es descriptivo, debido a que se detalló, estudió y se interpretó la capacidad acumulativa de estos metales (Cd, Pb y As) en la planta Taya y su correspondiente suelo rizósferico. Poseyó un diseño no experimental transversal descriptivo. Utilizando como población a la planta Taya (*Baccharis tola* Phil) esta se desarrolló y floreció en la desmontera Rumiallana, el método no probabilístico fue el que se empleó para que se tomaran y se recolectaran las muestras, como también, a criterio propio; se recolectó 03 muestras de la planta Taya (parte aérea y raíz), como también, su correspondiente suelo rizósferico. Como también, se aplicó dos distintos análisis de estudio, el análisis de información la estadística descriptiva y como estudio final, el análisis de varianza (ANOVA), esto nos indicó que nuestros resultados obtenidos de las tres repeticiones no poseen diferencias tan notorias ni impactantes, así que solo se trabajó con los promedios hallados por cada, con el fin de hallar el cálculo del FT y FBC. No olvidemos de recalcar que, se usaron los programas de Excel y SPSS. v25. Los resultados obtenidos de estas muestras se trasladaron para ser estudiadas y analizadas en el laboratorio de UNALM, y como **resultados** obtenidos, tenemos a los promedios de la planta, las cuales son: En la zona aérea es 7.61 *mg/kg* de Cd, 41.14 *mg/kg* de Pb y 4.64 *mg/kg* de As; en la parte interna de la raíz 7.48 *mg/kg* de Cd, 384.69 *mg/kg* de Pb y 7.55 *mg/kg* de As; y en el suelo rizósferico 32.12 *mg/kg* de Cd, 5369.44 *mg/kg* de Pb y 17.65 *mg/kg* de As. Como también se estudió el FBC y FT de la planta Taya, obteniéndose como resultados y valores del FBC en la parte aérea (Cd =0.51, Pb=0.03 y As=0.26); y en la parte interna de la raíz (Cd =0.58, Pb=0.10 y As=0.43); y como dato final, el F.T 1.00 para Cd, 0.41 para Pb y 0.62 para As. Obtuvimos **conclusiones** que determinaron tres criterios, de las cuales la planta Taya debe cumplir para pueda ser considera como una planta

hiperacumuladora, pero a base de las investigaciones realizadas la planta Taya no cumple con estos criterios, por lo que no posee la característica de ser hiperacumuladora, considerándola como una simple planta fitoestabilizadora. Palabras Clave: Hiperacumuladora, Metales Pesados, Factor de Bioconcentración y Fitoestabilización.

Manrique de Lara (2015) en su investigación: *La Educación Ambiental y el Tratamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en el Mercado Modelo de la Ciudad de Huánuco, Periodo 2015*. Resumen: Esta tesis obtuvo como **objetivo** el de desarrollar una educación y guía ambiental, mediante el procedimiento, tratamiento y manejo de estos desechos sólidos orgánicos descubiertos y captados en el mercadillo central de la ciudad de Huánuco, planteando un nuevo sistema y método de limpieza de estos desechos sólidos orgánicos. Nuestra **metodología** estuvo basada en una indagación aplicada, con un nivel descriptivo y de diseño no experimental, transversal descriptivo y sin olvidar los métodos, entre ellos, los estudios del contenido, las entrevistas personales, las observaciones y herramientas empleadas, como las fichas y anotaciones de campo o medios de ubicación, de análisis y la guía para la observación y monitoreo. Nuestros **resultados** se detallaron mediante figuras, recuadros e imágenes que paso a paso fueron deducidos dando como conclusión, la carencia total de una adecuada educación y guía ambiental, acertando a la opinión de muchos usuarios en los locales donde se venden muchos de los productos alimenticios, (carnes etc.). Y como **conclusiones** de esta investigación, logramos obtener un desarrollo adecuado y una correcta educación ambiental, donde se preserve tanto las condiciones higiénicas como las de salubridad, y que estas garanticen la inocuidad del producto, cuidando el medio ambiente, manteniéndolo saludable, evitando la exposición de los seres vivos a la polución, evitando la obtención y propagación de cierto males o enfermedades. Como también, hablando de infraestructura, se deberían reparar ciertos lugares, como algunos puestos de venta que se hallan en un pésimo estado, nos dimos cuenta que no existe un manejo integral de todos estos residuos sólidos orgánicos, ya que son desechados en la

intemperie de nuestro mercado modelo en Huánuco, un nuevo modelo y diseño de mercados saludables, enfocados también, en el manejo de todos estos residuos sólidos orgánicos e inorgánicos, vendría a ser una buena opción para la proteger a la población, garantizando la salud de los consumidores y del medio ambiente.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. EFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON ORTIGA (URTICA URENS, URTICA DIOICA Y URTICA ATROVIRENS) EN LA CALIDAD DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON ARSÉNICO

2.2.1.1. ASPECTOS GENERALES

Menciona Bautista et al., (2018) “las plantas se originaron hace ya más de 500 millones de años a partir de un tipo de alga y, de ahí, poblaron la tierra para dotar de gran cantidad de vida al planeta” (p. 5). Destacamos a todas las plantas como seres vivos, específicamente de color verde, todas aquellas que se han adaptado al medio donde habitan y que, generalmente, se hallan fijas y establecidas sobre el suelo. Entonces, como rasgo más destacado y más importante de estos seres vivos, es que no les hace falta el alimentarse de otros seres vivos para obtener la capacidad de subsistencia. La técnica que poseen para obtener ese aporte es denominada fotosíntesis.

Este paso es exclusivamente de ellas, se desarrolla mediante la célula vegetal, también nombradas cloroplastos, estas poseen el elemento denominado clorofila. Mediante ella, toda planta recibe la radiación solar. A esto se le añade la recepción de agua, dióxido de carbono y sales minerales, fundamentales y requeridos para la producción de la materia orgánica para su subsistencia. De toda la variedad de actividades de las plantas, lo más destacado se da durante la etapa de la fotosíntesis, toda planta elimina oxígeno a la

atmósfera, esencial y fundamental para todos los seres vivos que habitan el planeta tierra.

2.2.1.2. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS PLANTAS

- Son multicelulares.
- Ellos mismos poseen la capacidad de fabricar su propio alimento mediante las sustancias (agua, sales minerales y aire), con el aporte de la luz solar, rasgo denotable por el cuál no se alimentan de otros seres vivos.
- Subsisten estando fijas a los suelos.
- No poseen órganos, tampoco un sistema nervioso. A pesar de todo esto, muchas variedades reacción a ciertos estímulos (tacto humano, luz, cambios climáticos, etc.).
- A las plantas se les denominan seres vivos, ya que nacen, crecen, se alimentan, se reproducen y perecen.

2.2.1.3. PARTES DE LAS PLANTAS

➤ Raíz

Parte que asegura la planta al suelo, mediante ella se absorbe el agua y todas sales minerales que poseen los suelos, mediante ella se logra sostener a la planta, protegiéndola los fenómenos climáticos; recalando que la función más importante y principal de estas, es el de la absorción de todas las sustancias primas para su alimentación. La estructura de la raíz es:

Cuello: parte situada al nivel de la superficie del suelo, separa el tallo de la raíz.

Raíz principal o cuerpo: Parte subterránea de la que salen las raíces secundarias.

Pelos Absorbentes: por donde penetra el agua con las sustancias minerales para alimentar la planta.

➤ **Tallo**

Transporta agua, sales minerales y alimentos elaborados. Esta parte de la planta se desarrolla en sentido opuesto a la raíz, de la parte inferior a la superior, el tallo sostiene a todas las hojas. La función de los tallos: Sostener toda la estructura del vegetal: hojas, flores y frutos, como también, conducir de la raíz a las hojas y flores la savia.

✓ **Partes del tallo**

- **Cuello:** con el que se une a la raíz.
- **Nudo:** en los que se insertan las hojas y las ramas.
- **Yemas:** que dan origen a las ramas Cuello.

➤ **Hojas**

Función clorofílica (elabora los alimentos a partir de dióxido de carbono y luz solar liberando oxígeno, mediante un proceso llamado Fotosíntesis). Además, llevan a cabo la respiración, proceso inverso a la función clorofílica.

✓ **Partes de la Hoja**

El limbo: Es la parte plana de la hoja, y tiene dos caras, la superior se llama haz, y el reverso envés.

El pecíolo: Es el filamento que une la hoja al tallo o rama.

La vaina: Es el ensanchamiento del pecíolo o limbo que envuelve al tallo.

✓ **Funciones de las Hojas**

Respiración: Las hojas son los pulmones de las plantas pues por ella realizan su respiración. La respiración consiste en absorber de la atmósfera oxígeno y exhalar anhídrido carbónico. Esta función principalmente se da en la noche. Por eso, no debemos dormir con matas en las habitaciones porque contaminan el aire.

Transpiración: Se verifica en las plantas mediante las salidas del exceso de agua de las hojas por las estomas. Esta función se realiza en forma de pequeñas gotitas que aparecen en la superficie de las hojas.

Función Clorofílica: Consiste en absorber el anhídrido carbónico del aire, mediante la acción de la luz; luego lo descomponen y dejan libre el oxígeno. Esta función es de gran importancia y además es la vida de las plantas, pues gracias a ella y a la luz del sol, las hojas fabrican su alimento.

✓ **Utilidades de las hojas**

Son alimenticias, las que sirven al ser humano para su alimento como la lechuga, la acelga, el repollo, la espinaca y otras.

Son medicinales, las que se usan para las enfermedades, como el eucalipto, la malva, la borraja.

Son industriales, las que se usan para la elaboración de productos destinados al comercio, como el tabaco, el añil, la cocuiza, y otras.

➤ **Flor**

Su función fundamental es la reproducción. Partes de una flor

- **El Cáliz:** Está formado por unas hojitas verdes que están en la parte exterior de la flor.
- **La Corola:** Llamada ordinariamente la flor, está formada por unas hojitas de varios colores llamados pétalos.
- **Estambres:** Son como unos bastoncitos que tienen por base el centro de la flor y tienen un polvillo amarillento que se llama polen y es el órgano masculino de la flor.
- **Filamento:** Es un hilo muy delgado destinado a sostener la antera. La antera que es un saquito, que abierto con los

dedos, te manchará con un polvillo amarillento que sale de dentro, es el polen.

Los Pistilos: Son los órganos femeninos de la flor.

Semilla: Su función fundamental es la Germinación, la formación de las semillas es esencial para la supervivencia de la mayoría de las especies vegetales. En la reproducción sexual, la flor es el órgano que da origen a las semillas, de las cuales nacerán las nuevas plantas.

➤ Taxonomía

Gracias a Robert H. Whitaker (2022) ecólogo, se pudo dar inicio a una clasificación muy peculiar de todos los seres vivos.

Tabla 1

Los Cinco Reinos

REINO	DIVISIÓN	DENOMINACIÓN
MONERA	Bacteriífitas	Bacterias
	Cianófitas	Algas verdes-Azuladas
PROTISTA	Euglenófitas	Euglenas
	Pirrófitas	Algas pardo-amarillentas
	Crisófitas	Algas doradas
	Mixófitas=Mixomicotas	Hongos mucilaginosos
FUNGI	Micetófitas=Eucomitas	Hongos verdaderos
PLANTAE	Feófitas	Algas pardas
	Rodófitas	Algas rojas
	Clorófitas	Algas verdes
	Carófitas	Algas verdes
	Briofitas	Hepáticas y musgos
	Traqueófitas	Plantas superiores

Nota: Tabla extraída de la investigación de Robert H. Whitaker

Esta investigación tiene a la planta denominada ortiga y sus variedades (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*) como motor principal de estudios, valga la redundancia, el motor principal es un ser vivo, por lo que se encuentra ubicado dentro de las clasificaciones dadas por Robert H. Whitaker. Esta planta y sus variedades se hallan en el reino plantae, en la sub división

denominada traqueófitas, a estas se les denominan plantas superiores.

➤ **Traqueófitas**

Las plantas traqueófitas, vasculares o cormofitos son aquellas que presentan tejidos vegetativos específicos para la conducción de sustancias minerales, agua y otros nutrientes necesarios para la supervivencia y desarrollo de la misma.

Principales características:

- Tejidos desarrollados para el xilema y floema.
- Estructura variada (Raíz, tallo y hoja).
- Generación antitética (Haploide y diploide).

✓ **Clasificación de las traqueófitas**

La evolución de las traqueófitas ha generado varias categorías taxonómicas, de hecho, existen múltiples clasificaciones de estas dependiendo del autor, ya que aún no se ha llegado a un verdadero consenso al respecto, el número de estas es tan amplio, más de trescientas mil especies, que para simplificarlo un poco hemos optado por realizar la siguiente división:

- **Psilópsida:** aquellas plantas traqueófitas más primitivas. En la actualidad solo existen 3 especies dentro de esta categoría.
- **Lycopsida:** este grupo está formado por más de 1000 especies, muy antiguas que proceden casi por completo a la división de las Lycophytas. Aquí puedes conocer más sobre los
- **Sphenópsida:** formada por los equisetos, plantas con un fuerte rizoma que nacieron en hace miles de años y que logran alcanzar un máximo de dos metros de altura y con propiedades medicinales.
- **Pterópsida:** son el grupo más amplio de todo el reino vegetal. Este se divide en tres ramas principales.

- Plantas traqueófitas pterópsida
 - **Filicíneas:** plantas con hojas más desarrolladas que el tallo y que no disponen de nudos ni entre nudos. A este grupo pertenecen más de diez mil especies, donde se encuentran sobre todo varias especies de helechos y otras especies frondosas típicas de climas tropicales.
 - **Gimnospermas:** conocidas comúnmente como coníferas son plantas que cuentan con flores, pero no con fruto. Este falso fruto es un método conseguido mediante la evolución para proteger la semilla hasta que ésta pueda producir una nueva planta. Aquí encontraremos árboles y arbustos como el enebro, el ciprés o el pino.
 - **Angiospermas:** también conocidas como plantas con flores que se caracterizan por tener tejidos y órganos claramente diferenciados. Dentro de este grupo encontraremos plantas herbáceas, arbustivas y arbóreas. Otro rasgo característico es cómo se reproducen las plantas traqueófitas que forman parte de este grupo. La reproducción de las traqueófitas de este grupo se da gracias a la flor, que cuenta con parte masculina y femenina, se consigue la fecundación del óvulo que dará como fruto de su unión a la semilla. Estas se dividen a su vez en dicotiledóneas, con dos cotiledones que crecen a ambos lados del embrión y las monocotiledóneas que cuentan con una única hoja embrionaria.
- ✓ **Características secundarias**
- Gracias a su estructura y morfología estas plantas logran alcanzar una mayor altura y conseguir un mejor porte que el resto. Estas parten desde las herbáceas más sencillas, hasta altos árboles.
 - Las plantas pertenecientes al grupo de las traqueófitas también disponen de hojas de dos tipos: microfílos, macrófílos y megáfílos. Estas van de menor a mayor grado de evolución.

- Las traqueófitas han logrado adaptarse a las distintas zonas geográficas del planeta. Desde hábitats acuáticos hasta terrestres.

✓ **Descripción botánica**

Nos mencionan que las ortigas, comúnmente denominados malezas en muchos lugares de nuestro país, son conocidas principalmente por ser hierbas con una gran cantidad de propiedades medicinales que son beneficiosas para el ser humano, pero principalmente, este estudio nos dará a conocer otra de sus facultades, que es el ayudar a minimizar los daños causados por los minerales y metales pesados, producidos y mal esparcidos en muchos puntos específicos en nuestro país, nos introduciremos en el mundo de estas hierbas para conocer sobre sus potenciales. Debido al amplio número de variedades de ortigas existentes, se indagó en las dos ortigas más comunes en el país, la ortiga común u ortiga chica (*Urtica urens*) y la ortiga mayor (*Urtica dioica*).

✓ **Aspectos generales**

Dentro de la familia de las Urticáceas – Urticáceas podemos encontrar una amplia variedad de ortigas, de las cuales hay dos especies que se extienden por gran parte del territorio nacional, la ortiga común u ortiga chica (*Urtica urens*) y la ortiga mayor (*Urtica dioica*). Estas hierbas han sido utilizadas desde épocas remotas como fuente de alimento, fibra y medicina; siendo posible usar sus hojas, así como también sus raíces. Es debido a la gran cantidad de propiedades que posee esta planta (las cuales hablaremos más adelante), que no debiese ser considerada como una maleza, sino más bien como una planta medicinal y comestible capaz de aportar una gran cantidad de beneficios para las personas. Además, estas hierbas pueden ser utilizadas como insecticida y fertilizante casero para cultivos domésticos e industriales, convirtiéndose así en una de las hierbas con mayor cantidad de propiedades.

Los tallos y las hojas suelen estar armados de pelos huecos o tricomas llenos de un líquido urticante que contiene ácidos orgánicos, histamina y acetilcolina; estos pelos, terminados en glándulas, son muy quebradizos y, cuando se rompen, inyectan en la piel el líquido que contienen, induciendo una sensación de ardor. La planta contiene taninos especialmente en la raíz y minerales como nitrógeno, potasio, hierro, calcio, azufre, magnesio, aluminio que se encuentran especialmente en las hojas. Por otro lado, estas hierbas son bastante peculiares ya que poseen la capacidad de adaptarse a distintos tipos de suelos, son de fácil cuidado y posee una gran capacidad de reproducción, convirtiéndolas en plantas que no pueden faltar en tu jardín. Si se desea tener cultivos de ortiga es posible encontrar semillas o esquejes a partir de otras ortigas que por lo general se encuentran en lotes baldíos, orillas de carretera, huertas y jardines, prefiriendo suelos que sean ricos en materia orgánica y nitrogenados, lo que es típico de un suelo que ha sido intervenido por el ser humano.

Como dicen los nombres de estas hierbas, la ortiga mayor puede alcanzar una altura de 1-1.5 metros, siendo la ortiga que alcanza mayor altura. Mientras que la ortiga menor alcanza una altura aproximada de 20-50 centímetros. Utilizando esta característica es muy simple diferenciar estos dos tipos de ortiga y así saber que propiedades son las que posee cada especie.

✓ **Beneficios y formas de uso**

La ortiga posee una gran cantidad de propiedades medicinales y comestibles gracias a la composición química que tiene, disponiendo así de un amplio contenido de clorofila, ácido fórmico, ácidos orgánicos (acético y cítrico), flavonoides serotonina sales minerales (hierro, el calcio, magnesio, fósforo, potasio) y vitaminas A, B y C. También posee una sustancia secretina que es uno de los mejores estimulantes estomacales.

A continuación, te presentamos las principales propiedades que tienen la ortiga menor y la ortiga mayor y los beneficios que están pueden generar en tu sistema.

➤ **Ortiga mayor (*Urtica dioica*) y Ortiga menor (*Urtica urens*)**

- Previene y combate alergias.
- Combate acné y afecciones a la piel.
- Tratar la caída de cabello.
- Quitar la resaca.
- Depura la sangre y actúa como diurético.
- Remineralizante y anti anémico.
- Trata enfermedades inflamatorias/ reumáticas.
- Combate el sobre peso.
- Alivia las hemorroides.
- Efectos antihemorrágicos
- Es efectiva ante las infecciones en los riñones y el tracto urinario.
- Elimina mucosidad que presente en el organismo.

✓ **Métodos de propagación**

La propagación de plantas ha sido una parte fundamental en la historia de la humanidad. La agricultura comenzó hace 10000 años cuando los antiguos grupos humanos comenzaron a cultivar plantas y domesticar animales, desde entonces, las sociedades humanas no pueden existir sin la disponibilidad de alimento, fibras y demás productos obtenidos de plantas cultivadas. La propagación de estas plantas útiles permite multiplicarlas y preservar su información genética.

Existen básicamente dos alternativas de propagación de plantas: sexualmente a través de semillas o asexualmente mediante tejidos vegetales. Estos últimos conservan la potencialidad de multiplicación y diferenciación celular para

generar nuevos individuos con partes vegetativas de la planta. La propagación de plantas involucra la aplicación de principios y conceptos biológicos enfocados a la multiplicación de plantas útiles de un genotipo específico. Esta multiplicación se realiza a través de propágulos, los cuales se definen como cualquier parte de la planta que se utilice para producir una nueva planta o una población.

Los propágulos incluyen semillas, segmentos de tejido, yemas, explantes, esquejes o estacas, y diversas estructuras especializadas como bulbos, cormos o tubérculos. Uno de los principios en los que se basa la propagación de las plantas es el de totipotencia, característica de la célula para reproducir un organismo entero ya que posee toda la información genética necesaria.

✓ **Propagación sexual por semilla**

La semilla es el órgano de propagación a través del cual el nuevo individuo se dispersa. El éxito con el cual este nuevo individuo se establece (tiempo, lugar y vigor de la plántula), está en gran medida determinado por las características fisiológicas y bioquímicas de la semilla. Sin embargo, hay factores externos que no siempre son favorables para que esto ocurra como el suelo, clima, competencia y depredación entre otros. Las respuestas de las semillas al ambiente y las sustancias de reserva que contiene (carbohidratos, lípidos, proteínas), son de gran importancia para el éxito del establecimiento de la plántula hasta que ésta sea capaz de utilizar la luz y hacerse autótrofa.

