



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA  
AMBIENTAL**

"Influencia del *Amaranthus hybridus* en la remoción de metales pesados en  
suelos contaminados por la minería en Shiracmaca – Huamachuco, La  
Libertad"

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO(A) AMBIENTAL**

**AUTORES:**

Cotrina Chup, Roger Héctor

Fonseca Dávalos, Eliana Gianella

Sánchez Chávez, Laura Araceli

Zavaleta Garcia, Karla Estefany

**ASESOR:**

Dr. Fernando Ugaz Odar.

**LINEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

**TRUJILLO – PERÚ**

**2018**

## **JURADO EVALUADOR**

---

**Dr. Ugaz Odar Fernando Enrique**  
**PRESIDENTE**

---

**Msc. Moreno Eustaquio Walter**  
**SECRETARIO**

---

**Dr. Quezada Alvarez Medardo Alberto**  
**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

El esfuerzo de este trabajo va dedicado, en primer lugar, a Dios por guiarnos en este camino y fortalecernos espiritualmente para alcanzar el éxito.

A cada una de nuestras familias, en especial a nuestros padres, que quienes con sus consejos fueron el motor de arranque.

A nuestros hermanos por apoyarnos en todo momento, por su amor, cariño y comprensión, valores y apoyo incondicional, por la motivación constante que nos ha permitido ser personas de bien durante la etapa de desarrollo personal y profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a la Universidad César Vallejo por ser la casa de estudio y alma mater donde se nos dio la formación profesional - educativa.

A nuestros asesores, Dr. Fernando Ugaz Odar, y Dr. Julio Chico Ruiz, por sus conocimientos y su guía que fueron claves para poder desarrollar esta investigación.

A cada una de nuestras familias por su paciencia, comprensión y sobre todo por la confianza puesta en cada uno de nosotros, para la realización de esta investigación.

Y finalmente, a todos los que colaboraron con nuestra formación profesional y con la realización de la presente tesis, nuestro más profundo agradecimiento.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Zavaleta Garcia Karla Estefany con DNI N° 71615650 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 20 de diciembre del 2018.

---

Zavaleta Garcia Karla Estefany

DNI: 71615650

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Fonseca Dávalos, Eliana Gianella con DNI N° 72096021 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 20 de diciembre del 2018.

---

Fonseca Dávalos, Eliana Gianella

DNI: 72096021

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Sánchez Chávez, Laura Araceli con DNI N° 72922982 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 20 de diciembre del 2018.

---

Sánchez Chávez, Laura Araceli

DNI: 72922982

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Cotrina Chup, Roger Héctor con DNI N° 75079228 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 20 de diciembre del 2018.

---

Cotrina Chup, Roger Héctor

DNI: 75079228

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presentamos ante ustedes la tesis titulada “Influencia del *Amaranthus hybridus* en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por la minería en Shiracmaca – Huamachuco, La Libertad”, la misma que sometemos a vuestra consideración y esperamos que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingenieros Ambientales.

Los Autores

---

Fonseca Davalos Eliana Gianella  
DNI: 72096021

---

Roger Héctor Cotrina Chup  
DNI:75079228

---

Sánchez Chávez, Laura Araceli  
DNI: 72922982

---

Zavaleta Garcia Karla Estefany  
DNI:71615650

## INDICE

RESUMEN.....	12
ABSTRACT .....	13
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>14</b>
<b>1.1. Realidad Problemática.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2. Trabajos previos.....</b>	<b>18</b>
<b>1.3. Teorías relacionadas al tema.....</b>	<b>22</b>
<b>1.4. Formulación del problema.....</b>	<b>26</b>
<b>1.5. Justificación del estudio.....</b>	<b>26</b>
<b>1.6. Hipótesis.....</b>	<b>26</b>
<b>1.7. Objetivos.....</b>	<b>26</b>
<b>1.7.1. Objetivo general.....</b>	<b>26</b>
<b>1.7.2. Objetivos específicos.....</b>	<b>27</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>28</b>
<b>2.1. Diseño de investigación.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2. Variables, operacionalización.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.1. Variables.....</b>	<b>28</b>
<b>2.2.2. Operacionalización.....</b>	<b>29</b>
<b>2.3. Población y muestra.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.1. Población.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.2. Muestra.....</b>	<b>30</b>
<b>2.3.3. Unidad de análisis.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.1. Fases del proyecto.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.2. Técnica e instrumento de recolección de datos:.....</b>	<b>31</b>
<b>2.4.3. Validez y confiabilidad.....</b>	<b>32</b>
<b>2.5. Métodos de análisis de datos.....</b>	<b>32</b>
<b>2.6. Aspectos éticos:.....</b>	<b>32</b>
<b>III. RESULTADOS.....</b>	<b>34</b>
<b>IV. DISCUSIÓN.....</b>	<b>39</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>41</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>42</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>43</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>46</b>

<b>INDICE DE FIGURAS</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Figura 1:</b> Representación de puntos de muestreo.....	30

<b>INDICE DE TABLAS</b>	<b>PÁG.</b>
<b>Tabla 1:</b> Estándares de Calidad Ambiental - MINAM.....	25
<b>Tabla 2:</b> Operacionalización de variables .....	29
<b>Tabla 3:</b> Ubicación Geográfica en UTM .....	31
<b>Tabla 4:</b> Parametros Fisicoquimicos analizados de suelos.....	32
<b>Tabla 5:</b> Analisis textural y capacidad total de cambio (C.TC.) del suelo obtenido del centro poblado shiracmaca, huamachuco.....	34
<b>Tabla 6:</b> Analisis de fertilidad del suelo obtenido del centro poblado shiracmaca, huamachuco– 2018.....	34
<b>Tabla 7:</b> Resultados de los análisis pre – post tratamiento del suelo obtenido del centro poblado shiracmaca, huamachuco – 2018.....	35
<b>Tabla 8:</b> Resultados del porcentaje de remocion de los metales pesados presentes en el suelo contaminado obtenido del centro pobablado shiracmaca, huamachuco – 2018, con el tratamiento de 3 densidades poblacionales de la especie Amaranthus Hybridus.....	35
<b>Tabla 9:</b> Determinación de la densidad población optima de amaranthus hybridus en el proceso de fitorremediacion del suelo obtenido del centro poblado shiracmaca, huamachuco – 2018.....	36
<b>TABLA 10:</b> Analisis de Varianza ANOVA.....	36
<b>TABLA 11:</b> Sub conjuntos homogéneos HSD Tukey <sup>a</sup> % REMOCION DE ARSENICO.....	37
<b>TABLA 12:</b> Sub conjuntos homogéneos HSD Tukey <sup>a</sup> % REMOCION DE PLOMO.....	37
<b>TABLA 13:</b> Sub conjuntos homogéneos HSD Tukey <sup>a</sup> % REMOCION DE COBRE.....	38

## RESUMEN

La presencia de metales pesados en suelos a causa de la minería es una constante que afecta de forma directa e indirecta al caserío Shiracmaca, distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento La Libertad; por ende, la presente investigación se realizó con la finalidad de determinar la influencia de *Amaranthus hybridus* en la remoción de metales pesados generados por esta actividad. El diseño que se aplicó en la investigación fue cuasi experimental con pre prueba, post prueba. Se tuvieron dos grupos, uno experimental con tres repeticiones y un grupo control. El grupo experimental se realizó a través de celdas por densidades poblacionales con 2, 4 y 6 plantas acondicionando 50% de suelo contaminado y materia orgánica respectivamente, es decir 2.5 kg por cada uno. Mientras que el grupo control consta de la muestra testigo la cual fue de 2.5 kg de suelo + especie. El método empleado en los análisis para la determinación de metales pesados fue Method 200.7, Rev.4.4. EMMC versión 1994. De esta manera es que después de los 30 días de crecimiento del *Amaranthus hybridus* en sus 3 densidades poblacionales, se obtuvieron los siguientes resultados, la remoción expresada en porcentajes para arsénico fue (9.42%) para el tratamiento con 6 plantas, mientras que el (11.65%) con 4 plantas y (5.61%) con 2 plantas. Así mismo se removió un (5.22%) de plomo con 6 plantas, (8.16%) con 4 plantas y (1.97%) con 2 plantas, mientras que para el cobre se redujo un (5.25%) con 6 plantas, (5.5%) con 4 plantas y un (2.55%) con dos plantas, llegando a concluir que el *A. hybridus* si tiene la capacidad de remoción de metales pesados, siendo arsénico y plomo los de mayor remoción y que la densidad poblacional más óptima es la de 4 plantas, según análisis estadístico aplicado.

Palabras clave: Remoción, *Amaranthus hybridus*, metales pesados.

