

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO *Amaranthus sp.* PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A – LA LIBERTAD 2020

Tesis para optar el título profesional de:
INGENIERA AMBIENTAL

Autoras:
Leticia Kathia Reyes Perez
Casilda Neiber Villanueva Carranza

Asesor:
M.Sc. Grant I. Llaque Fernandez

Trujillo - Perú
2021



DEDICATORIA

Es nuestro deseo dedicarle el presente trabajo de investigación, en primera instancia a Dios por habernos dado la vida, ser el inspirador y darnos las fuerzas para permitirnos llegar hasta este momento de nuestra formación académica y como seres humanos, asimismo a nuestras familias, que son el pilar más importante en nuestras vidas y quienes siempre nos brindan su cariño y apoyo incondicional sin importar las diferentes circunstancias que se puedan presentar.

AGRADECIMIENTO

Para ejecutar el actual trabajo de investigación damos gracias a Dios por bendecirnos dándonos salud y prosperidad, para poder llevar a cabo nuestra meta anhelada, así mismo agradecemos a nuestros padres por su constante apoyo, consejos y aliento brindado a lo largo de esta carrera; además agradecemos al programa nacional de becas y crédito educativo - BECA 18, por darnos la oportunidad de poder realizar estudios superiores en una prestigiosa universidad (Universidad privada de Norte), en donde contamos con excelentes docentes quienes nos brindaron sus enseñanzas, también agradecemos a nuestros asesores por su apoyo para poder culminar el presente trabajo de investigación y por último agradecemos a nuestros compañeros que siempre estuvieron con nosotras dándonos su apoyo incondicional y ayudándonos a resolver nuestras dudas.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
RESUMEN.....	7
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	8
CAPITULO II: METODOLOGÍA.....	19
2.1. Tipo de investigación.....	19
2.2. Diseño de investigación.....	19
2.3. Población, muestra y método.....	19
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección.....	21
2.5. Aspectos éticos.....	21
2.6. Método de análisis de datos.....	21
2.7. Procedimiento.....	22
CAPITULO III: RESULTADOS.....	25
3.1. Identificación del área.....	25
3.2. Características del suelo regosol en los géneros <i>Amaranthus</i> , <i>Helianthus</i> y <i>Urtica</i>	25
3.3. Diagnostico en base al D.S N° 011-2017 ECA para suelo.....	28
3.4. Eficiencia de los tres géneros vegetales en la fitoextracción de cadmio.....	29
3.5. Eficiencia de los tres géneros vegetales en la fitoextracción de arsénico.....	30
3.6. Eficiencia de los tres géneros vegetales en la fitoextracción de plomo.....	32
3.7. Propuesta Ambiental.....	34
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	35
CONCLUSIONES.....	41
RECOMENDACIONES.....	42
REFERENCIAS.....	43
ANEXOS.....	51
FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO AMARANTHUS, PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOSPOR LA MINERA QUIRUVILCA S.A – LA LIBERTAD.....	55
ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS.....	93
ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de consistencia	23
Tabla 2. Matriz de Operacionalización de variables	24
Tabla 3. Concentraciones promedio de metales pesados en suelos aledaños a la relavera santa Catalina- Quiruvilca.	25
Tabla 4. Composición mecánica y textura del Regosol.....	25
Tabla 5. Características físico-químicas del Regosol.....	26
Tabla 6. Contenido de materia orgánica y nutriente del Regosol.....	26
Tabla 7. Ventajas de los géneros vegetales respecto al tipo de suelo del área de estudio..	27
Tabla 8. Matriz de comparación de la normativa ECA suelo con las concentraciones iniciales de los trabajos de investigación.....	28
Tabla 9. Eficiencia en remoción de Cadmio.....	29
Tabla 10. Eficiencia en remoción de arsénico	30
Tabla 11. Eficiencia en remoción de plomo	32
Tabla 12. Resumen de Propuesta Ambiental para mejorar la calidad del suelo contaminado con metales pesados por la minera Quiruvilca S.A – La libertad 2020.....	34
Tabla 13. Trabajos de investigación referentes al tema.....	51
Tabla 14. Coordenadas de ubicación del área de estudio	58
Tabla 15. Ubicación de la estación meteorológica	60
Tabla 16. Registro de Temperatura – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017-2020).	61
Tabla 17. Registros de Precipitación - Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)	62
Tabla 18. Registro de la Velocidad del Viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020).....	63
Tabla 19. Registro de la Dirección del Viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020).....	63
Tabla 20. Registro de humedad relativa – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)	65
Tabla 21. Análisis de fertilidad del suelo	68
Tabla 22. Análisis textural y capacidad total de cambio	68
Tabla 23. Análisis de metales pesados	69
Tabla 24. Cronograma de ejecución de actividades	77

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Tipos de fitorremediación	16
Figura 2. Eficiencia de los géneros vegetales en la fitoextracción de cadmio	29
Figura 3. Eficiencia de los géneros vegetales en Arsénico	31
Figura 4. Eficiencia de los géneros vegetales en plomo.....	33
Figura 5. Comportamiento de la Temperatura – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017-2020).....	62
Figura 6. Comportamiento de la Precipitación – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020) Fuente: SENAMHI.....	62
Figura 7. Comportamiento de la Velocidad – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020).....	63
Figura 8. Dirección del viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)	64
Figura 9. Dirección del viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)	64
Figura 10. Distribución de frecuencia – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)...	65
Figura 11. Comportamiento de la Humedad – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017– 2020).....	66
Figura 12. Diagrama de planificación	74

RESUMEN

La presencia de metales pesados en suelos a causa de la industria minera es una constante que afecta de forma directa e indirecta al ecosistema, principalmente al recurso suelo; ante esta problemática surge la técnica de fitorremediación como alternativa de solución, en tal sentido el objetivo de esta investigación es diseñar una propuesta ambiental de fitoextracción de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) a partir de la comparación de tres géneros vegetales, para la restauración de suelos contaminados por la minera Quiruvilca S.A – La libertad 2020; el diseño que se aplicó en la investigación fue no experimental longitudinal de tipo descriptiva – propositiva, el cual consistió en la búsqueda, selección y análisis de resultados de los estudios de investigación seleccionados, para luego realizar un diagnóstico en base al D.S N° 011-2017 MINAM-ECA para suelo, además se determinó que los tres géneros son eficientes para la remoción de metales pesados, sin embargo para que la técnica de fitorremediación sea más eficiente no solo depende del tipo de planta si no también influyen diversos factores tales como: clima, tipo de suelo, pH, etc. Por ello, para realizar la propuesta ambiental se optó por el género *Amaranthus*, ya que este se adapta mejor a las condiciones que presenta el lugar donde se implementara la propuesta diseñada.

Palabras claves: Fitoextracción, metales pesados, *Amaranthus*, *Helianthus* y *Urtica*.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

La contaminación ambiental es uno de los problemas más significativos que afecta nuestro planeta y brota por la presencia cuantitativa o cualitativa de materia o energía que dependiendo de la cantidad o de su naturaleza, pueden causar desequilibrios en el ambiente. El suelo no es ajeno a esta contaminación, pues es uno de los componentes del medio ambiente más implicado en los procesos de contaminación, ya que actúa como sumidero y a la vez fuente de contaminantes; debido a que es el principal recurso explotado por la industria minera, lo que conlleva a una degradación casi completa de sus propiedades (Munive, 2018, p.1).

Papuico (2018) indica que las actividades relacionadas a la minería generan una gran cantidad de relaves con presencia de metales pesados como cadmio, cromo, mercurio, selenio, y plomo, los cuales son depositados en la superficie del entorno minero. Así, el suelo original se degrada o se pierde de forma casi irreversible. El “nuevo suelo” sufre un grave impacto durante la explotación minera, es frecuentemente inestable, y se empieza a formar con materiales poco aptos para el desarrollo de las actividades biológicas y los demás procesos del suelo, incluso después de desaparecida la actividad industrial estas condiciones adversas persisten durante mucho tiempo.

Por ejemplo, en Europa se han realizado varios estudios con la finalidad de conocer el estado del suelo y es así que, en Suecia, específicamente en la región de Dalarna, los pasivos ambientales mineros han llegado a contaminar gravemente los suelos con Cu, Fe, Ni, Pb, Zn, además de acidificarlos notablemente. Así mismo, en Inglaterra existe una gran contaminación de Pb, Zn, Cu y Cd en suelos cercanos a antiguas minas metálicas, por último, en Polonia los suelos presentan una alta contaminación por Cd, Zn y Pb debido a las actividades mineras. Al igual que en los países europeos, en los países sudamericanos también existen estudios relacionados al grado de contaminación de suelos por metales

pesados, tal es el caso de las minas de San Luís de Potosí (Mexico), donde se ha comprobado que arsénico y otros metales pesados se dispersan y afectan directamente al suelo; también en las Minas Gerais, Brasil, se ha detectado que la contaminación por elementos traza, además de afectar la flora y fauna de la zona, afecta gravemente al suelo (González, López y Romero, 2008).

Perú no es ajeno a esta problemática, pues Arana (2009) en su trabajo de investigación, indica que, en el año 2000, en Choropampa – Cajamarca ocurrió un derrame de mercurio metálico afectando la calidad del suelo, además, de causar graves daños a la salud de más de mil campesinos, ante esto el Ministerio de salud (MINSA) lanzó un informe en el que señala que debe reevaluarse periódicamente la existencia o no de contaminantes en suelos, al no contar con el programa de remediación. Otro suceso lamentable se registra en la región Junín, la ciudad de La Oroya la cual ha tenido que soportar altos grados de contaminación ambiental que ha afectado notablemente, el aire, el agua, los suelos y entornos naturales del río Mantaro, así también, de sus habitantes quienes han tenido que vivir con los negativos efectos en su salud por la contaminación de plomo, azufre y arsénico en la sangre (Coronel y Mallma, 2013).

Así mismo en el departamento La Libertad, distrito Quiruvilca, también existe un alto grado de contaminación por parte de la minera Quiruvilca e informales, quienes por sus diferentes actividades realizadas fueron deteriorando las aguas del río Moche y el suelo circundante a este, dejando en completo abandono el cierre de la mina. Por tal motivo la Autoridad Nacional del Agua (ANA) declaró en estado de emergencia los recursos hídricos por un inminente riesgo de contaminación. A su vez, este organismo informó que la declaración de emergencia posee conformidad con el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (OEFA), el cual ha dispuesto el cierre de las canchas de relaves, así como la remediación del río Shorey y del suelo que ha sido contaminado por relaves mineros (Elías2018). Ante lo

descrito se hace la siguiente pregunta, ¿La propuesta ambiental diseñada ayudará a reducir la concentración de Arsénico, Cadmio y Plomo presentes en suelos contaminados por la empresa minera Quiruvilca S.A – La Libertad 2020?

La propuesta consiste en usar la técnica de fitorremediación como alternativa de solución, esta se basa en usar algunas especies vegetales tales como *Amaranthus*, *Helianthus* y *Urtica*, las cuales tienen capacidad fitoextractora de metales pesados; entonces podemos decir que estas especies pueden absorber los elementos tóxicos como plomo, cadmio y arsénico, metales que perjudican la calidad del suelo y el desarrollo de cultivos.

Existen diversos estudios y trabajos científicos relacionados a la contaminación por metales pesados a causa de la actividad minera, con la finalidad de mejorar la calidad del suelo, en estos estudios se usaron especies vegetales, que poseen entre sus diversas propiedades, la de absorber algunos metales, restaurando de esta manera la calidad del suelo y permitiendo la reutilización del mismo en actividades agrícolas. Por tal motivo mencionamos antecedentes internacionales, nacionales y regionales:

Ortiz et al. (2009). Realizó un trabajo de investigación con el objetivo de evaluar la capacidad extractora del *Amaranthus hybridus L.* combinado con micorrizas en la remoción de Plomo y Cadmio; para esto realizó dos experimentos, en el primero se adicionaron tres cantidades de micorrizas en suelos con 300 mg·kg⁻¹ de Pb y 15 mg·kg⁻¹ de Cd. Los resultados demostraron que la adición de micorrizas aumentó significativamente la concentración de Pb y Cd en raíz, tallo y hoja de quelite y las concentraciones de estos metales se incrementaron conforme la edad de la planta. Así mismo Guerrero (2015), evaluó la capacidad del quelite *A. hybridus L.* en la fitoextracción de cadmio y plomo; donde su muestra inicial contenía 1200 mg kg⁻¹ de Pb y en caso de Cd contaminó el suelo con 100 mg kg⁻¹. El experimento se realizó con seis tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento y concluyó que la capacidad de fitoextracción con *A. hybridus*, fue exitosa.

Bolívar (2014). Realizó un trabajo de investigación sobre tres especies de plantas bioacumuladoras de plomo en asociación con el cultivo de cebolla en suelos agrícolas contaminados con aguas del río Chili en Tiabaya-Arequipa, el cual tenía como objetivo establecer el potencial bioacumulador de *Amaranthus hybridus* y las demás especies, en el proceso de fitoextracción de plomo. Usó un diseño de bloques completamente al Azar (DBCA) con siete tratamientos y tres repeticiones. El resultado indicó que mayor concentración de plomo en sus tejidos lo obtuvo el tratamiento AMA (Asociatividad *Amaranthus hybridus*–Cebolla) con 2,6047 ppm concluyendo que esta especie tiene una buena capacidad Fito acumuladora.

Cotrina, Fonseca, Sánchez y Zavaleta (2018); realizó un trabajo de investigación, cuyo objetivo fue evaluar la influencia del *Amaranthus hybridus* en la remoción de metales pesados de suelos contaminados por la minería en Shiracmaca – Huamachuco, con un diseño cuasi experimental con pre y post prueba. El grupo experimental se realizó a través de celdas por densidades poblacionales con 2, 4 y 6 plantas y después de 30 días de crecimiento del *A. hybridus*, realizó el análisis y llegó a concluir que el *A. hybridus* tiene la capacidad de remoción de metales pesados, siendo As y Pb los de mayor remoción y que la densidad poblacional más óptima es la de 4 plantas. De igual manera Llanos (2017) evaluó la capacidad fitoextractora de *A. hybridus* L. y micorrizas en suelos contaminados con metales pesados en Quiruvilca-La Libertad”. El experimento se realizó mediante preprueba- post prueba y grupo control. Concluyendo que el *A. hybridus* L. y las micorrizas tiene la capacidad de fitoextraer siete metales pesados (Sb, Cd, Hg, Cu, Sn, Ce y As).

Por otro lado, Gutiérrez et al. (2011), realizó un trabajo de investigación con el objetivo de evaluar si las semillas de girasol silvestre son capaces de germinar a altos niveles de concentración de metales pesados. Los niveles de tratamiento fueron soluciones acuosas a 0, 25, 50, 100, 200, y 400 mg/L de Cd (NO₂)³ y Pb (NO₂)³; 0, 12.5, 25, 50, 100 y 200 mg/L de Cr (NO₂)³, y 0, 50, 100, 200, 400, y 600 mg/L de Ni (NO₂)³. En cada tratamiento, colocó 50 semillas por recipiente con cuatro repeticiones para cada una. El trabajo se llevó a cabo bajo condiciones de vivero y si bien los resultados no demuestran que la semilla absorbe los metales, la semilla germinó en todos los niveles de tratamiento utilizados concluyendo que esta especie silvestre puede ser sembrada directamente en áreas contaminadas en prácticas de fitorremediación.

Así mismo Labra (2018), determinó la capacidad del *Helianthus annuus* L. (girasol) para la fitoextracción de cadmio en suelos contaminados. Se experimentó con 5 tratamientos y 3 repeticiones incluyendo el testigo, a distintas concentraciones de Cd (10,20, 30, y 40 mg/l), en cada maceta se colocó 1 semilla, la temperatura ambiental se mantuvo entre 18 a 19 °C y evaluó por un periodo de 2 meses y determinó la captación en raíces y hojas, los resultados demostraron que el *Helianthus annuus* L. (girasol) captó en sus hojas un promedio de 17.12 mg/kg y en las raíces un promedio de 21.29 mg/kg, asimismo se determinó que el girasol reporta un 15.62% de eficiencia en la absorción de cadmio de suelos contaminados mediante la fitoextracción y en la evaluación estadística dio un nivel de confianza del 95%.

Díaz (2017), planteó como objetivo determinar la capacidad de acumulación de la ortiga (*Urtica urens*), para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín en un periodo de 02 meses, mediante un diseño experimental, con 05 repeticiones y el análisis se realizó antes y después del tratamiento. Concluyendo que la ortiga acumula metales pesados en sus hojas y en sus raíces, logrando una disminución significativa de

plomo. Del mismo modo Marcelo (2017), determinó la capacidad fitorremediadora de *Urtica urens L.* en suelos con metales pesados en el distrito de Quiruvilca provincia de Santiago de Chuco, para ello trabajo con un grupo experimental con 3 repeticiones y un grupo control. Después de 14 semanas de crecimiento de la planta obtuvo, los siguientes porcentajes de remoción: Cromo (81.56%), Antimonio (80.83%), Cobre (49.68%), Arsénico (37.58%), Titanio (24.93%) y estroncio (3.64%). Concluyendo que *Urtica urens L.* no fitorremedia Aluminio, Bario, Berilio, Cerio, Litio ni Vanadio por el contrario incrementa sus concentraciones.

La investigación se sostiene bajo los siguientes fundamentos teóricos y conceptuales:

El suelo

Es un cuerpo natural independiente y evolutivo compuesto por sólidos como minerales y materia orgánica, líquidos y gases. Se caracteriza porque tiene horizontes que se diferencian del material inicial y cambian bajo la influencia conjunta de factores como el agua, el aire y varias formas de organismos vivos y muertos y se considera que la vegetación es la más importante (Jaramillo,2012, p.21).

Contaminación del suelo

Presencia en el suelo de químicos o sustancias, en concentraciones más alta de lo normal que tiene efectos adversos sobre cualquier organismo al que no están destinados. La mayoría de los contaminantes tiene origen antropogénico, pero algunos contaminantes pueden ocurrir naturalmente en los suelos como componentes de minerales y pueden ser tóxicos en concentraciones altas. La contaminación del suelo con frecuencia no puede ser directamente evaluada o percibida visualmente, convirtiéndola en un peligro oculto (Rodríguez, McLaughlin y Pennock, 2019, p.1).

Metales pesados

Los metales pesados son elementos propios de la naturaleza de peso molecular alto, muy difundidos y en muchos casos muy útiles, como, por ejemplo, el plomo se utiliza mucho para tubería. La contaminación o peligrosidad por los metales pesados es por lo que no pueden ser degradados ni química, ni biológicamente. Además, tienden a ser bioacumulables y a biomagnificarse, significa que se acumulan en los organismos vivos y pueden alcanzar concentraciones mayores que la que alcanzan en los alimentos o medioambiente y estas concentraciones aumentan a medida que ascendemos en la cadena trófica provocando efectos nocivos para la salud y el medio ambiente (Romero, 2009 p.45).

Arsénico

El arsénico es un elemento químico, tri y pentavalente, metaloide, de color gris y brillo metálico, que combinado con el oxígeno constituye un veneno violento. Su símbolo es As y su número atómico, 33: el arsénico se encuentra en los sulfuros metálicos naturales, como el realgar o el oropimente (Ángeles, 2008 p. 18).

Cadmio

Metal dúctil y maleable de color blanco azulado, brillante y muy parecido al estaño. Su símbolo es Cd, y su número atómico, 48. Es bastante reactivo frente al oxígeno y los ácidos, pero no frente a los álcalis. En caliente, arde en el aire con una luz nítida (Ángeles, 2008 p. 26).

Plomo

Este es un elemento químico metálico, pesado, dúctil, maleable, blando, fusible, de color gris azulado, que reacciona con el ácido nítrico formando sales venenosas y se obtiene principalmente de la galena; Su símbolo es Pb, y su número atómico, 82 (Ángeles, 2008 p.19).

Contaminación por metales pesados

La contaminación de suelos por metales pesados se da cuando estos son irrigados con aguas procedentes de relaves mineros, aguas residuales de parques industriales, municipales y filtraciones de presas de jales. En el Perú tenemos agentes contaminantes como: plomo, aluminio, mercurio, arsénico, hierro, cobre, magnesio, manganeso y cianuro. Incluyendo el dióxido de azufre, y el ácido sulfúrico. Además, indica que los metales pesados son peligrosos ya que no se deterioran en medio biológico o químico, por otro lado, pueden acumularse en organismos vivos y pueden aumentar conforme avance en la cadena trófica y al ser tóxico provoca daños perjudiciales en varios aspectos (Bolívar, 2014 p. 13).

Fitorremediación

La fitorremediación es una técnica que utiliza plantas para reducir, remover, transformar, mineralizar, degradar, volatilizar o estabilizar los contaminantes, por ello se dice que es una técnica amigable con el medio ambiente, no invasiva y permite recuperar la estructura y función del suelo.

Además, su costo es mucho más barato que los métodos tradicionalmente usados, pero si se debe tener en cuenta las variables específicas del sitio a restaurar, como características del suelo, niveles de contaminación, tipo de vegetación y clima, de todos estos factores dependerá la fitorremediación (González, Carrillo, Sánchez y Ruiz, 2017, p.9.).

acorazonadas, de bordes aserrados. Flores muy pequeñas, verde amarillentas, a veces monoicas, florece desde agosto hasta noviembre. El fruto es un aquenio aovado, marrón-amarillento, de 1-1,8 mm de longitud, con una sola semilla en su interior. Algunas especies son la *U. urens L.*, *Urtica dioica*, *U. flabellata Kunth*, *U. leptophylla Kunth*, etc. (Pomboza, Quisintuña, Dávila, Llopis, Vásquez, 2016, p.46.)

Helianthus

Esta planta no es una planta muy sensible a variaciones de pH en el suelo, puede tolerar desde 5,8 hasta más de 8. Tampoco es muy exigente en cuanto a calidad de suelo se refiere, crece en la mayoría de suelos, aunque prefiere suelos con textura arcilloso-arenosa. Tiene la capacidad de acumular metales y responde con una alta biomasa radicular, sin embargo, con baja tolerancia al cromo. El girasol tiene efecto Fito remediador a concentraciones de Uranio y Cadmio en sus tejidos principalmente tallo y raíz. (Rodrigo, 2018 p.54).