La selección de semillas ha permitido a los humanos domesticar plantas específicas de valor como alimento, medicina, fibras y madera. Las semillas y las plantas a las que dan origen, son también fuente de otros productos como bebidas, medicinas, fibras, detergentes, cosméticos y una gran variedad de productos industriales como papel, resinas, pinturas, entre otros usos como

plantas de ornato y elaboración de joyería artesanal. La agricultura y la civilización han progresado simultáneamente con la manipulación de semillas y a lo largo de la historia han llevado al desarrollo de nuevos cultivos y variedades como el maíz, que dio origen a importantes culturas en América.

Dos grupos de plantas producen semillas: Gimnospermas y angiospermas. Las gimnospermas producen semillas desnudas, como en las coníferas, donde las semillas se desarrollan en las escamas de los conos o estróbilos. En las angiospermas, el óvulo y la semilla se desarrollan dentro de un ovario, el cual dará origen al fruto.

La vida de una semilla inicia con la fecundación y desarrollo en la planta madre, y concluye con su germinación. En este lapso de tiempo, la semilla interactúa con factores ambientales y bióticos que rodean a la planta madre y/o en el banco de semillas del suelo.

Desarrollo de semilla en angiospermas: Los órganos reproductores de una angiosperma están ubicados en la flor. Las flores pueden ser hermafroditas (androceo y gineceo) y se les llama perfectas, o bien pueden ser imperfectas cuando uno de los dos sexos falta (monoico o dioico). Se les llama entonces flor estaminada (masculina) o pistilada (femenina). Poseen un ciclo de vida con alternancia de generaciones, donde la generación esporofítica es la dominante, mientras que la generación gametofítica se encuentra limitada, en la mayoría de los casos, a un número relativamente pequeño de células.

El proceso reproductivo puede dividirse en cuatro partes:

- **Esporogénesis o gametogénesis masculina:** Los sacos polínicos o microesporangios se desarrollan de una esporófila llamada estambre, formado por filamento y antera. En el tejido esporógeno se llevará a cabo la microesporogénesis que por meiosis dará origen a los granos de polen.

- **Esporogénesis o gametogénesis femenina:** Dentro del ovario de la flor se diferencia la célula madre de la megáspora, rodeada por la nucela. Por meiosis forma cuatro megásporas de las cuales tres degeneran y por mitosis origina el gametofito femenino o saco embrionario formado por siete células: la ovocélula rodeada por tres células sinérgidas, dos antípodas en la cálaza y la célula central binucleada (núcleos polares)
 - **Polinización:** Es el proceso mediante el cual los granos de polen de las flores se transfieren mediante uno o varios vectores hasta el estigma del pistilo (a diferencia de las gimnospermas en las que llega al micrópilo). Los agentes encargados de la polinización pueden ser el viento (anemofilia), animales (zoofilia) o el agua (hidrofilia). En el estigma, el tubo polínico emerge por las aberturas del grano de polen para llegar hasta el óvulo donde se lleva a cabo la fertilización.
 - **Fertilización, embriogenia y semilla:** El tubo polínico penetra generalmente a través del micrópilo y se descargan las dos células espermáticas del tubo polínico llevándose a cabo el proceso de doble fecundación (único en angiospermas). Un núcleo espermático fertiliza a la ovocélula y da origen al cigoto; el otro núcleo espermático se fusiona con la célula central binucleada originando el endospermo (triploide).
- ✓ **Germinación**

La germinación es el proceso que se inicia con la entrada de agua a la semilla (imbibición) y termina con la elongación del eje embrionario, generalmente la radícula, a través de la cubierta seminal. Incluye numerosos eventos como son la hidratación de

proteínas y otras moléculas, cambios estructurales, respiración, síntesis de macromoléculas y crecimiento celular.

Se considera que los principales eventos que conducen a la germinación se llevan a cabo en tres fases:

Imbibición: La imbibición es un proceso físico que no es afectado por la temperatura (de 0 a 40°C). Durante la imbibición se recupera la integridad de las membranas que se había modificado con la deshidratación de la semilla. El proceso de imbibición es reversible durante la primera fase, la cual se caracteriza por un incremento en la toma de agua y oxígeno. En esta etapa la semilla embebida puede ser deshidratada y rehidratada sin perder su viabilidad. Una vez que el crecimiento de la radícula y desarrollo de la plántula han comenzado, el proceso de germinación no puede revertirse por deshidratación sin provocar la muerte de la plántula.

Activación del metabolismo activo: Una vez iniciada la imbibición se activa el metabolismo de la semilla, donde la síntesis de proteínas juega un papel importante en la germinación, crecimiento del eje embrionario, síntesis de enzimas hidrolíticas y maquinaria celular utilizada para la movilización de reservas.

Germinación (protrusión de la raíz a través de la cubierta): La germinación se ha dividido en dos tipos: epígea e hipógea. En la germinación epígea se da un crecimiento rápido y vigoroso del eje hipocótilo-radicular, mientras que el epicótilo y las hojas primarias en el interior de los cotiledones, prácticamente no crecen, por lo que los cotiledones quedan expuestos sobre la superficie del suelo. Este tipo de germinación ocurre casi exclusivamente entre las dicotiledóneas. Sin embargo, la cebolla (una monocotiledónea), tiene una germinación epígea. Ejemplos de plantas con germinación epígea son el ricino (*Ricinus communis*), el frijol (*Phaseolus vulgaris*), la calabaza (*Cucurbita pepo*) y la lechuga (*Lactuca sativa*). En la germinación hipógea la germinación se da

gracias al crecimiento más rápido del epicótilo que del hipocótilo, por lo que los cotiledones quedan enterrados en el suelo y no emergen a la superficie.

Ejemplos de plantas con germinación hipógea son las gramíneas (como el maíz o trigo), el chícharo (*Pisum sativum*) y el haba (*Vicia faba*). Esta fase continúa con el crecimiento de la plántula.

2.2.1.4. CALIDAD DE LOS SUELOS

Bautista et al. (2018) nos informan que ciertas características de la salud del suelo son conceptos similares, y que casualmente no son considerados sinónimos. Como también, la extensa diversidad de microorganismos que habitan en los suelos es megadiverso.

Con el paso de los años, las características estructurales del suelo se convirtieron en preocupaciones alarmantes a nivel global, casualmente, grandes profesionales y especialistas, predijeron este problema que afrontamos actualmente y también seguiremos combatiendo en un futuro muy cercano.

Muchas opiniones acerca de la calidad de los suelos han estado asociados con la sostenibilidad, se relacionó y comparó con ciertas capacidades del funcionamiento de los suelos.

Se incluyen textos de características y atributos, como la fertilidad de los suelos, su potencial productivo, la sostenibilidad junto a la calidad ambiental. Sin olvidar que, las cualidades de los suelos son herramientas e instrumentos muy útiles para entender e interpretar los usos enfocados a la salud ambiental.

Se afirmaron y se autentificaron grandes avances, pero a pesar de todo eso la ciencia del suelo no ha presentado grandes progresos, mucho menos se ha desarrollado lo necesario para

interpretar y deducir con la exactitud necesaria, para entender todo a cerca de la calidad de los suelos.

➤ **Contradicciones conceptuales sobre los ejemplos de la calidad del suelo**

Los autores toman en cuenta la unión y la compenetración necesaria, de todos estos criterios y rasgos a cerca de su significado, medición e importancia, como lo hacen Singer y Ewing (2000). La principal contradicción que se acrecentó, es que ningunos de los estudios de evaluación de la calidad edáfica toma en cuenta, las características objetivas y simultaneas, como también, se recopilaron algunos hallazgos que poseen el potencial, tanto como positivos y negativos, de todos los puntos de evaluación utilizados en los estudios de estos elementos referentes a la multifunción en los campos de la producción, sostenibilidad y calidad ambiental, etc.

Con el pasar de los días, tan solo reconocemos la parte buena, tanto como hallazgos obtenidos de dichos puntos de evaluación, los argumentos de estos y sus componentes de la materia orgánica y la cantidad de lombrices, como también, sólo algunos de los aspectos negativos, entre ellos la salinidad o la compactación de los suelos.

Si la materia orgánica aumenta con el pasar del tiempo, también debe aumentar el número de dosis que se aplican, lastimosamente estas dosis son pesticidas y plaguicidas, por obvias razones, las repercusiones y muchos de estos resultados son desfavorables tanto en el aspecto social como ambiental.

Muchos de los resultados negativos, no son publicados, mucho menos llegan a ser reconocidos en el contexto de los estudios de la calidad edáfica.

Por otra parte, los organismos invertebrados apoyan y benefician generando impactos importantes en la producción agrícola, pero la otra cara de la moneda es que, incrementan el flujo, movimiento y transporte rápido de todos estos contaminantes que han sido aplicados superficialmente, pero lastimosamente van en dirección al subsuelo y también se les puede llamar como vectores de enfermedades y daños a la flora.

2.2.1.5. FITORREMEDIACIÓN

Actualmente existen y se continúan descubriendo una gran variedad y un sin fin de fuentes de origen de contaminación, de las cuales estas han perjudicado potencial y alarmante a nuestro medio ambiente. La contaminación originada por las actividades mineras vale redundar que esta actividad genera y aumenta la existencia de efectos muy nocivos y dañinos para todo ser vivo (flora y fauna en general). Grandes científicos, profesionales y especialistas en todo el mundo iniciaron grandes investigaciones dando paso a la generación de diversas soluciones ante esta problemática que día a día va creciendo.

Dado a este hecho, las técnicas y métodos de fitorremediación también aumentaron, y que ahora se volvieron alternativas viables para la remediación de los suelos.

Se le nombraron como ecotecnologías, estas están basadas en la aplicación de la flora para la mitigación y erradicación de los agentes dañinos de los suelos.

Como también, la fitorremediación es denominada como una opción viable, sustentable, sostenible y amigable con el medio ambiente.

El análisis que llegó a realizar el autor consistió en la búsqueda del tipo de fitorremediación que se utilizará para cada contaminante presente en nuestro medio ambiente.

➤ **ECA para suelos**

Minam, (2017) Los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo conforman parte del referente obligatorio para la aplicación del diseño e instrumentos enfocados en la gestión ambiental, y a su vez pueden utilizarse para ciertos parámetros vinculados a las distintas actividades provechosas, productivas, extractivas y de múltiples servicios.

Sobrepasar los ECA establecidos para el Suelo: de sobrepasar los ECA para el Suelo, en distintos parámetros que están vinculados a las diversas actividades provechosas, productivas, extractivas y de múltiples servicios, las personas naturales o jurídicas que están a cargo de estas deben analizar y plantear acciones, como también, ejecutar planes de remediación o mitigación en los distintos sitios contaminados, con el objetivo de proteger la salud de los seres vivos y el medio ambiente.

➤ **Contaminación minera antigua en el Perú**

Chávez (2018) nos indica y narra que, la minería antigua en el Perú generó demasiados pasivos ambientales y que en la actualidad la población continúa pagando las consecuencias de estos actos. Según el Ministerio de Energía y Minas (MEM), el número de pasivos ambientales está cerca a los 7000 casos, la gran mayoría localizados en la Sierra peruana.

Casos que fueron icónicos en nuestro país se reportaron en la ciudad de La Oroya, el elevado daño medio ambiental causado por el metal pesado (plomo), con un aproximado de 3177 ppm en gran parte de los suelos de esta ciudad, son tan solo una pequeña muestra de nuestra historia en nuestro país, las consecuencias de estas actividades, junto con el pasar del tiempo, sin el mayor cuidado ni mucho menos el respeto al medio ambiente junto a las personas de la localidad.

Como también, los sucesos y costumbres enfocados en la minería del país nos indican un aumento del número de concesiones mineras, posteriormente un aumento en todas las actividades mineras. En el pronóstico para los próximos años, se proyectan inversiones que superarán los 53,000 millones de dólares, con proyectos mineros en los departamentos de Cuzco, Cajamarca, Moquegua, Tacna, Ica, Lima, Arequipa, Junín, Piura, Ancash, Huancavelica y Lambayeque, Ministerio de Energía y Minas (MEM). Todos estos proyectos mineros requerirán muchos tratamientos para las distintas áreas afectadas con contaminantes (Reglamento para el cierre de minas - MEM) técnicas sencillas, poco costosas y amigables con el medio ambiente.

Muchos de los retos a los que nos enfrentamos y nos enfrentaremos como profesionales, es que en un futuro y en la actualidad, deberemos hallar, descubrir métodos o manera de recuperar los ecosistemas que han sido dañados por las actividades mineras, con el fin de evitar más problemas a la salud de todos los seres vivos y a los ecosistemas del medio ambiente, como también, plantear nuevas herramientas que solucionen o eviten la contaminación por estos metales pesados.

Se han hallado muchos métodos para mitigar estos daños y actualmente se continúan investigando, aunque, la gran mayoría de estas metodologías empleadas en campo, poseen elevados costos, sobre todo requieren la movilización de grandes bloques de terreno para ser tratado (ex situ), así como también, la aplicación de agentes químicos no amigables con el medio ambiente, traen como consecuencias la generación de problemas medio ambientales.

Ante esta problemática es necesario el hallazgo y búsqueda de nuevos métodos y alternativas que sean de fácil uso y de un costo accesible, pero, sobre todo eco amigables.

Entonces se afirma que, la fitorremediación o tratamiento con plantas, es una de las técnicas con grandes potenciales para la remediación de suelos dañados por metales. También es cierto que, estas tecnologías o métodos biológicos se enfocan principalmente en el tiempo de tratamiento, ya que procesos pueden tardar en cierto periodo de tiempo, a su vez también la visualización de los resultados, estos favorecen bastante al medio ambiente, ya que no implican alteraciones del medioambiente local; estos son métodos tratamiento in situ, amigables con el ambiente y poco costosos.

➤ **Contaminación con minerales tóxicos**

Veramendi (2021) nos informa que aproximadamente unos 8000 nativos peruanos poseen en el interior de sus organismos elevados niveles de metales pesados, entre ellos se halló al plomo, arsénico y mercurio, todo esto a causa de los trabajos y las jornadas mineras cercanas a sus aldeas en la provincia de Espinar, según los antecedentes investigados por la Amnistía Internacional (AI).

Se hallaron elevadas concentraciones de metales pesados y sustancias muy dañinas (plomo, cadmio, arsénico, mercurio y manganeso) en los integrantes de la investigación, lo que afirma el daño y riesgo potencial para todo ser vivo que entre en contacto con estas sustancias, lastimosamente los habitantes en las aldeas nativas en Espinar son vulnerables a estos daños.

País minero: Perú se convirtió en uno de los países con mayor producción a nivel mundial de oro, cobre, zinc, plata, y plomo.

La minería generó un ingreso del 16% de la inversión privada durante esta última década (cerca a unos 59,000 millones de dólares), como también, la minería genera 1.8 millones de empleos (directos e indirectos), y también simboliza el 60% de las exportaciones a nivel mundial.

Veramendi aconsejó y animó a todas las autoridades sanitarias para crear programas de vigilancia epidemiológica permanentes en aldeas nativas de Espinar, con el fin de averiguar, analizar y hallar el daño total en toda la población expuesta a estos componentes dañinos.

La especialista testificó que se realizaron entrevistas directas e individuales durante la investigación, afirmando las dolencias y los síntomas causados por estos metales pesado, entre ellos destacaron los dolores de cabeza, de próstata, problemas renales y dentales; infecciones estomacales y hasta abscesos cancerígenos en el interior dos nativos.

Espinar es una de las provincias en el departamento de Cusco, donde se encuentra ubicada la antigua capital del Imperio Inca, como también la ciudadela incaica de Machu Picchu, una de las principales atracciones turísticas del departamento.

El conflicto: Las comunidades nativas cercanas a las zonas de producción minera y de hidrocarburos, protestaron para prevalecer sus derechos, generando decenas de disputas y conflictos, estos fueron registrados por la Defensoría del Pueblo.

En el 2015 muchas de las provincias del sur en el Perú, incluyendo a Espinar, fueron decretadas en estado de emergencia. Después de las quejas y protestas por los nativos afectados a la negativa del proyecto cuprífero Las Bambas, los conflictos y las trifulcas conllevaron al fallecimiento de cuatro protestantes, considerado el proyecto más grande del Perú. Según los informes de la Defensoría del Pueblo, en el mes de marzo del 2021, los conflictos y desacuerdos mineros llegaron a representar el mayor problema entre los debates socioambientales, y el 41% del total de desacuerdos sociales en el país. Y a fines del 2020, la justicia peruana declaró que los gobiernos nacionales y regionales del departamento de Cusco era los responsables causantes de estos

problemas de salud pública en la provincia de Espinar, por lo que se debía organizar y ejecutar un plan de emergencia para dar fin a estos problemas.

➤ **El daño causado por el arsénico en el medio ambiente y los seres vivos**

Rangel et al. (2015) informaron que el arsénico (As) es uno de los metaloides más nocivos y tóxicos presentes en los ecosistemas y en el medio ambiente, el origen y la aparición de este elemento está vinculado por varios factores químicos, físicos y biológicos. La propagación del arsénico se debe a procesos específicos, estos pueden ser naturales o antropogénicos, y la problemática es causada gracias a su fácil movilización y traslado en el medio ambiente. Las elevadas concentraciones de este metaloide en agua y suelo, se han convertido en un problema muy serio a nivel mundial, ya que el estar expuesto por mucho tiempo a este metaloide se pueden acrecentar daños permanente o crónicos para la salud de todo ser vivo.

El elemento arsénico (As) ocupa el puesto número 20 en abundancia en la corteza terrestre, su distribución es catalogada uniforme en todo el planeta, como también, la cantidad depende de la región geográfica y ciertas cualidades geográficas de los suelos, no olvidemos que también depende de las actividades antrópicas, entre ellas tenemos a la actividad industrial. El arsénico se clasifica como uno de los elementos y compuestos químicos más nocivos y cancerígenos, los casos de enfermedades causados por este elemento se pueden visualizar a nivel mundial, por lo que es alarmante.

El arsénico (As) puede ser hallado en diversas fases de oxidación: arseniato As (V), arsenito As (III), As elemental (0) y arseniuro As (-III), pero lo que se encuentra con mayor frecuencia es el arsenito o arseniato. El arsenito llega a ser 70 veces más

tóxico y dañino que las otras especies metiladas y también es 10 veces más dañino que el arseniato, presentando como característica el ser poco insoluble en agua. Cuando el arsénico (As) se halla en fases insolubles, como un mineral en combinación con un sulfuro y hierro: El oropimente, por ejemplo: Trisulfuro de arsénico $As_2 S_3$, o rejalgar, por ejemplo: Arsenopirita $FeAsS$, no se denomina como tóxico. Pero en cambio, si se halla el arsénico en formas solubles, como As (III) y As (V), se vuelve tóxico para todo ser vivo.

Toxicidad presente en las especies de Arsénico (As): El arsénico está denominado como una de las toxinas esenciales para la vida, ya que se requiere y se necesita de esta en pequeñas cantidades para el crecimiento, desarrollo y metabolismo, pero también, este elemento se vuelve tóxico y dañino si se presenta con elevadas concentraciones. La toxicidad para el ser humano depende en gran medida de su forma y concentración química, estos nos lleva a diferenciarlos en compuestos: inorgánicos y orgánicos.

Los compuestos inorgánicos del arsénico (As) son los más dañinos que los orgánicos, ya que se pueden hallar en aguas estructuradas y conformadas por el pentóxido de arsénico ($As_2 O_5$) o el trióxido de arsénico ($As_2 O_3$). La toxicidad y el potencial de daño de estos compuestos va a depender de su estado de oxidación, como también el estado físico, la solución o tamaño de las partículas de polvo, la velocidad y tiempo de absorción en las células, la velocidad de depuración o eliminación de estas y la solubilidad ante el medio ambiente.

Se a determinado que la exposición a estos compuestos de arsénico inorgánico originan los diversos tipos de cánceres como de pulmones, hígado, y piel, también se determinó que, la causa de diabetes en las personas se debe al contacto prologado con este compuesto.

El Arsénico en nuestro Medio Ambiente: El arsénico se puede adherir y concentrar en el aire, el suelo y en el agua mediante los fuertes vientos, en conjunto del polvo y aguas de escorrentía causadas por las lluvias excesivas, esto determina que la contaminación por arsénico se puede descontrolar con mucha facilidad gracias a su fácil dispersión y traslado. Cuando se acrecentan o acontecen fenómenos naturales, se hallan grandes niveles de concentración de arsénico (As) en las aguas subterráneas.

Uno de los orígenes de la contaminación por arsénico (As), vendrían a ser las actividades antrópicas, como la incineración de carbón, y la metalurgia industrial, como también, ultimamente la industria tecnológica de semiconductores a indicando grandes niveles de contaminación, ya que se liberan minerales, entre ellos el arsénico (As).

Las aguas subterráneas no escapan ante el grado de contaminación del arsénico (As), ya que, este mineral posee entre sus características la fácil incorporación y penetración al suelo y a las capas subterráneas de los suelos, como también, esta fácil incorporación se da en nuestra cadena alimenticia, afectando a todo ser vivo en la tierra.