## ABSTRACT

The presence of heavy metals in soils due to mining is a constant that directly and indirectly affects the Shiracmaca hamlet, Huamachuco district, Sánchez Carrión province, La Libertad department; therefore, the present investigation was carried out with the purpose of determining the influence of *Amaranthus hybridus* in the removal of heavy metals generated by this activity. The design that was applied in the research was quasi-experimental with pre-test, post-test. There were two groups, an experimental group with three repetitions and a control group. The experimental group was carried into effect through cells with population densities of 2, 4 and 6 plants, conditioning 50% of contaminated soil and organic matter respectively, that is 2.5 kg each one. In the other hand, the control group consists of the control sample which had 2.5 kg of soil + species. The method used in the analyzes for the determination of heavy metals was the "Method 200.7, Rev.4.4. EMMC 1994 version". In this way, after the 30 days of growth of *Amaranthus hybridus* in its 3 population densities, the following results were obtained: the percentage removal for arsenic was (9.42%) in the treatment with 6 plants, (11.65%) with 4 plants and (5.61%) with 2 plants. Likewise, a (5.22%) of lead was reduced with 6 plants, (8.16%) with 4 plants and (1.97%) with 2 plants, whereas for copper, a (5.25%) was reduced with 6 plants, (5.5%) with 4 plants and a (2.55%) with 2 plants, arriving to the conclusion that *A. hybridus* does actually have the capacity to remove heavy metals, being arsenic and lead the ones with the biggest removal and also that the most optimal population density is 4 plants, according to the statistical analysis applied.

Key words: Removal, *Amaranthus hybridus*, heavy metals.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad Problemática**

En el suelo podemos encontrar gran variedad de elementos, ya sea de forma natural o antropogénica; de esta manera podemos deducir que el uso excesivo de fertilizantes o agentes sintéticos que se utilicen para el tratamiento de los suelos puede ser objeto del daño que se le produce al suelo, de igual manera la extracción de minerales del suelo es una forma muy común de contaminación de estos, debido a que es habitual la utilización de elementos químicos para sus procesos y un país minero siempre tiene consecuencias desfavorables para el medio ambiente.

En el departamento de La Libertad una de las destacadas fuentes económicas de cuantiosos pobladores es la explotación y extracción de minerales, pero paralelo a esto los recursos están siendo afectados debido al alto índice de minas ilegales e informales que operan sin ningún tipo de responsabilidad ambiental, abusando de los derechos ambientales de la ciudadanía que dependen directamente de ecosistemas para su subsistencia.

La minería, viene siendo uno de los destacados temas no solo por ser una de las actividades económicas más influyentes en el adelanto del país si no que es equidistante a la crítica situación de generar impactos devastadores provocando la pérdida de miles de hectáreas vegetales del territorio, debido a que la mayor parte son explotaciones sin ningún tipo de estrategias de manejo ambiental para los impactos significativos a los componentes ambientales que provoca la realización de esta actividad.

Cerro “El Toro” es en la actualidad uno de los casos más sonados en la región La Libertad, a causa de la minería ilegal que en él se desarrolla, éste se encuentra en un pequeño centro poblado de Huamachuco, el cual lleva por nombre Shiracmaca, es el medio ambiente contaminado quien ha incrementado la preocupación por la salud de los habitantes del caserío en mención, puesto que la actividad minera en este lugar (fase de extracción para ser exactos) genera innumerables residuos que agravan la situación, contaminando a los pobladores y sus sembríos así como también al ecosistema local.

Para corroborar lo mencionado en los párrafos anteriores podemos validar que no se está cumpliendo con lo establecido en la Ley N° 27651, “Ley de formalización y promoción de la pequeña minería y minería artesanal” la cual tiene como objetivo la legalización minera en el ámbito que se establezca la efectiva reglamentación de las labores mineras ejecutadas por obreros artesanales y minúsculos productores, haciendo énfasis al Artículo 19 de la presente normativa la cual hace referencia a la responsabilidad ambiental entre quienes suscriben el convenio de ejecución minera los cuales deberán responder de forma conjunta y voluntaria por el deterioro ambiental ocasionado tal como lo indica el estatuto establecido.

En Shiracmaca existen actualmente 2 mineras formales Melva 20 y El Toro, a esto se le suma más de 20 mineras informales las cuales se desarrollan como asociaciones y se han adueñado de todo el cerro el Toro. Debido a esta actividad y validando lo investigado por Ramos y Terán (2012) en el párrafo siguiente:

Por varios años la región La Libertad viene presentando una producción orográfica muy importante a nivel nacional. Más de 7000 personas desarrollan actividades mineras en toda la provincia local de Sánchez Carrión, siendo aproximadamente 2000 mineros artesanales los presentes en este caserío, en donde incluso viven en pequeños ranchos aledaños a las pozas que laboran. La contaminación se da por contacto con el aire el cual presenta el polvo consecuente de la explosión y extracción en los socavones.

Los cultivos que se han visto afectados por la actividad minera son el maíz, trigo, alverjas, haba, cebada, quinua, chocho y papa, esta última aún se siembra, pero para que pueda crecer se utiliza fertilizantes y abonos para así lograr el desarrollo de este producto; y algunos que aun logran conservar su ganado, tienen que llevarlos a pastar a otros caseríos cercanos debido a que el Shiracmaca se ha perdido a totalidad el pasto con el que se alimentan esos animales.

Por otro lado, es dable mencionar que, en el caserío no solo el suelo está siendo afectado por la minería si no que, existen otras zonas expuestas que son afectadas dentro de las cuales tenemos los ríos Shiracmaca, Chamis y

Coigobamba, los cuales son un vehículo por el cual se pueden transportan los metales pesados por ende podemos decir que no solo el caserío Shiracmaca está siendo afectado por esta contaminación si no que existen otros caseríos.

Otro medio afectado sería el aire debido a que por las explosiones diarias que se realizan se genera grandes cantidades de partículas de polvo, según los pobladores cada día aproximadamente a las 18:30 h se realizan disparos los cuales generan molestos ruidos que afectan a la población y estas explosiones también generan movimientos del suelo los cuales perjudican sus casas, estas muestran rajaduras generadas por las explosiones diarias.

La población del caserío se ha levantado en protesta en varias oportunidades debido a todo los perjuicios ocasionados por el desarrollo de la actividad minera en su pueblo, pero no han conseguido nada hasta la fecha, el ultimo paro realizado fue hace tres meses, aproximadamente en el mes de marzo, por el motivo de las lluvias fuertes que se presentaron en ese mes, esto genero una sobre carga de las relaveras lo cual ocasiono su desborde cayendo toda la lama de cianuro, plomo y arsénico en los ríos alledaños antes ya mencionados.

Conociendo esta información podemos validar la investigación realizada por Corcuera (2015) la cual calcula un promedio de 11 bocaminas y un estimado de 7 pozas con contenido cianurado, con ello corrobora la presencia minera y el despliegue de toda su actividad en todo el Cerro “El Toro”. Además que las situaciones de trabajo en la minería informal son inapropiadas, así mismo observó que los desmontes fruto del proceso de mineral son depositados a un lado de las pozas con cianuro, en el cual no existen paredes de contención ni vías de drenaje, por lo cual debido a la pendiente existente es que se desplazan a lo largo del cerro representando riesgo para los pobladores incrementando más en período de precipitaciones las cuales discurren los flujos ácidos en dirección de las quebradas cercanas y de los corrientes de agua que consecuentemente llegan a los sembríos si se origina un deslizamiento de esta masa cianurada, producto de los chaparrones o del mismo peso que almacena dicho componente; además encontraron bocaminas y pozas de cianuración abandonadas, las cuales estarían degradando la tierra y también áreas agrícolas, a causa del movimiento de masas de suelo para sustraer el recurso mineral.

Por ello, conociendo como es que realmente se está viviendo hoy en día en el caserío de Shiracmaca, propusimos una alternativa de solución con respecto a la contaminación de los suelos y así lograr recuperar parte de la actividad agrícola en la zona y para ello se utilizó una técnica conocida como fitorremediación dentro de la cual utilizamos el *Amaranthus hybridus*.

El *Amaranthus hybridus* pertenece a la familia Amaranthaceae, y tuvo relevancia desde tiempos ancestrales para los pueblos originarios de América, desde México hasta Perú. Además, su reproducción es mediante semillas, su ciclo de vida lo lleva a cabo entre marzo y diciembre (planta anual), entre marzo y septiembre se encuentra en estado vegetativo, de mayo a octubre florece y de julio a diciembre fructifica por lo que está pasa en forma de semilla durante la época desfavorable (Nieto, 1989).

El *Amaranthus hybridus* tiene un potencial de almacenamiento en sus tejidos cadmio y plomo, por ello crece en suelos contaminados, cabe mencionar que la capacidad de concentrar Pb es menos en el tallo que en la raíz y la hoja, lo cual se puede evidenciar acorde la planta aumenta en edad. Por ende, presenta mayor concentración Pb en la raíz que las hojas (García, 2011).

Conociendo lo costoso que es utilizar medidas para evitar impactos en los recursos generados por la minería es que nos interesamos por realizar esta investigación, la cual se basa en inquirir un método de recuperación de suelos contaminados por metales pesados producto de las actividades mineras, el cual sería viable en costo y así poder reducir la contaminación de los suelos por el desarrollo de esta actividad, y lograr contrarrestar esta problemática en la serranía de la libertad que son las zonas más afectas.

## 1.2. Trabajos previos

Reyes, y Marquez (2015) en el capítulo de su libro sobre las especies vegetales de zonas áridas para fitorremediar suelos contaminados con metales pesados, evaluaron las siguientes especies: palma washingtonia (*Washingtonia robusta* H. wendl.), huizache [*Acacia farnesiana* (L.) Willd.], Trompillo (*Solanum elaeagnifolium* Cav., Icon.), nopal [*Opuntia megacantha* Salm-Dyck y *Opuntia ficus indica* (L.) Mill.] y quelite (*Amaranthus hybridus* L.)