Eficiencia

Capacidad de una planta para extraer metales pesados del suelo, en el proceso de fitorremediación la eficiencia depende principalmente de la especie de planta utilizada, el tipo de metal a remover, el estado de crecimiento de las plantas y su estacionalidad. Para calcular la eficiencia se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$Ef(\%) = \frac{(Ci - Cf)}{Ci} \times 100$$

Donde:

Ci = Concentración inicial

Cf= Concentración fina

La actividad minera es una de las principales fuentes económicas en nuestro país, pero a su vez es una de las actividades que generan la mayor parte de impactos ambientales negativos en nuestro territorio y el tratamiento de los recursos dañados como el suelo, son dificultosos y de elevados costos. Es por ello que con la presente investigación se busca dar a conocer una técnica más viable para la restauración de suelos dañados por la presencia de altas concentraciones de metales pesados derivados de la actividad minera. Esta técnica generalmente no altera a los ecosistemas, se realiza sin atentar contra ellos, es una técnica pasiva, amigable y sostenible con el medio ambiente. Sin embargo, debe realizarse de forma controlada para evitar el paso de elementos en exceso a la cadena trófica.

Ante la problemática que se está dando en los últimos tiempos debido a la contaminación por la industria minera, en la presente investigación se ha planteado diseñar una propuesta ambiental de fitoextracción de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) a partir de la comparación de tres géneros vegetales, para la restauración de suelos contaminados por la minera Quiruvilca S.A – La libertad 2020. Teniendo como objetivos específicos: Identificar el área contaminada con metales pesados para la aplicación de la propuesta ambiental, evaluar las ventajas de las características del suelo regosol en los géneros *Amaranthus*, *Helianthus* y *Urtica*, realizar un diagnóstico de los estudios seleccionados con características similares al objeto de estudio, en base al D.S N° 011-2017 MINAM - ECA para suelo y comparar la eficiencia de los géneros *Amaranthus*, *Helianthus* y *Urtica*, en la fitoextracción de arsénico, cadmio y plomo a partir de estudios seleccionados en Perú.

CAPITULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

El presente trabajo de investigación es de tipo **descriptiva-propositiva**. Según Sabino (1992) indica que los estudios descriptivos tratan de especificar las propiedades, los perfiles y las características de personas, comunidades, grupos o cualquier otro fenómeno que requiera un análisis”. En definitiva, estos estudios son los que permiten medir la información recolectada para luego describir, analizar e interpretar sistemáticamente sus características del fenómeno estudiado en base a la realidad del escenario propuesto.

2.2. Diseño de investigación

El diseño de la investigación es no experimental, es decir, en la presente investigación no se manipulan las variables estudiadas, la finalidad de este estudio es observar los fenómenos tal como se comportan en su contexto natural, para luego analizarla, las investigaciones no experimentales pueden ser: longitudinales y transversales; en el presente trabajo se trabajará con el diseño **no experimental longitudinal** (Cortés e Iglesias, 2004).

2.3. Población, muestra y método

Para la presente investigación como población se consideró trabajos científicos sobre Fitoextracción utilizando géneros vegetales en suelos contaminados por arsénico, cadmio y plomo, en tanto la muestra fueron 15 estudios científicos relacionados a la contaminación de suelos por la industria minera en el Perú.

2.3.1. Recursos de información y búsqueda

Se recolectaron trabajos de investigación, de fuentes confiables para garantizar la fiabilidad de la información; por tal motivo se optó por plataformas que contienen artículos indexados, tales como: SCielo, Redalyc, ProQuest, EBSCO, Dialnet y para la búsqueda de tesis se consultó en repositorios de diferentes universidades y google académico; obteniendo de ellas un total de 26 trabajos de investigación, de los cuales fueron seleccionados 15 estudios.

Para realizar un buen proceso de búsqueda de información se llevó a cabo los siguientes pasos. Se identificó trabajos de investigación relacionados al título del estudio, para lo cual se emplearon las siguientes palabras claves “Fitoextracción”, “metales pesados”, “*Amaranthus*”, “*Helianthus*” y “*Urtica*” así como también se tomó en cuenta otros criterios de inclusión y exclusión que se mencionaran posteriormente.

2.3.2. Criterios de inclusión, exclusión y selección.

Se encontró 26 trabajos de investigación sobre fitorremediación, de los cuales para inclusión se tomó en cuenta ciertos criterios, uno de ellos fue que los trabajos de investigaciones tuvieran como objetivo evaluar la capacidad fitoextractora de los tres géneros (*Amaranthus*, *Helianthus* y *Urtica*), otro fue que los trabajos de investigación (tesis y artículos) se hayan desarrollado en Perú, el tercer requisito es que la fecha de publicación de estas fuentes debe tener como máximo 10 años de antigüedad, quedando al final 15 trabajos de investigación para trabajar como antecedentes del presente trabajo de investigación.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección.

La técnica del presente trabajo se basa en una Investigación bibliográfica de trabajos científicos relacionados con el tema a investigar y se ha considerado como instrumento de investigación una base de datos a partir de resultados de otros estudios, esta nos ayudará determinar la eficiencia de tres especies (*Amaranthus*, *Helianthus* y *Urtica*).

Es preciso aclarar además que una investigación es científicamente válida al estar sustentada en información verificable, que responda lo que se pretende demostrar. Para ello, es imprescindible realizar un proceso de recolección de datos en forma planificada y teniendo claros objetivos sobre el nivel y profundidad de la información a recolectar. La recolección de datos se refiere al uso de una gran diversidad de técnicas y herramientas que pueden ser utilizadas por el analista para desarrollar los sistemas de información.

2.5. Aspectos éticos

Los datos y los instrumentos de las tesis seleccionadas fueron validados por los respectivos asesores y jurados. Además, por el especialista Ing. Ricardo Bruno Landázuri Montero, quien a través de su experiencia evaluó y validó la propuesta planteada.

2.6. Método de análisis de datos

El método utilizado es la Estadística Descriptiva, esta se define como la rama de la estadística que formula recomendaciones de cómo resumir, de forma sencilla y clara, los datos de una investigación en tablas, cuadros, gráficos o figuras. Antes de realizar un análisis descriptivo es necesario retomar los objetivos de la investigación, así como identificar las escalas de medición de las distintas variables que fueron registradas en el estudio. El objetivo de las tablas o cuadros es proporcionar información puntual de los resultados (Ochoa y Molina, 2018).

2.7.Procedimiento

<p style="text-align: center;">1. Recolección de información</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se buscó estudios empíricos sobre fitoextracción en suelos contaminados por actividades mineras. 	<p style="text-align: center;">2. Selección de estudios</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se seleccionó 15 estudios los cuales fueron realizados en lugares con características similares a la del lugar donde se implementará la propuesta. 	<p style="text-align: center;">3. Análisis de información</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se realizó el análisis de los estudios empíricos sobre fitoextracción en suelos contaminados con metales pesados (Arsénico, Cadmio y Plomo)
<p style="text-align: center;">4. Elaboración de base de datos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se elaboró una base de datos con todos los resultados de los estudios analizados, para luego realizar un diagnóstico en base al D.S N° 011-2017 MINAM ECA. 	<p style="text-align: center;">5. Selección de género a utilizar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luego de determinar las eficiencias de cada una de las especies y evaluar las condiciones a las cuales estas se adaptan se optó por el género <i>Amaranthus</i>. 	<p style="text-align: center;">6. Elaboración de la propuesta ambiental</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para la elaboración de la propuesta ambiental se comprobó que el área de estudio está contaminada a través de una caracterización de suelo.

Matriz de consistencia y operación de variables.

Tabla 1

Matriz de consistencia

DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO <i>Amaranthus sp.</i> PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A – LA LIBERTAD 2020.			
PROBLEMA	OBJETIVO GENERAL	VARIABLES	METODOLOGÍA
¿La propuesta ambiental diseñada ayudará a reducir la concentración de Arsénico, Cadmio y Plomo presentes en suelos contaminados por la empresa minera Quiruvilca S.A – La Libertad 2020?	Diseñar una propuesta ambiental de fitoextracción de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) a partir de la comparación de tres géneros vegetales, para la restauración de suelos contaminados por la minera Quiruvilca S.A – La libertad 2020.	Remoción de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) Fitoextracción con <i>Amaranthus</i> .	Tipo de investigación: Descriptiva-Propositiva Diseño: No experimental – longitudinal. Técnica: Investigación bibliográfica Instrumento: Base de datos comparativa. Método de análisis de datos: Estadística Descriptiva
OBJETIVOS ESPECIFICOS		POBLACIÓN	
Identificar el área contaminada con metales pesados para la aplicación de la propuesta ambiental. Evaluar las ventajas de las características del suelo regosol en los géneros <i>Amaranthus</i> , <i>Helianthus</i> y <i>Urtica</i> . Realizar un diagnóstico de los estudios seleccionados con características similares al objeto de estudio, en base al D.S N° 011-2017 MINAM - ECA para suelo. Comparar la eficiencia de los géneros <i>Amaranthus</i> , <i>Helianthus</i> y <i>Urtica</i> , en la fitoextracción de arsénico, cadmio y plomo a partir del estudio seleccionados en Perú.		Para la presente investigación como población se consideró trabajos científicos sobre Fitoextracción utilizando géneros vegetales en suelos contaminados por arsénico, cadmio y plomo, en tanto la muestra fueron 15 estudios científicos relacionados a la contaminación de suelos por la industria minera en el Perú.	

Tabla 2
Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Remoción de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo)	La remoción de un metal se lleva a cabo mediante tratamientos, enmiendas, procesos para disminuir, separar o eliminar algunos contaminantes, que están presentes en el suelo, dicha remoción del metal se da al disminuir, remover o quitar una parte del contaminante. (Yauri, 2014)	Para conocer la remoción de metales contaminantes en el suelo se determinará la concentración inicial y final de Arsénico, cadmio y plomo.	Concentración de arsénico, cadmio y plomo en el suelo.	Nivel de arsénico en el suelo Nivel de cadmio en el suelo Nivel de plomo en el suelo
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Fitoextracción con <i>Amaranthus</i> .	La fitoextracción es una alternativa de remediación de suelos, debido a que la planta tiene la capacidad de transportar y concentrar los contaminantes del suelo (metales pesados) en el interior de sus tallos, hojas y raíces. (Ortiz, et.al 2009)	La especie de <i>Amaranthus</i> será sembrada en suelo contaminado con arsénico, cadmio y plomo y por su alta capacidad fitoextractora acumulará cierta concentración de estos metales pesados.	Acumulación de arsénico, cadmio y plomo en la planta	Nivel de arsénico en <i>Amaranthus</i> Nivel de cadmio en <i>Amaranthus</i> Nivel de plomo en <i>Amaranthus</i>

CAPITULO III: RESULTADOS

3.1. Identificación del área

El área que se identificó para la implementación de la propuesta tiene un total de 1 Ha de terreno (Ver anexo 06), esta se encuentra contaminada con metales pesados, ya que está ubicado a escasos metros de la relavera santa catalina de la minera Quiruvilca S.A. y de acuerdo a trabajos de investigación realizados por Llanos (2017) y Marcelo también en el año 2017, en los cuales indican concentraciones de metales pesados que superan los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelo (ECA- Suelo).

Tabla 3

Concentraciones promedio de metales pesados en suelos aledaños a la relavera santa Catalina-Quiruvilca.

METALES PESADOS	ECA-SUELO (mg/Kg)	CONCENTRACIONES (mg/Kg)
Arsénico	50	397.45
Cadmio	1.4	20.015
Plomo	70	136.02

3.2. Características del suelo regosol en los géneros *Amaranthus*, *Helianthus* y *Urtica*

Tabla 4

Composición mecánica y textura del Regosol

Nº DE PERFI L	HORIZON TE	PROFUN DIDAD (cm)	PORCENTAJE DE FRACCIONES (mm)			TEXTURA
			ARENA	LIMO	ARCILLA	
1	AP	0-16	72	17	11	Franco Arenosa
	B	16-30	75	15	10	Franco Arenosa
	C1	30-61	77	16	7	Arena Franca
	C2	61-90	90	5	5	Arenosa

En los datos de la tabla 4 se evidencia que hay poca formación de arcilla en este suelo, lo que hace suponer que no hay una transformación muy profunda de los materiales originarios, por una parte, debido al tipo de material que predomina que es la piedra pómez y, por otra, las pérdidas de humedad a la que está sujeto el suelo.

Tabla 5
Características físico-químicas del Regosol.

N° DE PERFIL	HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	PH	C mol (+) kg-1				SUMA	CIC C mol (+) kg-1	SATURACIÓN POR BASE (%)
				Ca	Mg	Na	K			
1	AP	0-16	6	3.2	1.5	0.3	0.8	5.8	8.2	70.7
	B	16-30	6.1	3.5	1.3	0.3	0.6	5.7	7.9	72.2
	C1	30-61	6.3	3.3	1.7	0.2	0.5	5.7	7.5	76
	C2	61-90	6.4	3.8	0.8	0.2	0.4	5.2	6.8	76.4

En la tabla 5 se presentan los datos referentes a las propiedades físico-químicas del suelo; en correspondencia con una textura arenosa, se tienen valores de capacidad de intercambio catiónico relativamente bajos, al igual que las bases de cambio, siendo el nivel de saturación de 70-76 %.

Tabla 6
Contenido de materia orgánica y nutriente del Regosol

N° DE PERFIL	HORIZONTE	PROFUNDIDAD AD (cm)	MATERIA ORGÁNICA (%)	C (%)	P ASIMILABLE (mg/100g)	K ASIMILABLE (mg/100g)
1	AP	0-16	1.13	0.66	2.2	31.2
	B	16-30	0.61	0.35	1.5	23.4
	C1	30-61	0.2	0.12	0.7	19.2
	C2	61-90	0.13	0.08	0.6	15.6

La tabla 6 indica que el contenido de materia orgánica, es muy bajo y por ende también el carbono, además muestra poco fósforo asimilable, pero buen contenido de potasio asimilable.

Tabla 7

Ventajas de los géneros vegetales respecto al tipo de suelo del área de estudio.

<i>Helianthus</i>	<i>Urtica</i>	<i>Amaranthus</i>
<p>-No muy exigente en cuanto a calidad del suelo.</p> <p>- Se desarrolla bien en la mayoría de texturas, aunque prefiere suelos arcillo-arenosos.</p> <p>- Requiere humedad y suelos profundos para el desarrollo de sus raíces.</p> <p>- Puede tolerar suelos con pH de 5,8 a 8.</p> <p>- Puede ser abonada, para tener un mejor desarrollo.</p>	<p>-Se desarrolla en suelos arcillosos y / o arenosos.</p> <p>- Requiere suelos húmedos y ricos en nitrógeno.</p> <p>- Puede crecer en suelos con un PH de 6 a 8.</p> <p>- Puede multiplicarse a partir de una sola planta presente en cualquier suelo.</p>	<p>-Puede desarrollarse en suelos arenosos, medianos y arcillosos.</p> <p>- Necesita mínimo 30cm de profundidad de suelo arable.</p> <p>-Requiere suelos con buen drenaje.</p> <p>-Se considera como una planta tolerable a sales.</p> <p>-Prefiere una atmosfera moderadamente húmeda.</p> <p>-Respecto al pH puede desarrollar en suelos con pH de 4 a 8.5, con un óptimo de 7.</p> <p>- Responde a niveles altos de nitrógeno.</p>

3.3. Diagnostico en base al D.S N° 011-2017 ECA para suelo

Tabla 8

Matriz de comparación de la normativa ECA suelo con las concentraciones iniciales de los trabajos de investigación

METAL PESADO	ECA- Suelo Agrícola	E7																	
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	LOTE A	LOTE B	LOTE C	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	
ARSÉNICO	50			734.5*	3937*			48.3	32.5	26						433.08*	60.4*		48.1
CADMIO	1.4		1.48*		38.68*			4.28*	3.99*	3.03*	5.58*		Dosis 1=10*		Dosis 2=80*	17.38*	11.42*		1.99*
PLOMO	70	C1=956*		262.16*	5008*	397.63*	2.88	111.5*	54.5	44.2	18.85				3178.29 *	142*	1119.51*		M1=424,84*
		C2=1133*																	M2=405,88*
		C3=1169 *																	M3=473,41*
		C4=1221*																	M4=364,61*

*Valores que superan los Estándares de calidad ambiental (ECA) suelo.

Nota: Según el D.S N° 011-2017 MINAM ECA para suelo, la concentración inicial de arsénico de los sies trabajos de investigación que analizaron este metal cuatro de ellos sobrepasan los Estándares de Calidad ambiental (ECA); en el caso del cadmio los 8 estudios sobrepasan los estándares, por último, la concentración de plomo de los doce estudios analizados nueve supera los ECA. Por lo que se deduce que el diagnóstico es negativo, ya que abría presencia de contaminación de suelos debido a la presencia de altas concentraciones de los metales ya mencionados.

3.4. Eficiencia de los tres géneros vegetales en la fitoextracción de cadmio.

Tabla 9

Eficiencia en remoción de Cadmio

CODIGO	LUGAR DE ESTUDIOS	GENERO VEGETAL	MUESTRA	RESULTADOS INICIAL (ppm)	RESULTADOS FINAL (ppm)	EFICIENCIA
E-2	Pucayacu	<i>Amaranthus</i>	M-1	1.48	0.52	64.86
E-2	Pucayacu	<i>Amaranthus</i>	M-2	1.48	0.67	54.73
E-3	Shorey	<i>Amaranthus</i>	M-1	38.63	22.35	42.14
E-6	Huaripampa	<i>Helianthus</i>	M-2	518.26	418.75	19.20
E-7	Mantaro	<i>Helianthus</i>	M-1	4.28	2.19	48.83
E-7	Mantaro	<i>Helianthus</i>	M-2	3.99	2.59	35.09
E-7	Mantaro	<i>Helianthus</i>	M-3	3.03	3.11	-2.64
E-8	Samne	<i>Helianthus</i>	M-1	5.58	4.7	15.77
E-9	Santa Rosa de Quibes	<i>Helianthus</i>	M-1	10	4.68	53.20
E-9	Santa Rosa de Quibes	<i>Helianthus</i>	M-2	80	57	28.75
E-9	Santa Rosa de Quibes	<i>Helianthus</i>	M-3	160	93.152	41.78
E-10	Zarumilla	<i>Helianthus</i>	M-1	17.38	9.37	46.09
E-11	Shiracmaca	<i>Urtica</i>	M-1	11.42	3.34	70.75
E-15	El toro	<i>Urtica</i>	M-1	1.99	1.62	18.59
E-15	El toro	<i>Urtica</i>	M-2	1.99	1.59	20.10
E-15	El toro	<i>Urtica</i>	M-3	1.99	1.63	18.09

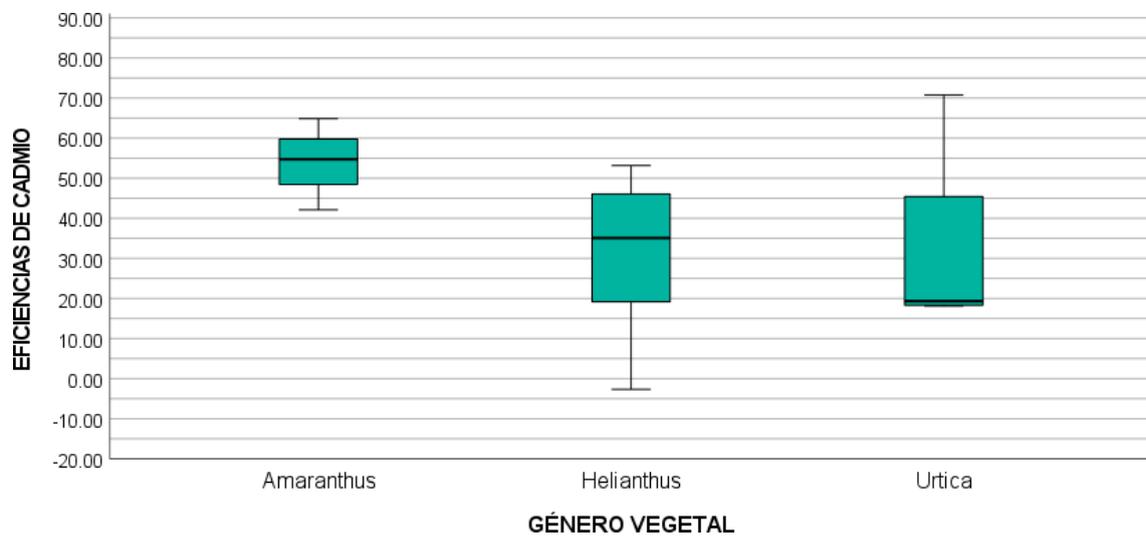


Figura 2. Eficiencia de los géneros vegetales en la fitoextracción de cadmio

En la figura 2 se muestra que el género *Urtica* es un tanto más eficiente con un valor de 70.75% para remover cadmio a diferencia de los demás géneros, también se puede observar que *Urtica* tiene sus datos más dispersos en el tercer y cuarto cuartil, asimismo el promedio

(media) es mucho menor con respecto a los otros dos géneros, mientras que el género *Amaranthus* tiene datos más homogéneos, estos valores de eficiencia se encuentran entre 42 y 65% y la mediana es mayor en comparación a *Helianthus* y *Urtica*, por otro lado el género *Helianthus* tiene la menor eficiencia, siendo el valor más bajo -2.64 % y además cuenta con datos más dispersos en los dos primeros cuartiles.