Como también, depende mucho de las condiciones físicas y químicas de nuestro medio ambiente, ya que la gran mayoría de los compuestos del arsénico (As), se puede diluir o solubilizar en el agua, consecuentemente esta agua contaminada será bebida por muchas especies de animales y microorganismos.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) consideró el gran potencial dañino que posee el arsénico, es demasiado nocivo para todo ser vivo, exclusivamente para el ser humano.

El arsénico (As) es el metaloide más contaminante para el agua, según la Agencia de Protección Ambiental (EPA), por lo que honoríficamente, se le da el primer lugar como elemento nocivo.

Procesos de eliminación de Arsénico (As): Muchos de estos sedimentos y sobras, derivados de las actividades humanas, exclusivamente de la minería, involucran entre sus procesos el uso del arsénico (As), esto a ocasionado demasiado daño al ecosistema en muchos punto del aire, suelo y agua, por lo que se deben tomar medidas de remediación y eliminación de este elemento. Actualmente se están hallando nuevos métodos y técnicas para la eliminación de este metaloide, muchos de estos métodos se basan en procesos químicos, como la previa oxidación de este elemento, dando paso a la transformación del As (III) a As (V), ya que el As (III) tiene una carga eléctrica neutra a pH de 4 a 10, por lo contrario, el As (V) posee una carga eléctrica negativa, por lo que este proceso es muy eficiente para la eminación de este elemento.

Sin olvidar el arsénico (As) también se puede eliminar del agua mediante métodos y técnicas, que se fundamentan en fenómenos de interacción físico y químicas, esto incluye a la, coagulación, precipitación, coprecipitación y a la filtración, adsorción, ósmosis inversa, intercambio iónico y la sedimentación.

Para elegir correctamente algunos de estos procesos, se debe cosiderar los costos, el tamaño de población a la que se le aplicará, también la eficiencia y los accesos de sus compuestos en los mercados cercanos a la investigación.

➤ **Concentraciones o acumulaciones de Arsénico, en los análisis Urinarios, de los Pobladores en los Distritos del departamento de Tacna, Perú**

Scielo (2017) nos informa que en la actualidad, los daños ambientales, están ocasionando uno de los grandes problemas a

la salud del ser humano, este problema abarca a todos los países en el mundo, tanto como los desarrollados y los sub desarrollados. Pero entre los principales ocasionadores de este daño, se tiene al arsénico (As), las características más notorias de este elemento son, la cantidad que hay sobre la corteza terrestre, considerándola entre los 20 elementos más comunes y abundantes de la corteza terrestre, como también, es uno de los 14 elementos con menos concentración en el agua de mar (elemento traza). Dicho todo esto, se le considera un elemento muy dañino y tóxico, ya que en grandes escalas o concentraciones, pone en jaque la salud global.

Entre otras de las características que posee este elemento, tenemos a la capacidad geoquímica de infiltración y filtración en las capas de los suelos. El principal punto de este dato, se refiere al daño que podría ocasionar a las fuentes de aguas subterráneas, ya que la humanidad depende mucho de ellas, lastimosamente los procesos naturales ocasionan en muchos casos la contaminación de estas.

Debido a esto, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha catalogado como grado máximo de concentración los 10 $\mu\text{g/L}$ de arsénico (As) como límite máximo permisible de concentración en toda agua potable que será destinado para el consumo humano.

En el departamento de Tacna, se halló elevadas concentraciones de arsénico (As) en las aguas destinadas para el consumo humano, esto es una gran complicación, pero lastimosamente la ubicación geográfica en la que se encuentran muchas ciudades de este departamento condicionan a que este elemento se contamine por actividades naturales, en la mayoría de casos son las actividades geogénicas, dando paso a la disolución y expansión de este elemento.

Uno de los informes que realizó el 2014 la Dirección Regional de la Salud en Tacna, detalló que 19 de los 27 distritos de este

departamento, sobrepasan los límites permitidos de concentración de arsénico (As) en el agua que está destinada al consumo de la población, siguiendo y tomando en cuenta lo establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y también por algunas leyes peruanas. Los datos que se hallaron en las aguas de este departamento, sobrepasaron las concentraciones, obteniendo de 270 µg/L a 680 µg/L de arsénico (As) en aguas subterráneas del distrito de Cairani en la provincia de Candarave.

Muchos otros estudios reportan y corroboran la relación - consecuencia que se da al consumir aguas contaminadas con arsénico (As) y consecuentemente diagnosticar enfermedades crónicas, entre ellas, la hipertensión arterial, la anemia, fenómenos y trastornos gastrointestinales, diabetes, y daños arteriales como también cutáneos. (melanosis, melanodermia). La Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades (ASTDR) y el Ministerio de Salud (MINSa), nos recomiendan que para aquellas personas que estuvieron expuestas o en contacto con este elemento, el mejor método para determinar la concentración de este elemento, se da mediante un análisis de orina.

Como también, algunos reportes de informes técnicos, denotaron que gran parte de la población se encuentra expuesta de manera crónica a este elemento, debido a esto, se propuso como principal objetivo, identificar y determinar los niveles de concentración de este elemento en los pobladores adultos de los distritos de Camilaca y Cairani. Y todo esto, debido a las aguas subterráneas contaminadas naturalmente con este elemento.

➤ **Absorción de arsénico y su impacto negativo en la alimentación y la salud humana**

SciELO (2018) analizó y detalló que el arsénico (As) es uno de los elementos más abundantes de este planeta, por lo que su distribución en ella, es ampliamente abundante. Muchos de sus

compuestos y partículas se pueden encontrar en estados de oxidación pentavalente y estados de oxidación trivalente, como también, se puede hallar en compuestos orgánicos e inorgánicos. Todas estas especies se van a diferenciar según el grado o nivel de concentración, o toxicidad, por lo que nos da como conclusión que, los compuestos más tóxicos sobre la tierra son los compuestos inorgánicos, sobre todo, los compuestos trivalentes.

Existen métodos de conversión interna, por naturaleza esto se da entre los compuestos más tóxicos y los compuestos menos tóxicos o dañinos, el ataque adecuado a este proceso, serían los métodos de cocción y de procesamiento. El arsénico (As) es el metaloide cancerígeno, en la mayoría de casos dados, ante la exposición crónica a este elemento, se ocasionó grandes daños múltiples a la salud de la persona, denotando mucho el tiempo de exposición, daños severos a corto plazo, y daños irreversibles a largo plazo. Otro dato importante, es que la población que no se encuentra expuesta al arsénico (As), se ve afectada por el consumo de agua contaminada con este elemento, como también, alimentos cultivados de principio a fin en conjunto con el arsénico (As). Como también, el Organismo Mundial de la Salud (OMS) dejó en claro los límites de concentración para este elemento, por lo que cada país hace variar relativamente sus normativas ante estos casos.

Analizando muchos estudios de investigación, se pudo notar que el objetivo de estos en su mayoría, se enfoca en la determinación final y total de arsénico (As), más no se identifica el origen la proveniencia de estos compuestos. A nivel global, toda la vida marina, como también muchas especies que habitan en la superficie terrestre, poseen en su composición estructural interna, elevadas concentraciones de arsénico (As). En el Perú se han descubierto y hallado gracias a muchas investigaciones, los niveles de concentración de metales pesados, pero exclusivamente los

niveles de concentración de arsénico (As), en alimentos y en muchas variedades de animales.

EL contacto y la exposición humana al arsénico: Las tres principales vías por las que se ocasiona estos sucesos, son: Mediante la inhalación o respiración de aire contaminado, por el consumo de alimentos y agua infectada, y por la absorción dérmica a causa del contacto o exposición ante este elemento. Las principales fuentes de contacto y exposición ante el arsénico, se empresas manufactureras de herbicidas, minería, pesticidas y la metalurgia, ya que en ella se funden y se refinan estos metales y metaloides, como también el uso de medicamentos y remedios con concentraciones de este elemento, la ingesta de agua contaminado con arsénico (As), etc. Analizando todo eso, se llega a la conclusión de que todo esto es una cadena muy extensa, y lo peor de todo es que esta cada se puede alargar más y más, debido al grado de contaminación que se le otorgue.

Se logró analizar que por lo menos 4,5 millones de personas en latinoamérica consumen agua con elevadas concentraciones de arsénico, específicamente aguas subterráneas, cabe resaltar que este nivel es suficiente para poder poner en riesgo a todo ser vivo que entre en contacto con estas aguas contaminadas. Se probó que en algunos casos, los niveles de concentración de arsénico en el agua subterránea superan los $1\ 000\ \mu\text{g}/\text{L}$. En el Perú, la mayoría de fuentes de agua dulce, provienen de los ríos, pero también algunas de estas fuentes provienen de las aguas subterráneas, por lo que nos deja bien en claro, que hace falta un estudios de estas aguas, para poder determinar sus características, sobre todo, los niveles de concentración de arsénico en ellas.

Se lograron hallar e informar, muchos casos de aguas contaminadas por elevadas concentraciones, llegando a sobrepasar el límite máximo permisible establecido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) $10\ \mu\text{g}/\text{L}$ en agua potable,

y los casos hallados llegaron con resultados 50 $\mu\text{g/L}$, todas estas aguas estaban destinadas al consumo humano según lo reportado.

En el año 2002 pudo hallar casos con niveles de concentración de arsénico (As) en el río Rímac, de hasta 780 $\mu\text{g/L}$. Estos resultados sorprendieron demasiado a los investigadores, ya que el río Rimac abastece de agua a casi toda la ciudad de Lima, en pocas palabras, abastece a gran parte de toda la población urbana de Lima y del país. Esto tiene mucho impacto considerando que este río abastece de agua. Como también, se halló que en la zona sur de Salado y Callazas, poseen concentraciones elevadas, llegando entre los 640 y 1 680 $\mu\text{g/L}$, otro dato muy importante, es que se detectó arsénico en las aguas subterráneas de algunos distritos de Moquegua, Puno y Tacna.

Se logró estimar que los alimentos en latinoamérica llegan a contribuir el 50% del consumo del arsénico total As_T . La supervisión y monitoreo que se le realiza a estos alimentos señala que el arsénico se encuentra en todos estos alimentos, pero en pequeñas cantidades de concentración. Los alimentos provenientes de otros países del mundo, poseen gran varianza de concentración total de arsénico As_T , todo esto se da por diversos factores, entre ellos tenemos a los tipos de suelos en los que se cultivan estos productos, el agua con el que se riegan, el uso de diversos tipos de pesticidas o herbicidas arsenicales, e influye mucho los procedimientos o tipos de cultivos. Pero los resultados obtenidos de estos monitoreos, determinó que las mayores concentraciones de arsénico total As_T , se hallan en los animales marinos (pescados y mariscos), seguidos de algunas carnes y granos; verduras, frutas y lácteos, este último posee las menores concentraciones en la lista de productos alimenticios, y los productos con mayor concentración de arsénico total As_T en todo el mundo, vendrían a ser las algas marinas y el arroz.

En los países como Brasil, Bolivia, Ecuador, El Salvador, Chile, Perú, Honduras, México y Nicaragua se lograron hallar elevadas concentraciones no solo los pescados, sino que también en productos lácteos como la leche, hortalizas (incluyendo a la cebolla, calabaza, rábano, papa, remolacha, frijoles y col y frijoles), granos y frutos secos, incluidas la papa, cebolla, remolacha, calabaza, rábano, col y frijoles. Algunas bebidas como el vino y la cerveza también influyen bastante en la adquisición de este metaloide.

Consecuencias para la salud humana, debido a la exposición al arsénico (As): Los estudios epidemiológicos hallados respecto a este tema, son muy escasos, pero algunos de los que se pudieron recopilar nos informa que, la mayoría de efectos negativos para la salud humana, provienen de casos y estudios investigados en el agua, y también, estudios a las personas que entraron en contacto con ella.

Las consecuencias de estar expuesto ante el arsénico (As), va desde lo más diminuto (agudo), hasta lo más letal (crónico). Se pueden hallar diversas consecuencias de estos casos, pero las consecuencias de estas, dañan a muchos órganos, y sistemas internos del cuerpo humano (reproductivo, nervioso, cardiovascular, inmunológico, genitourinario, digestivo, como también, el sistema eritropoyético, hepático, endocrino y renal), también se incluye el daño a las vías de respiración, y las vías cutáneas (piel).

Consecuencias y Efectos a corto plazo: El ingerir grandes porciones o concentraciones de dosis de arsénico (As) de la ingestión de grandes dosis de arsénico genera complicaciones o síntomas en los primeros 60 minutos, esta intoxicación generalmente inicia con un sabor metálico, una sensación quemante en la piel de los labios y disfagia.

Después de los primeros síntomas, continua la llegada de otros síntomas, entre ellos los gastrointestinales, este síntoma llega con un dolor en la parte del abdomen, consecuentemente, cólicos estomacales, náuseas, vómitos crónicos y diarrea profusa.

Los problemas estomacales o gastrointestinales, causan la deshidratación y un desequilibrio, si esto es crónico, puede llegar a causar y pueden conducir a la hipoxia junto con la hipotensión. Después de haber mencionado todos estos daños en el organismos, se pueden suscitar muchos daños en diversos órganos del cuerpo humano, primordialmente pueden ocurrir complicaciones en el sistema cardiovascular, hepático y renal, llegando a causar la muerte.

Casos nuevos de cáncer: El arsénico (As) se denominó como una sustancia o compuesto cancerígeno en los años de 1980, y se ha registrado como tal en la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC).

Las actividades cancerígenas ocasionadas por el arsénico (As) están relacionadas con muchos de los procesos de biotransformación, estos ocurren mediante muchas series de reacciones químicas - biológicas, entre ellas, las reacciones llamadas, metilación, oxidación y reducción, estos tienen efectos negativos en los distintos niveles epigenéticos y genéticos del ser vivo.

El tipo de cáncer más relacionado con el estar expuesto ante el arsénico arsénico (As) por muchos y largos periodos de tiempo, vendría a ser el cáncer de. Muchos estudios de esta relación, hallan una similitud entre el tabaquismo y el consumo de grandes concentraciones de arsénico, esto también se puede ocasionar debido a las prolongadas exposiciones ante el As^{+3} , de la misma forma, toda esta agrupación también se puede asociar con cánceres de piel producidos por la radiación ultra violeta (UV).

El cáncer de vejiga ocasionada por el arsénico, básicamente se origina por el consumo de agua contaminada con este elemento, por lo que se debe verificar con mucho cuidado el agua potable que se pone a disposición de la población.

Las consecuentes exposiciones ante el arsénico (As), en conjunto al consumo excesivo de tabaco, se logra obtener una interacción con una sinérgia formidable y viable, provocando más probabilidades de obtener el cáncer de vejiga.

Muchos casos nos han mostrado que el hígado es uno de los órganos diana ante el cáncer ocasionado por el arsénico, ya que este órgano reacciona con mayor frecuencia ante las elevadas concentraciones de arsénico (As).

Los estudios de cohortes indican que el estar expuesto ante el arsénico, produce mayores riesgos con mortalidad, y más aún si las personas expuestas a este compuesto, vendrían a ser los jóvenes, haciéndolas portadoras de cáncer de hígado a tempranas etapas de su edad.

Consumo de arsénico mediante los alimentos provenientes del reino animal: Los resultados de las investigaciones de verificación y seguimientos a los productos alimenticios, denotaron que los animales marinos son esencialmente los principales contribuyentes de arsénico para el ser humano, en estos casos, el arsénico se encuentra principalmente en su fase orgánica, evidenciándola como As_T .

Las concentraciones de los organoarsenicales varían de 1-100 mg As/kg de peso húmedo. Y como dato importante, la arsenobetaina es el compuesto arsenical halla con mayor frecuencia en todos los organismos vivos del mar.

Los productos alimenticios derivados del mar poseen escasas concentraciones de Asin, generalmente $< 0,2$ mg $Asin/kg$ de peso

seco. Sin embargo, los bivalvos y los choros, poseen niveles de concentración relativamente elevados, aproximándose entre los 0,001 y los 4,5 mg *Asin* /kg.

El consumo de arsénico de arsénico mediante los alimentos de origen vegetal: La mayoría de vegetales consumibles para el ser humano, son fundamentales para los estudios toxicológicos, debido a su origen o proveniencia, ya que se cultivan en suelos posiblemente contaminados.

De todos los productos alimenticios, se mencionó que el arroz era uno de los que presenta el mayor nivel de concentración de *Asin*, a diferencia de muchos otros productos de origen vegetal, y todo esto vendría a ser uno de los caminos por los transita nuestra salud alimenticia.

El arroz es uno de los alimentos más solicitados en muchos países, siendo alimento primordial en los niños de cada ciudad y país en el mundo, y si nos ponemos a analizar, se está poniendo en riesgo a las personas más jóvenes, teniendo en cuenta que el arsénico produce cáncer esencialmente con mayor facilidad en las personas jóvenes. Y tenemos que tener en cuenta que este alimento no solo acumula arsénico, puede acumular diversos metales pesados presentes en los suelos (como cadmio y mercurio) , con distintos niveles de concentración. El resultado de diagnósticos y cálculos, revelan que el arsénico en el arroz y en muchos otros alimentos, podrían ser de hasta 100 veces mayor que en las frutas, carne o mariscos y que del 10 - 50% del arroz consumido por los seres vivos de este planeta, tendría una concentración de arsénico mayor a 200 $\mu\text{g}/\text{kg}$.

➤ **Factores fisiológicos**

Gola, Negri, Cappelletti, (1965) en su libro denominado el "Tratado de BOTÁNICA", expresan información muy valiosa respecto a las características básicas y funcionales de las plantas.

➤ **Duración de la vida de las plantas**

Los fenómenos de crecimiento y de desarrollo originan diferenciaciones de órganos nuevo en relación con las nuevas funciones que van desarrollándose en la planta, y conducen a la formación de los órganos destinados a la conservación de la especie, tanto por vía sexual como agámicamente.

La vitalidad de las plantas alcanza duración diversa. Algunas se agotan completamente después de la floración, vertidos y acumulados en las semillas todos los materiales utilizables que han sido elaborados precedentemente; otras también se agotan con la maduración de sus semillas, pero éstas no se forman en el primer año de vida de la planta y después tenemos a las bienales, estas plantas a diferencia de las anuales, que llegan a la madurez sexual en el primer año de su vida, la bienales no llegan a su madurez sino hasta el segundo año de vida, y otras incluso aún más tarde.

➤ **Velocidad de crecimiento**

El crecimiento de una célula puede producirse en todas direcciones y con modalidades diversas, pero en general, el desarrollo mayor se origina según una dirección principal, de forma que se resuelve el alargamiento que son la expresión más evidente del crecimiento, aún en caso de no ser la más importante.

➤ **Ritmo de crecimiento**

La medida del crecimiento sufre continuas variaciones. Algunas de éstas dependen de factores externos, pues no siendo constantes la temperatura, la luminosidad, etc., en el ambiente en que viven las plantas, es evidente que su desarrollo habrá de experimentar alteraciones.

Y teniendo en cuenta que no siempre las variaciones de aquellos factores se producen en el mismo sentido, sino que, por ejemplo, cuando la luminosidad disminuyen, no disminuyen las

disponibilidades de agua, las consecuencias de esos cambios en las condiciones del ambiente son un tanto complejas.

➤ **Factores del crecimiento**

El crecimiento está íntimamente relacionado con factores internos, sobre todo en cuanto se refiere a los procesos de división y diferenciación celular; pero no tienen gran importancia también los factores externos.

➤ **Factores abiológicos**

- **Temperatura:** Es factor esencial de todas las manifestaciones vitales del organismo. Por debajo de 0°C el crecimiento suele ser nulo; algunas algas que viven en las nieves se desarrollan óptimamente a una temperatura muy próxima a 0°C, y sufren padecimiento grave apenas aquella se eleva un poco. Por lo regular, sin embargo, la temperatura favorable al crecimiento es poco más elevada y puede llegar hasta cerca de los 40°C, que solo la superan, por excepción, organismos especialmente desarrollados a estos entornos extremos.
- **Luminicencia:** El exceso de luz suele ser perjudicial a las plantas. Se ha observado, que el tiempo de iluminación del cloroplasto, exalta su actividad hasta un máximo, más allá del cual la fotosíntesis se reduce. La prolongación de esas condiciones, por encima del máximo, ocasiona la inercia duradera del plasma (solarización).

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1. ARSÉNICO

Menciona Rangel et al. (2015) que “el arsénico (As) es un elemento natural de la tabla periódica, se puede encontrar sobre la superficie de la tierra y también en conjunto con otros minerales”. Los principales usos que se le da al arsénico (As), son para preservación la madera, como también, es la principal fuente para la fabricación de herbicidas y plaguicidas, etc. El arsénico está presente en el aire, la tierra y el agua, conforma parte de nuestra vida diaria, y su transporte se da mediante los fenómenos naturales de nuestro planeta.

2.3.2. FITORREMEDIACIÓN

Señalan Jiménez & Ramos (2019) “la fitorremediación es una tecnología eco amigable, y su principal objetivo vendría a ser la eliminación de los contaminantes tóxicos y metales dañinos para el medio ambiente (en aire, suelo, agua y sedimentos)”.