Enfocándonos en el *Amaranthus hybridus*, según análisis realizados identificaron que el Pb y Cd se concentraban en el tallo, las hojas y la raíz de la planta a medida que aumenta su edad, esta creció y se desarrolló en maceteros con suelo contaminado con 300 mg Pb.kg<sup>-1</sup>, algunos de los maceteros se les agrego micorrizas y otros no. Concluyendo que las especies probadas tuvieron relativamente bajas tasas de fitoextracción de metales pesados. En todos los casos el índice de bioacumulación fue menor a la unidad, por lo que estas especies pudieran ser empleadas solamente en la modalidad de fitoestabilización.

Según Bonilla (2013), en su estudio sobre biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizo el Método de fitorremediación en la cual se evaluó tres especies vegetales: amaranto, acelga y alfalfa para la absorción de plomo en suelos contaminados manejando la técnica de fitorremediación; estas se vienen desarrollando en semilleros, para posteriormente trasplantarlas a una matriz de suelos contaminados con plomo; se usó la técnica de absorción atómica por llama para cuantificar de plomo; las mediciones se llevaron a cabo en suelos sin contaminación, suelos contaminados, el tratamiento fue de 20, 30, 45, 60 y 90 días de exposición de especies en el suelo contaminado y al suelo final fitorremediado; dentro de los tres tipos de plantas estudiadas que fueron abonadas con materia orgánica durante la germinación presentaron mayor absorción que las plantas que no tuvieron adición de ningún tipo de abono. Concluyendo que estas especies tienen la capacidad de almacenar plomo en sus tejidos, sin embargo, el *Amaranthus hybridus* y *Medicago sativa* tienen la capacidad de hiper-acumulación conforme aumenta de tamaño y edad de la planta, en cuanto la especie *Beta vulgaris* no cuenta con propiedades de hiper-acumulación.

Según Guerrero (2015), en el estudio que lleva por nombre “Fito-extracción de metales pesados (cadmio y plomo) empleando *Amaranthus hybridus* L. (Popularmente conocido en algunos lugares como Quelite” planteó como objetivos estudiar la capacidad fito-extractora del *Amaranthus hybridus* con respecto al cadmio (Cd) y plomo (Pb) con la ayuda de cinco agentes quelatantes y evaluar los quelatos aplicados, para esto se evaluó la capacidad hiperacumuladora del quelite para la fito-extracción de metales pesados, se aplicaron 5g diluido en 100 ml de agua de los quelatos; ácido fúlvico, Cu EDTA, EDTA, Fe EDDHA, Zn EDTA y un testigo absoluto que solo se le aplicó agua, se utilizó un suelo con un pH de 7,5 de textura migajón arcilloso y con 5% de materia orgánica. El suelo se colocó en contenedores de polietileno de 5 kg bajo condiciones de invernadero, obteniendo como resultados que, en la parte foliar de la planta, en la primera evaluación el mejor resultado fue del tratamiento EDTA para los dos metales, cadmio con 121,2 mg.kg<sup>-1</sup> y plomo con 306,25 mg.kg<sup>-1</sup> y en la segunda evaluación los tratamientos más efectivos fueron, del Zn EDTA para cadmio con 92,5 mg.kg<sup>-1</sup> y el testigo para plomo con 92,5 mg.kg<sup>-1</sup>.

Paiva (2015), en su estudio “Fitorremediación de Suelos Contaminados con plomo utilizando *Amaranthus spinosus-amaranthaceae* en Cusco del 2012”, tuvo como objetivo principal estudiar la cantidad que filtro y recepcionó en el plomo en su totalidad estructural del *Amaranthus spinosus* tanto en sus raíces, tallo, hoja y flores ya que esta viene sujeta a variables con cantidades de Pb; los ensayos se efectuaron en condiciones de invernadero, en macetas con suelo de textura franco los cuales fueron contaminados voluntariamente, con la muestra aislada de contaminante, y con dosis de 600, 400 y 200 partes por millón de Pb.Kg<sup>-1</sup> de muestra con (CH<sub>3</sub>-COO) 2 Pb; concluyendo que esta especie de *Amaranthus* ostenta alta pasividad al plomo, desenvolviéndose sin ninguna anomalía conforme incrementa su concentración fuera de estrés a ningún elemento y que la mayor acumulación se dio en mayor proporción en la raíces.

Según Trigoso (2017) en su tesis “Reducción de cadmio en suelos contaminados a través de *Amaranthus hybridus* y micorrizas *arbusculares* en la región Huánuco, 2017, evaluó la eficacia del uso de la *Amaranthus hybridus* y micorrizas *arbusculares*, en la disminución de cadmio en suelos

contaminados en la región Huánuco, en donde existen sembríos de cacao. En la primera evaluación, hallaron concentraciones de 1,48 mg.kg de Cd. Para llevar a cabo la investigación instalaron 30 parcelas de 1m<sup>2</sup> in situ, aplicando 6 tratamientos con 5 repeticiones cada uno: el 1er y 2do tratamiento fue con micorrizas *Arbusculares* en dosis de 2,5 y 5 g/m<sup>2</sup>; el 3er y 4to tratamiento con *Amaranthus hybridus*, con 16 plantas y 8 plantas/m<sup>2</sup> respectivamente, 5to tratamiento con 16 plantas y 2,5 gramos de micorrizas/m<sup>2</sup>; y el 6to tratamiento con 8 plantas y 5 gramos de micorrizas/m<sup>2</sup>. Concluyendo que el *Amaranthus hybridus* tiene mayor capacidad de reducir Cadmio.

Según Obeso (2017) en su investigación titulada “Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados mediante cultivo de geranio (*Pelargonium zonale*), Realizado para la Universidad Privada del Norte – Trujillo”, en donde se analizó el geranio para evaluar su capacidad de remoción de metales como arsénico (As), cadmio (Cd) y cobre (Cu) de suelos que están contaminados. Utilizaron el método de Espectroscopia de emisión atómica de plasma acoplado por inducción (ICP-AES) para analizar la concentración de metales en las muestras de suelo; después de aplicado el tratamiento, se concluyó que el geranio es altamente tolerante hacia el As, con una reducción significativa, hasta del 74% con relación al nivel inicial, para el Cd y Cu, se logró reducir en un 79% y 55%, respectivamente, demostrando que la fitorremediación es una excelente opción para la recuperación de medios contaminados con metales pesados.

Según Covarrubias y Peña (2016), en su estudio Contaminación Ambiental por Metales Pesados en México: Problemática y Estrategias de Fitorremediación, explican que en México los metales contaminantes más relevantes según su toxicidad y cantidad son: mercurio, arsénico, plomo y cromo; siendo los lugares más afectados por la alta concentración de metales en suelos están los estados de Zacatecas, Querétaro, Hidalgo y Saz Luis Potosí. Considerando que el utilizar floras es una alternativa para la eliminación de metales pesados del suelo o “fitorremediación” esta investigación han expuesto resultados prominentes al ser empleados en estos tratamientos, igual que emplear hongos micorrízicos arbusculares específicamente de la especie *Glomus*. Sin embargo, son necesarios más estudios para mejorar los tratamientos con especies habituales de los sitios contaminados.

Jacob y Kakulu llevaron a cabo una investigación el año 2012 la cual ha sido publicada en la Revista Americana de Química y lleva por nombre “Evaluación de la bioacumulación de metales pesados en espinacas, malva de yute y tomate en granjas dentro de Kaduna Metropolis, Nigeria” por la que está explica que su objetivo fundamental fue calcular los niveles de metales pesados en el suelo y las partes comestibles de tres vegetales populares ampliamente consumidos en Nigeria; se evaluaron espinacas (*Amaranthus hybridus*), malva de yute (*Corchorus olitorius*) y tomate (*Lycopersicon esculentum*) en granjas dentro de la ciudad de Kaduna, Nigeria. El estudio determinó que la concentración de Ni fue únicamente mayor que el límite máximo permisivo en muestras de *Amaranthus Hybridus*. Dando por concluido que las concentraciones medias de metales en las muestras de suelo fueron generalmente superiores a los límites máximos permisivos de la OMS / FAO en suelos agrícolas para Pb y Cd, pero menores para Ni y Cr, mientras que, para los vegetales en mención, las concentraciones medias de metales fueron generalmente superiores a los límites permisivos para todos los metales, excepto Ni.

Según Vásquez, et al. (2011) en su artículo: “Fertilización y Densidad de Plantas en Variedades de Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*)” nos explica que realizaron un experimento para calcular que efectos ocasionan en su localidad, su fertilización, su densidad de plantas y variedades; estableciendo un diseño de bloques completos al azar con 3 repeticiones en las diferentes localidades de San Miguel del Milagro Tlaxcala y Montecillo Estado de México, 3 dosis (0, 60 y 80 kg ha<sup>-1</sup>) de N combinadas con 2 (30 y 60 kg.ha<sup>-1</sup>) dosis de P, densidades de plantas de 100 000, 150 000 y 250 000 plantas ha<sup>-1</sup> y las variedades DGTA, Gabriela y Revancha pertenecientes a *A. hypochondriacus*. Finalmente obtuvieron como resultados que en su localidad, la fertilización, la densidad de plantas y la interacción densidad de plantas\*variedad, adquirieron efectos significativos sobre su rendimiento de la semilla. Los rendimientos más altos pertenecen a la localidad de Montecillo, a las fórmulas 80-60-40 y 80-30-40 con 1 668,7 y 1 660,9 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente a la variedad DGTA (1 778,2 kg. ha<sup>-1</sup>) y su densidad de plantas de 100 000 plantas ha<sup>-1</sup>, está presenta una altura adecuada para una

cosecha mecánica en las 3 densidades de plantas. En cuanto a su relación al acame sólo la fertilización tuvo efecto, resultando con porcentajes de 37,21%, 36,98% y 35,9%, respectivamente.