3.5. Eficiencia de los tres géneros vegetales en la fitoextracción de arsénico

Tabla 10

Eficiencia en remoción de arsénico

CODIGO	LUGAR DE ESTUDIOS	GENERO VEGETAL	MUESTRA	RESULTADOS INICIAL (ppm)	RESULTADOS FINAL (ppm)	EFICIENCIA
E-3	Shorey	<i>Amaranthus</i>	M-1	734.5	667.53	9.12
E-4	Shiracmaca	<i>Amaranthus</i>	M-1	3937	3566	9.42
E-4	Shiracmaca	<i>Amaranthus</i>	M-2	3937	3478	11.66
E-4	Shiracmaca	<i>Amaranthus</i>	M-3	3937	3716	5.61
E-7	Mantaro	<i>Helianthus</i>	M-1	48.3	25	48.24
E-7	Mantaro	<i>Helianthus</i>	M-2	32.5	14.8	54.46
E-7	Mantaro	<i>Helianthus</i>	M-3	26	18.6	28.46
E-11	Shiracmaca	<i>Urtica</i>	M-1	433.08	287.12	33.70
E-13	Quiruvilca	<i>Urtica</i>	M-1	60.4	37.7	37.58
E-15	El toro	<i>Urtica</i>	M-1	48.1	17.07	64.51
E-15	El toro	<i>Urtica</i>	M-2	48.1	42.53	11.58
E-15	El toro	<i>Urtica</i>	M-3	48.1	33.8	29.73

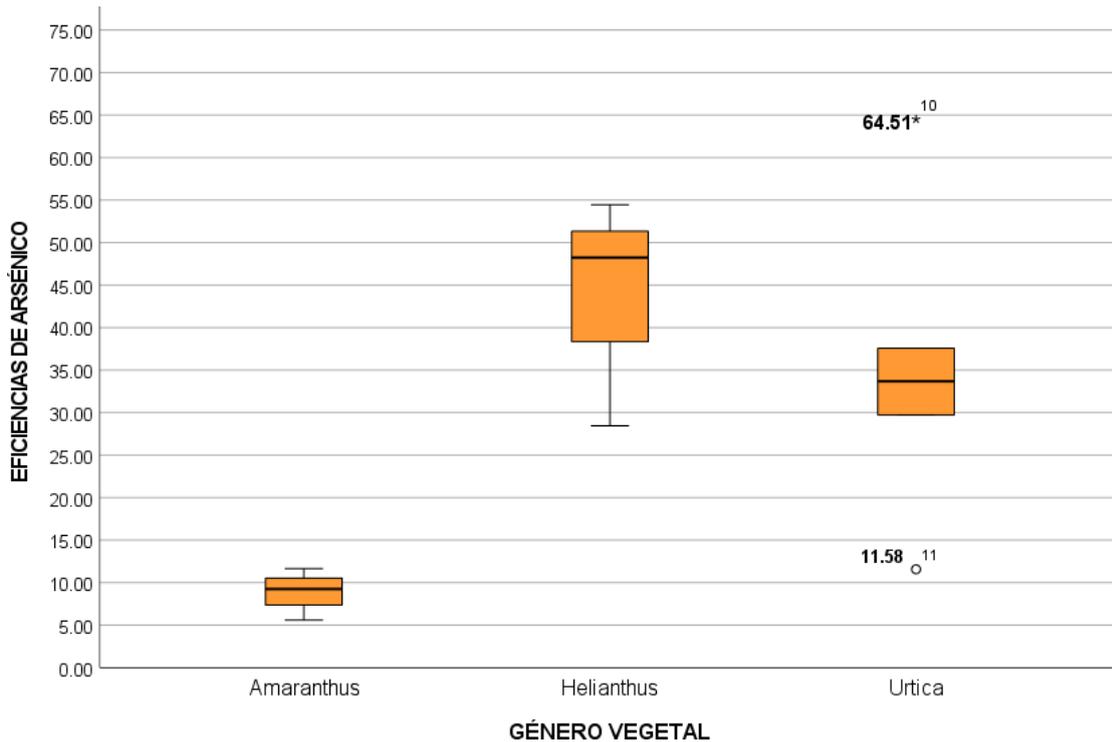


Figura 3. Eficiencia de los géneros vegetales en Arsénico

En la figura 3 se puede apreciar las eficiencias de cada uno de los géneros respecto a la fitoextracción de arsénico, en esta se observa que el género vegetal *Urtica* tiene valores atípicos, el valor atípico más alto en cuanto a eficiencia es 64.51% y el más bajo 11.58%, asimismo se puede observar que la mayoría de porcentajes de eficiencia se encuentra entre 28 y 38%. Respecto a *Helianthus* también tiene un porcentaje alto de eficiencia (54.46%), en este caso los valores de eficiencia están más dispersos en el primer y segundo cuartil en comparación con el tercer y cuarto cuartil, además se puede notar que la mediana es mayor respecto a los otros géneros vegetales. Para el caso de *Amaranthus* los valores están un poco más compactados y uniformes, estos valores se encuentran entre 5 y 12% de eficiencia

3.6. Eficiencia de los tres géneros vegetales en la fitoextracción de plomo

Tabla 11

Eficiencia en remoción de plomo

CODIGO	LUGAR DE ESTUDIOS	GENERO VEGETAL	MUESTRA	RESULTADOS INICIAL (ppm)	RESULTADOS FINAL (ppm)	EFICIENCIA
E-1	Oyon	<i>Amaranthus</i>	M-1	958	903	5.54
E-1	Oyon	<i>Amaranthus</i>	M-2	1133	1030	9.09
E-1	Oyon	<i>Amaranthus</i>	M-3	1169	1103	5.65
E-1	Oyon	<i>Amaranthus</i>	M-4	1221	1118	8.44
E-3	Shorey	<i>Amaranthus</i>	M-1	262.16	261.92	0.09
E-4	Shiracmaca	<i>Amaranthus</i>	M-1	5008	4746	5.23
E-4	Shiracmaca	<i>Amaranthus</i>	M-2	5008	4599	8.17
E-4	Shiracmaca	<i>Amaranthus</i>	M-3	5008	4909	1.98
E-5	Oroya	<i>Amaranthus</i>	M-1	397.63	136.75	65.61
E-6	Huaripampa	<i>Helianthus</i>	M-1	2.88	2.77	3.82
E-7	Mantaro	<i>Helianthus</i>	M-1	111.5	60.07	46.13
E-7	Mantaro	<i>Helianthus</i>	M-2	54.5	39.1	28.26
E-7	Mantaro	<i>Helianthus</i>	M-3	44.2	43.6	1.36
E-8	Samne	<i>Helianthus</i>	M-1	18.85	10.35	45.09
E-10	Zarumilla	<i>Helianthus</i>	M-1	3178.29	2099.1	33.96
E-11	Shiracmaca	<i>Urtica</i>	M-1	142	96.33	32.16
E-12	Oroya	<i>Urtica</i>	M-1	1119.51	1010.05	9.78
E-14	San Miguel	<i>Urtica</i>	M-1	424.84	324.55	23.61
E-14	San Miguel	<i>Urtica</i>	M-2	405.88	229.95	43.35
E-14	San Miguel	<i>Urtica</i>	M-3	473.41	229.78	51.46
E-14	San Miguel	<i>Urtica</i>	M-4	364.61	245.62	32.63
E-15	El toro	<i>Urtica</i>	M-1	34.12	2.41	92.94
E-15	El toro	<i>Urtica</i>	M-2	34.12	33.97	0.44
E-15	El toro	<i>Urtica</i>	M-3	34.12	27.03	20.78

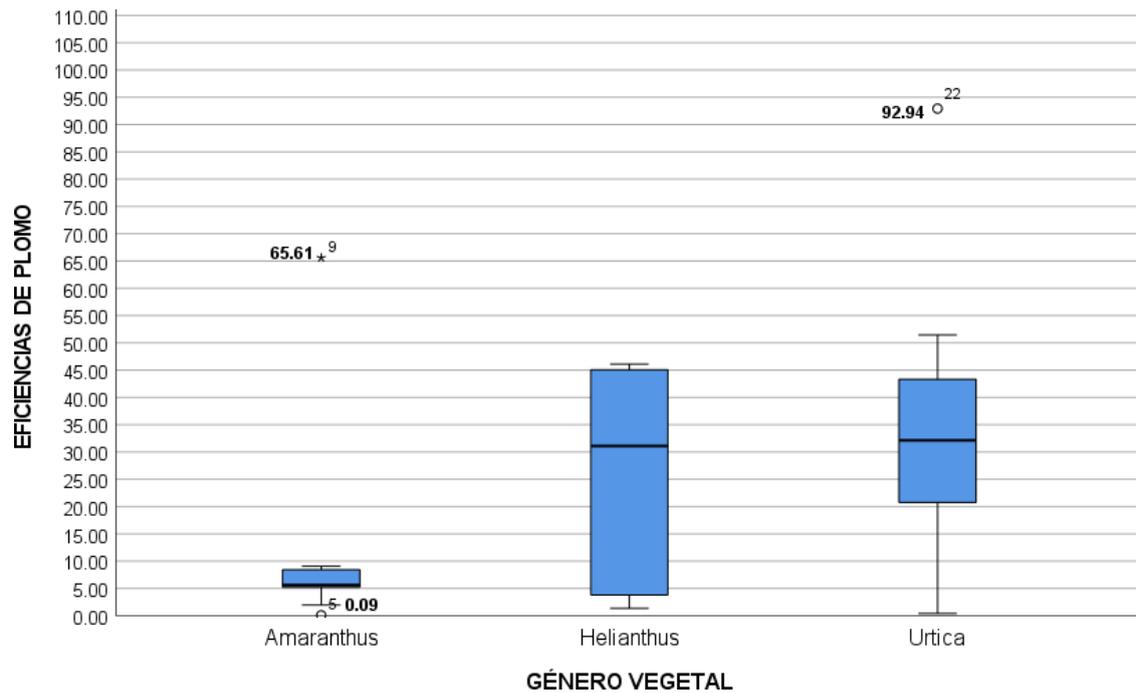


Figura 4. Eficiencia de los géneros vegetales en plomo

En la figura 4 se puede apreciar valores atípicos, en caso de *Urtica* el valor atípico más alto es 92.94% con este valor hace notar que es el género más eficiente para remover plomo, sin embargo, también presenta un porcentaje 0.44% de eficiencia, el cual es más bajo respecto a *Helianthus*. En caso de *Helianthus* podemos notar que los valores del segundo y tercer cuartil están más dispersos, en cambio el valor del primer y cuarto cuartil se acercan a los valores de la caja por lo que los bigotes están cerca a esta. Por último, en *Amaranthus*, también presenta valores atípicos, el valor más alto es 65.61%, este indica que tiene una eficiencia mayor que el género *Helianthus*, pero tiene un valor atípico bajo de 0.09% y la mayoría de valores se concentran entre 3 y 13%.

3.7. Propuesta Ambiental

Tabla 12

Resumen de Propuesta Ambiental para mejorar la calidad del suelo contaminado con metales pesados por la minera Quiruvilca S.A – La libertad 2020.

Propuesta de fitoextracción de metales pesados utilizando el género <i>Amaranthus</i> , para la restauración de suelos contaminados por la minera Quiruvilca S.A – La libertad 2020.					
RUBRO	LUGAR	OBJETIVO	ALCANCE	PROCEDIMIENTO	PLAN DE ACCIÓN
Minería	Distrito Quiruvilca, Provincia Santiago de Chuco, región la libertad.	Restaurar el suelo contaminado con metales pesados por la minera Quiruvilca S.A. utilizando el género vegetal <i>Amaranthus</i>	El alcance para la propuesta realizada esta limitada a 1ha de terreno.	<ul style="list-style-type: none"> •Delimitar el área a restaurar. •Caracterización físico química del suelo •Preparación de semillas de <i>Amaranthus</i>. •Sembrado de <i>Amaranthus</i> •Dejar crecer la planta por un periodo de 4 meses. •Cosechar la planta para realizar el análisis •Contratar una Empresa operadora de residuos sólidos para la disposición final de las plantas y evitar una posterior contaminación. •Determinar la concentración final de metales pesados en el suelo. 	Restaurar el suelo contaminado con metales pesados por la minera Quiruvilca S.A. utilizando el género vegetal <i>Amaranthus</i> al menos en un 50% en un periodo máximo de 1 año; para esto se debe contar con la participación de la empresa minera y la comunidad, y para conocer si se logró cumplir con el objetivo se realizará un análisis de los resultados de la muestra inicial y la final.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Con el objetivo de identificar el área contaminada con metales pesados para la aplicación de la propuesta ambiental, se seleccionó un sitio el cual se encuentra en las coordenadas: (796 200 E; 9 111 000 N), (297 000 E; 9111 000 N), (797 000 E; 9 113 000 N) y (796 200 E; 9 113 000 N) del distrito de Quiruvilca, Provincia Santiago de Chuco, esta es un área que se encuentra cerca de la relavera Santa Catalina de la minera Quiruvilca. Frente a lo mencionado se puede afirmar que el área seleccionada está contaminada con metales pesados. Los resultados presentados en la tabla 3 se muestra la comparación de las concentraciones promedio con los valores establecidos por D.S N.º 011-2017 MINAM ECA para suelo; el área de estudio presenta fuerte contaminación por distintos metales pesados, sin embargo para el presente estudio solo se está trabajado con tres, en la tabla se puede apreciar que el suelo del área de estudio tiene 397.45 mg/Kg de Arsénico, 20.05 mg/Kg de Cadmio y 136.02 mg/Kg de plomo, claramente estos valores indican que hay contaminación de suelos ya que las concentraciones de estos metales pesados superan los ECA- suelo. Así mismo es necesario precisar que los valores presentados en la tabla fueron extraídos de 2 trabajos de investigación realizados en el distrito de Quiruvilca; uno de ellos le corresponde a Llanos (2017) y el otro a Marcelo (2017). A demás afirmamos que existe contaminación de suelo, puesto que de acuerdo a un informe técnico de la Dirección de Calidad y Evaluación de Recursos Hídricos, señala que durante el periodo 2017 al 2018, en los puntos de muestreo ubicados en el ámbito de influencia de la Compañía Minera Quiruvilca S.A., existe concentraciones de aluminio, arsénico, cadmio, cobre, hierro, manganeso, plomo, zinc y sulfatos que superan los valores de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua (ECA-Agua). Se añade además que, “según las supervisiones especiales realizadas por la ANA se verificó vertimientos de aguas no tratadas provenientes de la unidad minera Quiruvilca. En tal sentido, bajo lo referido anteriormente confirmamos que el área

seleccionada está severamente contaminada por metales pesados.

En esta investigación al evaluar las ventajas de las características del suelo en los géneros *Amaranthus*, *Helianthus* y *Urtica*. Se obtiene como resultado que el MINAM clasifica al suelo de Quiruvilca como Regosol, y según las características que se presentan en las tablas 4, 5 y 6 estos son suelos con minerales muy débilmente desarrollados en materiales no consolidados, no tienen un horizonte mólico o úmbrico, no son muy someros ni muy ricos en gravas (Leptosoles), arenosos (Arenosoles) o con materiales flúvicos (Fluvisoles). Los Regosoles se encuentran extendidos por las tierras erosionadas, particularmente en áreas áridas y semiáridas y en terrenos montañosos. La fertilidad natural de estos suelos es baja; con niveles bajos de materia orgánica, niveles medios de nitrógeno total, medios en fósforo disponible, altos en potasio y saturación de bases de media a alta. Su aptitud está orientada a tierras de protección y forestales con fines de protección. Estas características indican que no podría desarrollarse ninguno de los tres géneros, sin embargo, estudios realizados por Llanos (2017) y Marcelo (2017), ambos en el distrito de Quiruvilca, los cuales en sus análisis físico-químico del suelo muestran un porcentaje de 3.4 a 3.65 de materia orgánica y un pH de 3.05 a 5.23 respectivamente, con una textura franco arenosa; también se encontraron Macro y Micro nutrientes como fosforo, potasio, calcio y magnesio en una cantidad de P (967.5 a 115.2), K (198.3 a 434.9), Ca (71 a 4858.1) y Mg (237 a 393.3); considerando los valores de la materia orgánica, macro y micro nutrientes presente se dice que es un suelo normalmente fértil para algunas especies vegetales, a pesar que sea un suelo ácido. Analizando estos resultados se deduce que el suelo regosol no es ventajoso para el desarrollo de ninguno de los tres géneros vegetales, sin embargo, los estudios realizados por los autores antes mencionados indican que el suelo de Quiruvilca si cuenta con las características necesarias para el desarrollo de las plantas.

Al realizar un diagnóstico de los estudios seleccionados (concentraciones iniciales), en base

al D.S N° 011-2017 MINAM - ECA para suelo. En la tabla 8, se muestra las concentraciones iniciales de metales pesados presentes en el suelo, las cuales al comparar con el D.S N.° 011-2017 MINAM ECA -suelo se puede notar que la concentración inicial de arsénico de los 6 trabajos de investigación que analizaron este metal 4 de ellos sobrepasan los Estándares de Calidad ambiental (ECA); en el caso del cadmio los 8 estudios sobrepasan los estándares, por último, la concentración de plomo de los 12 estudios analizados 9 superan los ECA. En este análisis comparativo vemos que a nivel nacional existen elevadas concentraciones de arsénico, cadmio y plomo los cuales superan los estándares de calidad ambiental (ECA-Suelo) en la categoría de suelo agrícola, por ello, el diagnóstico realizado es negativo, ya que habría presencia de contaminación de suelos debido a las actividades mineras realizadas en distintos lugares, por ejemplo García, Segura y Yaurivilca (2019) en su trabajo de investigación muestran que el suelo de la minera Atacocha- Cerro de Pasco se encuentra contaminado con plomo, cobre y zinc, los cuales superan excesivamente los estándares de calidad ambiental, así mismo Díaz (2017) manifiesta que en la Oroya existen contaminantes en el suelo, como arsénico, cadmio, plomo, mercurio, antimonio, superando los estándares nacionales e internacionales; si comparamos solamente el arsénico, supera 393 veces los estándares internacionales. Entonces, nos encontramos ante una problemática que tiene que ser atendida de una manera integral, otro hecho de contaminación de suelos se registra en Ancash en donde León (2017) señala que es el departamento donde existe mayor cantidad de pasivos ambientales mineros, por ende, la concentración de algunos metales pesados sobrepasa los ECA. Entonces, bajo el análisis de los resultados, confirmamos que el suelo está altamente contaminado por metales pesados y que la minería es la principal causante de este hecho.

Al comparar la eficiencia de los géneros *Amaranthus*, *Helianthus* y *Urtica*, en suelos contaminados por Cadmio, Arsénico y Plomo en el Perú. Los resultados obtenidos se

muestran en las figuras 2, 3 y 4; en la figura 2 se puede ver el nivel de eficiencia que tiene cada uno de los géneros en cuanto a remoción de Cadmio, en esta aprecia que el género vegetal *Urtica* presenta el porcentaje más alto de eficiencia (70.75%), seguido por *Amaranthus* con un valor de 64.86 % y por último el género vegetal *Helianthus* con un valor de 53.20% y un valor negativo de -2.64%. En la misma figura también se puede notar que el género vegetal *Amaranthus* presenta el valor promedio (mediana), más elevado en comparación con las otras dos plantas, por lo que podemos decir que el *Amaratnus* es más eficiente para fitoextraer cadmio en el suelo; por otro lado en la figura 3, se observa la eficiencia de las plantas respecto a la fitoextracción de Arsénico, esta indica que el género *Urtica* tiene el valor más alto de eficiencia, el cual es de 64.51%, *Helianthus* tiene 54.46% y el *Amaranthus* 11.66%, en cuanto a la mediana se puede apreciar que el género *Helianthus* es mayor en comparación a los otros dos géneros; y por último en la en la figura 4 se muestra las eficiencias de cada uno de los tres géneros en relación a la fitoextracción de plomo, en esta vemos que el género más eficiente es *Urtica* con un porcentaje de 92.94% , seguido por el género *Amaranthus* con 65.61 % de eficiencia y por ultimo *Helianthus*. Esto quiere decir que los tres géneros vegetales tienen la capacidad de remediar suelos contaminados con metales pesados y dependiendo del tipo de metal pesado algunas plantas muestran mayor eficiencia que otras, por ejemplo, para remover cadmio el género más eficiente es el *Amaranthus*, para el arsénico es el *Helianthus* y para plomo *Urtica*. Frente a lo mencionado, los tres géneros son eficientes para remover metales pesados. Por ejemplo, Trigo (2017) señala que *Amaranthus Hybridus* reducen el Cadmio significativamente mostrando un 65% y 55% de eficiencia según el número de plantas, asimismo indica que la asociación de *Amaranthus Hybridus* y Micorrizas Arbusculares pueden mostrar una alta eficiencia, pues las Micorrizas ayudan a la planta a ser más tolerante al suelo contaminado y generando vesículas que acumulan sustancias de reservas, como Nitrógeno lo cual ayuda a la planta a

tener un crecimiento potencial. Así mismo Peña y Beltrán (2012) indican que el *Helianthus annuus* L es una planta acumuladora de metales pesados y señala que la fitoextracción de metales pesados y metaloides por *Helianthus annuus* L, fue absorbida por las raíces (arsénico, cadmio, cobre, fierro, manganeso, plomo y zinc), seguido de las hojas, tallos, flores y semillas; también Yacolca (2017) en su estudio refiere que la ortiga (*Urtica urens*) tiene la capacidad de fitorremediar suelos contaminados con plomo, puesto que en su estudio muestra valores de absorción de plomo (Pb) que oscilan desde 49.50mg/kg en un tratamiento hasta 250 mg/kg en otro, señala también que la concentración de plomo es directamente proporcional a la biomasa de la Ortiga (*Urtica urens*) en suelos contaminados con plomo, ya que mientras mayor sea la biomasa más es la posibilidad de concentrar plomo en la planta e indica también que la capacidad de almacenar el plomo aumenta conforme aumenta la edad de la ortiga, así mismo Díaz (2017) sostiene que si la ortiga permanece más tiempo en el lugar contaminado puede acumular mayores niveles de metales pesados. Analizando estos resultados podemos ver que para aplicar alguna técnica de fitorremediación se debe tener en cuenta las variables específicas del sitio a restaurar, como características del suelo, niveles de contaminación, tipo de vegetación y clima. Tomando en cuenta estas variables el género vegetal a emplear es el *Amaranthus*, ya que conforme a (Pérez, 2012, p.1). Esta es una especie que tiene la capacidad de absorber metales pesados, en muchos casos es conocida como una maleza; y se desarrollaran mejor en suelos con pH ácido inferiores a 5,5 y se adapta a cualquier condición climática (bajas temperaturas y altas precipitaciones), características propias del distrito de Quiruvilca, las cuales no favorecen el desarrollo de *Urtica*, puesto que Pomboza et al. (2016), manifiesta que el género *Urtica* no se desarrolla en suelos con pH ácido; y para *Helianthus* las condiciones climáticas, principalmente la temperatura no favorece su crecimiento.

Finalmente se considera que esta propuesta es viable porque según (Bernal, 2014) y

Guevara, Cruz, Rivera, & Fuentes, (2018) la implementación de esta técnica generalmente no altera a los ecosistemas, se realiza sin atentar contra ellos, es una técnica pasiva, amigable y sostenible con el medio ambiente. Sin embargo, debe realizarse de forma controlada para evitar el paso de elementos en exceso a la cadena trófica.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación tuvimos las siguientes limitaciones. La principal restricción es la actual coyuntura ya que no podíamos reunirnos para desarrollar el trabajo y todo se desarrolló utilizando la tecnología, por lo que otra limitación fue la baja conexión a internet, debido a que nos encontramos en lugares alejados, donde es difícil acceder a este medio de comunicación.