2.3.3. FITOEXTRACCIÓN

Veramendi (2021) “trata principalmente en la acumulación de los metales pesados mediante el uso las raíces de las plantas, incluyendo las partes aéreas de las plantas”.

2.3.4. FITOINMOVILIZACIÓN

Barrios & Garcilazo (2019) “es el empleamiento de raíces de las plantas para la fijación, retención o inmovilización de los diversos tipos de contaminantes en el suelo”.

2.3.5. FITOVOLATILIZACIÓN

Se usa principalmente “a las plantas con características de tolerabilidad ante diversos contaminantes, con el propósito de erradicar los diversos tipos de contaminantes que habitan en nuestro medio mediante, se emplea el proceso de volatilización para eliminar

contaminantes del aire” (Bautista, Gutierrez, Castillo, & Etchevers, 2018).

2.3.6. RIZOFILTRACIÓN

“Es el empleo de raíces para absorber, adsorber y acumular los distintos tipos de contaminantes que hay en el agua y en otros efluentes acuosos” (Chávez, 2018).

2.3.7. FITOESTABILIZACIÓN

“Esta consiste en el uso de plantas con características de toleración a metales, buscando principalmente la inmovilización mediante la acumulación y absorción en las raíces, o también, la precipitación en la rizosfera” (Cortez, 2019).

Este proceso hace que disminuya la movilidad y la biodisponibilidad para otras plantas a los diversos microorganismos que habitan en los suelos, donde también se hallan grandes cantidades de contaminantes lo que también imposibilita que se realice la fitoextracción.

2.3.8. FITODEGRADACIÓN

“Consiste en la biodegradación de los compuestos orgánicos mediante las enzimas de las plantas, o también, a causa de las acciones de los microorganismos rizosféricos” (Díaz, 2017).

2.3.9. FITORRESTAURACIÓN

“Consiste en la acción de reforestar ciertas áreas dañadas y contaminadas por especies de plantas con características de resistencia y de rápido crecimiento” (Cortez, 2019). Esta también evita la migración de partículas contaminantes y previenen que se erosionen los suelos.

2.3.10. CALIDAD AMBIENTAL

Son las características cualitativas y cuantitativas propiamente del medio ambiente, en general o medio particular. “También se incluye la

relación e interrelación con las capacidades relativas de éste para satisfacer las necesidades de todo ser vivo que habita en los diversos ecosistemas” (Reyes, Vergara, Torres, Díaz, & González, 2016).

2.3.11. CALIDAD DE LOS SUELOS

Es la cualidad y capacidad específica que posee el suelo para poder desempeñarse en un ecosistema natural o antrópico (creado por ser humano), para mantener o poder mejorar la productividad y el aumento de la flora y fauna, como también, controlar la polución del aire y el agua, proteger el bienestar, salud y hábitat del ser humano.

2.3.12. DESMONTERA

El desmonte de mina viene a ser el material estéril e infértil, o también llamado mineral de baja ley o calidad (ley del mineral yace ubicada en el nivel inferior económico distinguido y establecido).

2.3.13. RELAVE MINERO

Es la mezcla o combinación de los minerales molidos con agua y otros compuestos, y que al final queda como el resultado de haber extraído diversos minerales pesados y sulfurados en el proceso de flotación (Zapata, 2019).

2.3.14. COMPOST

“El compost o también llamada composta, es el producto obtenido de diversos materiales especialmente de origen orgánico, las cuales, estos son sometidos a diversos procesos biológicos controlados y monitoreados, a esta actividad se la denomina compostaje” (Bautista, Gutierrez, Castillo, & Etchevers, 2018).

2.4. HIPÓTESIS

Según (Hernández, Fernández, & Baptista, 2018) definieron las hipótesis son explicaciones tentativas del fenómeno investigado formuladas como proposiciones para indicar lo que buscamos o tratamos de probar.

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

H_i: El efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*) influye de manera significativa sobre los suelos contaminados con arsénico en las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco – 2022.

H_o: El efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*) no influye de manera significativa sobre los suelos contaminados con arsénico en las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco – 2022.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

H_{i1}: La fitorremediación con ortiga *Urtica urens* influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha.

H_{o1}: La fitorremediación con ortiga *Urtica urens* no influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha.

H_{i2}: La fitorremediación con ortiga *Urtica dioica* influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha.

H_{o2}: La fitorremediación con ortiga *Urtica dioica* no influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha.

H₁₃: La fitorremediación con ortiga *Urtica atrovirens* influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha.

H₀₃: La fitorremediación con ortiga *Urtica atrovirens* no influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Fitorremediación

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Calidad de los suelos

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable Independiente	Indicador	Valor final	Tipo de variable
Fitorremediación	Especie/Varietad de ortiga Urtica urens Urtica dioica Urtica atrovirens	Especie A, Especie B y Especie C	Nominal politómica
Variable Dependiente	Indicador	Unidad de medición	Tipo de variable
Calidad de los suelos	Parámetros físicos: <ul style="list-style-type: none"> • Textura • Humedad • pH • Estructura • Color 	Porcentajes	Numérica continua
	Parámetros Químicos: <ul style="list-style-type: none"> • Arsénico (As). 		

➤ **Fuente para la medida de indicadores**

Manual de guía para el muestreo y análisis de suelos (MINEM), el presente manual es un instrumento de gestión ambiental efectivo para la correcta toma y elección de decisiones, sobre todo, constituye uno de los mecanismos y procesos clave para promover y difundir el desempeño correcto del desarrollo sostenible.

Está enfocado en la evaluación de impactos ambientales en distintos ámbitos, como también, es un procedimiento pro activo, participativo, técnico - administrativo, con el propósito de prevenir, aminorar o minimizar, aliviar o mitigar e informar todos los detalles de los daños más severos e impactos ambientales negativos que provengan de diversos proyectos, como también, poder intensificar y ampliar sus impactos positivos.

➤ **Metodología basada en el manual de mediciones de parámetros (Empresa minera ACTIVOS MINEROS S.A.C)**

La metodología que usan los laboratorios, es el hallazgo de cada elemento en individualidad, por lo que cada elemento y parámetro tiene un distinto precio.

Como elementos principales, requeriremos esencialmente la materia orgánica y el metaloide arsénico (As) de los parámetros físicos y químicos, para dar paso a la correcta ejecución de la investigación.

Principalmente se utiliza como guía un manual de mediciones de parámetros físicos, químicos y microbiológicos.

Con el fin de calibrar con exactitud los datos requeridos para la investigación, la principal visión que se tiene del proyecto, es el poder restaurar o aminorar los daños causados por el arsénico (As) debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco.

CAPÍTULO III

MÉTODOLÓGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según la intervención del investigador

Con intervención: Nos mencionan que estos tipos de estudios son longitudinales, analíticos (Supo, 2020).

Según el número de variables analíticas

Analíticas: Nos mencionan que el estudio estadístico vendría a ser bivariado; ya que propone, pero sobre todo pone a prueba la hipótesis, su nivel más básico establece la asociación entre factores (Supo, 2020).

Según el número de mediciones de las variables de estudio

Longitudinal: Nos mencionan que la variable de estudio es medida en dos o más ocasiones; por ello, de realizar comparaciones (antes – después) son entre muestras relacionadas (Supo, 2020).

3.1.1. ENFOQUE

“Esta investigación utiliza el paradigma **cuantitativo** como enfoque. El diseño es cuasi experimental. El método y diseño es de carácter **cuasi experimental**” (Hernández, Fernández, & Baptista, 2018). Se utilizan estas características para probar un caso de forma experimental. Este diseño asume que la variación entre las medidas se debe a la variable **experimental**, lo cual se verá en los análisis del grupo control y experimental.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

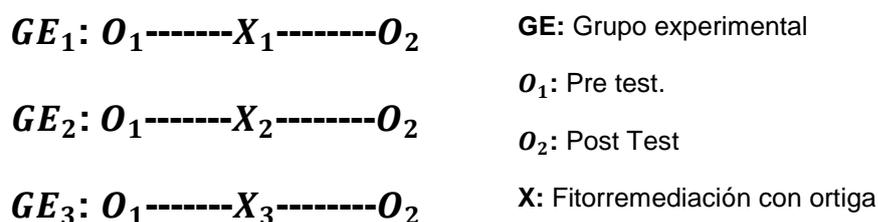
El presente estudio corresponde al nivel **explicativo**, los autores nos mencionan que en este nivel existen los experimentos, y que también es multivariada.

Según Supo (2020), este estudio sigue “el **paradigma experimental** que requiere cumplir ciertas condiciones para establecer

relaciones causales: la Variable Independiente debe ser antes que la Variable Dependiente y ambas deben tener covariación”. Es necesario excluir explicaciones alternativas, ya que solo el estímulo tiene efecto en el estudio. Como también nos recalcan que las variables causan, sean anteriores en tiempo que a las de efecto, y que la relación causa – efecto sea unidireccional, es decir, que cada causa produce un efecto y no el efecto produzca una causa.

3.1.3. DISEÑO

Según Sampieri (2018), el diseño **cuasi experimental** incluye un pre test y un post test en los grupos del experimento. Se asignaron los sujetos a los grupos mediante una pre prueba simultánea y se aplicó el tratamiento experimental. Finalmente, se les administra simultáneamente el post test. El siguiente diagrama detalla claramente este diseño:



➤ **Etapas del proyecto.**

✓ **Primera etapa**

Se localizará un terreno específico dentro de las instalaciones de la empresa **ACTIVOS MINEROS S.A.C.**, en Quiulacocha, en esta oportunidad la empresa denominó a un especialista del lugar, con el fin de brindarnos un área dentro de las instalaciones de la empresa, una vez sucedido esto, se procederá a realizar la medición, 5 m de largo por 5 m de ancho, como también, se localizará un punto en específico en el mismo depósito de relaves de Quiulacocha, esto es muy importante, ya que de aquí se tomará una muestra de suelo muy en particular, esta muestra será enviada

a un laboratorio (elección del especialista) para ser analizada, con el fin de obtener los resultados de estos análisis de manera adelantada. Del punto en específico de donde se tomó la primera muestra, también se extraerán 18 kg de suelo de relave, estas muestras serán trasladadas dentro de las instalaciones de la empresa para proceder con la medición del pH de estos suelos, se logró realizar la construcción de maseteros especiales para el estudio de las plantas y sus variedades, estas poseen las longitudes de 30 cm², de la misma forma, se mandó a elaborar porta maseteros metálicos especiales, con dimensiones de 32 cm², previo a esto, se hizo una nivelación del área otorgada, con el objetivo de preparar el terreno para la construcción del invernadero.

Previamente se realizó un proceso de estabilización de estos suelos, ya que la medición individual del pH de cada vasija nos arrojó un resultado que varía entre los 0 a 2 grados de acidez, cabe recalcar que se separaron 2,25 kg en cada vasija de plástico, se recolectó un total de 18 kg de suelo del depósito de relaves de Quiulacocha. A cada vasija se le roció dos manos llenas de óxido de calcio (CaO), se calculó este peso en una balanza analítica, y la cantidad exacta que se usó de óxido de calcio (CaO), fue de 72.38 gramos, esta se removió y se mezcló con el suelo contaminado, se mantuvo en reposo durante 22 días, en todos esos días se regó y se removió solo dos veces, con el objetivo de estabilizar el pH de cada vasija destinada a los maceteros para el proyecto de investigación. Como resultados de este proceso, se obtuvo un pH de 5 a 6 grados, esto se considera ligeramente ácido y grado neutro.

El invernadero posee una estructura metálica interna de 15 fierros base cada uno de ellos con una longitud de 9 m y con grosor de 3/8 o de 9 mm, también, 15 fierros de unión cada uno con una longitud de 9 m y con grosor 6 mm, la unión de estos se realizará

mediante alambres de 16 mm de grosor, se estima que se utilizarán 7 kg de alambre.

Para dar paso a la unión de todos los fierros, se procederá a cortar 1.20 m a cada fierro de 9 m, dándonos un total de 7.80 m para cada fierro, finalizado este paso, se procederá intersectar los fierros base y los fierros de unión, realizando un tejido entre los fierros, añadido a todo eso, se reforzará la unión de cada intersección de los fierros con alambre, muy importante, la longitud de separación entre cada recuadro, debe de ser de un aproximado de 40 cm, como paso final, el arqueamiento del fierro base y el fierro de unión creará una estructura de semicilindro, como sugerencia personal, y apegado a mi diseño, para este tipo de estructura es preciso reforzarlo con los fierros restantes de 1.20 m, todos estos se clavarán en cada esquina, y los fierros restantes se introducirán en puntos de soporte estratégicos, esto evitará que la estructura se deforme evitando el diseño deseado, ojo, para realizar el levantamiento de la estructura, se recomienda como mínimo 3 personas de apoyo, ya que la estructura posee un peso considerable, de manera opcional, se le podría unir 4 vigas madera de 2.50 m en espacio arqueado de la estructura metálica (como un soporte adicional), pero principalmente es importante añadir una o dos vigas en la parte central del invernadero, esto ayudará y evitará el hundimiento ocasionado por el propio peso de toda la estructura del invernadero, como paso siguiente, se recubrirá todo el invernadero con un material especial denominado agrofilm, este es de calibre doce y de color blanco.

✓ **Segunda etapa**

Se planteó un diseño de estratos de suelo para el proyecto de investigación, mencionado esto, se acomodaron piedras en la base de los maseteros, creando la primera capa de nuestro proyecto y denominándola el estrato rocoso, después de haber realizado esta primera capa proseguiremos a recolectar la muestra de suelo

contaminado para poder distribuirlos a los ocho maseteros, por lo que primero se localizará un punto específico de todo el depósito de relaves de Quiulacocha, de este punto se extraerán 18 kg de muestra de suelo. Para la segunda capa, se distribuirán los 18 kg en ocho maseteros, por lo que nos dará un total de 2.25 kg para cada uno, especialmente se les hará un seguimiento a estas 8 muestras, con el fin medir el pH del suelo, por lo que es recomendable poseer un Peachímetro de suelo. Existen varias maneras de estabilizar suelos provenientes de relaves mineros, pero el método que se empleará será un poco ortodoxo, utilizaremos óxido de calcio (CaO), comúnmente también denominado “cal”, con el propósito de tratar de equilibrar solamente el pH de cada muestra de suelo, es importante no usar este componente en abundancia, este tratamiento de suelo se realizará en 8 vasijas independientes, por actos naturales, las muestras llegan con tamaños y porciones irregulares de suelo, granulado y semi rocoso, por lo que es muy importante el cribar, desmenuzar y disgregar estas partes irregulares de cada muestra, con el fin de obtener una textura fina de suelo, y así poder apoyar el desempeño del óxido de calcio (CaO) en este tipo de tratamiento. Para la tercera capa, se extraerán 8 kg más de muestra de suelo del mismo punto específico del depósito de relaves de Quiulacocha, a esta se le realizará un semi cribado o semi disgregado para después combinarla con 8 kg de suelo agrícola, en total se esparcirán 2 kg de mezcla en cada masetero. Para la cuarta capa solo se requerirá suelo agrícola, específicamente 32 kg en total, de las cuales se esparcirán 4 kilogramos en cada masetero, el procedimiento de cribar, disgregar y desmenuzar este suelo es opcional, o a criterio del especialista. Antes de llegar a la última capa del modelo diseñado, procederemos a realizar las plantaciones de las ortigas y sus variedades. En esta oportunidad se plantarán tres ortigas en cada masetero, una vez hecho esto, se procederá a ejecutar la quinta capa, esta capa está conformada por 2 clases de abonos.

✓ Tercera etapa

Luego de haber realizado la plantación de las ortigas en cada masetero, las medidas de estos maseteros fueron de 0.30 m de largo, 0.30 m de ancho y 16 cm de grosor, se procederá a brindarle un constante seguimiento y tratamiento a los suelos y a las plantas, agregando cantidades específicas de compost y nutrientes a cada masetero, esto apoyará al mejor desarrollo de las plantas de ortiga y sus variedades (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*), como también, se tomarán las muestras de cada masetero en la etapa intermedia (1 mes y 16 días) del desarrollo de las plantas (muestras intermedias), todas estas muestras de suelo serán enviadas al laboratorio para su análisis, mediante estos resultados se observarán y se comprobarán los progresos de los objetivos y metas de este proyecto de investigación.

✓ Cuarta etapa

Luego de haber transcurrido los DOS meses y medio, se procederá a recoger las últimas muestras de los maseteros (muestras finales), y así proceder a analizarlas en el laboratorio, en este punto de tiempo, la planta se desarrolló en totalidad. Se captarán imágenes sobre las etapas del desarrollo de la planta ortiga, como también, estas imágenes nos servirán como evidencias para corroborar y comparar los objetivos de esta investigación, sobre todo, se obtendrán los resultados finales de los análisis, dicho esto, daremos paso a resolver nuestras conclusiones y a analizar los detalles de cada resultado de nuestro proyecto.

✓ Quinta etapa

Como paso final, se analizarán los resultados obtenidos, tanto de campo y de laboratorio, dando pie a inicio al desensamblaje de todo el invernadero.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

El presente estudio considera que la población de estudio es principalmente el suelo contaminado por arsénico debido a las actividades mineras del depósito de relaves de Quiulacochoa.

3.2.2. MUESTRA

La muestra corresponde a un total de 18 kg de suelo contaminado, provenientes del depósito de relaves de Quiulacochoa, que serán repartidos en los maceteros por cada tipo de ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*), distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco, en la tabla número uno están las coordenadas del punto de extracción de suelo contaminado para ejecutar el proyecto de investigación, en la tabla número dos están las coordenadas del invernadero, en esta se llevó a cabo todo el proceso de fitorremediación de estos suelos.

Tabla 2

Coordenadas del punto de extracción de suelo contaminado - (UTM – WGS 84)

Coordenadas UTM	Número de coordenadas
Coordenada este	359533.17 m E
Coordenada norte	8816511.65 m S

Nota: En la tabla 2 se observa las coordenadas del punto de extracción de suelo contaminado.

Tabla 3

Coordenadas del área de estudio (invernadero) - (UTM – WGS 84)

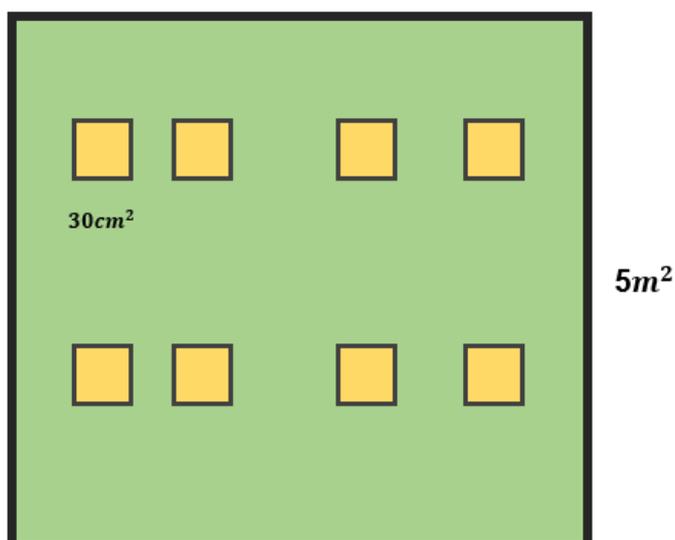
Coordenadas UTM	Número de coordenadas
Coordenada este	359999.47 m E
Coordenada norte	8816480.56 m S

Nota: En la tabla 3 se observa las coordenadas del área de estudio.

El estudio se llevará a cabo en los meses de julio, agosto, septiembre, octubre y noviembre del año 2022. En un área de 5 metros de ancho multiplicados por 5 metros de largo.

Figura 1

Modelo de las instalaciones del invernadero



Nota: Se observa las medidas del área otorgada son de 5 metros de ancho por 5 metros de largo, como también se realizará la construcción de maseteros especiales y porta maseteros.

Para que nuestra investigación se desarrolle completamente, se recogerán muestras de suelo del depósito de relaves de Quiulacocha, estas muestras serán trasladadas dentro de las instalaciones de la empresa ACTIVOS MINEROS S.A.C., para ello, ya se tendrá listo un invernadero adaptado a la zona otorgada, las medidas totales del área otorgada son de 5 metros de ancho por 5 metros de largo, como también se realizará la construcción de maseteros especiales y porta maseteros, en estos se realizará el estudio de tres tipos de variedades de ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*).

Una vez realizado el trasplante de estas variedades, se procederá a darle un seguimiento y atención continuo, apoyando mediante abonos especiales a las plantas para que se desarrollen de una mejor manera.

El tiempo en el que se desarrollará toda la investigación, está ligado al tiempo de crecimiento de la planta, por lo que se investigó ese tiempo de desarrollo. Se estimó que el proyecto durará tres meses en totalidad, en todos esos meses se tomarán y captarán evidencias, tanto como los resultados de los estudios del laboratorio, añadido también, las imágenes del desarrollo del proyecto, paso a paso y de manera

detallada. En realidad, fueron cinco meses en total, la duración de todo el proyecto de investigación.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Se empleó las técnicas e instrumentos siguientes.