Según Miñado (2015). En su investigación realizada “Estudio del comportamiento de Líneas avanzadas mutantes de Kiwicha (*Amaranthus caudatus* Linn) bajo distintos sistemas de cultivo” nos comenta que el sistema orgánico guano de islas tiene 1344,9 kg/ha; en su efecto de rendimiento muy parecido a lo que se obtuvo con insumos convencionales donde se evaluaron caracteres agronómicos y de calidad; por lo que se emplearon un diseño de Bloques al Azar con 3 repeticiones. El estudio se llevó a cabo en condiciones de La Molina, en una siembra primavera – verano, comparando el rendimiento de dos variedades comerciales y siete líneas mutantes cuatro sistemas de cultivo. En el sistema convencional se observó un rendimiento en promedio del experimento de 1494 kg/ha y un porcentaje de proteína en el grano de 12,5%, destacando las variedades comerciales Osear Blanco (1812,5 kg/ha) y Centenario (2156,3kg/ha) y las líneas mutantes MKSHUACH0-91(1619,8kg/ha) y MKSHUACH0-60(1697,9 kg/ha).

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Impactos generados por la actividad minera artesanal**

La minería artesanal, está encaminada a la explotación del recurso mineral de manera empírica, debido a que sus conocimientos fueron adquiridos de sus generaciones anteriores, los que realizan estas operaciones de explotación vienen estando expuestos a restricciones técnicas que compete la praxis artesanal; estas personas no tienen conciencia ambiental y no cuidan la naturaleza, perjudicando todo lo que va a su paso como los suelos, el aire y los ríos, en muchas ocasiones estos impactos han afectado a los campesinos en la salud, así como también la pérdida de grandes cantidades de hectáreas que servían para actividades agrícolas y ganaderas, contaminación de la biodiversidad y graves accidentes para quienes habitan la zona minera, además de conflictos sociales como desplazamiento involuntario de grupos o asociaciones comunitarias (Corcuera, 2015).

### **1.3.2. Contaminación por metales pesados**

Se considera que los metales pesados son peligrosos puesto que no se deterioran (ya sea en medio biológico o químico), por otra parte, pueden ser acumulables en organismos vivos con mayores concentraciones de las que puedan tener los alimentos o el medioambiente (bio-acumulación), y pueden aumentar conforme avance en la cadena trófica (bio-magnificarse), ello al ser toxico provoca daños perjudiciales en varios aspectos. Se ha detectado diferentes efectos físicos en la salud del ser humano como (malestares crónicos, complicaciones en la sangre, etc.) y efectos mentales (sensación de ansiedad, conducta pasiva, etc) MAPAMA, (2018).

La polución de elementos inorgánicos como los metales pesados surge al momento de la existencia de un desequilibrio como el resultado de actividades antropogénicas lo cual provoca un obstáculo ambiental debido a que causa efectos adversos a los seres vivos; acontecimiento al cual el estado peruano no es ajeno. 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 (MINSA, 2015).

### **1.3.3. Remoción**

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. Existe una principal ventaja entre los tratamientos in situ y ex situ ya que en la primera el suelo contaminado no requiere ser excavado ni transportado a otro lugar, pero mayormente necesita más tiempo para su desarrollo y están ligados a la heterogeneidad de las características del suelo, acuíferos y es más complejo verificar su eficiencia. (Yauri, 2014)

A continuación, mencionamos algunas clases de técnicas aplicadas a la remediación de suelos:

Tratamientos biológicos:

- Biorremediación.
- Biopilas.
- Fitorremediación.
- Compostaje.
- Biotransformación de metales.
- Lodos biológicos.

Tratamientos térmicos:

- Incineración.
- Desorción térmica.

#### **1.3.4. Fitorremediación:**

Yauri (2014), en su informe de suficiencia denominado “Estudio de Técnicas para la remediación de suelos” menciona lo siguiente acerca de la fitorremediación:

Es el uso de plantas y sus microorganismos que a través de procesos bioquímicos disminuyen la concentración de contaminantes orgánicos e inorgánicos en alguna fuente receptora como lo son: suelos, sedimentos, aguas y aire.

La fitorremediación se considera como un proceso de limpieza natural auxiliar de otros procesos. Existen cinco tipos de procesos por los cuales la planta puede eliminar o contener metales:

- Eliminación: Fitoextracción, fitodegradación, fitovolatilización y rizofiltración.
- Contención: Fitoestabilización. (Inmovilización)

La constitución de estas plantas las hace capaces de almacenar una determinada cantidad de metales en sus tejidos (rizosfera). Por ende, son tolerantes a este tipo de ambientes contaminados.

#### **1.3.5. *Amaranthus hybridus* L. (Quelite):**

*Amaranthus hybridus* L., se desarrolla en todo el continente americano, pero es originaria de América del Sur donde; crece en climas de cálidos a templados, se la haya desde el nivel del mar hasta más de los 2500 metros.

Logra crecer en los bordes de las carreteras y se puede diseminar con facilidad, puede estar en ambientes húmedos y se desarrolla en terrenos arenosos o franco – arcillosos que presenten pH alcalino, neutro o ácido. El espacio donde se plantará tiene que estar óptimamente drenado para evitar encharcamientos de los cuales la planta es vulnerable. Con respecto a sus necesidades lumínicas, podemos asegurar que es muy exigente, se debe colocar en un lugar donde la exposición al sol sea directa, para que no influya de manera negativa en su crecimiento de forma normal. Respecto a su dureza frente a condiciones adversas se puede decir que no sobrevive a las heladas. (Pérez, 2012)

### 1.3.6. Normativa para suelos:

A nivel nacional el Ministerio del Ambiente tiene presente en su normativa al Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM el cual da por aprobados los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo, los mismos que se detallan en el ANEXO I y mencionan los tres usos de suelo (Suelo Agrícola, Suelos Residenciales/Parques, Suelo Comercial/ Industrial/ Extractivos) para parámetros Orgánicos e Inorgánicos (Metales).

**Tabla 1.** Estándares de Calidad Ambiental – MINAM

Parámetros en mg/kg PS <sup>(2)</sup>	Usos del Suelo <sup>(1)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(7) y (8)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(3)</sup>	Suelo Residencial/ Parques <sup>(4)</sup>	Suelo Comercial <sup>(5)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(6)</sup>	
<b>INORGANICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total <sup>(15)</sup>	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 <sup>(16)</sup>
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 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/ó ISO 17690:2015

Fuente: Anexo 1 del DS N° 011-2017-MINAM

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cómo influye el *Amaranthus hybridus* en la remoción de metales pesados en el suelo contaminado de Shiracmaca, Huamachuco – La Libertad?

#### **1.5. Justificación del estudio**

La siguiente investigación se justifica porque busca aportar con una propuesta positiva de solución ante la contaminación de suelos por metales pesados derivados de la actividad minera informal mediante la aplicación del *Amaranthus hybridus* (Quelite) y su efecto remediador como alternativa de empleo en dicha actividad en un marco sostenible.

Con implicancias prácticas ya que puede ser ejecutado in situ de forma coordinada entre las mineras y la población en busca de la remediación ambiental de los suelos contaminados por metales pesados en Shiracmaca-Huamachuco haciendo uso de una especie (maleza) poco empleada hoy en día. Es por ello que se plantea evaluar las medidas de concentración de metales pesados en el suelo mencionado empleando el efecto remediador del *Amaranthus hybridus* (Quelite) para que se pueda disponer de una alternativa de solución técnico – práctica con base sustentable.

#### **1.6. Hipótesis**

H1: *Amaranthus hybridus* si remueve los metales pesados en el suelo de Shiracmaca, Huamachuco, La Libertad.

H0: *Amaranthus hybridus* no remueve los metales pesados en el suelo de Shiracmaca, Huamachuco, La Libertad.

#### **1.7. Objetivos**

##### **1.7.1. Objetivo general**

Evaluar la influencia de *Amaranthus hybridus* en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por la minería en Shiracmaca – Huamachuco, La Libertad.

### **1.7.2. Objetivos específicos.**

- Analizar las cantidades presentes de metales pesados pre y post tratamiento en el suelo contaminado por la minería en Shiracmaca – Huamachuco - (La Libertad) - 2018.
- Determinar el porcentaje de remoción de metales pesados (Arsénico, Plomo y Cobre) del suelo contaminado con el tratamiento de las 3 densidades poblacionales de la especie *Amaranthus hybridus*.
- Determinar la densidad poblacional óptima de *Amaranthus hybridus* en el proceso de fitorremediación del suelo contaminado por metales pesados.