CONCLUSIONES

- Se diseñó una propuesta ambiental de fitoextracción de metales pesados (arsénico, cadmio y plomo) a partir de la comparación de tres géneros vegetales, para la restauración de suelos contaminados por la minera Quiruvilca S.A – La libertad 2020.
- Luego del análisis de diferentes estudios de investigación sobre la eficiencia de la Fitoextracción de arsénico, cadmio y plomo utilizando géneros vegetales en suelos contaminados por actividades mineras en el Perú; se concluyó que la Fitoextracción es una técnica que puede ser utilizada para restaurar suelos dañados por metales pesados.
- Se concluyó que la eficiencia de la fitoextracción depende de factores como el tipo de especie de planta a utilizar, el tipo de metal a remover, el tipo de suelo y las condiciones climáticas del lugar
- De acuerdo a la comparación de las concentraciones iniciales de los resultados obtenidos de los trabajos seleccionados, con el D.S N° 011-2017 MINAM ECA para suelo se concluye que el diagnóstico es negativo, pues las concentraciones de arsénico, cadmio, y plomo sobrepasan los estándares de calidad ambiental.
- Conforme a los resultados de los trabajos científicos, se determinó que los tres géneros vegetales son eficientes para la remoción de metales pesados, sin embargo, se decidió usar el género *Amaranthus* ya que se adapta al tipo de suelo y a las condiciones climáticas del lugar de estudio.

RECOMENDACIONES

- Debido a las altas concentraciones de metales pesados encontrados en la mayoría de los estudios analizados se recomienda que las autoridades competentes realicen fiscalizaciones a las mineras, así como apliquen las sanciones correspondientes.
- Tener en cuenta que las condiciones climáticas, geológicas, etc. del lugar donde se va realizar el proceso de fitoextracción sean óptimas para el desarrollo del género a utilizar.
- Antes de realizar cualquier proceso de fitorremediación se debe realizar una caracterización del suelo.
- Para un correcto proceso de remediación se recomienda un constante monitoreo de crecimiento la planta anotando los cambios que pueda sufrir durante el tratamiento, y así adoptar medidas necesarias para evitar la mortalidad de las especies.
- Realizar el análisis de la capacidad fitoextractora en diferentes etapas de la especie, para determinar en cuál de ellas presenta mayor efectividad.

REFERENCIAS

- Aguinaga, M. (2019). *Inoculación de hongos micorrícicos orbiculares en Amaranthus sp. y su efecto en la biorremediación de suelo contaminado con plomo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque, Perú.
- Aimituma, k. y Ferrua, S. (2019). *Potencial Fitorremediador de especie Amaranthus Caudatus como alternativa para suelo contaminado con Plomo y Cromo* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- Amones, R & Barja, M. (2019). *Capacidad de acumulación de plomo de las especies adventicias Amaranthus quitensis, Chenopodium ambrosioides y Tagetes minuta en diferentes tipos de suelos* (Tesis de pregrado). Universidad Peruana Unión, Junín, Perú.
- Ángeles, M. (2008). *Caracterización y aplicación de biomasa residual a la eliminación de metales pesados* (Tesis doctoral). Universidad de Granada, Granada, España.
- Arana, M. (2009). El Caso de Derrame de Mercurio en Choropampa y los Daños a la Salud en la Población Rural Expuesta. *Scielo*, 26 (1), 113-118.
- Badía, D. (2021). ARASOL, programa interactivo para el estudio y clasificación de suelos. Recuperado de: <http://www.suelosdearagon.com/contenido.php?padre=3%7C30&IDContenido=30>
- Bazán, T. & Rojas, D. (2018). *Remoción de metales pesados con Huncus Arcticus y Urtica dioica en un relave minero, distrito Huamachuco - La libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Bernal, A. (2014). Fitorremediación en la recuperación de suelos: una visión general. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, Vol. 5, p. 245. <https://doi.org/10.22490/21456453.1340>
- Bolívar, R. (2014). *Tres especies de plantas bioacumuladoras de plomo en asociación con el cultivo de cebolla en suelos agrícolas contaminados con aguas del rio Chili en Tiabaya-*

- Arequipa* (tesis de pregrado). Universidad Nacional De San Agustín De Arequipa, Arequipa, Perú.
- Bonilla Valencia Sara María (2013). *Estudio para tratamiento de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación* (Tesis de pregrado). Universidad Politécnica Salesiana, Quito.
- Compañía Minera Quiruvilca S.A.C (2014). *Primera actualización de plan de cierre de Minas de la unidad Minera Quiruvilca*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/363036594/Actualizacion-Pcm-Quiruvilca-v3>
- Chamorro, L. (2019). *Capacidad fitorremediadora de Amaranthus blitum para remover plomo de relaves mineros de la provincia de Oyon, 2019* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Chaves, L. (2014). *Fitorremediación con especies nativas en suelos contaminados por plomo* (tesis de pregrado). Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Coronel, L., & Mallma, M. (2013). *Factores del conflicto socio ambiental entre empresa doerun y la sociedad civil en la ciudad de la oroya-región Junín* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo, Perú.
- Cortez, M & Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación* (pp. 26-28). Ciudad de Carmen, Campeche, México.
- Cotrina, H., Fonseca, E., Sánchez, L. & Zavaleta, K. (2018). *Influencia del Amaranthus en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por la minería en Shiracmaca – Huamachuco, La Libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Dammert, A. & Molinelli, F. (2007). *Panorama de la Minería en el Perú, Lima: OSINERGMIN*. Recuperado de http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/Institucional/Estudios_Eco

nomicos/Libros/Libro_Panorama_de_la_Mineria_en_el_Peru.pdf

- Díaz, M. (2017). *Capacidad de Acumulación de la ortiga (urtica urens) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Elías, J. (10 de julio del 2018). ANA Declara en Emergencia el Río Moche Afectado por Relaves. *La república*. Recuperado de: <https://larepublica.pe/sociedad/1275977-ana-declara-emergencia-rio-moche-afectado-relaves-mineros/>
- García, N., Segura, J. y Yaurivilca, A. (2019). Contaminación de los suelos por metales pesados y como actúa la fitorremediación en la CIA minera Atacocha- Cerro de Pasco 2019. Redacción científica y académica.
- Gonzales, J. (2010). *Fitorremediación: Una herramienta viable para la descontaminación de agua y suelos* (Tesis de pregrado). Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.
- González (2017). Uso de leguminosas (Fabaceae) en fitorremediación. Definiciones y problemática en la investigación científica en aspectos de fitorremediación de suelos. *Agro productividad*, 10 (4), pp. 58-60. Recuperado de
- González, I., López, M., & Romero, A. (2008). Problemática de los Suelos Afectados por la Explotación de Sulfuros. *Revista de la sociedad Española de mineralogía*, V (10), pp.61-75.
- Grandez, M. (2017). *Remoción de cadmio y plomo en suelos a orillas del Río Mantaro, Junín, mediante fitorremediación con girasol (helianthus annuus) y maíz (zea mays) usando enmiendas* (Tesis de pre grado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- Guerrero, K. (2015). *Fitoextracción de cadmio y plomo utilizando quelite (Amaranthus L.) y cinco agentes quelatantes* (Tesis de grado). Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Coahuila, México.
- Guevara, D., Cruz, N., Rivera, C., & Fuentes, K. (2018). Fitorremediación de suelos

- contaminados con Mn y Cu a partir de *Ocimum basilicum*. *Revista Latinoamericana El Ambiente y Las Ciencias*, 9(22): 76-89.
- Gutiérrez et al. (2011). Germinación del girasol silvestre (*Helianthus annuus L.*) en presencia de diferentes concentraciones de metales. *Rev. Lattiinoam Biiottecnoll Amb Allgall*, 2(1), 49-56.
- INGEMMET (2020). *Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico*. Recuperado de: <https://www.ingemmet.gob.pe/>
- Jaramillo, D. (2002). *Introducción a la ciencia del suelo*. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/2242/1/70060838.2002.pdf>
- Labra, S. (2018). *Fitoextracción con Helianthus annuus L. (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.
- León, V. (2017). *Capacidad fitorremediadora de especies alto andinas para suelos contaminados por metales pesados procedentes de la compañía minera Lincuna SAC, en condiciones de invernadero, 2015-2016* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Santiago Antúnez De Mayolo, Huaraz, Perú.
- Lizarbe, K. & Rivera, Y. (2013). *Optimización del crecimiento del Helianthus Annhus L (Girasol) para la fitoextracción de plomo, zinc y cadmio de relaves minero artesanal del caserío de Zarumilla, Patáz* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Llanos, C. (2017). *Capacidad fitoextractora de Amaranthus L. y micorrizas en suelos contaminados con metales pesados, Sector Shorey, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Marcel, J. (2017). *Capacidad fitorremediadora de Urtica urens L. en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad* (Tesis de

- pre grado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Melgarejo, M. (2018). *Efecto de los microorganismos eficientes en la actividad fitoextractora de Helianthus annuus l. en suelos contaminados con metales pesados por minería en Samne* (Tesis de pre grado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Mogollón, C., Parrilla, Y., Soter, P. & Valderrama, D. (2018). *Remoción de metales pesados con Urtica urens L. en suelos contaminados del distrito de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión, La libertad* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Trujillo, Perú.
- Montenegro, G. (2018). *Reunión con los Representantes de los Trabajadores de la Compañía Minera S.A.* (pp. 20,21). Lima. Recuperado de: [http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/MesaDirectiva/sipfr2011.nsf/D3C3B68A3EAFEF5E052582490077C80E/\\$FILE/MontenegroFiguroa_ENE2018.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/Sicr/MesaDirectiva/sipfr2011.nsf/D3C3B68A3EAFEF5E052582490077C80E/$FILE/MontenegroFiguroa_ENE2018.pdf)
- Munive, R. (2018). *Recuperación de suelos degradados por contaminación con metales pesados en el Valle del Mantaro mediante compost de Stevia y fitorremediación* (Tesis doctoral). Universidad Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Ochoa, S & Molina, A. (2018, 19 de Septiembre). Estadística. Tipos de variables. Escalas de medida. Recuperado de https://evidenciasenpediatria.es/files/41-13363-RUTA/Fundamentos_29.pdf
- Ortiz, H., Trejo, R., Valdez, R., Arreola, J., Flores, A., & López, B. (2009). Fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus L.*) y micorrizas. *Revista Chapingo Serie Horticultura. Scielo*, XV (2), 161–168.
- Paiva, G. (2012). *Fitorremediación De Suelos Contaminados Con Plomo Utilizando Amaranthus Spinosus – Amaranthaceae en el Cusco del 2012* (Tesis doctoral). Universidad Católica De Santa María del Perú, Arequipa, Perú.
- Papuico, K. (2018). *Técnica de fitorremediación en la extracción de metales pesados con la*

- planta yaluzai (senecio rudbeckiaefolius) en la relavera de Quiulacocha del distrito de Simón Bolívar de Rancas* (Tesis Doctoral). Universidad Nacional Daniel Alcides, Pasco, Perú.
- Peña, F. & Beltrán, E. (2019). Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando *Helianthus annuus* L. en la Estación Experimental El Mantaro. *Prospectiva Universitaria*, 9(1), 31-45. <https://doi.org/10.26490/uncp.prospectivauniversitaria.2012.9.34>.
- Peña, I. (2019). *Evaluación De La Capacidad De Absorción Del Helianthus Annuus, Como Agente Fitorremediador De Suelos Contaminados Con Plomo* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, Lima, Perú.
- Pérez, M. (2012, 13 de Diciembre). “*Amaranthus hybridus*” Obtenido de <http://www.botanicayjardines.com/amaranthus-hybridus/>
- Pomboza, P., Quisintuña, L., Dávila, M., Llopis, C., Vásquez, C. (2016). Hábitats y usos tradicionales de especies de *Urtica* l. en la cuenca alta del Rio Ambato, Tungurahua-Ecuador. *J Selva Andina Biosph.*2016; 4(2):48-58.
- Reategui, L y Reategui, C, (2018). *Capacidad de absorción del Helianthus Annuus en suelos agrícolas contaminados con cadmio* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional del Callao, Lima, Perú.
- Rodrigo, D. (2018). *Capacidad fitorremediadora de la especie Helianthus annuus mediante la incorporación de enmiendas a suelos contaminados por metales pesados (Plomo, Cromo) de Industrias Metalmecánicas* (Tesis de Licenciatura). Universidad Peruana Unión, Lima, Perú.
- Rodríguez, N., McLaughlin, M. & Pennock, D. (2019). *La contaminación del suelo: una realidad oculta*. Roma. Lead del pennock.
- Romero, K. (2009). Contaminación por metales pesados. *Revista Científica Ciencia Médica*

SCEM, 12(1), 45-46.

Rumaldo, M. (2019). *Descontaminación de Suelos con plomo usando Urtica urens y Fuertesimalva echinata Fertilizada con gallinaza en el Callao* (Tesis de pregrado).

Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Sabino, C. (2014). *El proceso de investigación*. Guatemala, Episteme.

Salas, J. (2014). *Optimización de la separación Pb - Cu a base de CNNa en planta concentradora compañía minera Quiruvilca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional san Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

SENAMHI (2020). *El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú*. Recuperado de: <https://www.senamhi.gob.pe/>

Tello, L. (2018). *Eficiencia del Amaranthus caudatus como fitoextractor del plomo en suelos contaminados de los grandes parques de Lima Metropolitana* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Ticona, C. (2019). *Análisis de estabilidad física para el cierre definitivo del depósito de relaves santa catalina - mina Quiruvilca* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú.

Trigoso, D. (2017). *Reducción de cadmio en suelos contaminados a través de Amaranthus Hybridus y Micorrizas Arbusculares en la Región Huánuco, 2017* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Valencia, G. (2017). *Fitorremediación por Helianthus annuus. L en la disminución de cobre en los suelos mineros de cuculí para uso agrícola* (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Yacolca, M. (2017). *Capacidad fitorremediadora de la ortiga (Urtica urens) en suelos contaminados con plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel-*

Cerro de Pasco 2017 (Tesis de pregrado). Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Yauri, C. (2014). *Estudio de técnicas electroquímicas para la remediación de suelos* (Tesis
Licenciado en Química). UNI, Lima, Perú.

ANEXOS

Tabla 13

Trabajos de investigación referentes al tema

Anexo 1. Trabajos de investigación referentes al tema

N°	AUTOR	TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	AÑO	LUGAR DE ESTUDIO	ESPECIE DE PLANTA	PH DE SUELO	METALES PESADOS ANALISADOS	RESULTADOS (ppm)	
								CC. Inicial	CC. Final
1	Chamorro G. Leonel	“Capacidad fitorremediadora de <i>Amaranthus blitum</i> para remover plomo de relaves mineros de la provincia de Oyon”	2019	Oyon	<i>Amaranthus blitum</i>	7.27	Plomo	C1=956 C2=1133 C3=1169 C4=1221	C1=903 C2=1030 C3=1103 C4=1118
2	Trigoso P. Doraliz	Reducción de cadmio en suelos contaminados a través de <i>Amaranthus Hybridus</i> y Micorrizas Arbusculares en la Región Huánuco	2017	Huánuco	<i>Amaranthus hybridus</i>	5.22	Cadmio	1.48	T3 (16 Plantas)=0.52 T4=(8 Plantas)=0.67
3	Llanos G. Cynthia	Capacidad fitoextractora de <i>Amaranthus hybridus L.</i> y micorrizas en suelos contaminados con metales pesados, Sector Shorey, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad	2017	Santiago de Chuco	<i>Amaranthus hybridus</i>	3.05	Arsénico Cadmio Cobre Plomo	Arsénico: 734.5 Cadmio: 38.63 Cobre: 2012.2 plomo: 262.16	Arsénico: 667.53 Cadmio 22.35 Cobre: 1666.1 Plomo: 261.92
4	Cotrina C. Roger; Fonseca D. Eliana; Sánchez C. Laura & Zavaleta G. Karla	"Influencia del <i>Amaranthus hybridus</i> en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por la minería en Shiracmaca – Huamachuco, La Libertad"	2018	Sánchez Carrión	<i>Amaranthus hybridus</i>	7.84	Arsénico Cobre Plomo	Arsénico: 3937 Cobre: 147.9 Plomo: 5008	6P: A=3566 C=140.1 P= 4746 4P: A= 3478 C= 139.8 P= 4599 2P: A= 3716 C=144.1 P= 4909
5	Amones L. Ruth & Barja P. Mirella	Capacidad de acumulación de plomo de las especies adventicias <i>Amaranthus quitensis</i> , <i>Chenopodium ambrosioides</i> y <i>Tagetes minuta</i> en diferentes tipos de suelos	2019	Junín	<i>Amaranthus quitensis</i>	7.68	Plomo	plomo: 397.63	Plomo: 136.75
6	Paiva P. Greta	Fitorremediación De Suelos Contaminados Con Plomo Utilizando <i>Amaranthus Spinosis</i> – Amaranthaceae En Cusco Del 2012	2012	Arequipa	<i>Amaranthus spinosus</i>	5.2	Plomo	C1= 600 C2= 400 C3= 200	C1 absorbe 0,717699 veces más que a la C2. C1 absorbe 1,240647 veces más que a la C3. C2 absorbe 0 ,522948 veces más que la C1
7	Bolívar R. Ricsi	Tres especies de plantas bioacumuladoras de plomo en asociación con el cultivo de cebolla en suelos agrícolas contaminados con aguas del río chili en Tiabaya-Arequipa	2014	Arequipa	<i>Amaranthus hybridus</i>	7.2	Plomo	50	47.39
8	Aguinaga A. Mary	Inoculación de hongos micorrízicos arbusculares en <i>Amaranthus sp.</i> y su efecto en la biorremediación de suelo contaminado con plomo	2019	Lambayeque	<i>Amaranthus sp.</i>	7	Plomo	253.58	195.81

9	Tello P. Lily	Desarrollar una alternativa de fitoextracción eficiente en plomo usando <i>Amaranthus caudatus</i> en los suelos contaminados de los grandes parques de Lima Metropolitana.	2018	Lima	<i>Amaranthus caudatus</i>	7.4	Plomo	El Bolívar (170) Campo de Marte (226) Pentagonito (159) Leyendas (234.5) Huachipa (266) Kennedy (56-78)	<i>Amaranthus caudatus</i> es una planta acumuladora de plomo con una proporción de extracción de 59 a 87 % en la parte foliar, 7 a 15% en tallos y 4 a 15 % en la inflorescencia.
10	Aimituma, K & Ferrua, S	Potencial Fitorremediador de especie <i>Amaranthus Caudatus</i> como alternativa para suelo contaminado con Plomo y Cromo	2019	Lima	<i>Amaranthus Caudatus</i>	7.3	Plomo	T1 (Pb)=51.32 T2 (Pb)=500 T3 (Pb)=1200	T1 (Pb)=12.6 T2 (Pb)=225 T3 (Pb)=720
11	Rodrigo, D.	Capacidad fitorremediadora de la especie <i>Helianthus annuus</i> mediante la incorporación de enmiendas a suelos contaminados por metales pesados (Plomo, Cromo) de Industrias Metalmeccánicas	2018	Lima	<i>Helianthus annuus</i>	7.8	Plomo	T1 =305.02 T2 =220.07 T3 =130.64 T4 = 94.34	T1 = 90.07 T2 = 137.89 T3 = 75.54 T4 = 46.09
12	Grandez, M.	Remoción de cadmio y plomo en suelos a orillas del río Mantaro, Junín, mediante fitorremediación con girasol (<i>Helianthus annuus</i>) y maíz (<i>Zea mays</i>) usando enmienda.	2017	Junín	<i>Helianthus annuus</i>	8.26	Cadmio y Plomo	Pb = 2.88 Cd =518.26	Pb = 2.77 Cd = 418.75
13	Peña, F & Beltran M.	Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando <i>Helianthus annuus L</i> en la estación experimental el Mantaro.	2012	Junín	<i>Helianthus annuus</i>	6.91	Arsénico, cadmio, cobre y plomo	Lote A = As (48.3), Cd (4.28), Cd (60) y Pb (111.5) Lote B = As (32.50), Cd (3.99), Cu (31.6) y Pb (54.5) Lote C = As (26), Cd (3.03), Cu (33.2) y Pb (44,2)	Lote A = As (25), Cd (2.19), Cd (29.6) y Pb (60.07) Lote B = As (14.8), Cd (2.59), Cu (24.7) y Pb (39.1) Lote C = As (18.6), Cd (3.11), Cu (29.6) y Pb (43.6)
14	Labra, S.	Fitoextracción con <i>Helianthus annuus L.</i> (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018	2018	Lima	<i>Helianthus annuus L.</i>	7.58	Cadmio	T1=13.17 T2=22.60 T3=29.63 T4=50.33	T1=12.70 T2=15.77 T3= 25.17 T4= 43.73
15	Melgarejo, M.	Efecto de los microorganismos eficientes en la actividad fitoextractora de <i>Helianthus annuus l.</i> en suelos contaminados con metales pesados por minería en Samne.	2018	Otuzco	<i>Helianthus annuus l.</i>	5.55	Cadmio, Plomo y cobre	Cd = 5.58 Pb= 18.85 Cu= 105.28	Cd = 4.7 Pb= 10.35 Cu = 73.8
16	Bolívar R. Ricsi	Tres especies de plantas bioacumuladoras de plomo en asociación con el cultivo de cebolla en suelos agrícolas contaminados con aguas del río Chili en Tiabaya-Arequipa.	2014	Arequipa	<i>Helianthus annuus</i>	7.2	Plomo	50	49.86
17	Peña, I.	Evaluación de la capacidad de absorción del <i>Helianthus annuus</i> , como agente fitorremediador de suelos contaminados con plomo	2019	Lima	<i>Helianthus annuus</i>	7.25	Plomo	T1=700 T2=1200	T1=370.2 T2= 459.1

18	Reategui, B. & Reategui, C.	Capacidad de absorción del <i>helianthus annuus</i> en suelos agrícolas contaminados con cadmio	2018	Canta	<i>Helianthus annuus</i>	7.54	Cadmio	Dosis 1=10 Dosis 2=80 Dosis 3 =160	Dosis 1=4.68 Dosis 2=57 Dosis 3 =93.152
19	Valencia, G.	Fitorremediación por <i>Helianthus annuus</i> L. en la disminución de cobre en los suelos mineros de cuculí para uso agrícola	2017	Lambayeque	<i>Helianthus annuus l.</i>	8.97	Cobre	2.753	1.247
20	Lizarbe, K. & Rivera Y.	Optimización del crecimiento de <i>Helianthus annuus</i> L. (girasol) para la fitoextracción de plomo, zinc y cadmio de relaves minero artesanal del caserío de Zarumilla, Pataz	2013	Pataz	<i>Helianthus annuus l.</i>	7.9	Cadmio y Plomo	Cd =17.38 Pb= 3178.29	Cd =9.37 Pb= 2099.1
21	Bazan, T. & Rojas, D.	Remoción de metales pesados con <i>Juncus arcticus</i> y <i>Urtica dioica</i> en un relave minero, distrito Huamachuco - La libertad	2018	Sánchez Carrión	<i>Urtica dioica</i>	8.3	Arsénico, Cadmio y Plomo	As =433,08 Cd =11,42 Pb =142	As =287.12 Cd =3.34 Pb = 96.33
22	Días, M.	Capacidad de Acumulación de la ortiga (<i>Urtica urens</i>) para la fitorremediación de suelos contaminados con plomo en la Oroya, Junín, 2017	2017	Junín	<i>urtica urens</i>	7.8	Plomo	1119.51	1010,05
23	Marcelo, J.	Capacidad fitorremediadora de <i>Urtica urens</i> L. en suelos con metales pesados del sector Campanario, Quiruvilca, Santiago De Chuco, La Libertad	2017	Santiago de Chuco	<i>Urtica urens L.</i>	5.23	Arsénico y Cobre	As =60.4 Cu =151.9	As =37.7 Cu =76.43
24	Yacolca, M.	Capacidad fitorremediadora de la ortiga (<i>Urtica urens</i>) en suelos contaminados con plomo por pasivo ambiental ubicado en la localidad de San Miguel-Cerro de Pasco 2017	2017	Pasco	<i>Urtica urens</i>	6.7	Plomo	M1=424,84 M2=405,88 M3=473,41 M4=364,61	M1=324,55 M2=229,95 M3=229,78 M4=245,62
25	Rumaldo, M.	Descontaminación de Suelos con plomo usando <i>Urtica urens</i> y <i>Fuertesimalva echinata</i> Fertilizada con gallinaza en el Callao	2019	Lima	<i>Urtica urens</i>	7.75	Plomo	980	683,23
26	Mogollón, C., Parrilla, Y., Soter, P. & Valderrama, D.	Remoción de metales pesados con <i>Urtica Urens</i> L. en suelos contaminados del distrito de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión, La libertad.	2018	Sánchez Carrión	<i>Urtica Urens L.</i>	5.71	Arsénico, Cadmio y Plomo	As =48,10 Cd = 1,99 Pb =34,12	As =17,07, 42,53 y 33,8 Cd = 1,62, 1,59 y 1,63 Pb (T3)= 12,41, 33,97 y 27,03

Anexo 2. Normativa ECA para suelo

14 **NORMAS LEGALES** Sábado 2 de diciembre de 2017 /  **El Peruano**

ANEXO
ESTÁNDARES DE CALIDAD AMBIENTAL (ECA) PARA SUELO

Parámetros en mg/kg PS ⁽²⁾	Usos del Suelo ⁽¹⁾			Métodos de ensayo ^{(7) y (8)}
	Suelo Agrícola ⁽⁵⁾	Suelo Residencial/ Parques ⁽⁴⁾	Suelo Comercial ⁽⁶⁾ y Industrial/ Extractivo ⁽⁶⁾	
ORGÁNICOS				
Hidrocarburos aromáticos volátiles				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 ⁽⁹⁾ EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos ⁽¹⁰⁾	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
Hidrocarburos poliaromáticos				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
Hidrocarburos de Petróleo				
Fración de hidrocarburos F1 ⁽¹¹⁾ (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fración de hidrocarburos F2 ⁽¹²⁾ (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fración de hidrocarburos F3 ⁽¹³⁾ (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
Compuestos Organoclorados				
Bifenilos policlorados - PCB ⁽¹⁴⁾	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
INORGÁNICOS				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total ⁽¹⁵⁾	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 ⁽¹⁶⁾
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

Notas:

[**] Este símbolo dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para el uso de suelo agrícola.