Tabla 4

Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Variables	Indicadores	Técnicas	Instrumentos o recursos
Fitorremediación	Especie/variedad de ortiga	Observación	Especie o variedad de ortiga, A, B Y C
	Parámetros físicos:		Parámetros físicos:
	Textura		Tamiz
	Humedad		Peachimetro
	Porosidad		Termómetro
	Estructura		Sensor de humedad
	Color		
	pH		
	Sabor		
	Parámetros Químicos:		Parámetros Químicos:
Calidad de los suelos	Arsénico (As)	Observación	Análisis de laboratorio.

➤ **Manual para la evaluación del estudio de impacto ambiental detallado (SENACE - Minería)**

El presente manual es un instrumento de gestión ambiental efectivo para la toma de decisiones y constituye uno de los mecanismos clave para promover el desarrollo sostenible.

Está enfocado en la evaluación de impactos ambientales en distintos ámbitos, como también, es un procedimiento participativo, técnico - administrativo, destinado a prevenir, minimizar, mitigar e informar acerca de los potenciales impactos ambientales negativos que pudieran derivarse de proyectos de inversión, así como intensificar sus impactos positivos.

➤ **Protocolo detallado**

El proyecto ejecutado se caracterizará por poseer cinco etapas.

✓ **Primera etapa**

Se localizará un terreno específico dentro de las instalaciones de la empresa ACTIVOS MINEROS S.A.C., en Quiulacocha, en esta oportunidad la empresa denominó a un especialista del lugar, con el fin de brindarnos un área dentro de las instalaciones de la empresa, una vez sucedido esto, se procederá a realizar la medición, 5 m de largo por 5 m de ancho, como también, se localizará un punto en específico en el mismo depósito de relaves de Quiulacocha, esto es muy importante, ya que de aquí se tomará una muestra de suelo muy en particular, esta muestra será enviada a un laboratorio (elección del especialista) para ser analizada, con el fin de obtener los resultados de estos análisis de manera antelada. Del punto en específico de donde se tomó la primera muestra, también se extraerán 18 kg de suelo de relave, estas muestras serán trasladadas dentro de las instalaciones de la empresa para proceder con la medición del pH de estos suelos, se logró realizar la construcción de maseteros especiales para el estudio de las plantas y sus variedades, estas poseen las longitudes de 30 cm², de la misma forma, se mandó a elaborar porta maseteros metálicos especiales, con dimensiones de 32 cm², previo a esto, se hizo una nivelación del área otorgada, con el objetivo de preparar el terreno para la construcción del invernadero.

Previamente se realizó un proceso de estabilización de estos suelos, ya que la medición individual del pH de cada vasija nos arrojó un resultado que varía entre los 0 a 2 grados de acidez, cabe recalcar que se separaron 2,25 kg en cada vasija de plástico, re recolectó un total de 18 kg de suelo del depósito de relaves de Quiulacocha. A cada vasija se le roció dos manos llenas de óxido de calcio (CaO), se calculó este peso en una balanza analítica, y la cantidad exacta que se usó de óxido de calcio (CaO), fue de 72.38 gramos, esta se removió y se mezcló con el

suelo contaminado, se mantuvo en reposo durante 22 días, en todos esos días se regó y se removió solo dos veces, con el objetivo de estabilizar el pH de cada vasija destinada a los maceteros para el proyecto de investigación. Como resultados de este proceso, se obtuvo un pH de 5 a 6 grados, esto se considera ligeramente ácido y grado neutro.

El invernadero posee una estructura metálica interna de 15 fierros base cada uno de ellos con una longitud de 9 m y con grosor de 3/8 o de 9 mm, también, 15 fierros de unión cada uno con una longitud de 9 m y con grosor 6 mm, la unión de estos se realizará mediante alambres de 16 mm de grosor, se estima que se utilizarán 7 kg de alambre.

Para dar paso a la unión de todos los fierros, se procederá a cortar 1.20 m a cada fierro de 9 m, dándonos un total de 7.80 m para cada fierro, finalizado este paso, se procederá intersectar los fierros base y los fierros de unión, realizando un tejido entre los fierros, añadido a todo eso, se reforzará la unión de cada intersección de los fierros con alambre, muy importante, la longitud de separación entre cada recuadro, debe de ser de un aproximado de 40 cm, como paso final, el arqueamiento del fierro base y el fierro de unión creará una estructura de semicilindro, como sugerencia personal, y apegado a mi diseño, para este tipo de estructura es preciso reforzarlo con los fierros restantes de 1.20 m, todos estos se clavarán en cada esquina, y los fierros restantes se introducirán en puntos de soporte estratégicos, esto evitará que la estructura se deforme evitando el diseño deseado, ojo, para realizar el levantamiento de la estructura, se recomienda como mínimo 3 personas de apoyo, ya que la estructura posee un peso considerable, de manera opcional, se le podría unir 4 vigas madera de 2.50 m en espacio arqueado de la estructura metálica (como un soporte adicional), pero principalmente es importante añadir una o dos vigas en la parte central del invernadero, esto ayudará y evitará el hundimiento ocasionado por el propio peso de toda la estructura del invernadero, como paso siguiente, se recubrirá

todo el invernadero con un material especial denominado agrofilm, este es de calibre doce y de color blanco.

✓ **Segunda etapa**

Se planteó un diseño de estratos de suelo para el proyecto de investigación, mencionado esto, se acomodaron piedras en la base de los maseteros, creando la primera capa de nuestro proyecto y denominándola el estrato rocoso, después de haber realizado esta primera capa proseguiremos a recolectar la muestra de suelo contaminado para poder distribuirlos a los ocho maseteros, por lo que primero se localizará un punto específico de todo el depósito de relaves de Quiulacocha, de este punto se extraerán 18 kg de muestra de suelo.

Para la segunda capa, se distribuirán los 18 kg en ocho maseteros, por lo que nos dará un total de 2.25 kg para cada uno, especialmente se les hará un seguimiento a estas 8 muestras, con el fin medir el pH del suelo, por lo que es recomendable poseer un Peachímetro de suelo. Existen varias maneras de estabilizar suelos provenientes de relaves mineros, pero el método que se empleará será un poco ortodoxo, utilizaremos óxido de calcio (CaO), comúnmente también denominado "cal", con el propósito de tratar de equilibrar solamente el pH de cada muestra de suelo, es importante no usar este componente en abundancia, este tratamiento de suelo se realizará en 8 vasijas independientes, por actos naturales, las muestras llegan con tamaños y porciones irregulares de suelo, granulado y semi rocoso, por lo que es muy importante el cribar, desmenuzar y disgregar estas partes irregulares de cada muestra, con el fin de obtener una textura fina de suelo, y así poder apoyar el desempeño del óxido de calcio (CaO) en este tipo de tratamiento.

Para la tercera capa, se extraerán 8 kg más de muestra de suelo del mismo punto específico del depósito de relaves de Quiulacocha, a esta se le realizará un semi cribado o semi disgregado para después

combinarla con 8 kg de suelo agrícola, en total se esparcirán 2 kg de mezcla en cada masetero.

Para la cuarta capa solo se requerirá suelo agrícola, específicamente 32 kg en total, de las cuales se esparcirán 4 kilogramos en cada masetero, el procedimiento de cribar, disgregar y desmenuzar este suelo es opcional, o a criterio del especialista.

Antes de llegar a la última capa del modelo diseñado, procederemos a realizar las plantaciones de las ortigas y sus variedades. En esta oportunidad se plantarán tres ortigas en cada masetero, una vez hecho esto, se procederá a ejecutar la quinta capa, esta capa está conformada por 2 clases de abonos.

✓ **Tercera etapa**

Luego de haber realizado la plantación de las ortigas en cada masetero, las medidas de estos maseteros fueron de 0.30 m de largo, 0.30 m de ancho y 16 cm de grosor, se procederá a brindarle un constante seguimiento y tratamiento a los suelos y a las plantas, agregando cantidades específicas de compost y nutrientes a cada masetero, esto apoyará al mejor desarrollo de las plantas de ortiga y sus variedades (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*), como también, se tomarán las muestras de cada masetero en la etapa intermedia (1 mes y 16 días) del desarrollo de las plantas (muestras intermedias), todas estas muestras de suelo serán enviadas al laboratorio para su análisis, mediante estos resultados se observarán y se comprobarán los progresos de los objetivos y metas de este proyecto de investigación.

✓ **Cuarta etapa**

Luego de haber transcurrido los DOS meses y medio, se procederá a recoger las últimas muestras de los maseteros (muestras finales), y así proceder a analizarlas en el laboratorio, en este punto de tiempo, la planta se desarrolló en totalidad.

Se captarán imágenes sobre las etapas del desarrollo de la planta ortiga, como también, estas imágenes nos servirán como evidencias para corroborar y comparar los objetivos de esta investigación, sobre todo, se obtendrán los resultados finales de los análisis, dicho esto, daremos paso a resolver nuestras conclusiones y a analizar los detalles de cada resultado de nuestro proyecto.

✓ **Quinta etapa**

Como paso final, se analizarán los resultados obtenidos, tanto de campo y de laboratorio, dando pie a inicio al desensamblaje de todo el invernadero.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFOMACION

Para el desarrollo correcto del proyecto, se gestionó con la empresa minera **ACTIVOS MINEROS S.A.C.** la aprobación de la ejecución del proyecto de fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*), también se presentó la información mediante cuadros estadísticos.

Se realizó el análisis; interpretación de datos según los resultados obtenidos en campo, como último paso, planteamos nuestras conclusiones y procedemos a derivar nuestros resultados y nuestras recomendaciones de la investigación.

Principalmente se requerirá la materia orgánica y el metaloide arsénico (As) de los parámetros físicos y químicos, para dar paso a la correcta ejecución y análisis de la investigación.

Principalmente utilizamos como guía, un manual de mediciones de parámetros físicos, químicos.

Con el fin de calibrar con exactitud los datos requeridos para la investigación, el principal objetivo que se tiene del proyecto es el recuperar o aminorar los daños causados por el arsénico (As) en depósito de relaves de Quiulacochoa.

CAPITULO IV

RESULTADOS

En primer lugar, según el objetivo principal de determinar el efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*) en la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco – 2022.

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

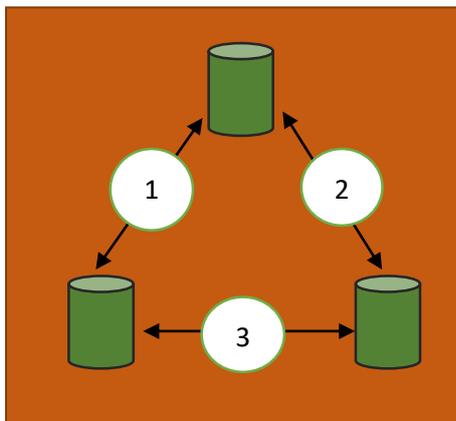
Como etapa inicial del estudio, se realizó la determinación de las áreas donde se construyó el vivero y se procedió con las pruebas de adaptabilidad. La herramienta utilizada fue el SPSS (v. 26.0) es un software utilizado para realizar la captura y análisis de datos para crear tablas y gráficos con datos complejos. Aunque originalmente fue diseñado y designado para las ciencias sociales, puede ser utilizado para muchos tipos de conjuntos de datos experimentales o de investigación. En el caso de la ingeniería ambiental, el SPSS se utiliza para una amplia gama de análisis estadísticos, como las estadísticas descriptivas, las estadísticas bivariadas, la regresión, el análisis de factores, y la representación gráfica de los datos. En resumen, el SPSS fue una herramienta útil porque me permitió el análisis de datos y la realización de diversos análisis estadísticos.

4.1.1. PROCESO DE ADAPTABILIDAD (URTICA URENS Y URTICA DIOICA)

Las plantaciones y el modelo de tomas de muestras fueron planificados antes de la realización del proyecto de investigación, el objetivo de plantar las ortigas en cada esquina, formando un triángulo, fue el tener un espacio entre cada una de ellas para realizar las tomas de muestras que se realizaron cada mes y quince días.

Figura 2

Modelo de toma de muestras



Nota: Se observa el modelo de toma de muestras, fueron planificados antes de la ejecución del proyecto, el objetivo de plantar las ortigas en cada esquina, formando un triángulo, fue el tener un espacio entre cada una de ellas.

➤ **Actividades previas a las pruebas**

Previamente se fue elaborando un plan de desarrollo de estratos de suelo, junto a ella, un pesaje preciso de cada una de estas capas, como también se elaboraron maseteros de 0.30 m de largo, 0.30 m de ancho y 16 cm de grosor.

Figura 3

Desarrollo de estratos



Nota: Se observa estratos de suelo, junto a ella, un pesaje preciso de cada una.

Construcción del invernadero, para la realización del proyecto de investigación.

Figura 4

Construcción del invernadero



Nota: Se observa la construcción del invernadero, para la realización de la investigación.

Debido al elevado nivel de concentración del pH, se elaboró una estandarización del pH usando el óxido de calcio. El primer estrato es denominado rocoso, para la segunda capa, se distribuirán los 18 kg en ocho maceteros, por lo que nos dará un total de 2.25 kg para cada uno.

Figura 5

Estandarización del pH



Nota: Se procedió a una estandarización del pH usando el óxido de calcio.

Para la segunda capa se mezclaron 9 kg del suelo del relave y 9 kg de suelo agrícola, sumados nos da un total de 18 kg, ya mezclados, se distribuyó 2.25 kg a cada uno de los 8 maceteros. Para la cuarta capa

solo se requerirá suelo agrícola, específicamente 32 kg en total, de las cuales se esparcirán 4 kg en cada macetero.

Figura 6

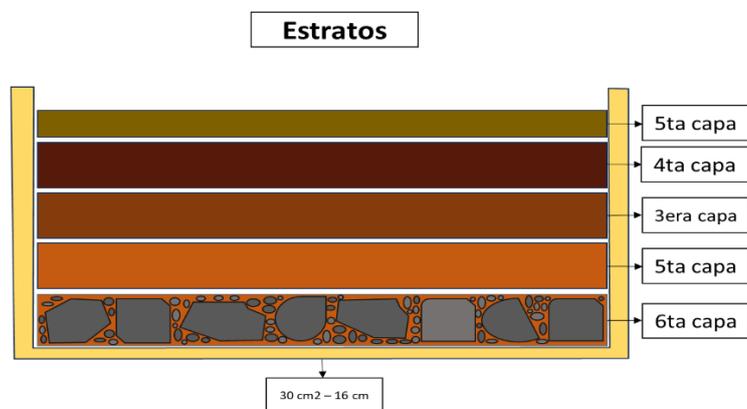
Capas de los suelos



Nota: Se procedió con la investigación, se distribuyó 2.25 kg a cada uno de los 8 maceteros.

Figura 7

Estratos del suelo



Nota: Clasificación por estratos

Luego de haber realizado la estandarización, se esperaron un aproximado de dos semanas para verter estos suelos a los maceteros. Gracias al Peachimetro obtuvimos como grado de concentración, los resultados de cada macetero 5.3, 5.4, 5.5 y 5.6, lo cual fue favorable y permisible para los trasplantes de los plantones de ortiga. La quinta capa está elaborada por la mezcla de dos tipos de abono, viene a ser la más delgada de todas y menos pesada.

Figura 8

Medición de los grados de concentración



Nota: Se realizó las mediciones con el Peachimetro.

Figura 9

Especie Urtica urens



Nota: Se observa la especie de ortiga Urtica urens plantada.

Figura 10

Especie Urtica dioica



Nota: Se observa la especie de ortiga Urtica dioica plantada.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la contrastación y prueba de hipótesis, se utilizó el software estadísticos SPSS (v. 26.0), por lo que; formuló la hipótesis inicial y la hipótesis nula correspondiente, por ser variables cuantitativas; por ende, se aplicó la **Prueba de Normalidad de Shapiro-Wilk**, ya que la muestra es pequeña ($n < 30$). El estadístico de prueba en que se basa es el siguiente:

$$W = \frac{D^2}{n \times S^2}$$

Donde :

- D = suma de las defenecías corregidas.
- n = número total de casos en la muestra.
- S^2 = varianza muestral.

Además, que el **criterio de decisión** para la **Prueba de Shapiro-Wilk** es:

- Si: $p - valor \leq 0,05$; se Rechaza la $H_0 \Rightarrow$ *Datos No Paramétricos*
- Si: $p - valor > 0,05$; se Acepta la $H_0 \Rightarrow$ *Datos Paramétricos*

Por otro lado; al terminar de analizar la normalidad de los datos recopilados, se observó que algunos eran **Datos No Paramétricos**, por lo que se procedió a utilizar la **Prueba de Wilcoxon**. El estadístico de prueba es:

$$T = \min(T_+; T_-)$$

Donde:

- T_+ = suma de rangos positivos (+)
- T_- = suma de rangos negativos (-)

Además, que el **criterio de decisión** para la **Prueba de Wilcoxon** es:

- Si: $p - valor \leq 0,05$; se Rechaza la $H_0 \Rightarrow$ *Existe Diferencia Significativa*
- Si: $p - valor > 0,05$; se Acepta la $H_0 \Rightarrow$ *No Existe Diferencia Significativa*

Así mismo; si al terminar de analizar la normalidad de los datos recopilados, se pudo observar que los restantes eran **Datos Paramétricos**, por ende, se procedió a utilizar la **Prueba de T student**. El estadístico de prueba es:

$$t = \frac{\bar{d} - \mu_d}{\frac{S_d}{\sqrt{n}}}; (n - 1)gl$$

Donde:

- \bar{d} = suma de las diferencias entre los datos recopilados.
- μ_d = diferencia entre las medias muestrales relacionadas.
- S_d = desviación estándar de la diferencia de los datos.
- n = número total de casos en la muestra.
- $n - 1$ = grados de libertad.

Además, que el **criterio de decisión** para la **Prueba de T Student** es:

- Si: $p - valor \leq 0,05$; se Rechaza la $H_0 \Rightarrow$ *Existe Diferencia Significativa*
- Si: $p - valor > 0,05$; se Acepta la $H_0 \Rightarrow$ *No Existe Diferencia Significativa*

4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS – FITORREMEDIACIÓN CON ORTIGA (URTICA URENS, URTICA DIOICA)

En primer lugar; cabe señalar que la hipótesis general del presente estudio es efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica* y *Urtica atrovirens*) en la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho. Por tal motivo; se procedió a analizar la normalidad de los datos recopilados de la **Fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica*)**.

Tabla 5

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) – Fitorremediación con ortiga (Urtica urens, Urtica dioica) Grupo Experimental (Pre & Pos Test)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
ORTIGA GE (Pre)	,160	6	,200*	,985	6	,974
ORTIGA GE (Post)	,156	6	,200*	,973	6	,912

Nota: cómo se puede ver en la tabla, el p-valor (sig.) de los datos recopilados **Fitorremediación con ortiga (Urtica urens, Urtica dioica) Grupo Experimental (PreTest)** es 0,974, siendo mayor a lo esperado de 0,05, por lo que son Datos Paramétricos. Así mismo; el p-valor de los datos de **Fitorremediación con ortiga (Urtica urens, Urtica dioica) Grupo Experimental (PosTest)** es 0,912, siendo mucho mayor a 0,05, por ende, también son Datos Paramétricos.

Tabla 6

Estadísticos descriptivos – Fitorremediación con ortiga (Urtica urens, Urtica dioica) Grupo Experimental (Pre & Pos Test)

	Media	N	Desv.	Desv. Error
			Desviación	promedio
Par ORTIGA GE (Pre)	119,6300	6	31,67903	12,93291
1 ORTIGA GE (Post)	9,7383	6	,45057	,18395

Se puede ver a simple vista en la tabla; que existe una diferencia notoria entre las medias muestrales, PosTest (9,7383) < PreTest (119,6300), por lo que se puede afirmar que “El efecto de la fitorremediación con ortiga (Urtica urens, Urtica dioica) influye de manera significativa sobre los suelos contaminados con arsénico en las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco – 2022”.

Por último, para confirmar que el análisis previo es correcto, se procede a realizar la **Prueba de T Student**, como se muestra a continuación:

Tabla 7

Prueba de Hipótesis T Student – Fitorremediación con ortiga (Urtica urens, Urtica dioica) Grupo Experimental (Pre & Pos Test)

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl (bilateral)	Sig.
				Inferior	Superior			
Par 1 GE (Pre) ORTIGA GE (Post)	109,89167	32,10988	13,10880	76,19441	143,58892	8,383	5	,000

Nota: cómo se puede ver en la tabla, el p-valor (sig.) es 0,000, siendo mucho menor a lo esperado de 0,05; por tal motivo se reafirma que se rechaza la hipótesis nula y se comprueba que existe diferencia significativa entre los datos Grupo Experimental (Pre Test) y (Pos Test).

4.2.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS – ORTIGA URENS (GRUPO EXPERIMENTAL)

Tabla 8

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) – (Ortiga Urens) Grupo Experimental (Pre & Pos Test)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
URENS GE (Pre)	,231	6	,200*	,876	6	,250
URENS GE (Post)	,216	6	,200*	,963	6	,840

Nota: cómo se puede ver en la tabla, el p-valor (sig.) de los datos recopilados **Ortiga Urens (PreTest)** es 0.250, siendo mayor a lo esperado de 0,05, por lo que son Datos Paramétricos. Así mismo; el p-valor de los datos de **Ortiga Urens (PosTest)** es 0,840, siendo mucho mayor a 0,05, por ende, también son Datos Paramétricos.