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación

Se utilizó un diseño cuasi experimental, diseño de pre prueba- post prueba y grupo control. Teniendo un grupo experimental con tratamiento (*Amaranthus hybridus*.) y un grupo de control sin el tratamiento. El diseño se diagrama a continuación:

<b>G<sub>1</sub></b>	O <sub>1</sub>	X <sub>1</sub>	O <sub>2</sub>
<b>G<sub>2</sub></b>	O <sub>3</sub>	--	O <sub>4</sub>

Donde:

G<sub>1</sub> = Grupo experimental

G<sub>2</sub> = Grupo control

X<sub>1</sub> = Tratamiento (*Amaranthus hybridus* + Materia Orgánica)

O<sub>1</sub>, O<sub>3</sub> = Análisis de metales en suelo. (Al inicio del tratamiento)

O<sub>2</sub> = Análisis de metales en suelo. (Al culminar el tratamiento)

O<sub>4</sub> = Análisis de metales en suelo. (Al culminar el tratamiento)

--- = Ausencia de estímulo (Indica que se trata de un grupo de control)

### 2.2. Variables, operacionalización

#### 2.2.1. Variables

- Independiente:

Densidad poblacional de la especie *Amaranthus hybridus*  
(Quelite)

+ Materia orgánica (Guano de *Cavia porcellus*)

- Dependiente:

Remoción de metales pesados en suelo contaminado.

## 2.2.2. Operacionalización

**Tabla 2. Operacionalización de variables**

<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
H1: <i>Amaranthus hybridus</i> si remueve los metales pesados en el suelo de Shiracmaca, Huamachuco, La Libertad.	Densidad poblacional de la especie <i>Amaranthus hybridus</i> (Quelite)	La densidad poblacional de una especie está determinada por el número de plantas por unidad de área de suelo (Arcila, 2011)	Unidades de especie por unidad de área	Número de unidades/dm <sup>2</sup>	T1: 6 Plantas/3,42dm <sup>2</sup> T2: 4 Plantas/3,42 dm <sup>2</sup> T3: 2 Plantas/3,42dm <sup>2</sup>	Razón
	Materia Orgánica	Guano de <i>Cavia porcellus</i>	Mezcla homogénea	Mezcla	%	
H0: <i>Amaranthus hybridus</i> no remueve los metales pesados en el suelo de Shiracmaca, Huamachuco, La Libertad.	<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICION CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICION OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSION</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICION</b>
	Remoción de metales pesados (Arsénico, Plomo y Cobre) en suelo contaminado	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)	$\%remocion = \frac{Ci - Cf}{Ci} \times 100$ Ci = concentración inicial del metal pesado. Cf = concentración final del metal pesado	Adimensional	Porcentaje de remoción	Razón

## 2.3. Población y muestra

### 2.3.1. Población

La población estuvo conformada por el volumen total de suelo agrícola proveniente del sector Shiracmaca distrito de Huamachuco, provincia de Sánchez Carrión, departamento La Libertad.

### 2.3.2. Muestra

El muestreo fue tomado del centro poblado de Shiracmaca (a 3,5 kilómetros de Huamachuco) a 3,216 msnm aproximadamente, provincia de Sánchez Carrión, departamento de La Libertad, posee una extensión de 178 hectáreas, considerada como una zona agrícola, de suelo arenoso y una profundidad no menor de 1,50 m, su clima es frío y lluvioso. (ROJAS, Richard y PAEZ, Mitchell, 2015).

La muestra fue obtenida mediante el muestreo de comprobación de la remoción en el cual de acuerdo a la población se considera el método para áreas de contaminación de forma irregular menores a 1 000 m<sup>2</sup> y hasta 5 000 m<sup>2</sup>, se obtendrá 5 puntos representativos para la obtención de la muestra final que será 30 Kg aproximadamente. (MINAN, 2014).



**Figura 1:** Representación de puntos de muestreo

### Tabla N° 3: Ubicación geográfica en UTM.

Área:  $892,845 \text{ m}^2 = 0,001 \text{ km}^2 = 0,221 \text{ Acres}$

MUESTRA	X – Longitud	Y- Latitud	Z-Altitud
PM-01	9134535,00	830044,00	3203 msnm
PM-02	9134546,00	830026,00	3202 msnm
PM-03	9134574,00	830023,00	3197 msnm
PM-04	9134553,00	830054,00	3198 msnm
PM-05	9134567,00	830045,00	3196 msnm

Fuente: Elaboración Propia.

#### 2.3.3. Unidad de análisis

Para el grupo experimental y para el grupo control se utilizó 5 kg para cada celda de tratamiento.

#### 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.

##### 2.4.1. Fases del proyecto

Para la obtención de la muestra se realizó un muestro de calicata utilizando el método de aspa, se procedió ir al sector Shiracmaca con los materiales de campo necesario y las indicaciones descritas en la Guía para muestreo de suelos (MINAM, 2014). Se realizó las calicatas del perfil del suelo de 40 x 40 cm y 50 cm de profundidad, extrayendo la muestra para el análisis correspondiente a metales pesados presentes en suelo, de cada punto de muestreo se tomó 6 kg posteriormente se homogenizará la muestra representativa.

Se analizó la muestra antes y después de realizar el tratamiento (Remoción *Amaranthus hybridus*.) con el fin de determinar la capacidad remediadora de metales pesados. Luego de finalizar los tratamientos se tomaron los datos y analizamos los resultados, finalmente se realizó la comparación con el ECA para suelos agrícolas.

##### 2.4.2. Técnica e instrumento de recolección de datos:

Para la presente investigación empleó la **observación experimental** a manera de técnica de recolección de datos y como instrumento la **hoja o ficha de recolección de datos**.

**Tabla 4:** Parámetros fisicoquímicos analizados de suelos

<b>Determinación</b>	<b>Método</b>
Muestreo de suelo superficial	Calicata aplicando el aspa
Análisis de metales pesados en el suelo	Method 200.7 Rev.4.4. EMMC Version (1994). Determination of Metals and trace Elements in Water and Wates by Inductively Coupled Plasma - Atomic Emission Spectrometry.
Materia orgánica	Oxidación con bicromato de potasio y lectura en el Espectrofotómetro.
Fósforo disponible	Olsen modificado
Potasio disponible	Turbidimetría (Extraído con NaHCO <sub>3</sub> )
Salinidad (CE <sub>ES</sub> )	Conductímetro (medición en extracto 1:2 y expresado como CE del extracto de saturación)
Carbonato de calcio	Neutralizado con HCL y titulado con NaOH
Reacción o pH del suelo	Potenciómetro (relación 1 suelo con 1 de agua)

Fuente: Elaboración Propia

#### 2.4.3. Validez y confiabilidad

Para la toma de muestras se utilizó la ficha de la Guía de muestreo de suelos, la cual fue validada por el MINAM en el 2014.

#### 2.5. Métodos de análisis de datos.

Por ser un diseño cuasi experimental corresponderá un método Pre prueba – Post prueba con un grupo control. Se evaluó si los datos presentan una distribución normal mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y kolmogorov - Smirnov, de acuerdo a este análisis se aplicó el Anova y la post prueba de tukey para datos paramétricos, para determinar la **influencia de *Amaranthus hybridus* en la remoción** de metales pesados en los suelos de Shiracmaca, se realizó tres repeticiones para el grupo experimental. El análisis estadístico se realizó a un nivel de confianza del 95%.

#### 2.6. Aspectos éticos:

Para llevar a cabo nuestra investigación se informó a los pobladores del área de estudio sobre el procedimiento y la finalidad de este. Como parte de los criterios éticos para toda investigación, y para conocer la realidad se aplicó un cuestionario a

los pobladores de Shiracmaca, dicho documento fue corroborado y validado por un especialista (Se adjunta en el anexo B).

1

### III. RESULTADOS

**TABLA N°5: Análisis textural y capacidad total de cambio (C.T.C.) del suelo obtenido del centro poblado Shiracmaca, Huamachuco – 2018**

N° MUESTRA	PORCENTAJE DE PARTICULAS			TEXTURA (U.S.D.A.)	C.T.C. meq/100g
	ARENA	LIMO	ARCILLA		
1	74,1	20,44	4,75	Arena Franca	6,21

Fuente: Laboratorio AGROLAB - Trujillo

La tabla N° 5 muestra los análisis realizados con respecto a la textura del suelo, dentro de la cual nos indica que el % de Arena es de 74,1, de limo es 20,44 y de arcilla tiene 4,75, como resultado nos da que la textura del suelo es Arena Franca.

**TABLA N°6: Análisis de fertilidad del suelo obtenido del centro poblado Shiracmaca, Huamachuco – 2018**

N° MUESTRA A	% M.O.	P Ppm	K Ppm	pH ppm	% SATURAC .	CE.es mS/cm (Estimado)	CaCO <sub>3</sub>
1	0,88	82,06	455,44	7,84	28	6,56	5,6

Fuente: Laboratorio AGROLAB - Trujillo

La tabla N°6 nos muestra los resultados de los análisis de fertilidad del suelo, donde indica que el % de Materia Orgánica es 0,88, de fosforo tenemos 82,06 ppm, potasio 455,44 ppm, el pH está en 7,84 ppm, la saturación del suelo es de 28 % y la conductividad eléctrica es de 6,56 y tiene 5,6 de carbonato de calcio.