(1) **Suelo:** Material no consolidado compuesto por partículas inorgánicas, materia orgánica, agua, aire y organismos, que comprende desde la capa superior de la superficie terrestre hasta diferentes niveles de profundidad.

(2) **PS:** Peso seco.

(3) **Suelo agrícola:** Suelo dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados. Es también aquel suelo con aptitud para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas.

(4) **Suelo residencial/parques:** Suelo ocupado por la población para construir sus viviendas, incluyendo áreas verdes y espacios destinados a actividades de recreación y de esparcimiento.

(5) **Suelo comercial:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla está relacionada con operaciones comerciales y de servicios.

(6) **Suelo industrial/extractivo:** Suelo en el cual la actividad principal que se desarrolla abarca la extracción y/o aprovechamiento de recursos naturales (actividades mineras, hidrocarburos, entre otros) y/o, la elaboración, transformación o construcción de bienes.

(7) Métodos de ensayo estandarizados vigentes o métodos validados y que cuenten con la acreditación nacional e internacional correspondiente, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo de la *International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)*. Los métodos de ensayo deben contar con límites de cuantificación que estén por debajo del ECA.

Anexo 3: Propuesta ambiental tomando referencia al contenido del plan de descontaminación de suelos del MINAM

PROPUESTA DE FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO *Amaranthus sp.* PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A – LA LIBERTAD.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1.Contexto de las actividades de la minera Quiruvilca en el área o zona a tratar

En el Perú desde la década de 1990, en el ámbito mundial, la actividad minera se ha incrementado considerablemente con respecto a las décadas anteriores. El Perú ha sido uno de los territorios en los que más se ha expandido. Las principales empresas mineras ubicadas alrededor de la cuenca alta del río Moche son: mina “La Arena”, “Barrick” (principal extractora de oro), “Mina el Toro” y finalmente “Compañía minera Quiruvilca”.

Mientras que por la cuenca baja se encuentran: el “Centro minero Chacchit” y el “Centro minero Cajamarca” ubicados en Simbal, siendo estas (principales extractores de yeso y cal). Teniendo en cuenta que, en el proceso de extracción de minerales, los minerales de interés no están de forma pura en la naturaleza, estos vienen acompañados con otros metales como el cromo, cobre, plomo, zinc, arsénico, hierro, etc., estos terminan en los relaves mineros, y que además por infiltración y escorrentía recorren toda la cuenca, es decir iniciando desde la parte alta, seguida de la cuenca media y terminando en la cuenca baja. Uno de los factores que conlleva a que las empresas mineras sigan en ésta actividad es la gran demanda mundial que los metales pesados que se ha ido incrementando de manera dramática desde los años noventa, llegando a tasas de crecimiento de alrededor del 180% en promedio durante el periodo 2001-2006, donde resaltan los casos del cobre y del zinc que llegaron a triplicar sus precios. (Dammert & Molinelli, 2007).

Sin embargo, las consecuencias de la actividad minera para el medio ambiente son

catastróficas debido a la dispersión de los relaves mineros que se emite al agua y suelo, perjudicando una serie de ecosistemas y la pérdida de recursos no renovables. De los componentes ambientales contaminados el que tiene un mayor impacto significativo es el suelo debido a que un medio inmóvil que consecuentemente provoca la estadia de los contaminantes durante un cuantioso tiempo, esto genera un impacto nocivo más aún si los contaminantes son inorgánicos, como los metales pesados, debido a su paulatina degradación. Esta situación genera una amenaza no solo para la salud humana si no que equidistantemente a los ecosistemas. Estas actividades antrópicas originan abundante residuos pétreos y lodos que contienen metales pesados, los cuales son almacenados en el terreno minero. Lo que causa que el suelo procedente de mina se degrade o se pierda irreversiblemente (Marcelo, 2017).

La Compañía Minera Quiruvilca S.A. abandonó las operaciones desde el 19 de diciembre del 2017, aduciendo insolvencia operativa y que la mina venía reportando pérdidas desde el año 2012, el cierre de la mina afecto a más de 10 mil familias entre urbanas y rurales del distrito de Quiruvilca, que viven directa o indirectamente de la minería que allí se desarrollaba, además de ello lo más preocupante en la actualidad es la existencia de depósitos de grandes relaves que fueron abandonados, generando un riesgo inminente debido que al ser la zona expuesta a fuertes lluvias, estas provocarían el rebalse de los relaves, en efecto graves consecuencias ambientales, como la contaminación de toda la cuenca del río Moche, río que; durante su recorrido hasta su desembocadura en el mar del litoral trujillano abastece de agua a toda la zona agrícola del ande liberteño y gran parte del Valle Santa Catalina (Montenegro, 2018). De todo esto el punto más crítico por la falta de cierre de mina es la relavera, que ha conllevado a declarar en emergencia la cuenca Moche por parte de la Autoridad Nacional del Agua.

Así mismo , al permanecer la relavera como un pasivo ambiental, el suelo del área de estudio está en condición crítica pues como ya se ha mencionado y citado trabajos de investigación realizados en lugares cerca de la relavera, donde estos trabajos muestran concentraciones de metales pesados que superan notablemente los valores establecidos en el ECA-suelo y para poder diseñar la presente propuesta se ha realizado una caracterización del suelo del área de estudio, la cual se evidencia en la tabla 23, con la cual se demuestra que si, efectivamente hay gran presencia de metales pesados.

1.2.JUSTIFICACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, la actividad minera es una de las principales fuentes económicas en nuestro país, pero a su vez es una de las actividades que generan la mayor parte de impactos ambientales negativos en nuestro territorio y el tratamiento de los recursos dañados como el suelo, son dificultosos y de elevados costos. Es por ello que el uso de tratamientos eco tecnológicos como la Fitoextracción resulta ser una de las alternativas más viables. Además, el presente trabajo se justifica porque busca aportar con una propuesta ambiental positiva de solución ante la contaminación de suelos por metales pesados derivados de la actividad minera mediante la utilización de *Amaranthus*, género vegetal que se puede desarrollar en suelos con pH ácidos, tal como lo es el suelo del área de estudio, además se puede adaptar perfectamente a las condiciones climatológicas de este lugar.

CAPITULO II: ESTUDIO DE CARACTERIZACIÓN

2.1. INFORMACIÓN DEL LUGAR CONTAMINADO

2.1.1. Ubicación del lugar

Ubicación Política:

Departamento: La Libertad

Provincia: Santiago de Chuco

Distrito: Quiruvilca

Ubicación geográfica:

Tabla 14

Coordenadas de ubicación del área de estudio

VERTICE	ESTE	NORTE
1	796669.82	9112192.59
2	796762.49	9112264.02
3	796799.48	9112180.24
4	796708.07	9112116.86

(Ver Anexo 06: Mapa de ubicación).

2.1.2. Descripción del sitio contaminado

El área de estudio se encuentra en una zona rural, donde algunos de los pobladores que se dedican a la ganadería manifiestan que sus animales se ven afectados debido a la presencia de altas concentraciones de metales pesados y otros contaminantes; pues según el muestreo de identificación realizado, el área si se encuentra contaminada por metales pesados, ya que se encuentra a escasos metros de la relavera Santa Catalina, de la minera Quiruvilca, la cual en el año 2017 abandono sus operaciones sin realizar el cierre correspondiente de la relavera, quedando esta como un pasivo ambiental.

2.1.3. Uso actual del sitio contaminado

El área de estudio al estar a escasos metros de un pasivo ambiental no se debería de usar para ninguna actividad, sin embargo, algunos pobladores usan el lugar como zona de pastoreo, pero señalan que su ganado poco a poco está muriendo.

2.1.4. Descripción de las condiciones geológicas climáticas e hidrológicas.

GEOMORFOLOGÍA Y TOPOGRAFIA

Los diversos procesos morfológicos que actualmente modelan el paisaje de la región tienen un origen natural, tal análisis, presenta especial importancia para la identificación de los eventuales impactos del medio y los recursos naturales, incluso aquellos referidos a la seguridad física, por los trabajos que se realizan. Distritalmente el área del proyecto se encuentra dentro de montañas y colinas en roca volcánica (RMC-rv), caracterizada por contar con superficies de pendiente media a moderada, con presencia de frentes escarpados a abruptos. Su distribución en el distrito de Quiruvilca ocupa el 63% de la parte Sur del distrito. (Ver anexo 07).

En cuanto a la topografía se caracteriza por la presencia de cimas elevadas y accidentadas con pendientes suaves y pronunciadas, además de contar con ríos que dan inicio a la cuenca Alta del Rio Moche

El área de estudio presenta una topografía de pendientes suaves; encontrándose dominada por un paisaje alto andino típico, con presencia de laderas, faldas de cerros, cimas, cerros, planicies, afloramientos rocosos y zonas muy escarpadas. (Ver anexo 08)

CLIMA Y METEOROLOGÍA

Para la caracterización climática del área de estudio se ha empleado información de la estación meteorológica ubicada en el Distrito de Quiruvilca, el cual esta administrado por el SENAMHI, en la tabla 15 se muestran las características de la estación meteorológica.

En cuanto a la topografía se caracteriza por la presencia de cimas elevadas y accidentadas con pendientes suaves y pronunciadas, además de contar con ríos que dan inicio a la cuenca Alta del Rio Moche

El área de estudio presenta una topografía de pendientes suaves; encontrándose dominada por un paisaje alto andino típico, con presencia de laderas, faldas de cerros, cimas, cerros, planicies, afloramientos rocosos y zonas muy escarpadas. (Ver anexo 08).

CLIMA Y METEOROLOGÍA

Para la caracterización climática del área de estudio se ha empleado información de la estación meteorológica ubicada en el Distrito de Quiruvilca, el cual esta administrado por el SENAMHI, en la tabla 15 se muestran las características de la estación meteorológica.

Tabla 15

Ubicación de la estación meteorológica

Estación Meteorológica	Tipo de Estación	Coordenadas	Altitud (msnm)	Ubicación		
				Dep.	Provincia	Distrito
Quiruvilca	Convencional	78°18'28.48 O	4047	La	Santiago de	Quiruvilca
		8°0'15.2' S		Libertad	Chuco	

Fuente: SENAMHI

✓ Temperatura

Los registros de la estación de Quiruvilca establecen una temperatura promedio anual de 7.09 °C, con un valor promedio máximo anual de 15.58 °C y un valor promedio mínimo anual de 1.89 °C, sin embargo, la fluctuación de la temperatura entre la mínima y la máxima es de 13.68 °C evidenciando que no hay una uniformidad térmica a lo largo del año. Este contraste se debe ya que en las noches se da el fenómeno físico – meteorológico llamado Roció que consiste en la condensación de la humedad del aire seco en formas de gotas por la brusca disminución de la temperatura.

Tabla 16

Registro de Temperatura – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017-2020).

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PROM.	6.95	7.19	7.17	7.24	7.25	7.19	6.91	7.20	7.04	6.84	7.18	6.92
MAX.	15.70	15.00	14.00	14.58	14.63	18.15	15.00	15.73	15.38	18.83	15.48	14.45
MIN.	1.35	1.83	2.15	2.45	2.63	2.03	1.43	1.68	1.88	1.23	2.00	2.08

Fuente: SENAMHI

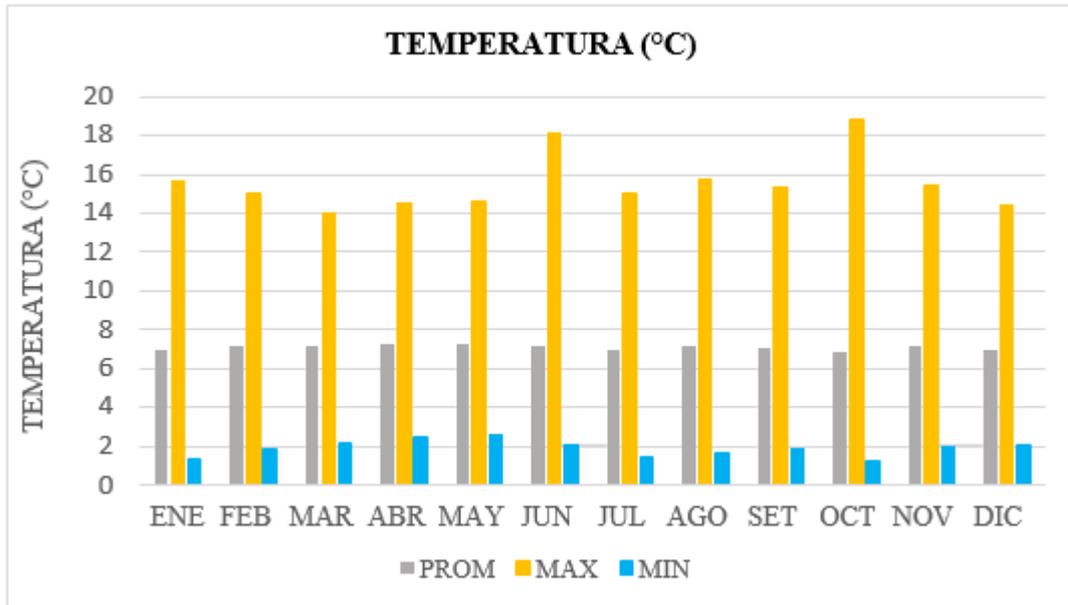


Figura 5. Comportamiento de la Temperatura – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017-2020)

Fuente: SENAMHI

✓ Precipitación

Las precipitaciones representativas de la zona de estudio y su variación temporal se calcularon mediante análisis de registros históricos de la estación Quiruvilca.

En la tabla 17 se presenta los valores máximos, mínimos y medios de precipitación por mes. Se puede observar una mayor precipitación en el mes de octubre. De los promedios anuales se puede evidenciar la presencia de años con precipitaciones mínimas de 0.10 mm mientras que el promedio de la precipitación máxima anual es de 7.68 mm.

Tabla 17

Registros de Precipitación - Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PROM.	0.935	0.91	0.96	0.97	0.87	1.01	0.78	1.07	1.03	1.11	0.92	1.03
MAX.	9.1	8.90	8.28	6.93	8.85	10.58	2.53	4.38	5.80	12.63	7.48	6.70
MIN.	0.1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10

Fuente: SENAMHI

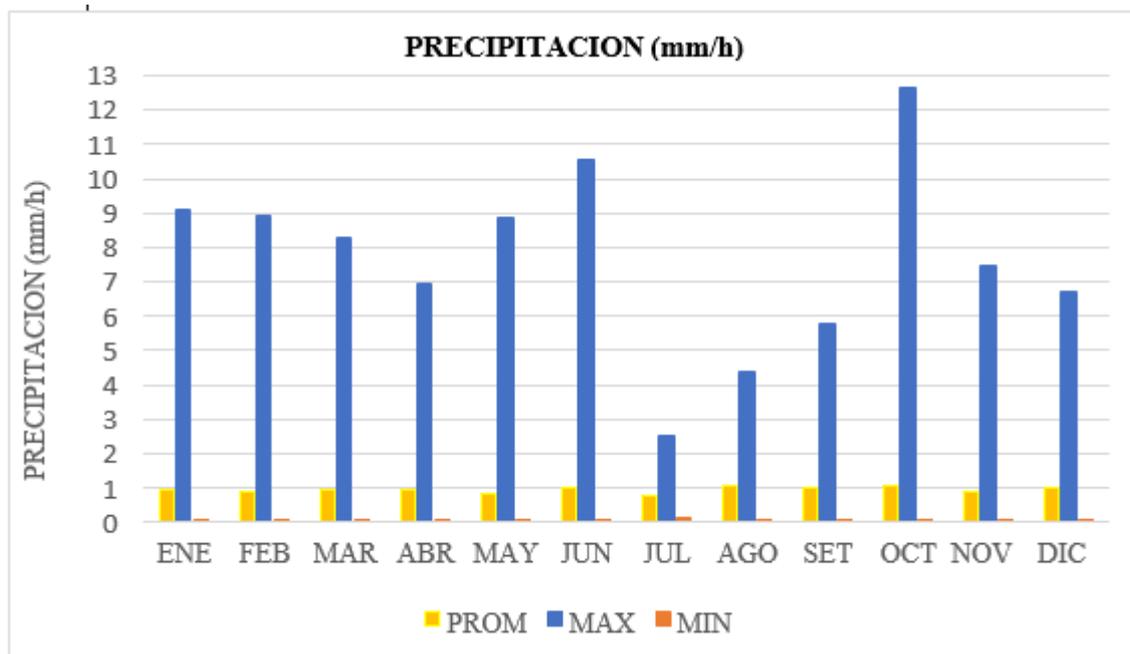


Figura 6. Comportamiento de la Precipitación – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)

Fuente: SENAMHI

✓ **Velocidad del Viento**

El promedio anual para el periodo de registro de enero de 2017 a diciembre del 2020 en lo correspondiente a la velocidad media del viento es de 2.36 m/s, siendo mayo y junio los meses donde se registra mayor intensidad. En la tabla 18, se muestra el comportamiento mensual de la velocidad del viento.

Tabla 18

Registro de la Velocidad del Viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PROM.	2.4584	2.07	2.29	2.35	2.33	3.28	2.44	2.85	2.54	2.10	1.83	1.74
MAX.	9	7.83	7.88	8.50	9.23	11.90	7.93	7.80	8.18	7.43	5.70	6.15
MIN.	0.1	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.13	0.10	0.10	0.10	0.10	0.08

Fuente: SENAMHI

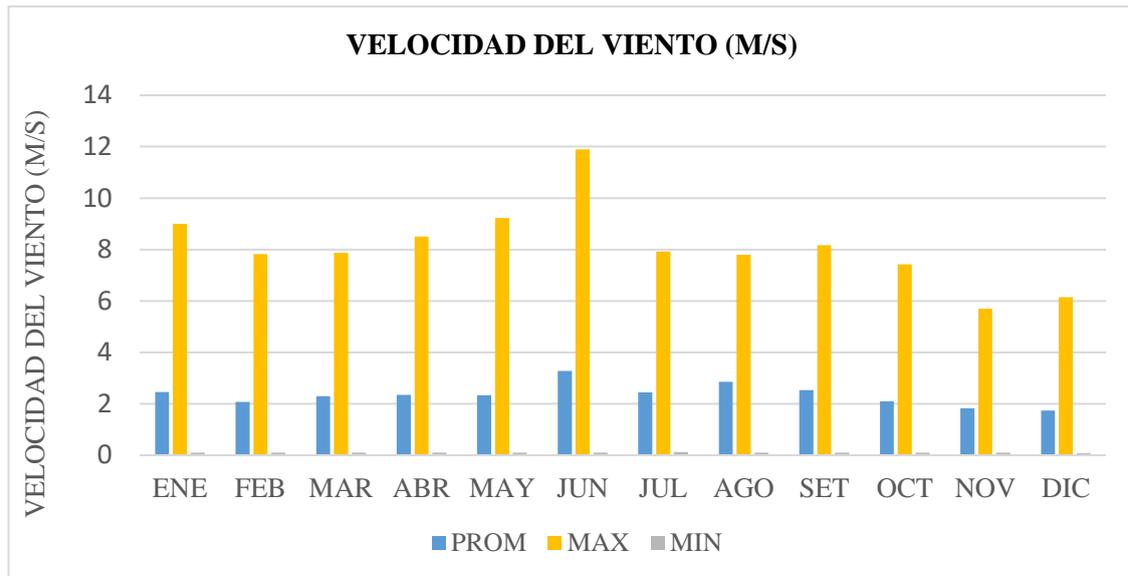


Figura 7. Comportamiento de la Velocidad – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)

Fuente: SENAMHI

✓ **Dirección del viento**

La dirección predominante del viento es de SE, como se evidencia en la figura 9; contando con una distribución de frecuencia de velocidad de viento de 3.50 a 5.70 ver figura 10.