Tabla 9

Estadísticos descriptivos – (Ortiga Urens) Grupo Experimental (Pre & Pos Test)

		Media	N	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Par	URENS GE (Pre)	149,0883	6	30,32103	12,37851
1	URENS GE (Post)	9,4383	6	,79575	,32486

Se puede ver a simple vista en la tabla; que existe una diferencia notoria entre las medias muestrales, PosTest (9,4383) < PreTest (149,0883), por lo que se puede afirmar que “La fitorremediación con ortiga *Urtica urens* influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha”.

Por último, para confirmar que el análisis previo es correcto, se procede a realizar la **Prueba de T Student**, como se muestra a continuación:

Tabla 10

Prueba de Hipótesis T Student – (Ortiga Urens) Grupo Experimental (Pre & Pos Test)

		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	Sig. gl (bilateral)
					Inferior	Superior		
Par	URENS GE (Pre)	139,65000	29,63791	12,09963	108,54692	170,75308	11,542	5 ,000
1	URENS GE (Post)							

Nota: cómo se puede ver en la tabla, el p-valor (sig.) es 0,000, siendo mucho menor a lo esperado de 0,05; por tal motivo se reafirma que se rechaza la hipótesis nula y se comprueba que existe diferencia significativa entre los datos Grupo Experimental (Pre Test) y (Pos Test).

4.2.3. PRUEBA DE HIPÓTESIS – ORTIGA DIOICA (GRUPO EXPERIMENTAL)

Tabla 11

Prueba de Normalidad (Shapiro-Wilk) – (Ortiga Dioica) Grupo Experimental (Pre & Pos Test)

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DIOICA GE (Pre)	,241	6	,200*	,867	6	,214
DIOICA GE (Post)	,209	6	,200*	,894	6	,342

Nota: cómo se puede ver en la tabla, el p-valor (sig.) de los datos recopilados **Ortiga Dioica Grupo Experimental (PreTest)** es 0,214, siendo mayor a lo esperado de 0,05, por lo que son Datos Paramétricos. Así mismo; el p-valor de los datos de **Ortiga Dioica grupo Experimental (PosTest)** es 0,342, siendo mucho mayor a 0,05, por ende, también son Datos Paramétricos.

Tabla 12

Estadísticos descriptivos – (Ortiga Dioica) Grupo Experimental (Pre & Pos Test)

	Media	N	Desv.	Desv. Error
			Desviación	promedio
Par DIOICA GE (Pre)	90,1700	6	44,38671	18,12080
1 DIOICA GE (Post)	10,0367	6	1,51943	,62030

Se puede ver a simple vista en la tabla; que existe una diferencia notoria entre las medias muestrales, PosTest (10,0367) < PreTest (90,1700), por lo que se puede afirmar que “La fitorremediación con ortiga *Urtica dioica* influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha”.

Por último, para confirmar que el análisis previo es correcto, se procede a realizar la **Prueba de T Student**, como se muestra a continuación:

Tabla 14*Prueba de Hipótesis T Student – (Ortiga Dioica) Grupo Experimental (Pre & Pos Test)*

	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl (bilateral)	Sig.
				Inferior	Superior			
Par DIOICA 1 GE (Pre) DIOICA GE (Post)	80,13333	44,98728	18,36598	32,92207	127,34459	4,363	5	,007

Nota: cómo se puede ver en la tabla, el p-valor (sig.) es 0,007, siendo mucho menor a lo esperado de 0,05; por tal motivo se reafirma que se rechaza la hipótesis nula y se comprueba que existe diferencia significativa entre los datos Grupo Experimental (Pre Test) y (Pos Test).

Finalmente, una vez que se obtuvieron los datos concretos de la evaluación de la fitorremediación con ortiga Urens, Dioica se muestran en la tabla siguiente.

4.2.4. ORTIGA ATROVIRENS

Basado en el planteamiento de los objetivos, se realizó la fitorremediación con tres especies de ortiga Urens, Dioica, Atrovirens. Se realizó el pre test para la ortiga atrovirens, pero empezaron a decaer a los 2 y 4 días y no sobrevivieron. Así mismo se buscó antecedentes bibliográficos y/o científicos en la localidad de la especie, no encontrándose procedimientos realizados o similares para el proceso de adaptabilidad. Por lo tanto; se desarrollaron las siguientes pruebas de adaptabilidad.

➤ **Pruebas de adaptabilidad (Urtica Atrovirens)**

Una de las características peculiares de esta variedad de ortiga, vendría a ser su hábitat, el lugar donde se desarrolla tiene poco acceso de luz, como también, tiende a germinar en lugares rocosos, ambientes empinados y accidentados, como también de poco acceso del suministro hídrico.

Figura 11

Especie Urtica atrovirens



Nota: Se observa la especie Urtica atrovirens en su habitat natural.

Una de las características peculiares de esta variedad de ortiga, vendría a ser su hábitat, el lugar donde se desarrolla tiene poco acceso de luz, como también, tiende a germinar en lugares rocosos, ambientes empinados y accidentados, como también de poco acceso del suministro hídrico. Esta variedad de planta posee la raíz axonomorfa, esta no es ramificada a diferencia de las ortigas urens y dioica.

Figura 12

Raíz de la Urtica atrovirens



Nota: Se observa la taxonomía de la especie Urtica atrovirens.

Primera prueba: Se logró hallar dos plantas de la ortiga atrovirens, dimos paso al proceso de adaptabilidad asemejando el entorno de desarrollo natural de la planta. Casi a los dos y cuarto día, las dos plantas presentaron decaimiento y resequedad en los tallos y hojas. Las muestras no sobrevivieron.

Figura 13

Semejanza de su entorno natural - Urtica atrovirens



Nota: Se observa la primera prueba de adaptabilidad de la especie Urtica atrovirens.

Segunda prueba: Para el segundo experimento se priorizó el pH y la humedad del suelo del macetero, ya que estos parámetros variaban mucho dentro del invernadero a gran diferencia de afuera de él. Se localizó una muestra precisa para dar inicio a este segundo experimento. Las temperaturas nocturnas registradas en el invernadero, rondaban de los 3°C a los 0°C, esto iba disminuyendo en las madrugadas.

Las otras 2 variedades de ortiga lograron adaptarse a estas variaciones dentro del invernadero, la ortiga atrovirens empezó a decaer con el paso de los 2 y 4 primeros días de la primera semana.

También se analizó la variación del pH de cada macetero, y se realizó una comparación de adaptabilidad con las demás plantas, y la única que no sobrevivía a este segundo experimento de adaptabilidad fue la ortiga atrovirens.

Figura 14

pH y la humedad del suelo del macetero



*Nota: Se observa la segunda prueba de adaptabilidad de la especie *Urtica atrovirens*, enfocada en el Ph y humedad del suelo.*

Tercera prueba: Para este experimento se logró encontrar dos muestras de plantas listas para dar inicio este tercer intento de adaptabilidad, ya llegado a este punto, recopilando la información de los anteriores experimentos, se optó por aislar estas dos muestras, alejarlas a una zona muy similar al hábitat donde fueron halladas.

Un análisis de todo este experimento fue que, a diferencia de muchas otras plantas, la raíz de esta variedad es muy delicada, dicho esto y también haber tomado las precauciones y evitando algunos errores de los anteriores experimentos, si obtuvieron los mismos resultados, la planta cayó a la primera semana y para la segunda, pereció completamente.

En todo experimento se priorizó y se anticipó la filtración de los lixiviados, evitando que estos se esparzan por el medio ambiente, ya que cada estos maceteros poseen estratos de suelo contaminado por elementos químicos pesados, en su mayoría derivados de actividades mineras, las tinas nos ayudaron a evitar que estos lleguen a entrar en contacto con los suelos libres de contaminación.

Figura 15

Tercera prueba de adaptabilidad - Urtica atrovirens



Nota: Se observa la tercera prueba de adaptabilidad de la especie Urtica atrovirens, enfocada en aislar estas dos muestras, alejarlas a una zona muy similar al hábitat donde fueron halladas.

Cuarta prueba In situ: Este experimento fue el último y el más arriesgado, debido a que se hallaron tres plantas para realizarlo, fue arriesgado ya que, en base a los resultados anteriores, se optó por llevar el suelo contaminado al hábitat de esta variedad de ortiga, fue mi última alternativa de adaptabilidad.

Para tener un mejor análisis de los resultados, se optó por agregar muestras de suelo gradualmente a cada planta, a la primera se le combinaron dos lampa pequeñas de suelo contaminado directamente al suelo de la planta, se introdujo un palo para mezclar de forma vertical, directamente y acercándonos a la raíz.

Para la segunda planta se añadió solo una pequeña lampa completa de suelo del relave, y para la tercera, se añadió media lampa.

Figura 16

Prueba in situ - Urtica atrovirens



Nota: Se observa la cuarta prueba de adaptabilidad de la especie Urtica atrovirens, el más arriesgado, ya que, en base a los resultados anteriores, se optó por llevar el suelo contaminado al hábitat de esta variedad de ortiga, fue mi última alternativa de adaptabilidad.

Las lluvias fueron gradualmente continuas en este mes, por lo que el riego no fue tan necesario el realizarlo. La primera planta, y la segunda planta decayeron a la primera semana, la tercera planta se mantuvo un poco firme a las demás. La tercera planta no decayó como las demás, pero una parte de ella sí, como también muchas de las hojas de la base empezaron con el proceso de decoloración y resequedad. La segunda planta, al igual que la primera, presentaron decaimiento, decoloración y resequedad en totalidad.

Figura 17

Decoloración y resequedad - Urtica atrovirens



Nota: Se observa que la especie Urtica atrovirens, no se lograron adaptar.

La tercera planta demoró en decaer en totalidad, a diferencia de las otras dos, esto se debe a la baja concentración de suelo contaminado introducido a su suelo natural, a pesar de eso, la planta decayó y pereció al final. Como una conclusión final, esta variedad no es apta para la fitorremediación.

Figura 18

Tercera planta - Urtica atrovirens



Nota: Se observa que la especie Urtica atrovirens, pereció.

Fundamento metodológico al ser una investigación cuasi experimental, no se puede controlar los diversos factores que se puedan presentar (Hernández, Fernández, & Baptista, 2018).

El número de individuos conocidos es muy bajo y la población se encuentra en una zona antropizada y muy ruderalizada, de la que puede fácilmente desaparecer. No obstante, el taxón ha sido localizado recientemente y es esperable que puedan ser detectadas nuevas poblaciones en la parte central y norte. No existen medidas de conservación (Fraga, 2001).

La validez interna se relaciona con la calidad del experimento y se logra cuando hay control, cuando los grupos difieren entre sí solamente en la exposición a la variable independiente (ausencia o presencia, o en grados o modalidades), cuando las mediciones de la variable dependiente son confiables y válidas y cuando el análisis es el adecuado para el tipo de datos que estamos manejando (Hernández, Fernández, & Baptista, 2018).

Tabla 13*Resumen general de los resultados obtenidos*

ORTIGA GE (Pre)	ORTIGA GE (Post)	URENS GE (Pre)	URENS GE (Post)	DIOICA GE (Pre)	DIOICA GE (Post)
78.75	10.45	96.00	8.20	61.50	12.70
113.90	9.60	176.10	10.60	51.70	8.60
167.80	9.20	167.80	9.20	167.80	9.20
96.33	10.03	136.05	9.40	56.60	10.65
140.85	9.40	171.95	9.90	109.75	8.90
120.15	9.75	146.63	9.33	93.67	10.17
119.63	9.74	149.09	9.44	90.17	10.04

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Jiménez & Ramos (2019) en su estudio de investigación: *Evaluación de la eficiencia fitorremediadora de Lupinus Pubescens, Plantago Pajor y Scirpus Californicus en suelos contaminados con arsénico*. Las **conclusiones** que se lograron obtener en esta investigación, nos arrojaron resultados, que planta llamada Scirpus californicus (Totora) obtuvo el mayor nivel de concentración debido a la absorción de arsénico, esta especie de planta logró absorber más arsénico, logrando sustraer cerca del 35% de casi todo el total debido al proceso natural de fitoextracción. Para que se de este proceso, la planta genera proteínas muy particulares para el traslado y la captación de este arsénico (As), entre ellas, las fitoquelatinas, las acuaporinas y los transportadores de fosfato. Los estudios de fitorremediación demostraron, ser el estudio más seguro para atenuar y descontaminar los suelos dañados. Así mismo; en este estudio se concluye que existe una diferencia significativa entre los resultados Pre y Pos Test $PosTest (9,7383) < PreTest (119,6300)$ por lo que se puede afirmar que “El efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica*) influye de manera significativa sobre los suelos contaminados con arsénico en las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, debido a la adaptación favorable que tuvieron.

Por otro lado; Díaz (2017) en su investigación: *Capacidad de Acumulación de la ortiga (Urtica Urens) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017*, para recibir el título profesional de Ingeniero Ambiental, en la Universidad César Vallejo, Lima – Perú. Las **conclusiones** principales de este estudio, fue que sacó a relucir, pero, sobre todo, dar a conocer ciertas cualidades y capacidades de la planta ortiga (*Urtica Urens*), entre varias de estas capacidades, se priorizó la característica de almacenar o acumular en su interior el plomo proveniente de los suelos de la ciudad de Oroya, se logró almacenar 109.46 mg/kg , internamente de la planta, pero específicamente, dentro de las hojas y raíces, se midió un porcentaje final de eficiencia respecto a esta cualidad que posee la planta, como resultado nos dio que, aminoró un 10% del plomo en total que

se halló inicialmente. Este estudio **concluyó** que existe una diferencia notoria, entre las medias muestrales, PosTest (9,4383) < PreTest (149,0883), por lo que se puede afirmar que “La fitorremediación con ortiga *Urtica urens* influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha”, debido a su gran capacidad de adaptación y crecimiento en ambientes contaminados.

Dávila (2020) en su investigación: *Recuperación de Suelo Contaminado por Plomo con Vetiveria (Chrysopogon zizanioides) Bajo Condiciones de Vivero en la Esperanza – Amarilis – Huánuco, abril – junio 2019*. Y como **conclusiones** finales, tratamos de recomendar que se realice un nuevo estudio siguiendo estos pasos a detalle, pero también incluir y considerar los estudios de la materia orgánica y el pH del suelo, con el propósito de monitorear la movilidad de este metal pesado, y también, verificar la capacidad acumulativa que posee la planta vetiveria. Palabras clave: metal pesado (plomo), acumulación, suelos, contaminación, vetiveria. Este estudio **concluyó** que existe una diferencia notoria entre las medias muestrales, PosTest (10,0367) < PreTest (90,1700), por lo que se puede afirmar que “La fitorremediación con ortiga *Urtica dioica* influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha”, debido a su capacidad de adaptarse a suelos contaminados de relaves mineros.

Solis (2020) en su investigación: *Determinación de la Hiperacumulación de metales pesados cd, pb y as en la Planta Nativa Taya (Baccharis Tola Phil.) de la Desmontera Minera Rumiallana Entre los Distritos de Yanacancha y Simón Bolívar, Pasco, 2019 – 2020*. Obtuvimos **conclusiones** que determinaron tres criterios, de los cuales la planta Taya debe cumplir para pueda ser considerada como una planta hiperacumuladora, pero a base de las investigaciones realizadas la planta Taya no cumple con estos criterios, por lo que no posee la característica de ser hiperacumuladora, considerándola como una simple planta fitoestabilizadora. Palabras Clave: Hiperacumuladora, Metales Pesados, Factor de Bioconcentración y Fitoestabilización. Este

estudio **concluyó** que con referencia de la viabilidad de la fitorremediación con ortiga *Urtica atrovirens* para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico, se concluye que “La fitorremediación con ortiga *Urtica atrovirens* no influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha”, debido a que no tiene la capacidad de adaptarse a otro espacio o entorno a pesar de haberse realizado diferentes pruebas de adaptación, debido a su sensibilidad al cambio.

CONCLUSIONES

- En la presente investigación; que conforme con el Objetivo General de la misma, se concluye que “El efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica*) en la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco – 2022”, reafirmando así; que existe una diferencia significativa entre los resultados Pre y Pos Test $Postest (9,7383) < PreTest (119,6300)$ por lo que se puede afirmar que “El efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica*) influye de manera significativa sobre los suelos contaminados con arsénico en las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, debido a la adaptación favorable que tuvieron.
- Con referencia de la viabilidad de la fitorremediación con ortiga *Urtica urens* para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico, se concluye que existe una diferencia notoria, entre las medias muestrales, $Postest (9,4383) < PreTest (149,0883)$, por lo que se puede afirmar que “La fitorremediación con ortiga *Urtica urens* influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha”, debido a su gran capacidad de adaptación y crecimiento en ambientes contaminados.
- Con referencia de la viabilidad de la fitorremediación con ortiga *Urtica dioica* para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico, se concluye que existe una diferencia notoria entre las medias muestrales, $Postest (10,0367) < PreTest (90,1700)$, por lo que se puede afirmar que “La fitorremediación con ortiga *Urtica dioica* influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha”, debido a su capacidad de adaptarse a suelos contaminados de relaves mineros.
- Con referencia de la viabilidad de la fitorremediación con ortiga *Urtica atrovirens* para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico,

se concluye que “La fitorremediación con ortiga *Urtica atrovirens* no influye de manera significativa para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha”, debido a que no tiene la capacidad de adaptarse a otro espacio o entorno a pesar de haberse realizado diferentes pruebas de adaptación, debido a su sensibilidad al cambio.

RECOMENDACIONES

Después de haber realizado el presente trabajo de investigación; y teniendo en consideración que el “El efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica dioica*) influye de manera significativa sobre los suelos contaminados con arsénico en las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco – 2022”, presenta una serie de ventajas y oportunidades para mejorar la calidad del suelo; así como, una reducción significativa de arsénico mediante la fitorremediación con estas especies.

- Este proyecto se desarrollará con mayor efectividad en los meses de mayo, junio, julio, agosto y inicios de setiembre, esto es esencial ya que en estas fechas la variabilidad climática para el desarrollo de una especie de planta es menor, evitando las nevadas, lluvias y ventarrones intensos.
- Si se desea aplicar directamente en el depósito de relaves de Quiulacocha, primordialmente es poner un cerco perimétrico a toda el área que se va a fitorremediar.
- El riego que se le da a esta planta no es tan intensificada ni tampoco constante, esto la caracteriza de muchas otras plantas, por su resistencia a ambientes hostiles, se recomienda regalarla 2 veces por semana.
- Este proyecto lo considero como un tratamiento que se le debería dar anualmente a los suelos contaminados por metales y metaloides ya que, por las características climáticas de la región de Pasco, nos otorga ese plazo para realizarla con estas plantas y sus variedades.
- La mayoría de los materiales que se usaron para la construcción del invernadero pueden ser reutilizados para otros fines productivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Barrios, M. F., & Garcilazo, A. J. (2019). *Capacidad fitorremediadora de Ricinus communis "Higuerilla" sobre Arsénico y Plomo de suelos contaminados del sector La Porfía Pataz, 2019*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47891?show=full>
- Bautista, A., Gutierrez, C., Castillo, R., & Etchevers, J. (2018). *Cronosecuencia de un suelo y su clasificación en un área originalmente ocupada por bosque mesófilo de montaña*. Terra Latinoamericana.
- Borie, G., Peirano, P., Espinoza, J., Zunino, H., & Aguilera, S. (2014). *Evaluación de la Cesión de Nutrientes y Metales Pesados en Perfiles de Suelos y Suelos adicionados con Biosólidos*. Universidad de Chile. Obtenido de <http://repositorio.conicyt.cl/handle/10533/197215>
- Carhuaricra, P. (2019). *Fitorremediación por el proceso de Fitodegradación con dos especies Macrófitas Acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia Crassipes para el tratamiento de Aguas Residuales Domésticas de la laguna facultativa en la L.Pacaypampa, D.Santa María del Valle*. Huánuco - Perú: Universidad de Huánuco .
- Chávez, L. (2018). *Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2435>
- Cortez, D. N. (2019). *Técnicas de Fitorremediación para solucionar la contaminación de suelos por actividad minera*. Universidad Privada del Norte .
- Davila, R. M. (2020). *Recuperación de Suelo Contaminado por Plomo con Vetiveria (Chrysopogon zizanioides) Bajo Condiciones de Vivero en la Esperanza – Amarilis – Huánuco, abril – junio*. Universidad de Huánuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2497;jsessionid=2453AA88AD3169DFB9EF297ABAB9D6D0>

- Díaz, M. Y. (2017). *Capacidad de Acumulación de la ortiga (urtica urens) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín*. Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/20707#:~:text=Concluyendo%20que%20la%20ortiga%20logro,puede%20acumular%20plomo%20en%20sus>
- Fraga, R. (2001). *Atlas y Libro Rojo de la Flora Vasculare Amenazada de España*.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2018). *Metodología de la Investigación*. México: Mc Graw Hill Education.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2018). *Metodología de la Investigación*. Mc Graw Hill Education. Obtenido de <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Ingesta de arsénico y el impacto en la alimentación y la salud humana. (2018). *Scielo*, 11.
- Jiménez, E. G., & Ramos, B. A. (2019). *Evaluación de la eficiencia Fitorremediadora de Lupinus pubescens, Plantago major y Scirpus californicus en suelos contaminados con arsénico*. Universidad Politécnica Salesiana - Quito. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/17488>
- Manrique de Lara, L. (2015). *La Educación Ambiental y el Tratamiento de los Residuos Sólidos Orgánicos en el Mercado Modelo de la Ciudad de Huánuco, Periodo 2015*. Universidad de Huánuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/199>
- MINAM. (2014). *Guía para muestreo de Suelos*. Lima - Perú: Dirección General de Calidad Ambiental.
- Minam. (2017). Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo. *El Peruano*, 4.
- Rangel, Montañez, Luévanos, & Nagamani. (2015). Impacto del arsénico en el ambiente y su transformación. *Scielo*, 16.