**TABLA N° 7: resultados de los análisis pre – post tratamiento del suelo obtenido del centro poblado Shiracmaca, Huamachuco – 2018**

Metales	Unidades	Pre-Tratamiento	Post-Tratamiento		
			Tratamiento 1-6P	Tratamiento 2-4P	Tratamiento 3-2P
Arsénico	mg/kg	3937	3566	3478	3716
Plomo	mg/kg	5008	4746	4599	4909
	mg/kg	147,9	140,1	139,8	144,1
Cobre					

Fuente: Laboratorio SAG (Servicios Analíticos Generales)

En la tabla N° 7 se manifiestan los resultados de los análisis Pre y Post - Tratamiento, en los cuales se muestra que el As y Pb, tienen altas concentraciones en los suelos obtenidos del centro de Shiracmaca, mientras que el Cu tiene una concentración menor según resultados del antes del tratamiento; después de haber aplicado el tratamiento con la especie *Amaranthus Hybridus* las concentraciones de estos metales han disminuido de acuerdo a los resultados obtenidos después del tratamiento.

**TABLA N° 8: Resultados del porcentaje de remoción de los metales pesados presentes en el suelo contaminado obtenido del centro poblado Shiracmaca - 2018, con el tratamiento de 3 densidades poblaciones de la especie *Amaranthus hybridus***

DESCRIPCION	Tratamiento	mg/kg	%Remoción
Arsénico	T6P	3566	9,42%
	T4P	3478	11,65%
	T2P	3716	5,61%
	TESTIGO	3937	
Plomo	T6P	4746	5,22%
	T4P	4599	8,16%
	T2P	4909	1,97%
	TESTIGO	5008	
Cobre	T6P	140.13	5,25%
	T4P	139.80	5,48%
	T2P	144.13	2,55%
	TESTIGO	147.90	

Fuente: Propia

La tabla N° 8 nos indica el porcentaje de remoción de metales pesados (As, Pb, Cu) luego de aplicado el tratamiento con la especie *Amaranthus Hybridus* donde el As fue el metal que más ha absorbido la especie, con respecto a los demás metales.

**TABLA 9: Determinación de la densidad población óptima de *Amaranthus hybridus* en el proceso de fitorremediación del suelo obtenido del centro poblado Shiracmaca, Huamachuco – 2018 aplicando Anova**

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
% REMOCION DE ARSÉNICO	Entre grupos	52,369	2	26,185	,976	,0430
	Dentro de grupos	160,957	6	26,826		
	Total	213,326	8			
% REMOCION DE PLOMO	Entre grupos	57,451	2	28,726	,625	,0267
	Dentro de grupos	275,624	6	45,937		
	Total	333,075	8			
% REMOCION DE COBRE	Entre grupos	15,950	2	7,975	,528	,0315
	Dentro de grupos	90,642	6	15,107		
	Total	106,591	8			

Fuente propia.

En la Tabla 9 se muestra la prueba de ANOVA a la cual se somete los datos a fin de comprobar si existe diferencia estadística significativa entre las medias de remoción de metales pesados originadas por la manipulación de la variable independiente " DENSIDAD POBLACIONAL DE LA ESPECIE *Amaranthus hybridus* (QUELITE)" en 3 niveles (2 Plantas/3,42 dm<sup>2</sup>, 4 Plantas/3,42 dm<sup>2</sup> y 6 Plantas/3,42 dm<sup>2</sup>); encontrándose que existe diferencia significativa ( $P < 0.05$ ); por lo que se rechaza la hipótesis nula de que las medias de los porcentajes de remoción de metales pesados son iguales y que en al menos uno de los niveles de la variable manipulada está ocurriendo dicha diferencia. Esto aplica para los tres metales en estudio.

**TABLA 10: Sub conjuntos homogéneos HSD tukey<sup>a</sup> % remoción de arsénico**

DENSIDAD POBLACIONAL DE LA ESPECIE <i>Amaranthus hybridus</i> (QUELITE)	N	Subconjunto		
		1	2	3
T3: 2 Plantas/3,42 dm <sup>2</sup>	3	5,7949		
T1: 6 Plantas/3,42 dm <sup>2</sup>	3		9,4205	
T2: 4 Plantas/3,42 dm <sup>2</sup>	3			11,6482
Sig.		1,000	1,000	1,000

\*Se visualizan las medias para los grupos en subconjuntos homogéneos.  
a. utiliza el tamaño de las muestras de media armónica = 3.000.

En la tabla 10 de subconjuntos homogéneos para la variable dependiente porcentaje de remoción de arsénico se generaron 3 subconjuntos diferenciados; siendo el tratamiento T2 empleando una densidad de 4 Plantas/3,42 dm<sup>2</sup> el que presenta el mayor porcentaje de remoción de dicho metal con una media de 11.65%.

**TABLA 11: Sub conjuntos homogéneos HSD tukey<sup>a</sup> % remoción de plomo**

DENSIDAD POBLACIONAL DE LA ESPECIE <i>Amaranthus hybridus</i> (QUELITE)	N	Subconjunto		
		1	2	3
T3: 2 Plantas/3,42 dm <sup>2</sup>	3	1,9744		
T1: 6 Plantas/3,42 dm <sup>2</sup>	3		5,2228	
T2: 4 Plantas/3,42 dm <sup>2</sup>	3			8,1605
Sig.		1,000	1,000	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3.000.

En la tabla 11 de subconjuntos homogéneos para la variable dependiente porcentaje de remoción de plomo se generaron 3 subconjuntos diferenciados; siendo el tratamiento T2 empleando una densidad de 4 Plantas/3,42 dm<sup>2</sup> el que presenta el mayor porcentaje de remoción de dicho metal con una media de 8,16%.

**TABLA 12: Sub conjuntos homogéneos hsd tukey<sup>a</sup> % remoción de cobre**

DENSIDAD POBLACIONAL DE LA ESPECIE Amaranthus hybridus (QUELITE)	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
T3: 2 Plantas/3,42 dm 2	3	2,5468	
T1: 6 Plantas/3,42 dm 2	3		5,2513
T2: 4 Plantas/3,42 dm 2	3		5,4767
Sig.		,365	1,000

Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.  
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 3,000.

En la tabla 12 de subconjuntos homogéneos para la variable dependiente porcentaje de remoción de cobre se generaron 2 subconjuntos diferenciados; siendo el tratamiento T1 y T2 los que presenta el mayor porcentaje de remoción para dicho metal con una media porcentual de 5,25 y 5,5% respectivamente.

#### IV. DISCUSIÓN

Según el análisis de caracterización de suelos del sector de Shiracmaca distrito de Huamachuco, provincia Sánchez Carrión, departamento La Libertad (Tabla N° 6), se puede mostrar que el suelo contiene 0,88% de materia orgánica y un pH de 7,84 y una textura arena franca (Tabla N° 5), tal como lo corrobora Guerrero (2015), quien en su investigación menciona que la especie *Amaranthus Hybridus L.*, crece en suelos arcillosos, francos y/o arenosos con un pH de 7,5 y 5 % de materia orgánica. Bonilla (2013), en su tesis nos menciona que realizó el estudio de tres especies para biorremediar plomo, de las cuales las que mayor efectividad tuvieron fueron el *Amaranthus hybridus* y *Medicago sativa*, considerándolas como especies con una capacidad hiper-acumuladora, por los porcentajes de plomo acumuladas en la planta en los diferentes días de exposición, siendo estos mejores a los obtenidos en nuestros análisis los cuales tuvieron un porcentaje de remoción menor debido al periodo de tiempo y concentraciones iniciales de los metales presentes, ya que su estudio fue realizado por 20, 45 y 90 días, periodos mayores a los nuestros excepto el primero, indicando o corroborando según la Tabla N° 8, donde señala que de acuerdo a nuestras densidades poblaciones de *A. hybridus* trabajadas, el tratamiento con 4 plantas ha removido un 8,16% de plomo es decir 409 ppm, siendo este el más efectivo con respecto al tratamiento con 6 y 2 plantas con un 5,22% y 1,97%; sobrentendiendo que en la especie utilizada tiene aproximadas concentraciones removidas en un periodo de 30 días; así mismo Guerrero (2015), en su investigación nos señala que el *A. hybridus*, puede tener una mejor capacidad de fito-extracción, si este es ayudado por un agente quelatante, indicándonos que con el tratamiento EDTA se obtienen mejores resultados, ya que logro reducir las concentraciones iniciales, tanto para plomo como cadmio en su primera evaluación, mientras que el tratamiento con Zn EDTA, es mejor para extraer cadmio en su segunda evaluación y EDTA para plomo; indicando que es sugerible utilizar uno de estos agentes para tener mejores resultados.

Según el análisis estadístico aplicado se acepta nuestra hipótesis H1, donde indica que el *Amaranthus hybridus* si remueve los metales pesados, dichos análisis también fueron aplicados por Paiva (2015), donde concluyo que el *Amaranthus spinosus* ostenta alta concentración de plomo en sus raíces, demostrando su capacidad de bioacumulación y que este es altamente tolerante a grandes concentraciones de metales donde no presenta ningún estrés, siendo esta familia del *A. hybridus*, la cual hace referencia a que el tratamiento aplicado al suelo contaminado si es efectivo; así mismo podemos afirmar que la acumulación de plomo se da más en la raíz, (ver anexo J) según análisis químico realizado a la especie, es el órgano donde se encontró una mayor concentración de plomo 76,58 ppm, mientras que en las hojas hay una concentración de 16,44 ppm.