Tabla 19

Registro de la Dirección del Viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PROM.	144.96	162.89	146.29	131.65	127.99	108.45	106.87	112.60	115.12	142.97	156.27	153.82
MAX.	359.5	359.75	359.50	359.50	359.75	359.75	359.75	360.00	359.75	359.50	359.25	358.25
MIN.	1.5	1.50	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.25	1.50	1.50

Fuente: SENAMHI

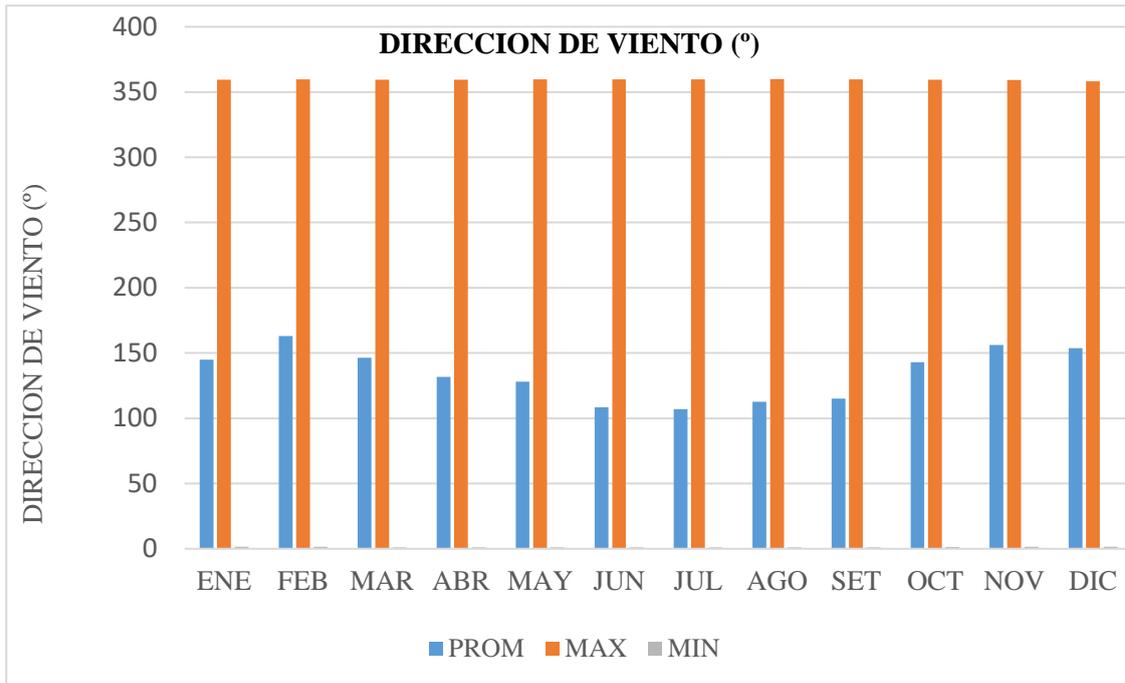


Figura 8. Dirección del viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020).

Fuente: SENAMHI

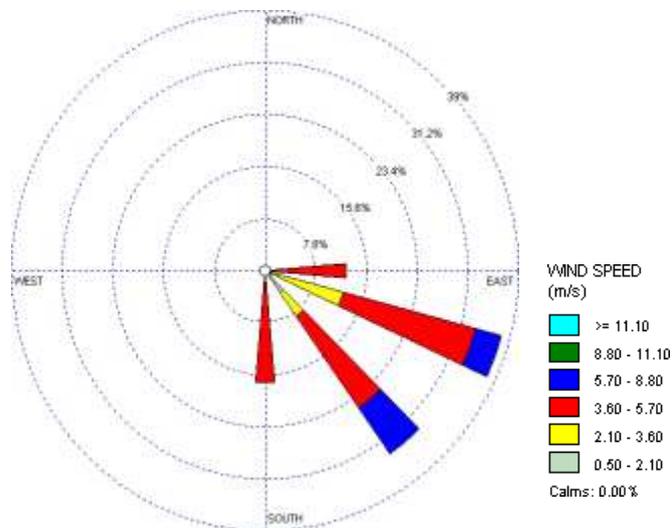


Figura 9. Dirección del viento – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)

Fuente: SENAMHI

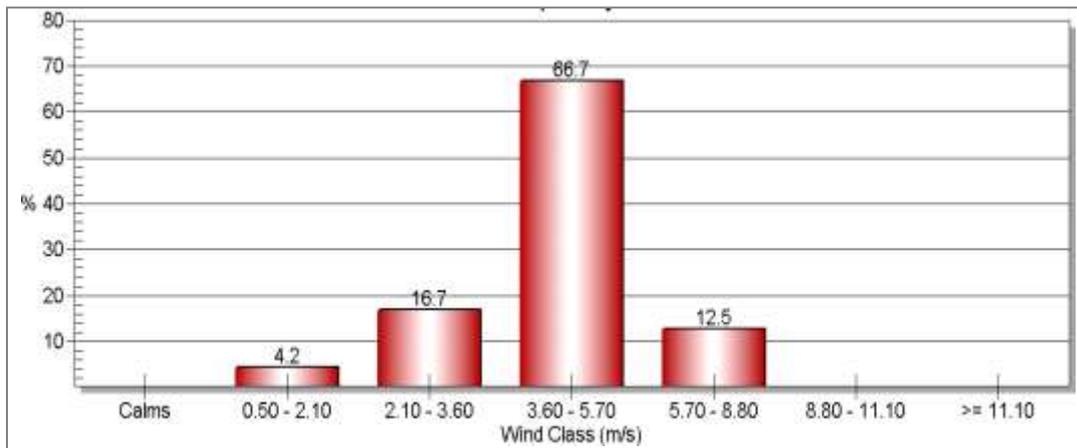


Figura 10. Distribución de frecuencia – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)

Fuente: SENAMHI

✓ **Humedad relativa**

Según los registros de humedad relativa de entre los años 2017 – 2020, en la tabla 20 podemos apreciar que el valor promedio anual es de 75.28 %, asimismo el valor promediomáximo es de 97.63% y un valor mínimo promedio de 28.08 %.

Tabla 20

Registro de humedad relativa – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017 – 2020)

MES	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
PROM.	80.091	84.51	88.03	85.27	82.63	69.67	61.84	58.85	69.01	74.07	68.75	80.70
MAX.	98.5	98.75	98.75	98.75	98.50	97.50	96.00	94.50	97.50	97.50	97.50	97.75
MIN.	21.75	29.50	46.25	42.00	32.25	25.50	16.00	17.00	21.50	22.75	9.75	28.75

Fuente: SENAMHI

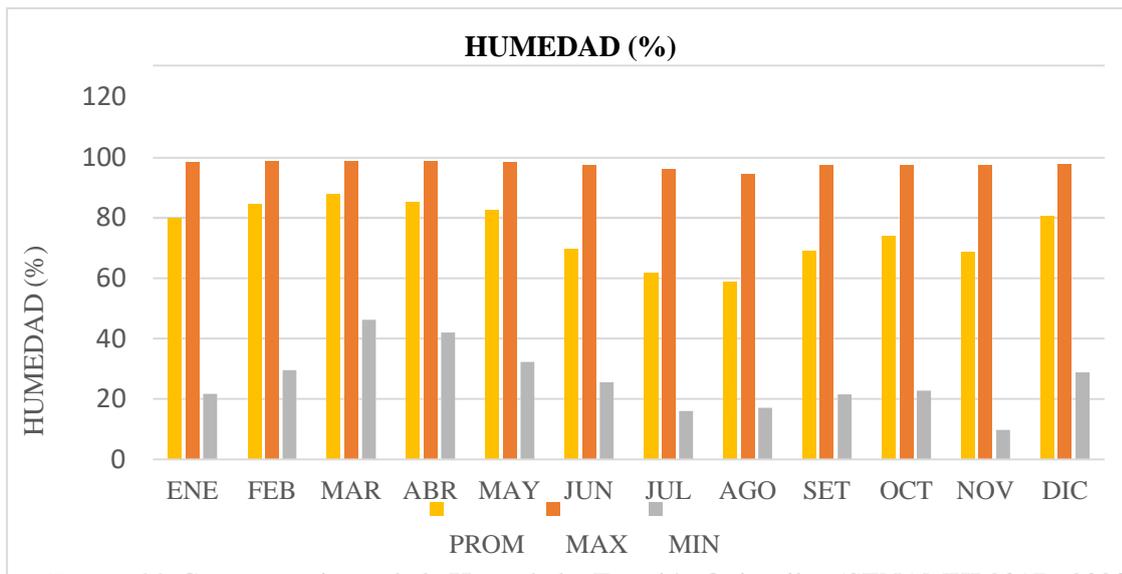


Figura 11. Comportamiento de la Humedad – Estación Quiruvilca (SENAMHI 2017– 2020)

Fuente: SENAMHI

GEOLOGÍA

La Geología del área de estudio se ubica en la Vertiente Occidental de la cordillera de los Andes; según la Carta Geológico Nacional, elaborado por el INGEMMET, estando constituido por rocas sedimentarias y volcánicas, datadas desde el periodo Paleógeno superior al Neógeno inferior (PN-vs) perteneciente a la era Cenozoico o era terciaria. Esta era es la época en que los continentes se trasladaron a sus posiciones actuales. Australia y Nueva Guinea se separaron de Gondwana y derivaron al norte y se acercaron al sureste de Asia. (Ver anexo 09)

HIDROLOGÍA

El área de estudio se encuentra ubicada en la vertiente del Océano Pacífico, en la cuenca hidrográfica del río Moche y, más precisamente, en la subcuenca del río Shorey (Salas, 2014); pues la UM Quiruvilca se encuentra dentro del divortium aquarium de las microcuencas San Felipe, Llacapuquio, Shorey Alto,

Santa Catalina y Purida, donde actualmente se ubican todos los componentes mineros

(Compañía Minera Quiruvilca S.A.C. 2014). (Ver anexo 10).

TIPOS DE SUELOS

En el área de estudio se ha identificado suelo perteneciente a la orden Regosol Distrito, estos se caracterizan por estar recubiertos por una capa conocida como “ócrica”, que, al ser retirada la vegetación, se vuelve dura y costrosa impidiendo la penetración de agua hacia el subsuelo. La consecuente sequedad y dureza del suelo es desfavorable para la germinación y el establecimiento de las plantas. El agua, al no poder penetrar al suelo, corre por la superficie provocando erosión, también son suelos con material mineral no consolidado en alguna profundidad. (Badía, D.2011). (Ver anexo 11).

2.2. DESCRIPCIÓN Y RESULTADOS DEL MUESTREO DE IDENTIFICACIÓN

2.2.1. Descripción del trabajo en campo

En el mes de junio del 2021 se llevó a cabo el muestreo de identificación, siguiendo el protocolo de muestreo del MINAM, dicho muestreo se desarrolló en 2 días, en el primer día se hizo el reconocimiento del lugar y en el segundo día se tomó las muestras de los nueve puntos establecidos a una profundidad de 20 cm aproximadamente, luego por el método del cuarteo se obtuvo una muestra compuesta homogénea.

2.2.2. Resultados de campo

Según el análisis organoléptico realizado en campo el suelo tenía un color oscuro con una textura arenosa y presentaba alta humedad; además se observó que las aguas acidas provenientes de la relavera serían las causantes de la contaminación del suelo.

2.2.3. Resultados analíticos

Fecha de muestreo: 20 de junio del 2021

Fecha de análisis de fertilidad del suelo y textural: 26 de junio del 2021

Fecha de análisis de metales pesados: 24 de junio del 2021

Método de análisis: Absorción atómica.

Tabla 21

Análisis de fertilidad del suelo

MUESTRA Nº	M.O. %	P ppm	K ppm	pH 1:1	% Saturac.	CE _{ES} mS/cm (Estimado)	CaCO ₃ %
1	1.34	16.64	261.87	5.54	42.0	3.392	0.1

Tabla 22

Análisis textural y capacidad total de cambio

MUESTRA Nº	PORCENTAJE DE PARTICULAS			TEXTURA (U.S.D.A)	C.T.C meq/100g
	ARENA	LIMO	ARCILLA		
1	76.62	21.25	2.13	Arena franca	4.8

Tabla 23

Análisis de metales pesados

METALES PESADOS	ECA-SUELO (mg/Kg)	CONCENTRACIONES (mg/Kg)
Arsénico	50	500
Cadmio	1.4	100
Plomo	70	600

CAPITULO III: PROPUESTA DE ACCIONES DE REMEDIACIÓN

3.1. OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA REMEDIACIÓN

OBJETIVO GENERAL

- Restaurar el suelo contaminado con metales pesados por la minera Quiruvilca S.A. utilizando el género vegetal *Amaranthus*.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar una caracterización fisicoquímica del suelo del área de estudio.
- Evaluar la capacidad de *Amaranthus* en la fitoextracción de metales pesados en la relavera de la minera Quiruvilca.
- Contrastar los resultados del pre y post análisis del suelo contaminado con los Estándares de Calidad Ambiental de suelos 2017.

ALCANCE

El alcance para la propuesta realizada esta limitada a 1ha de terreno.

3.2. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio tiene un total de 1 Ha de terreno, esta se encuentra ubicada a escasos metros de la relavera Santa Catalina, de la minera Quiruvilca S.A en la localidad de Shorey, Distrito de Quiruvilca, Provincia de Santiago de Chuco – La Libertad.

3.3. ANÁLISIS DE VIABILIDAD DE LA TÉCNICA DE FITOEXTRACCIÓN

La Fitoextracción es una técnica de fitorremediación y esta es una alternativa para recuperar la estructura y función del suelo. Así mismo según Gonzales et al. (2017), su costo es mucho más barato que los métodos tradicionalmente usados, pero si se debe tener en cuenta las variables específicas del sitio a restaurar, como características del suelo, niveles de contaminación, tipo de vegetación y clima. Es por ello que para desarrollar la propuesta ambiental se decidió utilizar el género *Amaranthus* a pesar de que los tres géneros vegetales tienen la capacidad de remediar suelos contaminados

con metales pesados, pero depende mucho del tipo de metal a fitoextraer, por ejemplo, para remover cadmio el género más eficiente es el *Amaranthus*, para el arsénico es el *Helianthus* y para plomo *Urtica*.

Tomando en cuenta esta condición, se decidió utilizar el género *Amaranthus* (Amaranto), ya que conforme a (Pérez, 2012, p.1). Esta es una planta que tiene la capacidad de absorber metales pesados, en muchos casos es conocida como una maleza; y se desarrollan mejor en suelos con pH ácido inferiores a 5,5 y se adapta a cualquier condición climática (bajas temperaturas y altas precipitaciones), características propias del distrito de Quiruvilca.

3.4. PLANIFICACIÓN DETALLADA DE LA PROPUESTA AMBIENTAL

METODOLOGÍA E INSTRUMENTOS

Primera Etapa

- a. Demarcación de los puntos para la toma de muestra, siguiendo la guía para muestreo de suelos en el marco del Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.
- b. Preparación de semillas de *Amaranthus*.

Segunda Etapa

a. Muestreo para el análisis del suelo

- Muestreo de identificación.

El muestreo de identificación tiene por objetivo investigar la existencia de contaminación del suelo a través de la obtención de muestras representativas con el fin de establecer si el suelo supera o no los Estándares de Calidad Ambiental y/o los valores de fondo de acuerdo a lo establecido en el D.S. N° 011-2017-MINAM. La toma de muestras de suelo deberá realizarse considerando un número representativo de puntos de muestreo. Obtenido estos resultados y comparado con los ECA se procede a la prueba de fitorremediación (MINAM. 2014).

PROTOCOLO

- El número total de puntos de muestreo estará distribuido en función del área de interés y de las características del sitio, para este caso según el protocolo de muestreo de suelo se tomará 09 puntos superficiales.
- De cada punto extraer 1 kilo de muestra aproximadamente, para luego a través del método del cuarteo obtener una muestra compuesta representativa.
- La toma de muestra debe ser documentada, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:
 - ✓ Datos generales del sitio de estudio
 - ✓ Datos del punto del punto de muestreo
 - ✓ Datos de las muestras tomadas.
- Realizar el etiquetado de la muestra correctamente.
- Después de realizar el etiquetado de la muestra, esta será llevada al laboratorio.
- Los resultados físicos, químicos de la muestra serán comparados con los ECA para suelo.

Preparación del terreno

- Realizar hileras o surcos aproximadamente de 15 cm de profundidad y separados entre sí a una distancia de 60 o 70 cm.
 - Humedecer el suelo si fuese necesario.
 - Colocar de 10 a 20 semillas a lo largo del surco cada 50 cm.
 - Contar con una fuente de agua para riego, en la primera fase de desarrollo de la planta, en caso de que las lluvias sean poco frecuentes o se presenten algunas sequías.

Tercera Etapa

- a. Una vez que el *Amaranthus* este en la etapa de floración se procederá con la extracción de toda la planta.
- b. Realizar un análisis a la planta, para determinar si los metales fueron eliminados o se encuentran acumulados.
- c. En caso de encontrarse los metales en la planta proceder a contratar una empresa operadora de residuos sólidos.
- d. Realizar un muestreo de comprobación de remediación, para verificar en qué proporción disminuyo la presencia de metales pesados.

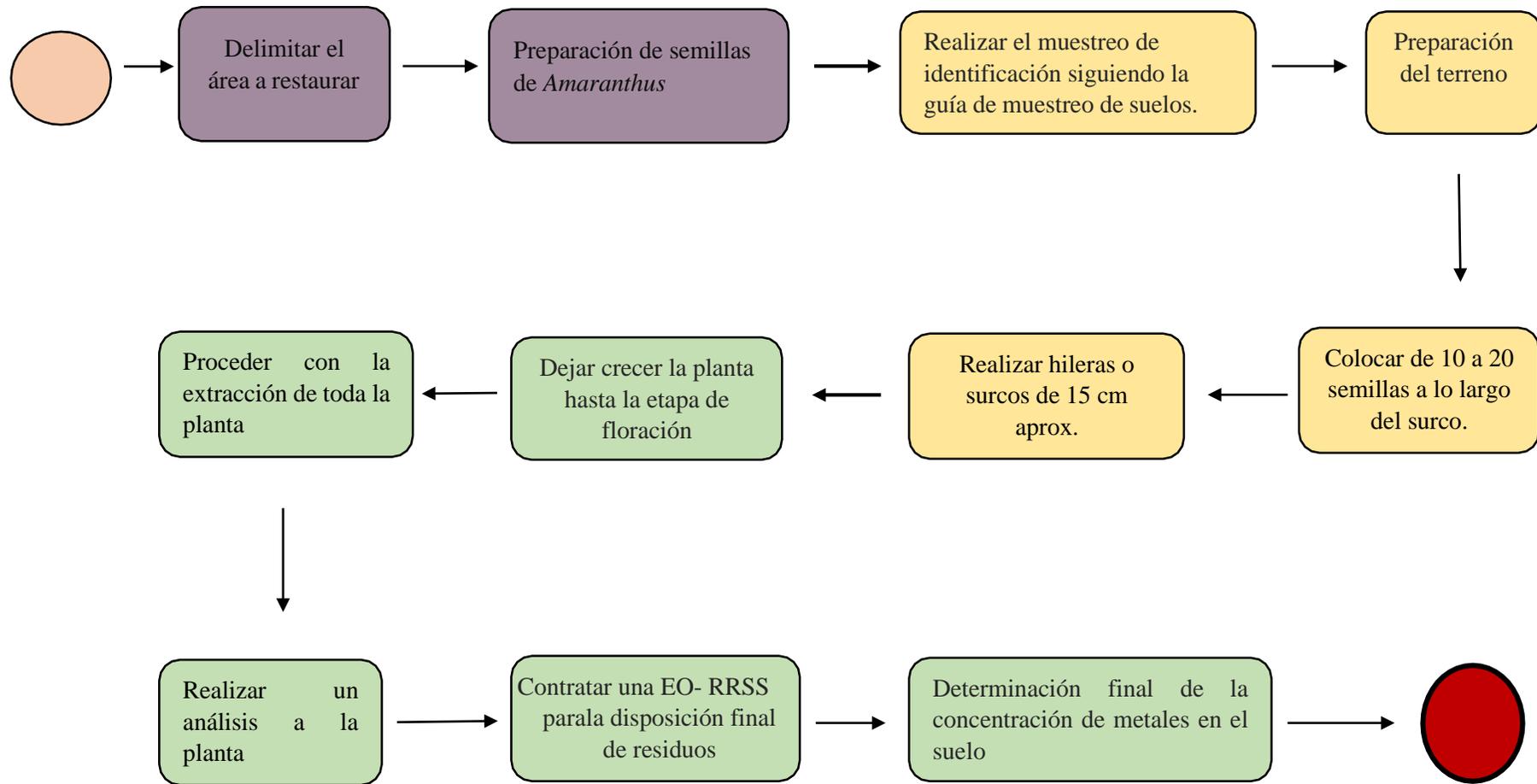


Figura 12. Diagrama de planificación

Instrumentos

- Espectrofotómetro de absorción atómica
- Cámara digital
- pH metro
- Mufla de 0 a 60 °C
- Balanza analítica
- Termómetro ambiental

Materiales

- Semillas de *Amaranthus*
- Vasos de precipitación
- Probetas de 100 ml
- Equipos de bioseguridad (guantes y mascarilla)
- Erlenmeyer de 50-100ml
- Batería de tamices
- Crisoles de porcelana
- Mortero
- Frascos de vidrio herméticos para el traslado de muestras a Analiza
- Matraz - kitasato
- Embudo buchner
- Erlenmeyer de 100, 250 ml
- Crisoles
- Frascos de vidrio capacidad de 100, 200ml
- Picetas
- Varillas de vidrio

- Pico
- Pala
- wincha
- Baldes
- Bolsas de Papel
- Bolsas de Polietileno
- Agua des ionizada
- Ácido nítrico
- Patrones de los metales a analizar

Cronograma de ejecución de actividades

CAPITULO IV: ESTIMACIÓN DE COSTOS

4.1. PRESUPUESTO

Descripción	Precio unitario s/.	cantidad	Total
Materiales de campo			
Palas	30	3	90
Picos	58	3	174
Guantes de jebe	10	3	30
Mascarillas	3	3	9
Lentes	5	3	15
Bolsas de polietileno	1	25	25
Rafia	5	1	5
Semillas de <i>Amaranthus</i>	25	5 kg	125
SUB TOTAL			473
Análisis de laboratorio			
Espectrometría de Absorción Atómica (análisis) para suelos y material vegetal	180	2	360
Caracterización del suelo	80	2	160
Análisis de la planta	60	12	720
SUB TOTAL			1240
Material de escritorio			
Papel bond	10	½ M	10
Papel Bulky	10	½ M	10
Tinta de impresora	50	4	200
SUB TOTAL			220

RUBRO	APORTE SOLICITADO	TOTAL
Recursos humanos	Minera Quiruvilca	5000
Material de campo	Minera Quiruvilca	473
Laboratorio (análisis de metales)	Minera Quiruvilca	1240
Material de escritorio	Minera Quiruvilca	220
Manejo de residuos peligrosos a través de una EO	Minera Quiruvilca	5000
Disposición final de residuos peligrosos	Minera Quiruvilca	300
Imprevistos	Minera Quiruvilca	1000
TOTAL		13,233.00

CAPITULO V: RECOMENDACIONES

- Antes de aplicar la propuesta diseñada se recomienda realizar una prueba piloto
- Para aumentar la eficiencia de la fitorremediación, se puede incorporar Micorrizas arbusculares.
- Colocar restricciones de paso al área de estudio y vigilar para evitar el paso de animales.
- Analizar la planta después del proceso de remediación, para cerciorarse si los metales extraídos se encuentran acumulados en ella, o fueron eliminados.