Reyes, Vergara, Torres, Díaz, & González. (2016). Contaminación por metales pesados, Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Revista Ingeniería, Investigación y Desarrollo*, 12.

Sojka, S., & Upchurch. (1999). Según Sojka y Upchurch. 11.

Solis, S. S. (2020). *Determinación de la Hiperacumulación de metales pesados cd, pb y as en la Planta Nativa Taya (Baccharis Tola Phil.) de la Desmontera Minera Rumiallana Entre los Distritos de Yanacancha y Simón Bolívar, Pasco, 2019 – 2020*. Universidad de Huánuco. Obtenido de <http://repositorio.udh.edu.pe/handle/123456789/2536>

Supo, J. (2020). *Seminarios de Investigación Científica*. CreateSpace Independent Publishing Platform. Obtenido de <https://www.amazon.com/-/es/Dr-Jos%C3%A9-Supo/dp/B08BWFKWLB>

Veramendi, M. J. (2021). Contaminación con minerales tóxicos amenaza a miles de indígenas en Perú, denuncia AI. *Gestión Perú*.

Villafuerte, S. (2020). *Fitorremediación del agua del estero la matanza 2 del cantón Durán con la implementación de dos especies vegetativas*. Guayaquil - Ecuador: Universidad Agraria del Ecuador.

Zapata, J. C. (2019). *Contenido de metales pesados en vegetación alrededor de una mina cerrada en la región Piura*. Universidad de Piura. Obtenido de <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4052>

Zapata, J. C. (2019). *Contenido de Metales pesados en vegetación alrededor de una mina cerrada en la Región Piura*. Universidad de Piura.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Camones Cuentas, V. (2023). *Efecto de la fitorremediación con ortiga (urtica urens, urtica dioica y urtica atrovirens) en la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco - 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

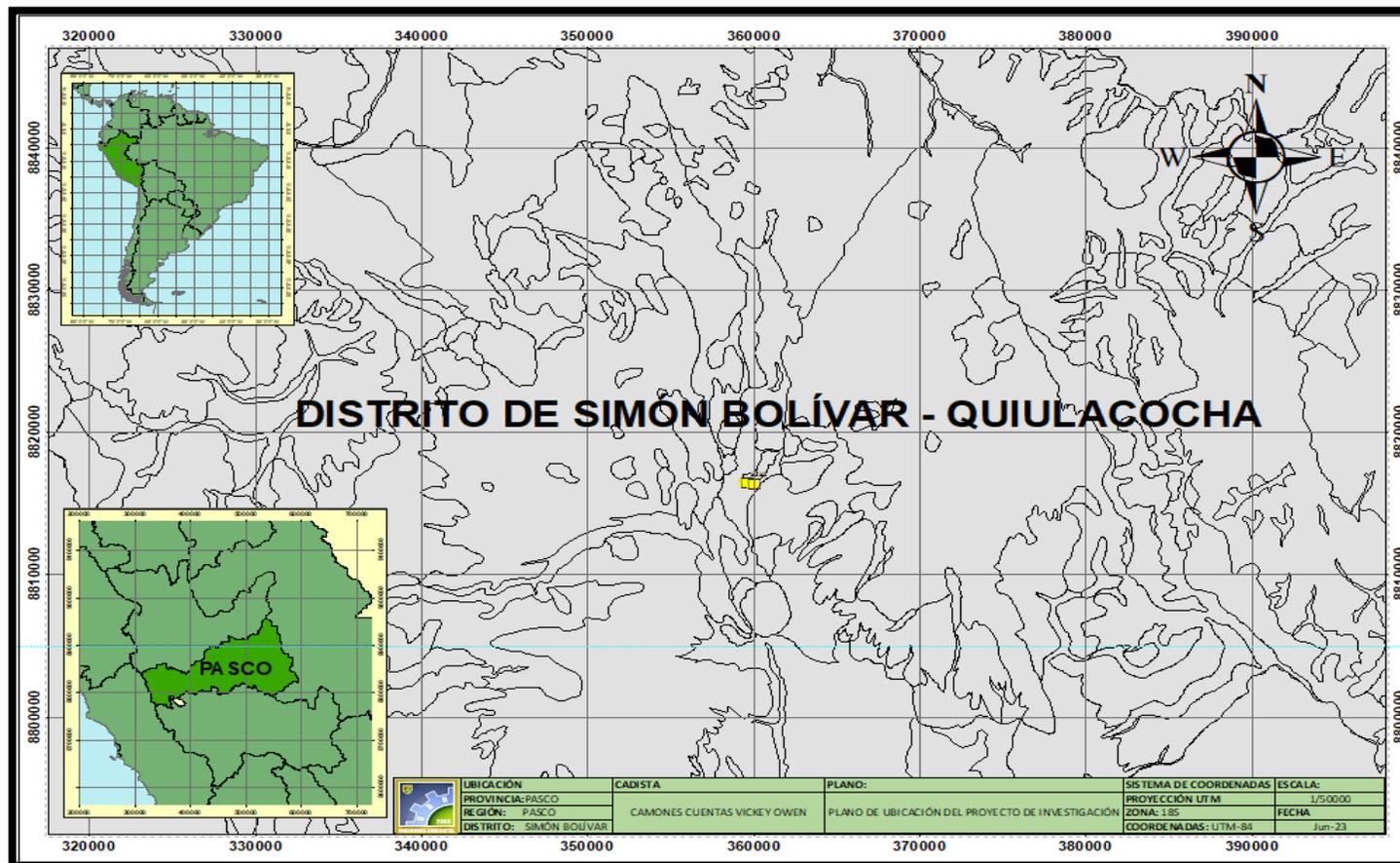
MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Efecto de la fitorremediación con ortiga (*urtica urens*, *urtica dioica* y *urtica atrovirens*) en la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco - 2022”.

Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variables/Indicadores	Metodología
¿Cuál es el efecto de la fitorremediación con ortiga (<i>Urtica urens</i> , <i>Urtica dioica</i> y <i>Urtica atrovirens</i>) en la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho?	Determinar el efecto de la fitorremediación con ortiga (<i>Urtica urens</i> , <i>Urtica dioica</i> y <i>Urtica atrovirens</i>) en la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco – 2022.	Hi: El efecto de la fitorremediación con ortiga (<i>Urtica urens</i> , <i>Urtica dioica</i> y <i>Urtica atrovirens</i>) influye de manera significativa sobre los suelos contaminados con arsénico en las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco – 2022.	<p>Variable Independiente</p> <p>Fitorremediación</p> <p>Variable independiente</p> <p>Calidad de los suelos</p>	<p>Tipo:</p> <p>Longitudinal, analítico</p> <p>Enfoque:</p> <p>Cuantitativo</p> <p>Nivel:</p> <p>Explicativo</p> <p>Diseño:</p> <p>Cuasi experimental</p> <p>$GE_1: O_1-----X_1-----O_2$</p> <p>$GE_2: O_1-----X_2-----O_2$</p> <p>$GE_3: O_1-----X_3-----O_2$</p> <p>Población:</p> <p>Suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco.</p> <p>Muestra:</p> <p>La muestra corresponde a un total de 18 kg de suelo contaminado, provenientes del depósito de relaves de Quiulacocho, que serán repartidos en los maceteros por cada tipo de ortiga (<i>Urtica urens</i>, <i>Urtica dioica</i> y <i>Urtica atrovirens</i>)</p>
Problemas Específicos	Objetivos Específicos.			
¿Cuál es la viabilidad de la fitorremediación con ortiga <i>Urtica urens</i> para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho?	Analizar la viabilidad de la fitorremediación con ortiga <i>Urtica urens</i> para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho.	Ho: El efecto de la fitorremediación con ortiga (<i>Urtica urens</i> , <i>Urtica dioica</i> y <i>Urtica atrovirens</i>) no influye de manera significativa sobre los suelos contaminados con arsénico en las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco – 2022.		
¿Analizar la viabilidad de la fitorremediación con ortiga <i>Urtica dioica</i> para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho?	Analizar la viabilidad de la fitorremediación con ortiga <i>Urtica dioica</i> para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho.			
¿Analizar la viabilidad de la fitorremediación con ortiga <i>Urtica atrovirens</i> para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho?	Analizar la viabilidad de la fitorremediación con ortiga <i>Urtica atrovirens</i> para la recuperación de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de relaves de Quiulacocho.			

ANEXO 2

MAPA DE UBICACIÓN



ANEXO 3

CARTA DE ACEPTACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA



ACTIVOS MINEROS S.A.C.

Prolongación Pedro Miotta 421, San Juan de Miraflores – Lima 29
Central: (+511) 2049000 / www.amsac.pe

“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

Carta N° 058-2022-AM/GO-JDPCM

San Juan de Miraflores, 30 de junio de 2022

Señor

Vickey Owen Camones Cuentas

Egresado y Bachiller de la E.P. de Ingeniería Ambiental

Universidad de Huánuco

Huánuco, Jirón Hermilio Valdizán 859-885

Huánuco.-

Asunto : **Permiso para inicio de estudios de investigación de tesis**

Referencia : Carta S/N, 22 de junio de 2022

De nuestra consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo y; con relación al asunto, comunicamos que se da por aceptada la tesis propuesta, bajo el título: **“Efecto de la fitorremediación con ortiga (*Urtica urens*, *Urtica incisa*, *Urtica dioica*) para el mejoramiento de la calidad de los suelos contaminados con arsénico debido a las actividades mineras en el depósito de Relaves de Quiulacocha, distrito de Simón Bolívar, provincia y región de Pasco”.**

Asimismo, se solicita que, una vez iniciado los estudios en campo se reporte los avances a la jefatura del Departamento de Post Cierre y Mantenimiento de Activos Mineros S.A.C.

Sin otro particular, me suscribo.

Atentamente,

[FIRMADO DIGITALMENTE]

Javier Cóndor Huamán

Jefe del Dpto. de Post Cierre y Mantenimiento



Firmado digitalmente por:
CONDOR HUAMAN Javier Raul
FAU 20103030791 hard
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 30/06/2022 17:29:21-0500



Alcance del Sistema de Gestión de la Calidad

Gestión de Proyectos de Remediación Ambiental Minera y Gestión de Proyectos de Inversión Privada

ANEXO 4

INFORME DE REGISTROS



“Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional”

INFORME N°002-2022

AL : ING. JAVIER CÓNDOR HUAMÁN
DE : VICKEY OWEN CAMONES CUENTAS

ASUNTO : INFORME DE AVANCE DEL PROYECTO DE TESIS “EFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON ORTIGA (URTICA URENS, URTICA DIOICA) EL LA CALIDAD DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON ARSÉNICO DEBIDO A ACTIVIDADES MINERAS EN EL DEPÓSITO DE RELAVES DE QUIULACOCCHA, DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR, PROVINCIA Y REGIÓN DE PASCO”.

FECHA : 11 DE AGOSTO DEL 2022

Es grato dirigirme a usted y expresarle mi cordial saludo, como también, brindarle el informe de avance del proyecto de tesis.

MODIFICACIONES:

- I. El periodo estimado para la ejecución de la etapa dos del proyecto.
- II. Leves modificaciones en la terminología del título de tesis, todo esto con guía e instrucción del asesor de tesis de la Universidad de Huánuco.
- III. El primer modelo de ejecución del proyecto, se iba a dar por iniciado en el mismo depósito de relaves de Quiulacocha, esta idea se tuvo que modificar debido a la falta de seguridad y protección a los materiales del proyecto, se optó por seguir las recomendaciones de los expertos y conocedores del área de ejecución del proyecto. Gracias a esto se tomó por idea el trasladar los materiales del proyecto dentro de las instalaciones de la empresa ACTIVOS MINEROS S.A.C., para así dar inicio al proyecto de tesis de manera directa e indirecta, ya que se tomarán muestras (directa) de suelo del depósito de relaves, para después ser trasladados a la base, dentro del invernadero y de las instalaciones de la empresa (indirecta). Todo esto con el fin de evitar pérdidas de materiales para el invernadero (fierros, vigas de madera, agrofilm, herramientas, abonos y fertilizante).

ETAPA DE INICIO

- I. El 4 de julio del 2022 se nos hizo conocer gran parte de las instalaciones de la empresa ACTIVOS MINEROS S.A.C., como también nos otorgó un área específica dentro de las instalaciones, en ella se dará inicio del proyecto de tesis.
- II. El 4 de julio se delimitó un área de 5 m², en las cuales se construirá e implementará el invernadero para el tratamiento y seguimiento a las plantas y sus variedades.
- III. El 9 de julio llegó el pedido del agrofilm a la ciudad de Pasco, este se usará para la implementación del invernadero.
- III. El 11 de julio se realizó el traslado de la gran mayoría de los materiales que se usarán para la construcción e implementación de del invernadero.
- IV. El 11 de julio se inició la nivelación del terreno, como también a la construcción y al tejido de fierros para la estructura del invernadero.

[FIRMADO DIGITALMENTE]

Javier Cóndor Huamán

Jefe del Dpto. de Post Cierre y Mantenimiento



Firmado digitalmente por:
CONDOR HUAMAN Javier Raul
FAU 20103030791 hard
Motivo: Soy el autor del
documento



Alcance del Sistema de Gestión de la Calidad

Gestión de Proyectos de Remediación Ambiental Minera y Gestión de Proyectos de Inversión Privada

ANEXO 5

INFORME DE DESEMPEÑO

INFORME DEL ÁREA DE DEPARTAMENTO DE POST CIERRE Y MANTENIMIENTO S.A.C.

Huánuco, 30 de diciembre de 2022



ASUNTO: INFORME DE DESEMPEÑO DE LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS “EFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON ORTIGA (URTICA URENS, URTICA DIOICA) EN LA CALIDAD DE LOS SUELOS CONTAMINADOS CON ARSÉNICO DEBIDO A ACTIVIDADES MINERAS EN EL DEPÓSITO DE RELAVES DE QUIULACOCHA, DISTRITO DE SIMÓN BOLÍVAR, PROVINCIA Y REGIÓN DE PASCO”.

Mediante el presente documento, se comunica los resultados obtenidos por la presente investigación de la tesis.

EMPRESA:	ACTIVOS MINEROS S.A.C
TESISTA	Bach. Vickey Owen Camones Cuentas
PERIODO DE DESEMPEÑO:	Del mes de Julio hasta Diciembre del 2022.

A continuación, se detalla la escala de evaluación con los criterios y calificación correspondiente.

CRITERIO	CALIFICACIÓN
Resultado excelente	AD
Resultado positivo	A
Resultado indiferente	B
Resultado crítico	C

De acuerdo a los criterios (productividad) se tuvieron los siguientes resultados:

N°	Descripción	Resultado	Calificación	Comentarios
PRIMERA ETAPA				
1	Delimitación de un área de 5 m ² , construcción del invernadero en conjunto con su implementación.	98%	A	
2	Trasplante de las ortigas.	90%	A	
3	Proceso de desarrollo de la planta.	90%	A	
4	Adaptación de las variedades de ortiga (Urtica urens y Urtica dioica).	90%	B	
5	Crecimiento de nuevas ortigas, reproducción mediante la anemofilia.	85%	A	
6	Adaptabilidad de las variedades de ortiga ante variación climática de Pasco.	84%	A	
SEGUNDA ETAPA				
1	Toma de muestra de suelo.	90%	A	
2	Análisis de laboratorio.	90%	AD	
3	Reducción de porcentaje de arsénico.	98%	AD	
4	Fitorremediación de suelos con especie (Urtica urens y Urtica dioica).	99%	AD	

Atentamente

[FIRMADO DIGITALMENTE]
Javier Córdor Huamán
Jefe del Dpto. de Post Cierre y Mantenimiento



Firmado digitalmente por:
CONDOR HUAMAN Javier Raul
FAU 20100330701 hard
Motivo: Soy el autor del documento

ANEXO 6

PLAN DE ACTIVIDADES

PROTOCOLO:

La fitorremediación con ortiga para los suelos contaminados con arsénicos, se caracterizó por poseer cinco etapas.

Primera etapa:

Se localizó el terreno en el depósito de relaves de Quiulacocha, una vez localizada el área de investigación, se procedió a la toma de las primeras muestras del suelo, destinadas, una para el análisis en el laboratorio, y las restantes para ser trasladadas dentro de las instalaciones de la empresa ACTIVOS MINEROS S.A.C. específicamente, dentro del área otorgada por la empresa, esta área conta de las medidas es de 5 m².

Segunda etapa:

Se construyo y se equipó un invernadero, en ella se realizó la investigación

Tercera etapa:

Se procedió a realizar el segundo y el tercer muestreo de los suelos estudiados dentro del invernadero, como también, se analizaron los resultados entregados por el laboratorio.

Cuarta etapa:

Como paso final, se realizó el cuarto y último muestreo de los suelos, aquí se comparó y se sacarán las conclusiones finales del proyecto de investigación. Como también, una vez culminado todo, se procedió a realizar el desensamblaje del invernadero y de sus componentes.

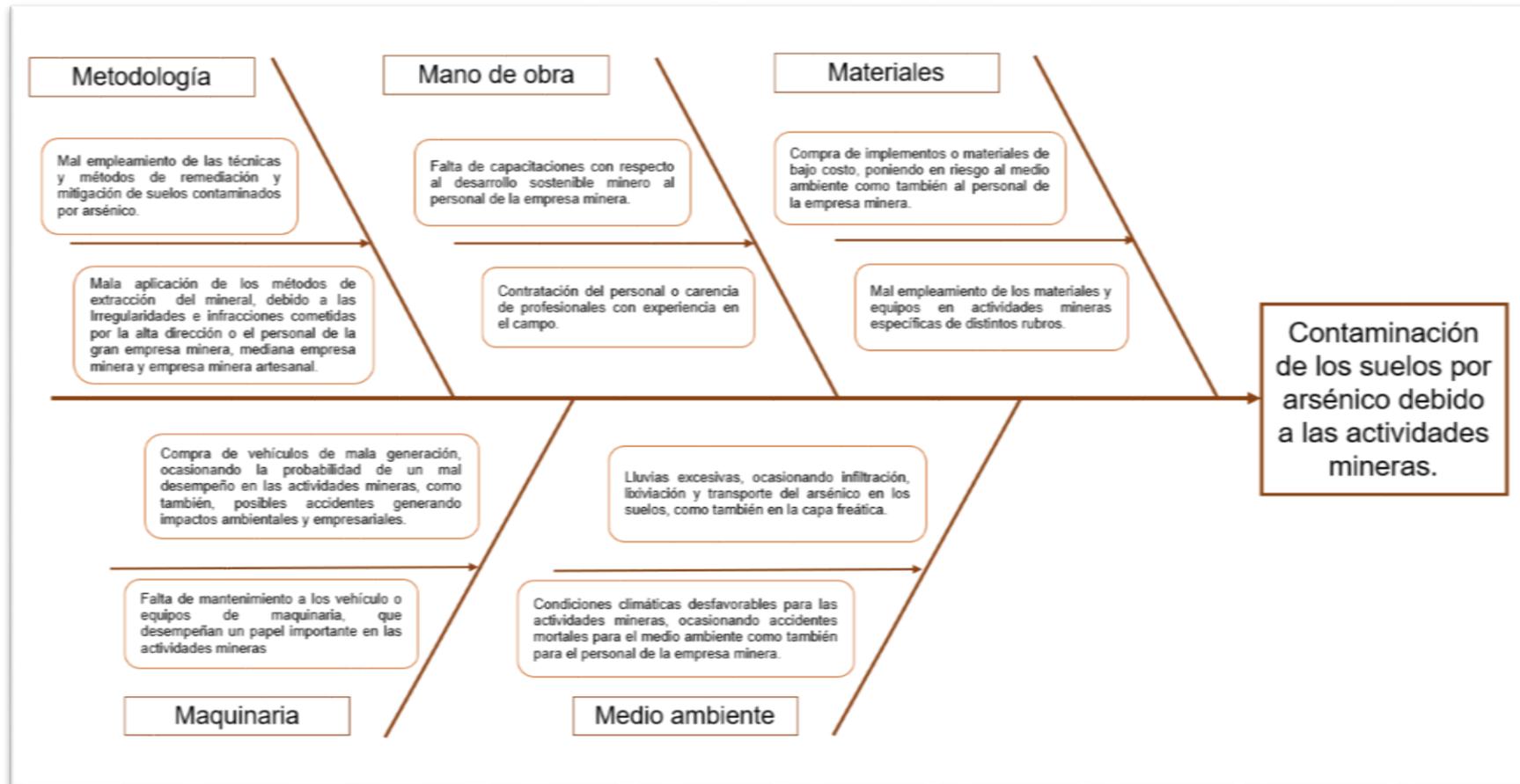
Quinta etapa:

Como paso final, se analizaron los resultados obtenidos, tanto de campo y de laboratorio, dando pie a inicio al desensamblaje de todo el invernadero.