De los resultados obtenidos por Obeso (2017), quien estudió al geranio, y el cultivo evaluado en la presente investigación, podemos hacer un análisis comparativo entre distintas especies de cultivo, evaluando el porcentaje de remoción en el arsénico y cobre para determinar cuál especie removió más tomando en cuenta el factor tiempo de interacción con el suelo contaminado respecto a las concentraciones iniciales, siendo de un mes el tratamiento con *A. hybridus* aplicado en suelos contaminados a causa de la actividad minera, y tres meses de tratamiento del cultivo de geranio con suelo proveniente del botadero El Milagro. El autor en mención concluye que el arsénico remueve un 74% y cobre 55% respecto de la presencia inicial de metales, mientras que en nuestra investigación *A. hybridus* remueve 11,65% de Arsénico y 5,48% de cobre tomando en cuenta el tratamiento más óptimo (ver tabla N°8), vale acotar que ambos tratamientos fueron realizados ex-situ.

Habiéndose determinado que el tratamiento de densidades poblacionales con *A. hybridus* más óptimo para la remoción de As, Pb y Cu es el tratamiento con 4 plantas (pudiéndose validar esto en las tablas N° 10, 11 y 12), y queriendo simular lo trabajado por Vásquez, et al. (2011); quién trabajo su investigación in situ con densidades poblacionales de *Amaranthus hypochondriacus L.*, por hectárea, proponemos un método para llevar nuestra investigación a la realidad según el tratamiento con la densidad más efectiva, la cual nos dice que si para 3,42dm<sup>2</sup> se colocaron 4 plantas de *A. hybridus*, para 1m<sup>2</sup> de terreno se necesitarían 117 plantas aproximadamente.

## V. CONCLUSIONES

- *A. hybridus* tiene la capacidad de remoción de metales pesados, ya que una vez realizados los análisis Pre y Post de las cuales As y Pb tiene una mayor concentración de metales pesados de 3937 mg/kg y 5008 mg/kg, mientras que Cu tiene una concentración de 147,9 mg/kg, en el análisis inicial; posteriormente al haberse aplicado el tratamiento con la especie *A. hybridus* las concentraciones de los metales ya mencionados han disminuido.
- Se logró determinar el porcentaje de remoción de metales pesados en las 3 densidades poblacionales, indicando que para el As se tuvo un porcentaje de 9,42% para el tratamiento con 6 plantas, 11,65% con 4 plantas y 5,61% con 2 plantas; así mismo se removió un 5,22% de plomo con 6 plantas, 8,16% con 4 plantas y 1,97%, mientras que para el cobre se redujo un 5,25% con 6 plantas, 5,5% con 4 plantas y un 2,55% con dos plantas.
- Se concluye que la densidad poblacional más óptima en la remoción de metales pesados en suelos contaminados obtenidos del sector Shiracmaca es de 4 plantas con respecto al arsénico y plomo, con respecto al cobre el tratamiento con 4 y 6 plantas son los más efectivos con una variación pequeña; según análisis estadístico realizado.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Se recomienda que el tratamiento suelo con planta interactúen más tiempo, y que la especie llegue a su etapa de maduración, ya que se podrán obtener resultados más exactos; así mismo se sugiere que el riego sea programado según la humedad en la que se desarrolla la especie.
- Se recomienda que se realice un análisis bromatológico general de la planta con el fin de corroborar que los análisis realizados al suelo sean correctos.
- Se recomienda que la ubicación de las celdas o macetas donde se aplicará el tratamiento con plantas sea un ambiente abierto y con bastante iluminación para que de esta manera la especie pueda realizar su proceso de fotosíntesis de manera más efectiva.
- Se recomienda que la técnica empleada (Descontaminación) al momento de emplearse in situ debe complementarse con otras técnicas tales como: la técnica de confinación y la técnica de contención.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**ARCILA, Jaime.** Densidad de siembra y productividad de los cafetales. En: Sistemas de Producción de Café. Caldas: Centro Nacional de Investigaciones de Café, 2011. 132p.

**BONILLA, Sara.** Estudio para tratamientos de biorremediación de suelos contaminados con plomo, utilizando el método de fitorremediación. Trabajo de Titulación como Ingeniero Ambiental). Quito: Universidad Politécnica Salesiana. [En línea] mayo de 2013. [Citado el: 08 de mayo de 2018.] <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4400/1/UPS-ST000985.pdf>.

**CORCUERA César.** Impacto de la contaminación de la minería informal en el cerro el Toro – Huamachuco. Tesis (Para obtener el grado académico de maestro en ciencias). Trujillo: UNT, Escuela de post grado, 2015. 11 P.

**COVARRUBIAS Sergio, Peña Juan.** Contaminación Ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. Biotecnología y Bioquímica [en línea], 33(01): 3p, 2016.

**GARCÍA, Ema.** Fitoextracción de plomo de un suelo contaminado, por plantas con diferente densidad estomática. Tesis (para obtener el título de Ingeniero en Agrobiología). Buenavista: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, 2011. Disponible en: <http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/6419/T18899%20GARCIA%20ENCISO,%20EMA%20LAURA%20%2061961.pdf?sequence=1>

**GUERRERO, Mata.** Fito extracción de cadmio y plomo utilizando quelite (*Amaranthus Hybridus L.*) y 5 agentes quelantes. Trabajo de titulación (para obtener el grado de Ingeniero Agrícola y Ambiental). Saltillo: UAAAN, 2015. 4, 22, 24, 46 P.

**GUERRERO Useda, Pineda Acevedo.** Contaminación del Suelo en la Zona Minera de Rasgatá Bajo (Tausa). Modelo Conceptual. Ciencia e Ingeniería Neogranadina [en línea], 26 (1):63, 2016.

**JACOB, John y Kakulu, Samuel.** Assessment of Heavy Metal Bioaccumulation in Spinach, Jute Mallow and Tomato in Farms Within Kaduna Metropolis, Nigeria. 1ª ed. Minna: American Journal of Chemistry, 2012. 4 p.

**LEY N° 27651.** Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal. Ministerio del Ambiente, Perú, abril de 2017.

**MIÑANO, David.** Estudio del comportamiento de líneas avanzadas mutantes de kiwicha (*Amaranthus caudatus* Linn) Bajo distintos sistemas de cultivo. Tesis (para obtener el título de Ingeniero Agrónomo). Lima: Universidad Nacional Agraria la Molina, 2015. Disponible en:

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/947/T007352.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA, ALIMENTACIÓN Y MEDIO AMBIENTE (MAPAMA)** [en línea]. España: Gobierno de España, [Fecha de consulta: 10 de Mayo de 2018]. Disponible en:

[https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales\\_pesados.aspx](https://www.mapama.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/emisiones/prob-amb/metales_pesados.aspx)

**MINISTERIO DE SALUD (MINSA)** Resolución Ministerial 145-2015/MINSA [en línea] Perú: Gobierno de Perú, [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2018]. Disponible en:

<https://busquedas.elperuano.pe/normaslegales/modifican-la-rm-n-525-2012minsa-que-reestructuro-la-organ-resolucion-ministerial-n-145-2015minsa-1209030-2/>

**MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)** Estándares de calidad ambiental para suelo 2017 [en línea] Perú: Gobierno de Perú, [Fecha de consulta: 12 de mayo del 2018]. Disponible en:

<http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>

**MINISTERIO DEL AMBIENTE (MINAM)** Guía para muestreo de suelos 2014 [en línea] Perú: Gobierno de Perú, [Fecha de consulta: 15 de mayo del 2018]. Disponible en:

[http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO\\_MINAM1.pdf](http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2014/04/GUIA-MUESTREO-SUELO_MINAM1.pdf)

**NIETO, Carlos.** Botánica y morfología. En: El cultivo de Amaranto, una alternativa agronómica para Ecuador. 5<sup>a</sup>.ed. Ecuador: Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias, 1989. P. 4.

**OBESO, Aída.** Fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados mediante cultivo de geranio (*Pelargonium zonale*). Tesis (para obtener el título de Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2017. Disponible en:

[http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/9832/ECI%202017%20-%20geranio\\_Articulo\\_REPOSITORIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/9832/ECI%202017%20-%20geranio_Articulo_REPOSITORIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**PAIVA, Greta.** Fitorremediación de suelos contaminados con Plomo utilizando *Amaranthus spinosus* – Amaranthaceae en Cusco. Tesis (para obtener el grado de

Magister en Ciencias Ambientales). Arequipa: Universidad Católica de San María, 2015.  
Disponible en: <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/handle/UCSM/5190>

**PEREZ, Micaela.** *Amaranthus hybridus* subsp. [en línea]. Bogota 2012. [fecha de consulta junio 2018]. Disponible en: <http://www.botanicayjardines.com/amaranthus-hybridus-subsp-quitensis/>

**RAMOS, S. y Terán, A.** Determinación del efecto en el ADN de personas agricultoras expuestas a la contaminación ambiental causada por la minería artesanal cerro El Toro, Shiracmaca – Huamachuco 2012. Tesis (Farmacia - Bioquímica). Trujillo: UNT, Escuela de Farmacia y Bioquímica, 2012. 9 p.