Anexo 03: Caracterización del suelo

AGROLAB

*Los análisis de suelos son la base de una buena fertilización,
y de una alta producción*



Remitente : Leticia Kathia Pérez – DNI 73681310
Casilda Neiber Villanueva Carranza – DNI 71491440
Lugar : Localidad de Shorey, Distrito de Quiruvilca, Provincia de
Santiago de Chuco, Región La Libertad.
Fecha de Recepción: 21/ Junio / 2021
Fecha de Análisis : 26/ Junio / 2021

ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

MUESTRA Nº	M.O. %	P ppm	K ppm	pH 1:1	% SATURAC.	CE _{es} mS/cm (Estimado)	CaCO ₃ %
1	1.34	16.64	261.87	5.54	42.0	3.392	0.10

ANÁLISIS TEXTURAL y CAPACIDAD TOTAL DE CAMBIO

MUESTRA Nº	PORCENTAJE DE PARTÍCULAS			TEXTURA (U.S.D.A.)	C.T.C. meq/100g
	ARENA	LIMO	ARCILLA		
1	76.62	21.25	2.13	Arena franca	4.8



Ing. M. Sc. Sergio Valdivia Vega
EXPERTO EN SUELOS

Anexo 05: Análisis de metales pesados en el suelo



INFORME DE ANALISIS QUIMICO

CLIENTE : VILLANUEVA CARRANZA, CASILDA N **Nº COD. 23867**
TIPO DE MUESTRA : MINERAL
IDENTIFIC. DE LA MUESTRA : MUESTRA 1 - SHOREY
MUESTRAS RECIBIDAS : 1
DETALLE DEL ENVASE : BOLSA SIN LACRAR
FECHA DE RECEPCIÓN : 23/06/2021
INSTRUCCIÓN DE ANALISIS : TIPO LOTE
METODO ANALÍTICO : ABSORCIÓN ATÓMICA
RESULTADOS :

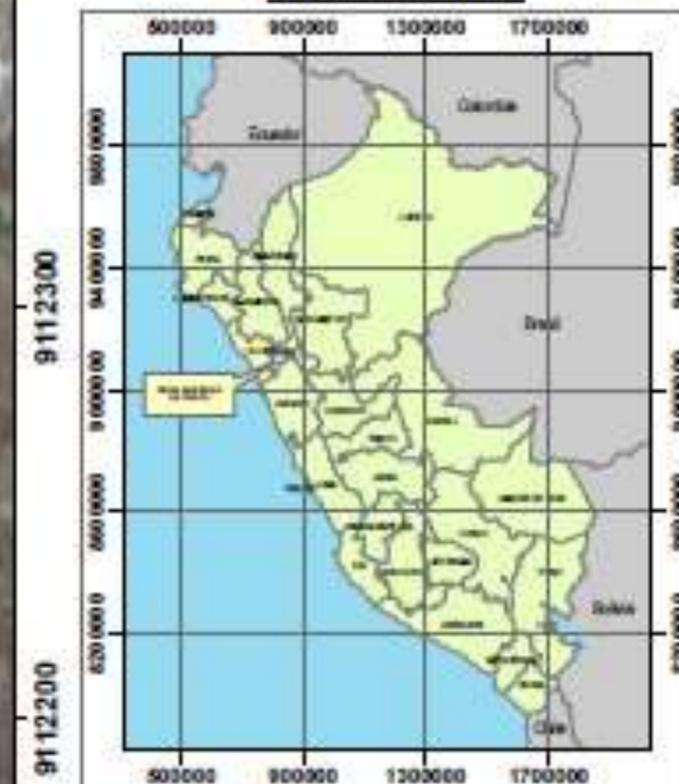
Pb - PLOMO (%)	0.06
As - ARSENICO (%)	0.05
Cd - CADMIO (%)	0.01

Fecha de Emisión: 23/06/2021
 *Este informe no debe reproducirse total ni parcial sin autorización escrita de G&S Laboratory SRL.
 *Los resultados de este Certificado solo corresponde a la muestra recibida en nuestra oficina.
 *Los remanentes de las muestras se guardarán por un periodo máximo de 1 mes.

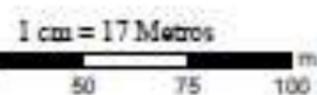
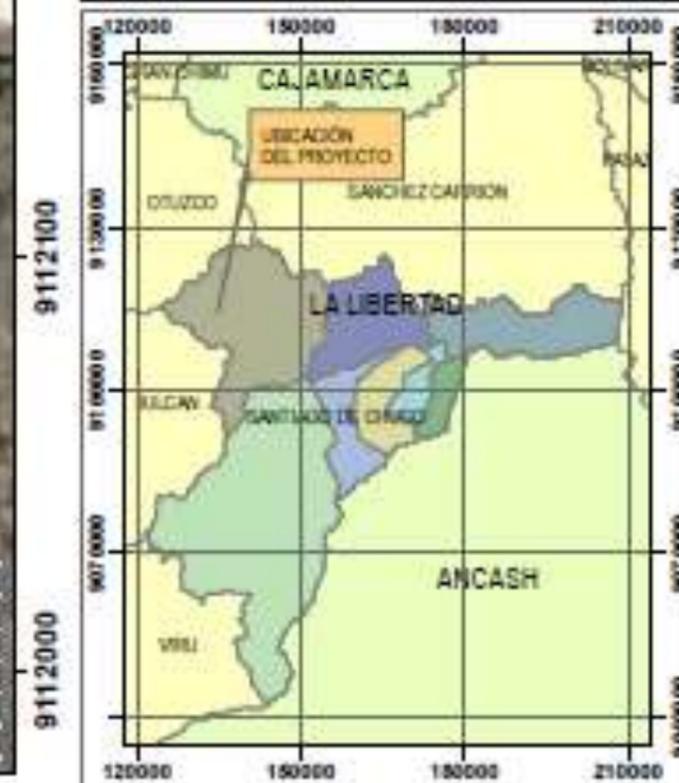

 Ing. Julio Oyarce Alvarado
 JEFE DE LABORATORIO
 CIP. N° 185126



MAPA DEL PERÚ - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD



MAPA PROVINCIAL DEL DPTO. DE LA LIBERTAD - PROV. SANTIAGO DE CHUCO



LEYENDA

Área de estudio Quiruvilca

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO *Amaranthus* sp. PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A. - LA LIBERTAD 2020

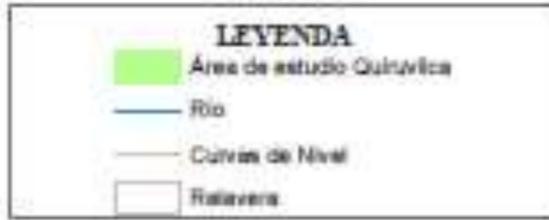
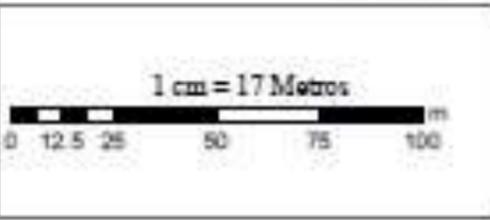
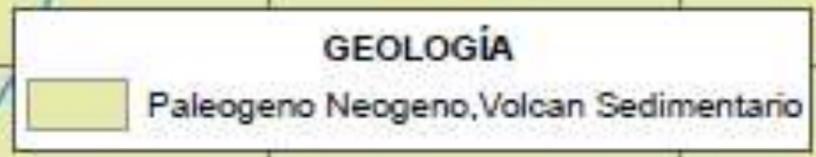
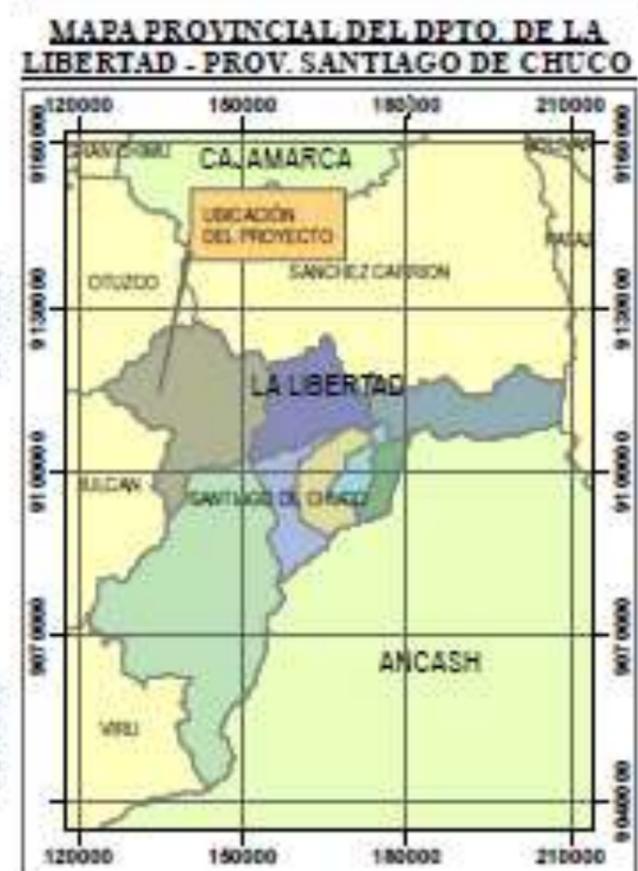
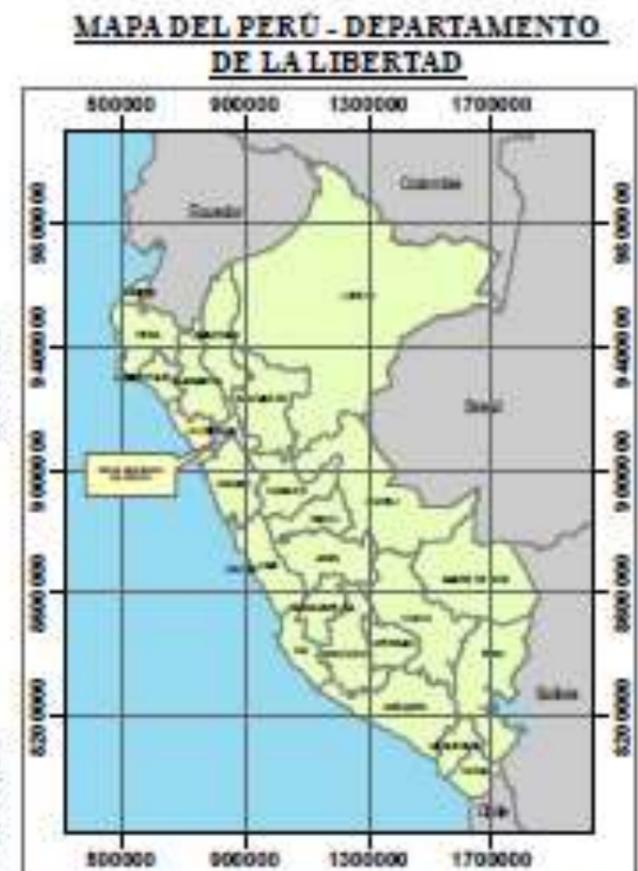
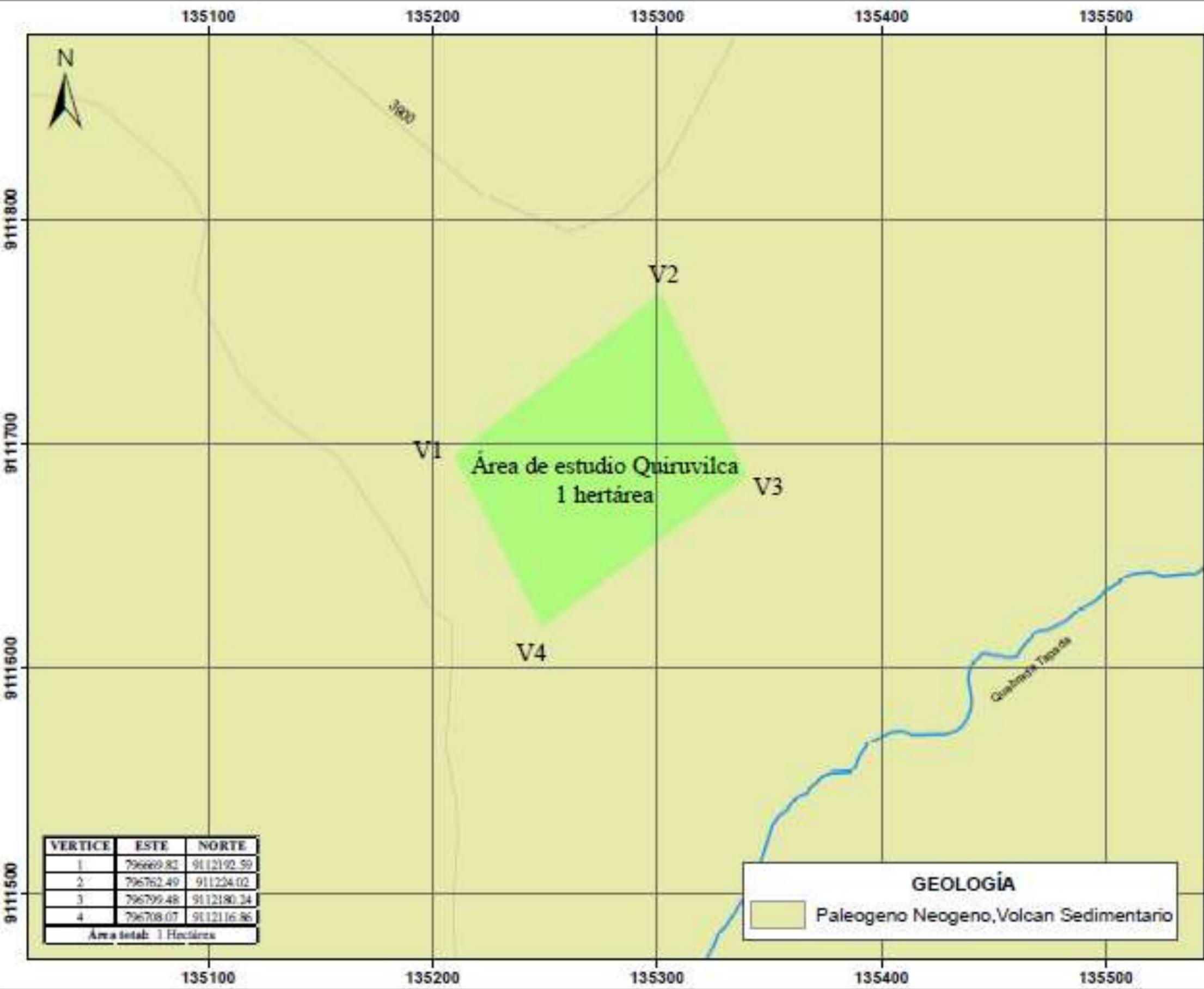
PROYECCIÓN: UTM	ESCALA: 1:30,000	MAPA: UBICACIÓN	
DATUM: WGS 84	CUADRÍCULA: L	FUENTE: MINAM	PROV: Santiago de Chuco
ZONA: 18 SUR	CARTA: MINAM	DEPART: La Libertad	DIST: Quiruvilca

NOVIEMBRE 2020

ANEXO N°:

06

DIBUJO 1 Caída Villanueva
DIBUJO 2 Leticia Reyes



PROYECTO: DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FTOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO <i>Amaranthus</i> sp. PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A - LA LIBERTAD 2020.				PROYECTO: DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FTOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO <i>Amaranthus</i> sp. PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A - LA LIBERTAD 2020.	
PROYECCIÓN: UTM	ESCALA: 1:1.740	MAPA: GEOMORFOLOGÍA		DICIEMBRE 2020	
DATUM: WGS 84	CUADRÍCULA: L	FUENTE: MINAM	PROV. Santiago de Chucuito	DIBUJO 1 Cañida Villanueva	
ZONA: 18 SUR	CARTA: MINAM	DEPART: La Libertad	DIST: Quiruvilca	DIBUJO 2 Leicicia Reyes	

135100

135200

135300

135400

135500



3000

V2

V1

Área de estudio Quiruvilca
1 hectárea

V3

V4

Quechamarka Tapachta

VERTICE	ESTE	NORTE
1	796669.82	9112192.59
2	796762.49	911224.02
3	796799.48	9112180.34
4	796708.07	9112116.86

Área total: 1 Hectáreas

135100

135200

135300

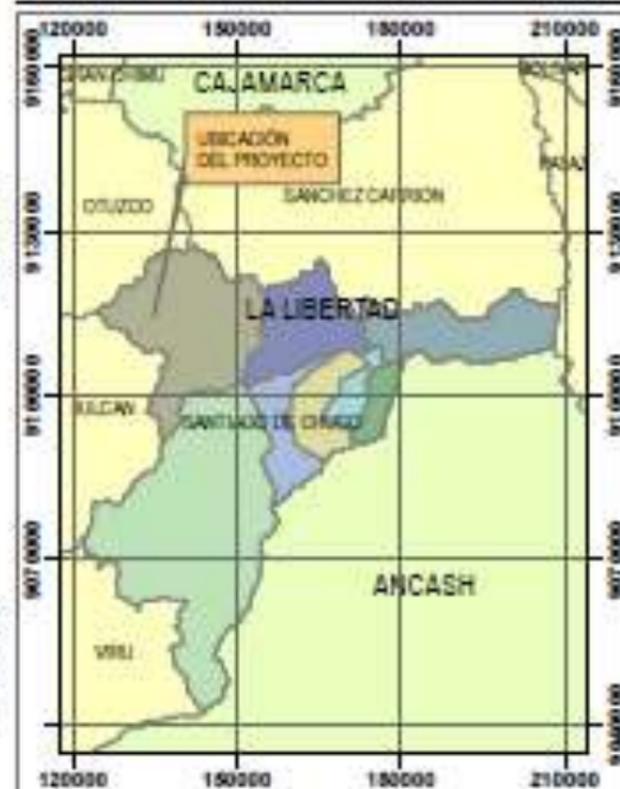
135400

135500

MAPA DEL PERÚ - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD



MAPA PROVINCIAL DEL DPTO. DE LA LIBERTAD - PROV. SANTIAGO DE CHUCO



1 cm = 17 Metros



LEYENDA

- Área de estudio Quiruvilca
- Río
- Curvas de Nivel
- Relievora

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO *Amaranthus* sp. PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A - LA LIBERTAD 2020.