Nota: Elaboración propia

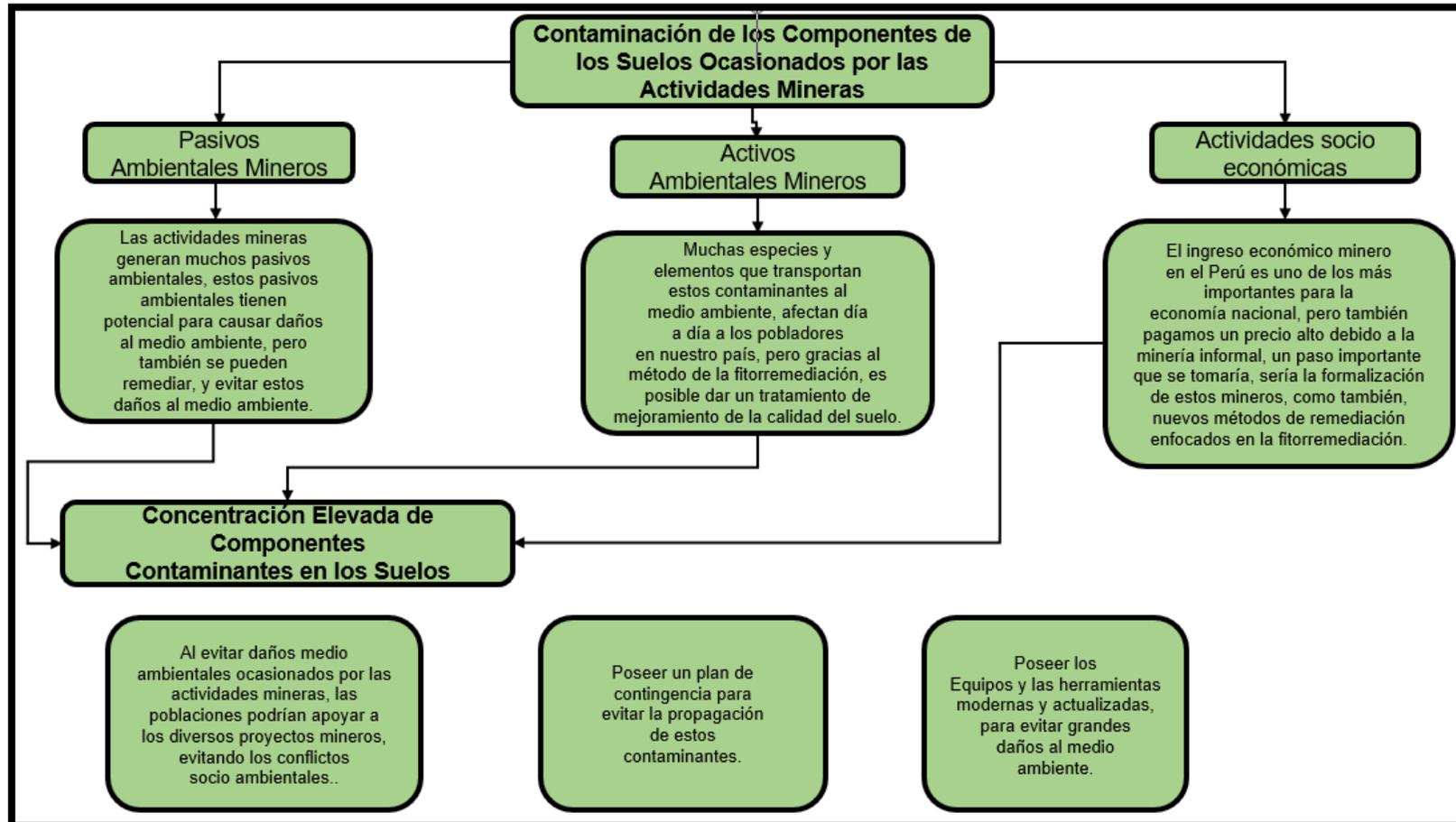
ANEXO 7

DIAGRAMA DE CAUSA/EFEECTO



ANEXO 8

DIAGRAMA DE MEDIOS/FINES



ANEXO 9

ANÁLISIS DE LABORATORIO

INFORME DE ENSAYO
N° NOV1154.R22

RESULTADOS

Muestras		Ensayos														
N°	Codigo de Servicio	MON0000	MON0000	MA1000	MA1000	MA1000	MA1239	MA1044	MA1045	MA0386	MA0370	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124	MA1124
	Ensayo	Fecha	Tipo	Nor*	Est*	Altitud*	Conductiv.	CN Libre	Cr (VI)	pH	Hg	Ag	Al	As	B*	Ba
	Unidad	Muestreo	Muestra	WGS-84	WGS-84	msnm	mS/m	mg/Kg PS	mg/Kg PS	Unidad pH	mg/Kg PS					
	Limite de Detección LD							0.5	0.3		0.01	0.2	100	0.2	2.5	1
1	ES-SU-TE1	2022-10-20 08:20	Suelos	8818015	361099	4312	249	<0.5	<0.3	4.62	1.21	0.9	8641	51.7	5.4	44
2	ES-SU-TE2	2022-10-20 08:50	Suelos	8818015	361099	4312	248	<0.5	<0.3	5.33	0.98	1.9	8235	96.0	5.9	52
3	ES-SU-TE3	2022-10-20 09:20	Suelos	8818015	361099	4312	238	<0.5	<0.3	5.03	0.95	2.4	9284	167.8	5.4	56
4	ES-SU-TE4	2022-10-20 09:50	Suelos	8818015	361099	4312	143	<0.5	<0.3	7.28	0.73	1.1	14454	61.5	7.2	123
5	ES-SU-TE5	2022-10-20 09:50	Suelos	8818015	361099	4312	260	<0.5	<0.3	6.30	2.93	4.3	12868	176.1	<2.5	109

Las Coordenadas*, Altitud*: son datos proporcionados por el cliente.
LD: Límite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Límite de Cuantificación del Método LCM.
Conductiv., pH: medición realizada a la Temperatura de 25°C.
PS: Peso Seco

CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA1239 Conductiv. mS/m	MA1044 CN Libre mg/Kg PS 0.5	MA1045 Cr(VI) mg/Kg PS 0.3	MA0386 pH Unidad pH	MA0370 Hg mg/Kg PS 0.01	MA1124 Ag mg/Kg PS 0.2	MA1124 Al mg/Kg PS 100	MA1124 As mg/Kg PS 0.2	MA1124 B* mg/Kg PS 2.5	MA1124 Ba mg/Kg PS 1	MA1124 Be mg/Kg PS 0.4	MA1124 Bi* mg/Kg PS 5	MA1124 Ca mg/Kg PS 100	MA1124 Cd mg/Kg PS 0.36
1	Adición (% Recup.)	--	78.5	103.0	--	80.0	99.5	108.0	92.8	81.6	95.5	94.4	--	105.0	87.2
2	Adición (% Recup.)	--	74.0	--	--	92.5	98.0	106.5	91.2	81.6	94.0	92.8	--	99.0	85.9
3	Adición Rango (%)	--	60.0 - 140.0	75.0 - 125.0	--	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	--	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0
4	STD - Recuperación Obtenido (%)	100.0	84.0	104.5	100.1	108.2	99.3	92.7	98.0	101.7	98.5	100.5	--	99.3	99.8
5	STD - Rango (%)	99.5-100.5	60.0-140.0	80.0-120.0	99.7-100.3	91.7-108.3	97.5-102.5	92.4-107.6	97.5-102.5	97.4-102.6	97.8-102.2	97.9-102.1	--	97.1-102.9	97.7-102.3
6	ES-SU-TE1 (Original)	--	--	--	4.62	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	ES-SU-TE1 (Dup)	--	--	--	4.63	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	ES-SU-TE2 (Original)	--	<0.5	<0.3	--	--	1.9	8235	96.0	5.9	52	<0.4	<5	6321	<0.36
9	ES-SU-TE2 (Dup)	--	<0.5	<0.3	--	--	2.1	8288	95.7	5.9	52	<0.4	<5	6355	<0.36
10	ES-SU-TE5 (Original)	260	--	--	--	2.93	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	ES-SU-TE5 (Dup)	260	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	Bianco	--	<0.5	<0.3	--	<0.01	<0.2	<100	<0.2	<2.5	<1	<0.4	<5	<100	<0.36



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



INFORME DE ENSAYO
N° DIC1149.R22

Registro N°LE-022

RESULTADOS

Muestras		Ensayos														
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MON0000 Fecha Muestreo	MON0000 Tipo Muestra	MA1000 Nor* WGS-84	MA1000 Est* WGS-84	MA1000 Altitud* msnm	MA1239 Conductiv. mS/m	MA1044 CN Libre mg/Kg PS 0.5	MA1045 Cr(VI) mg/Kg PS 0.3	MA0386 pH Unidad pH	MA0370 Hg mg/Kg PS 0.01	MA1124 Ag mg/Kg PS 0.2	MA1124 Al mg/Kg PS 100	MA1124 As mg/Kg PS 0.2	MA1124 B* mg/Kg PS 2.5	MA1124 Ba mg/Kg PS 1
1	EXC-TE-01	2022-11-30 12:22	Suelos	8818403	361034	4380	38	<0.5	<0.3	6.89	0.07	<0.2	6351	8.6	27.8	26
2	EXC-TE-02	2022-11-30 12:35	Suelos	8818424	360885	4361	48	<0.5	<0.3	7.34	0.09	<0.2	7919	8.2	29.0	43
3	EXC-TE-03	2022-11-30 12:40	Suelos	8818479	360850	4376	45	<0.5	<0.3	7.07	0.08	<0.2	7224	9.2	26.3	38
4	EXC-TE-04	2022-11-30 12:44	Suelos	8818540	360822	4375	86	<0.5	<0.3	7.08	0.17	0.3	12271	12.7	27.4	96
5	EXC-TE-05	2022-11-30 12:48	Suelos	8818591	360788	4375	68	<0.5	<0.3	7.28	0.15	<0.2	10844	10.6	26.8	89

Las Coordenadas*, Altitud*: son datos proporcionados por el cliente.
LD: Limite de Detección (Limite Reportable) que es tomado en base al Limite de Cuantificación del Método LCM.
Conductiv., pH: medición realizada a la Temperatura de 25°C.
PS: Peso Seco



CONTROL DE CALIDAD

Muestras QC		Ensayos													
N°	Codigo de Servicio Ensayo Unidad Limite de Detección LD	MA1239 Conductiv. mS/m	MA1044 CN Libre mg/Kg PS 0.5	MA1045 Cr (VI) mg/Kg PS 0.3	MA0386 pH Unidad pH	MA0370 Hg mg/Kg PS 0.01	MA1124 Ag mg/Kg PS 0.2	MA1124 Al mg/Kg PS 100	MA1124 As mg/Kg PS 0.2	MA1124 B* mg/Kg PS 2.5	MA1124 Ba mg/Kg PS 1	MA1124 Be mg/Kg PS 0.4	MA1124 Bi* mg/Kg PS 5	MA1124 Ca mg/Kg PS 100	MA1124 Cd mg/Kg PS 0.36
1	Adición (% Recup.)	--	73.5	112.0	--	82.5	99.5	108.0	92.8	81.6	96.0	97.6	--	105.0	83.8
2	Adición (% Recup.)	--	77.0	--	--	95.0	98.5	106.5	91.2	81.6	94.5	96.0	--	99.5	82.7
3	Adición Rango (%)	--	60.0 - 140.0	75.0 - 125.0	--	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0	--	80.0 - 120.0	80.0 - 120.0
4	STD - Recuperación Obtenido (%)	100.0	87.5	109.0	99.9	105.7	99.3	92.6	98.0	101.5	98.4	100.4	--	99.2	99.7
5	STD - Rango (%)	99.5-100.5	60.0-140.0	80.0-120.0	99.7-100.3	91.7-108.3	97.5-102.5	92.4-107.6	97.5-102.5	97.4-102.6	97.8-102.2	97.9-102.1	--	97.1-102.9	97.7-102.3
6	EXC-TE-01 (Original)	--	--	--	6.89	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
7	EXC-TE-01 (Dup)	--	--	--	6.90	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
8	EXC-TE-02 (Original)	--	<0.5	<0.3	--	--	<0.2	7919	8.2	29.0	43	<0.4	<5	5815	<0.36
9	EXC-TE-02 (Dup)	--	<0.5	<0.3	--	--	<0.2	8015	8.7	28.4	42	<0.4	<5	5803	<0.36
10	EXC-TE-05 (Original)	68	--	--	--	0.15	--	--	--	--	--	--	--	--	--
11	EXC-TE-05 (Dup)	68	--	--	--	0.16	--	--	--	--	--	--	--	--	--
12	Blanco	--	<0.5	<0.3	--	<0.01	<0.2	<100	<0.2	<2.5	<1	<0.4	<5	<100	<0.36

ANEXO 10

PANEL FOTOGRÁFICO DE LA EJECUCIÓN DE LA INVESTIGACIÓN



Delimitación del área del proyecto de investigación



Delimitación del área del proyecto de investigación



Compra y traslado de los materiales para el invernadero



Almacenamiento dentro de las instalaciones de la empresa



Primer muestro del suelo del depósito de relaves de Quiulacocha



Previa estabilización del pH de los suelos de los maceteros



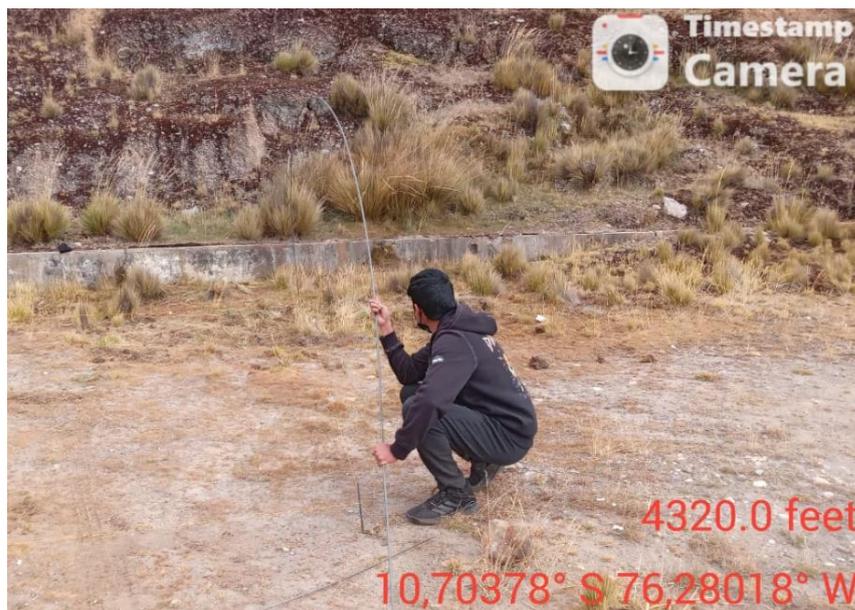
Recolección del suelo necesario para realizar el proyecto de investigación



Pesaje de la cantidad total recolectada.



Nivelación de terreno para el proyecto de investigación



Preparaciones previas a la construcción del proyecto



Trenzado finalizado de los fierros



Resultado de la estructura principal del invernadero



Implementación de los listones de madera a la estructura principal



Recubrimiento de las zonas de mayor fricción del invernadero



Separación del agrofilm, para el recubrimiento del invernadero



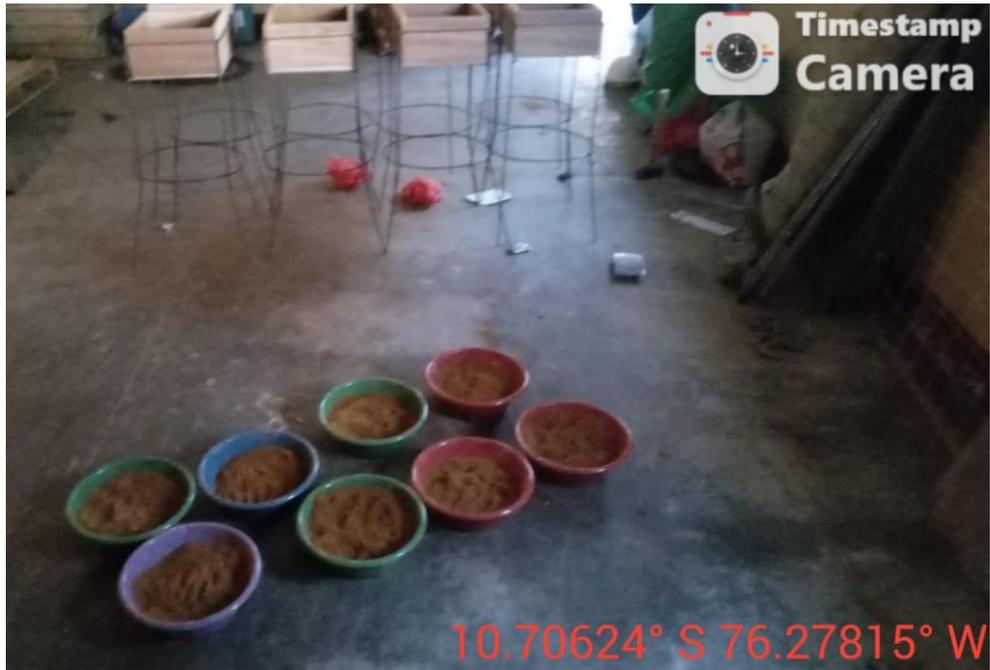
Recubrimiento de la primera parte del invernadero



Recubrimiento casi finalizado del invernadero



Recubrimiento de la parte externa del invernadero



Suelos estabilizados del pH



Preparación del primer estrato de cada macetero



Traslado de los materiales y plantas para la ejecución del proyecto.



Traslado de los materiales y plantas para la ejecución del proyecto.



Preparación del segundo estrato de cada macetero



Preparación del segundo estrato de cada macetero



Nivelación del segundo estrato



Localización de la variedad de especie de la ortiga (*Urtica atrovirens*)



Localización de la variedad de especie de la ortiga (*Urtica atrovirens*).



Preparación de los maceteros, para el transplante de las ortigas



Transplante finalizado



Transplante finalizado



Ortigas sobrantes, destinados para la experimentación de adaptabilidad



Control de los parámetros (*pH, humedad, intensidad lumínica y temperatura*)



Control de los parámetros (*pH, humedad, intensidad lumínica y temperatura*)



Monitoreo de la temperatura externa e interna del invernadero



Monitoreo de la temperatura externa e interna del invernadero



Monitoreo del primer experimento realizado con las ortigas sobrantes



Monitoreo del primer experimento realizado con las ortigas sobrantes



Primer experimento de adaptabilidad con la ortiga (*Urtica atrovirens*)



Segundo experimento de adaptabilidad con la ortiga (*Urtica atrovirens*)



Características particulares del tipo de raíz de la ortiga (*Urtica atrovirens*)



Segunda toma de muestras de suelo, destinados al laboratorio



Segunda toma de muestras de suelo, destinados al laboratorio



Ortigas que lograron adaptarse y reproducirse al paso del tiempo



Se abrieron orificios en el agrofilm, a causa de los ventarrones



Se desplegaron las capas principales del agrofilm, debido a las lluvias



Resistencia de las ortigas (*Urtica urens* y *Urtica dioica*) ante la nevada



Reproducción de las ortigas mediante la anemofilia



Reproducción de las ortigas mediante la anemofilia



Tercer experimento de adaptabilidad con la ortiga (*Urtica atrovirens*)



Tercer experimento de adaptabilidad con la ortiga (*Urtica atrovirens*)



Tercera toma de muestras de suelo, destinados al laboratorio



Tercera toma de muestras de suelo, destinados al laboratorio



Resistencia de la ortiga (*Urtica Urens*) ante los suelos del depósito de relaves de Quiulacocha



Crecimiento elongado de las raíces de la ortiga (*Urtica urens* y *Urtica dioica*)



Resistencia de la ortiga (*Urtica Urens*) ante los suelos del depósito de relaves de Quiulacocho



Las raíces sobrepasaron las mayorías de capas de suelo



Contaminación a la ciudad de Quiulacocha y el esparcimiento de estos suelos contaminados mediante los ventarrones



Cierre y desmontaje del proyecto de investigación



Cierre y desmontaje del proyecto de investigación