PROYECCIÓN: UTM

ESCALA: 1:1.740

MAPA:

TOPOGRÁFICO

DATUM: WGS 84

CUADRÍCULA: L

FUENTE: MINAM

PROV. Santiago de Chuco

DIBUJO 1 Caída Villanueva

ZONA: 18 SUR

CARTA: MINAM

DEPART. La Libertad

DIST. Quiruvilca

DIBUJO 2 Leticia Reyes

DICIEMBRE 2020

ANEXO N°:

08

135100

135200

135300

135400

135500



9111800

9111700

9111600

9111500

135100

135200

135300

135400

135500

Área de estudio Quiruvilca
1 hectárea

V2

V3

V4

V1

Quebrada Tiparica

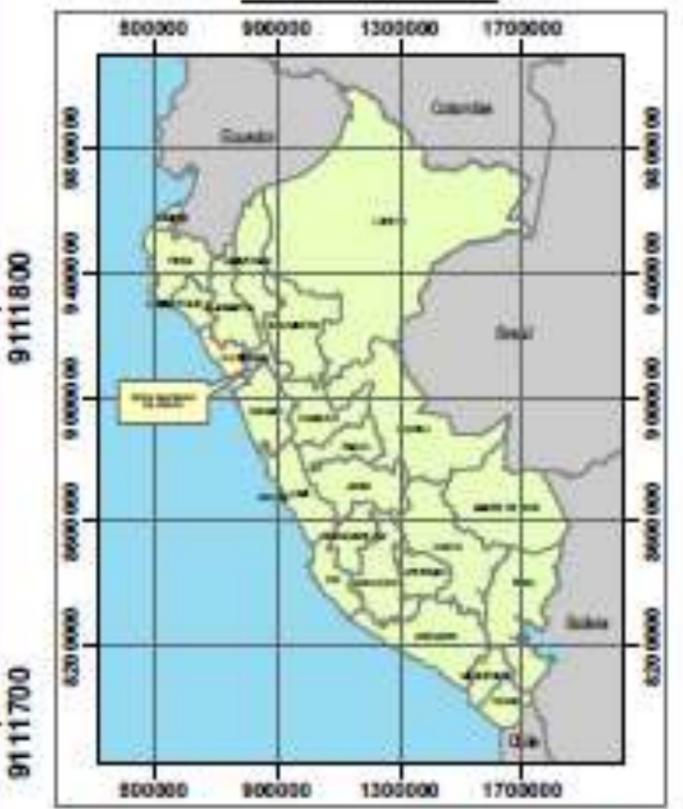
VERTICE	ESTE	NORTE
1	796669.82	9112192.59
2	796762.49	911224.02
3	796799.48	9112180.24
4	796708.07	9112116.96

Área total: 1 Hectárea

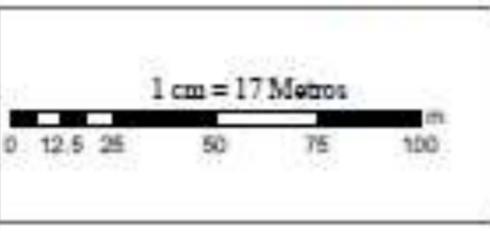
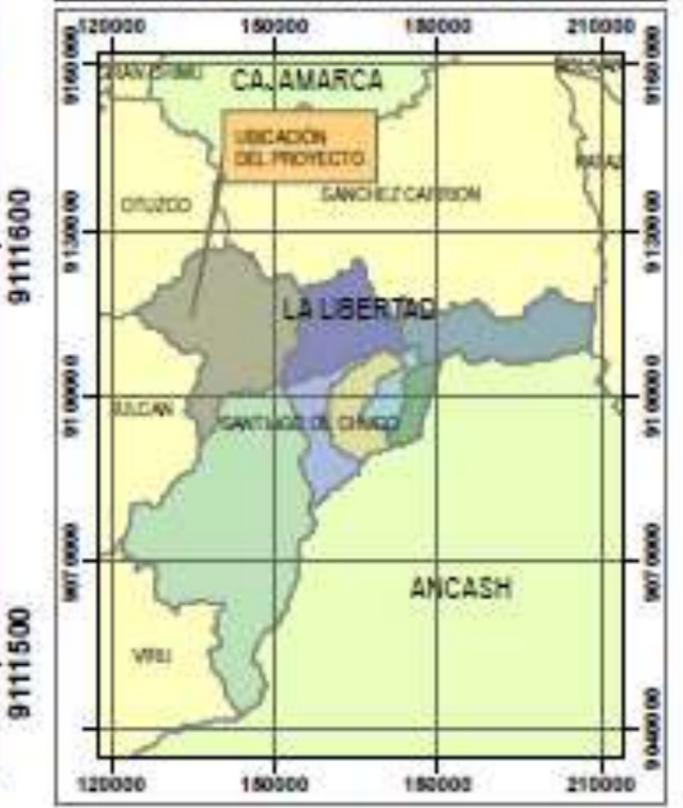
GEOLOGÍA

 Paleogeno Neogeno, Volcan Sedimentario

MAPA DEL PERÚ - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD



MAPA PROVINCIAL DEL DPTO. DE LA LIBERTAD - PROV. SANTIAGO DE CHUCO



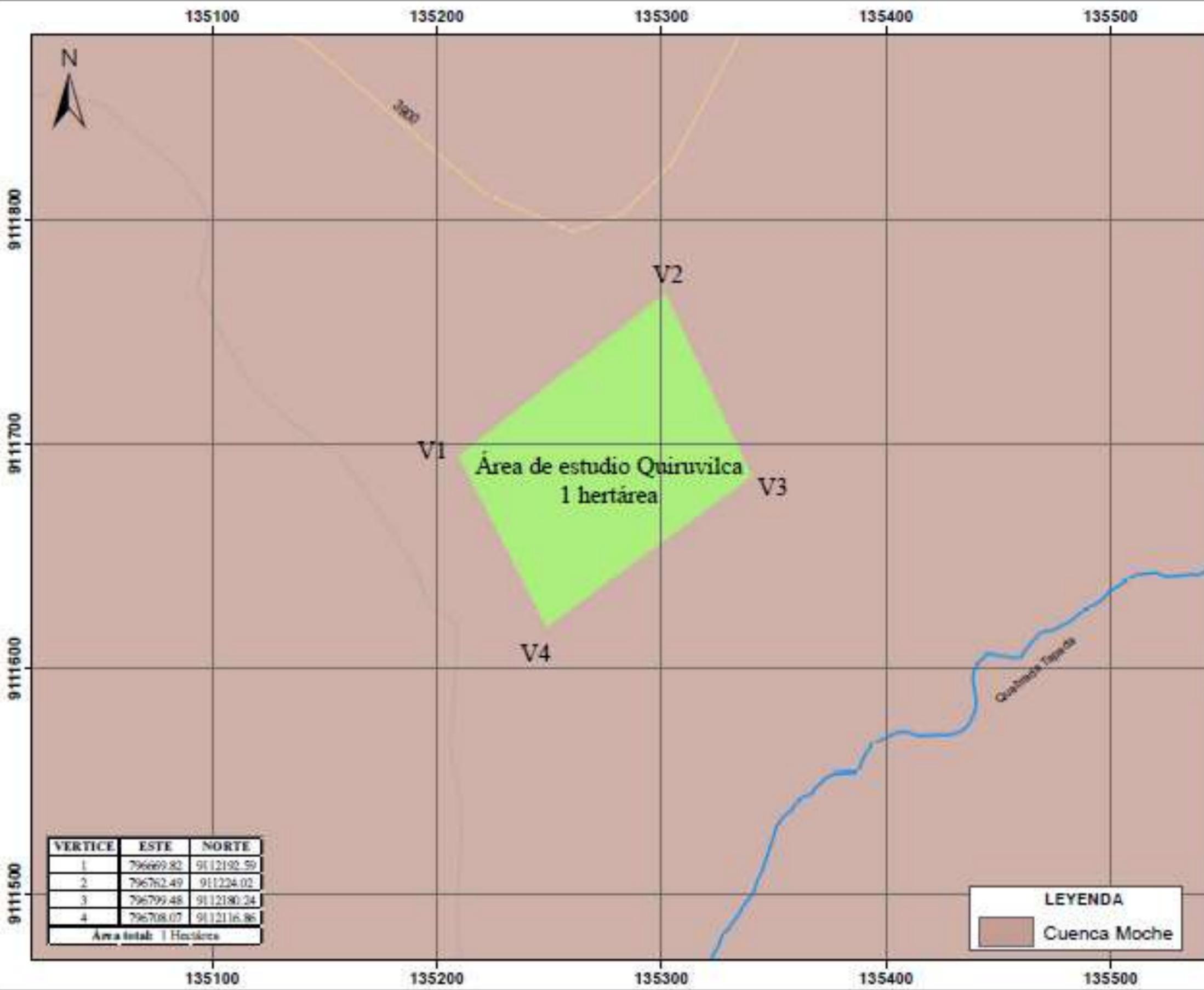
LEYENDA

-  Área de estudio Quiruvilca
-  Río
-  Curvas de Nivel
-  Relavera

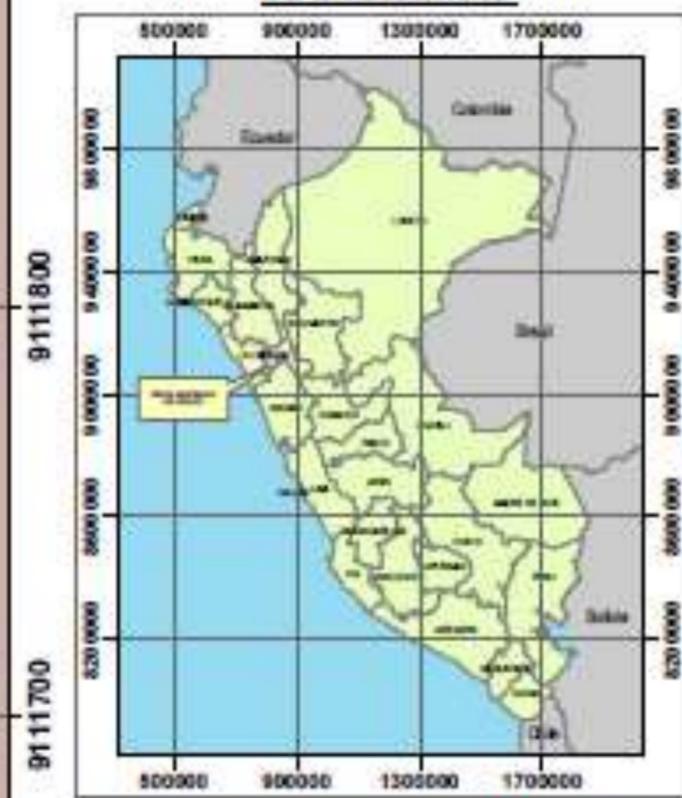
PROYECTO: DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO <i>Amaranthus</i> sp. PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A. - LA LIBERTAD 2020.				DICIEMBRE 2020	
PROYECCIÓN: UTM	ESCALA: 1:1.740	MAPA:	GEOLOGÍA		
DATUM: WGS 84	CUADRÍCULA: L	FUENTE: MINAM	PROV: Santiago de Chucuito	DIBUJO 1: Cecilia Villanueva	
ZONA: 18 SUR	CARTA: MINAM	DEPART: La Libertad	DIST: Quiruvilca	DIBUJO 2: Leticia Reyes	

ANEXO N°

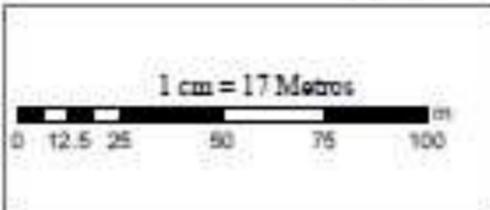
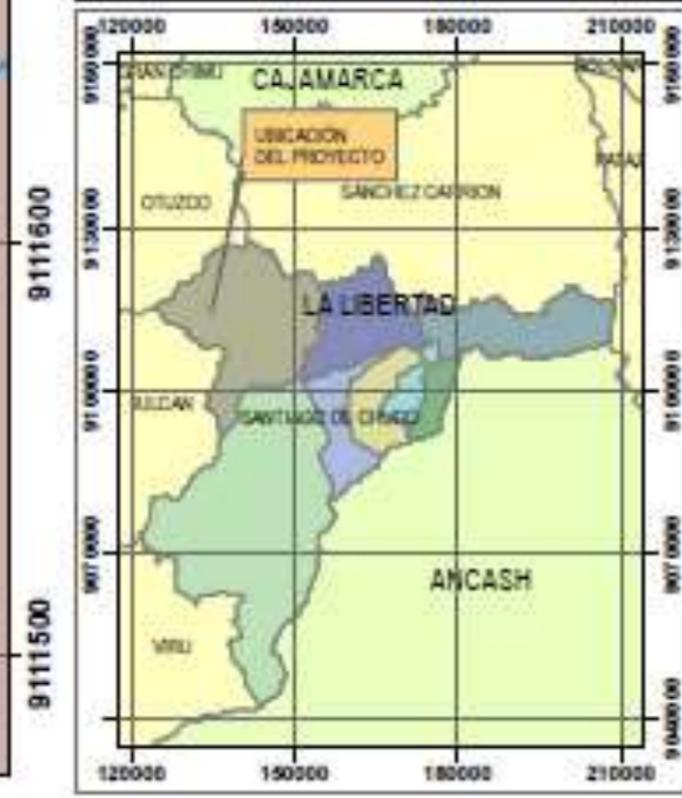
09



MAPA DEL PERÚ - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD



MAPA PROVINCIAL DEL DPTO. DE LA LIBERTAD - PROV. SANTIAGO DE CHUCO



LEYENDA

- Área de estudio Quiruvilca
- Río
- Curvas de Nivel
- Relieve

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO <i>Amaranthus</i> sp. PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A - LA LIBERTAD 2020.				DICIEMBRE 2020	
PROYECCIÓN: UTM	ESCALA: 1:1.740	MAPA:	HIDROLOGÍA		
DATUM: WGS 84	CUADRÍCULA: L	FUENTE: MINAM	PROV. Santiago de Chuco	DIBUJO 1: Cecilia Villanueva	
ZONA: 18 SUR	CARTA: MINAM	DEPART: La Libertad	DEST: Quiruvilca	DIBUJO 2: Leticia Reyes	

135100

135200

135300

135400

135500



3800

V2

V1

Área de estudio Quiruvilca
1 hectárea

V3

V4

Quiruvilca

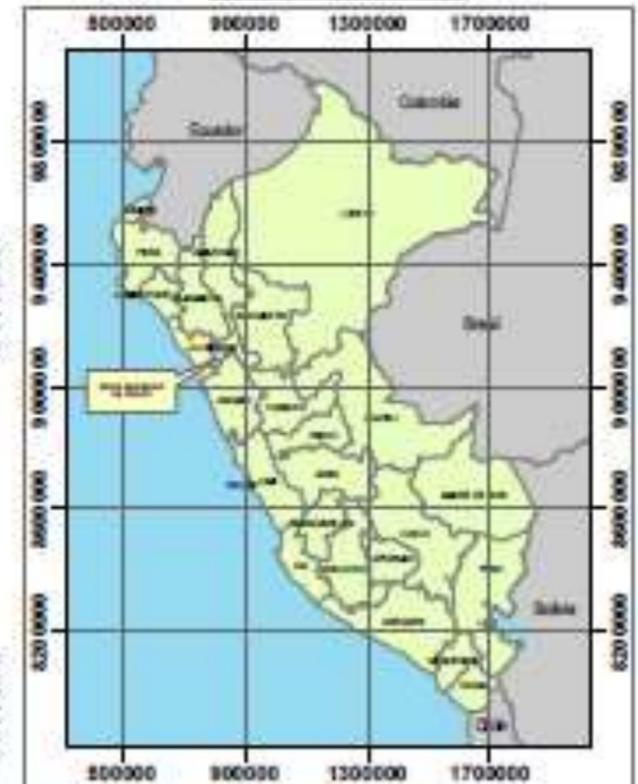
VERTICE	ESTE	NORTE
1	796669.82	9112192.59
2	796762.49	911234.02
3	796799.48	9112180.34
4	796708.07	9112116.96

Área total: 1 Hectáreas

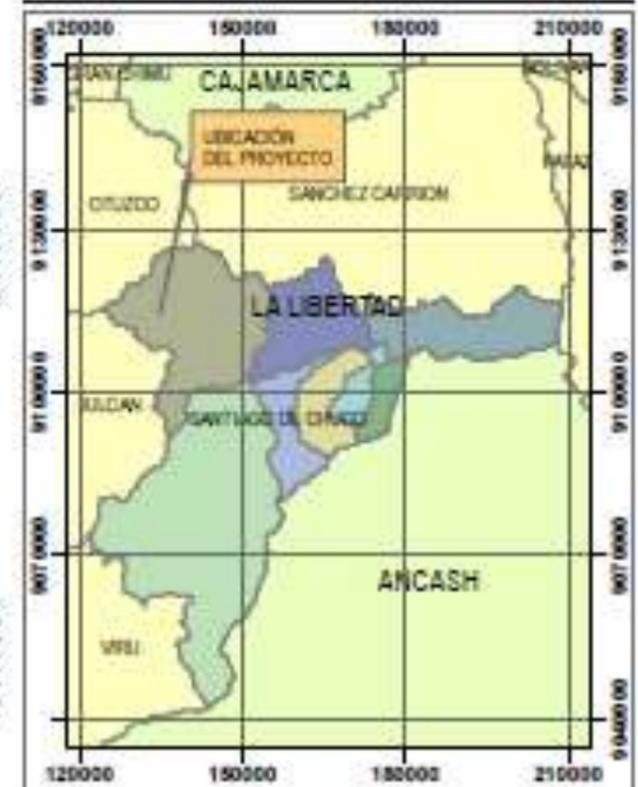
LEYENDA

Regosol dístico - Afloramiento lítico

MAPA DEL PERÚ - DEPARTAMENTO
DE LA LIBERTAD



MAPA PROVINCIAL DEL DPTO. DE LA
LIBERTAD - PROV. SANTIAGO DE CHUCO



1 cm = 17 Metros

LEYENDA

- Área de estudio Quiruvilca
- Río
- Curvas de Nivel
- Relieva

PROYECTO: DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FTOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO
Amaranthus sp. PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A - LA LIBERTAD 2020

PROYECCIÓN: UTM

ESCALA: 1:1.740

MAPA:

TIPO DE SUELO

DATUM: WGS 84

CUADRÍCULA: L

FUENTE: MINAM

PROV. Santiago de Chuco

DIBUJO 1 Cañda Villanueva

ZONA: 18 SUR

CARTA: MINAM

DEPART: La Libertad

DIST Quiruvilca

DIBUJO 2 Leticia Reyes

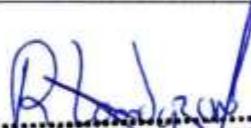
DICIEMBRE 2020

ANEXO N°:

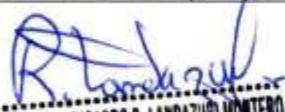
11

FORMATO DE VALORACIÓN DE EXPERTOS

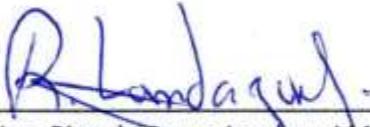
<p>TÍTULO DE LA PROPUESTA: Fitoextracción de metales pesados utilizando el género <i>Amaranthus</i>, para la restauración de suelos contaminados por la minera Quiruvilca S.A– La libertad.</p>		
<p>1. NOMBRES Y APELLIDOS DEL ESTUDIANTE O ESTUDIANTES:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Leticia Kathia Reyes Pérez - Casilda Neiber Villanueva Carranza 		
<p>2. NOMBRES Y APELLIDOS DEL EVALUADOR: Ricardo Bruno Landázuri Montero ESPECIALIDAD: Ingeniería Ambiental</p>		
<p>3. SEDE: San Isidro- Trujillo</p>	<p>4. CARRERA: Ingeniería Ambiental</p>	<p>5. FACULTAD: Ingeniería</p>
<p>6. RESUMEN EJECUTIVO DE LA INVESTIGACIÓN</p> <p>El trabajo de investigación denominado “Fitoextracción de metales pesados utilizando el género <i>Amaranthus</i>, para la restauración de suelos contaminados por la minera Quiruvilca S.A – La libertad”, tiene por objetivo diseñar una propuesta ambiental de fitoextracción de arsénico, cadmio y plomo a partir de la comparación de tres géneros vegetales (<i>Amaranthus</i>., <i>Úrtica</i> y <i>Helianthus</i>). Luego de la comparación de los tres géneros vegetales y teniendo en cuenta diferentes factores, el género vegetal a emplear es el <i>Amaranthus</i>, ya que esta es una planta que tiene la capacidad de absorber metales pesados, es conocida como una maleza; y se desarrollaran mejor en suelos con pH ácido inferiores a 5,5 y se adapta a cualquier condición climática (bajas temperaturas y altas precipitaciones), características propias del distrito de Quiruvilca, las cuales no favorecen el desarrollo de <i>Urtica</i> ni <i>Elianthus</i>. Para la aplicación de la propuesta se recomienda primero hacer una prueba piloto como también hacer uso de micorrizas, las cuales aumentarían la eficiencia de la planta; sin embargo, a pesar de ser una técnica amigable con el medio ambiente una de las limitaciones es el tiempo, ya que se requiere que la planta llegue hasta la etapa final para obtener mejores resultados.</p>		




7. CRITERIOS A VALORAR DE LA PROPUESTA				
CRITERIOS	INDICADORES	CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
EFICIENCIA	Adaptación de la planta a las condiciones del área de estudio	X		Según el análisis de las plantas a usarse para la Fito remediación la planta escogida se adapta a las condiciones de la zona estudiada.
	Porcentaje de extracción de metales pesados	X		Para aumentar la eficiencia de la fitoextracción de metales y remoción se recomienda incorporar el uso de biochar y/o micorrizas arbusculares.
	Impacto ambiental y social	X		El proyecto impactaría positivamente sobre el área proyectada.
CONDICIONES DEL LUGAR PARA EL DESARROLLO DE LA PLANTA	Climáticas y meteorológicas	X		
	Tipo de suelo	X		
PLANIFICACIÓN	Alcance	X		
	Objetivo	X		



 RICARDO B. LANDAZURI MONTERO
 INGENIERO AMBIENTAL
 C.I.P. N° 163265

	Tiempo de ejecución	X		Se adecuara en función de las pruebas de escalamiento (laboratio, piloto)
PRESUPUESTO	Costo en materiales de campo y escritorio	X		Al momento de escalar de deberán estimar los costos variables y costos fijos desde la planificación hasta el post cierre del proyecto de remediación.
	Costo en análisis de laboratorio	X		
	Costo para disposición final de residuos	X		
	Costo de mano de obra	X		
ESTUDIOS DE INGENIERIA	Estudios de Ingeniería básica	X		
<p>EVALUACIÓN: El proyecto cuenta con las condiciones adecuadas para su ejecución, sin embargo es importante considerar el escalamiento para validar la estrategia final de descontaminación del área. Para el desarrollo de la prueba piloto recomiendo la incorporación de Biochar acondicionado acorde a la calidad del suelo para aumentar la eficiencia y remoción de metales pesados. Finalmente para reducir los costos de aplicación se recomienda aplicar el modelamiento ambiental sobre las posibles soluciones proyectadas.</p>				
 <hr/> Ing. Ricardo Bruno Landazuri Montero DNI: 46720509 CIP N° 163265				

ANEXO 13: Toma de muestra de suelo









ACTA DE AUTORIZACIÓN PARA SUSTENTACIÓN DE TESIS

El asesor Grant I. Llaque Fernandez, docente de la Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, Carrera profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL, ha realizado el seguimiento del proceso de formulación y desarrollo de la tesis de los estudiantes:

- Reyes Pérez, Leticia Kathia
- Villanueva Carranza, Casilda Neiber

Por cuanto, **CONSIDERA** que la tesis titulada: DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO *Amaranthus sp.* PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S. A – LA LIBERTAD 2020, para aspirar al título profesional de: Ingeniera Ambiental por la Universidad Privada del Norte, reúne las condiciones adecuadas, por lo cual, **AUTORIZA** a los interesados para su presentación.

Ing. Grant I. Llaque Fernandez
Asesor

ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados han procedido a realizar la evaluación de la tesis de los estudiantes: Reyes Pérez Leticia Kathia y Villanueva Carranza Casilda Neiber para aspirar al título profesional con la tesis denominada: DISEÑO DE UNA PROPUESTA AMBIENTAL PARA LA FITOEXTRACCIÓN DE METALES PESADOS UTILIZANDO EL GÉNERO *Amaranthus sp.* PARA LA RESTAURACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS POR LA MINERA QUIRUVILCA S.A – LA LIBERTAD 2020. Luego de la revisión del trabajo, en forma y contenido, los miembros del jurado concuerdan:

Aprobación por unanimidad

Aprobación por mayoría

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Calificativo:

Excelente [20 - 18]

Sobresaliente [17 - 15]

Bueno [14 - 13]

Desaprobado

Firman en señal de conformidad:

Ing./Mg. Fernando Ugaz Odar
Jurado
Presidente

Ing./Mg. Wilberto Effio Quezada
Jurado

Ing./Mg. Liana Cárdenas Gutiérrez
Jurado