**REYES, J. y Márquez, c.** Tópicos selectos de sustentabilidad: Un reto permanente. 1ª. ed. Durango: UJED, 2015. 24 p.

**ROJAS, Richard y Paez, Mitchell.** Determinación de la concentración de Hierro en agua de riego impactadas por la minería artesanal en el cerro el Toro, Shiracmaca-Huamachuco, La Libertad 2012-2013. Trabajo de Titulación (Bachiller en Farmacia y Bioquímica). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2015. [En línea] septiembre de 2015. [Citado el: 09 de mayo de 2018.] <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/1558/Rojas%20Reyes%2c%20Richard%20Pedro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**TRIGOSO, Doraliz.** Reducción de cadmio en suelos contaminados a través de *Amaranthus hybridus* y Micorrizas Arbusculares en la Región Huánuco. Tesis (para obtener el título de Ingeniero Ambiental). Lima: UCV, Escuela de Ingeniería Ambiental, 2017. 13 p.

**VÁSQUEZ, Ma. y et al.** Fertilización y Densidad de Plantas en Variedades de Amaranto (*Amaranthus Hypochondriacus* L.). *SciCielo*. Vol. 2 (Num. 6): p. 855-866. Diciembre, 2011.

**YAURI, Consuelo.** Estudio de técnicas electroquímicas para la remediación de suelos. Tesis (Licenciado en Química). Lima: UNI, 2014. 15 p.

## **ANEXOS**

## ANEXO A.

### FICHA TECNICA DEL *AMARANTHUS HYBRIDUS*

Amaranthaceae  
*Amaranthus hybridus* L.  
Quintonil



[Primera página de la especie](#) [Inicio del sitio \(Home\)](#)  
[1. Nombres](#) [2. Origen y distribución](#) [3. Identificación y descripción](#) [4. Hábitat](#) [5. Biología y ecología](#)  
[6. Impacto e importancia](#) [7. Control](#) [8. Enlaces](#) [9. Referencias](#)

#### Introducción

El quintonil o quillonil es una de las malezas mexicanas más comunes y útiles.

#### 1. Nombres

##### Otros nombres comunes usados en español

Bledo (Yucatán); quelite, quelite blanco y quelite de cochino (Coahuila), quillonil (Hidalgo y México), queltonil, chichimeca, chongo, lepo, mercolina, ses, huisquilite, quelite morado, quelite de puerco.

##### Nombres comunes en idiomas indígenas de México

Martínez (1979) menciona los siguientes nombres: Ba-liaa (lengua zapoteca, Oaxaca), Ca'ara'i (lengua cora, Nayarit), Ca'ca (lengua totonaca, norte de Puebla), Cani (lengua otomí, Ixmiquilpan, Hidalgo), Quiliti (lengua azteca), Saua-shalsoco, Saua-sacaca y Tsaua (lengua totonaca, El Tajin, Veracruz), Shacua y Chacua (lengua tarasca, Michoacán), Chu'yaca (lengua tarahumara, Chihuahua).

#### Nombres comunes en inglés

Rough pigweed, amaranth pigweed, red amaranth.

#### Notas sobre la taxonomía

Se trata de una especie muy variable.

#### Categorías taxonómicas superiores

Reino: Plantae; Subreino: Traqueobionta (plantas vasculares); Superdivisión: Spermatophyta (plantas con semillas); División: Magnoliophyta (plantas con flor); Clase: Magnoliopsida (dicotiledóneas); Subclase: Caryophyllidae; Orden: Caryophyllales.

#### Enlaces a sitios con información sobre taxonomía y nomenclatura

La base de datos [Tropicos](#) del Missouri Botanical Garden informa sobre la publicación original y sinónimos. Tiene enlaces a los datos de distribución según los ejemplares depositados en este herbario, con la posibilidad de mapearlos. Para muchas especies tiene enlaces a floras y listas florísticas, así como imágenes de ejemplares de herbario, ejemplares en vivo y la descripción original.

La [página de la especie en el SIIT](#) (Sistema Integrado de Información Taxonómica) de CONABIO, que es la versión en español del ITIS (Integrated Taxonomic Information System) del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, contiene información taxonómica, con numerosos enlaces a otras bases de datos y a buscadores de internet. Por ejemplo, hace una búsqueda automática de imágenes de la especie en Google y muestra un mapa de distribución - incompleto todavía - de la Global Biodiversity Information Facility, GBIF.

Generalmente se encuentra la cita original de la especie en el [International Plant Name Index \(IPNI\)](#). Si tiene interés en genética molecular, bioquímica o en la clasificación cladística de esta especie, busque información [en la base de datos](#) del National Center for Taxonomy Information, National Institutes of Health, E.U.A. Al buscar la especie, no solo aparecen referencias a datos genéticos, sino también enlaces a PubMed, una base de datos de literatura biomédica y a PubMedCentral, donde se pueden consultar muchos artículos en línea en forma gratuita.

La base de datos [PLANTS](#), del Departamento de Agricultura de Estados Unidos contiene información sobre la taxonomía, distribución de la especie en E.U.A., estatus y reglamentación como invasiva en su caso. También tiene ilustraciones y enlaces a más bases de datos (p.ej. GRIN - Germplasm Resources Information Network, con abundante información).

#### 2. Origen y distribución geográfica

##### Área de origen

Probablemente de origen americano, hoy distribuido en todo el continente.

#### Distribución secundaria

Regiones templadas y tropicales del Viejo Mundo.

#### Distribución en México

Se ha registrado en Aguascalientes, Baja California Norte, Baja California Sur, Campeche, Chiapas, Chihuahua, Coahuila, Colima, Distrito Federal, Durango, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Tlaxcala, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (Villaseñor y Espinosa, 1998).

#### Estatua migratorio en México

Nativo.

### 3. Identificación y descripción

#### Descripción técnica

Basada en Rzedowski y Rzedowski, 2001.

**Hábito y forma de vida:** Planta monoica, anual, erguida, glabra o pubescente.

**Tamaño:** Hasta de 2 m de alto, pero generalmente de 1 m o menos.

**Tallo:** Con rayas longitudinales, a veces rojizo, con frecuencia muy ramificado.

**Hojas:** Láminas foliares ampliamente lanceoladas a ovadas u ovado-rómbicas, de 3 a 15 (30) cm de largo por 1 a 7 cm de ancho, ápice redondeado a agudo, mucronado, base atenuada o cuneada, a veces algo teñidas de rojo, prominentemente venosas en el envés; peciolo delgados, hasta de 10 (15) cm de largo.

**Inflorescencia:** De numerosas flores dispuestas en verticilos muy cercanos entre sí, la inflorescencia terminal es erguida, de 4 a 12 cm de largo por 1 a 2.5 cm de ancho, las laterales hasta de la mitad de esas dimensiones, erguidas o extendidas; brácteas ovadas a lanceoladas, hasta de 5 mm de largo, acuminadas y largamente aristadas en la punta, del doble o más del largo de los sépalos.

**Flores:** Por lo general pentámeras, pequeñas, de  $\pm$  0.2 mm de longitud, en conjuntos densos ligeramente espinoso que se encuentran en el extremo de las ramas y en las axilas de las hojas; sépalos en número de 5, oblongos a linear-oblongos, de 1.5 a 2 mm de largo, uninervados, agudos; estambres comúnmente 5; ramas del estigma 3.

**Frutos y semillas:** **Fruto:** utrículo subgloboso, igual o más corto que los sépalos, se abre transversalmente, de 0.15-0.18 cm de diámetro, con una sola semilla, pericarpio fuertemente rugoso; **semillas** de contorno circular a aovado de (0.9) 1.25 (1.5) mm de largo y (0.8) 1.0 (1.2) mm de ancho; comprimidas, de color brillante café-rojizo a negro (Espinosa y Sarukhán, 1997).

**Plantulas:** **Cotiledones** lanceolados a elíptico u oblongos, de 4 a 10 mm de largo y 1.5 a 4.5 mm de ancho; sin pelos, de color púrpura rojizo en el envés; hojas alternas, ocasionalmente con apariencia de opuestas (Espinosa y Sarukhán, 1997).

#### Enlaces con imágenes de plantas vivas

[Plants of Hawaii](#), del Hawaiian Ecosystems at Risk Project.

[Fotografías en la página de especie](#) del Wisconsin State Herbarium.

#### Enlaces con imágenes de ejemplares de herbario

[Fotografía de un ejemplar de herbario](#) del University of Tennessee Herbarium.

[Imágenes](#) en el sitio Muestras Neotropicales de Herbario, del Field Museum, Chicago.

#### Otros enlaces a sitios útiles para la identificación

[Descripción en el Jepson Manual](#), una Flora del estado de California, E.U.A.

[La clave de \*Amaranthus\* y el tratamiento de la especie](#) en la Flora de Norteamérica (sin México) con una ilustración.

### 4. Hábitat

#### Hábitat

Arvense y ruderal.

#### Distribución altitudinal

En el Valle de México se conoce hasta los 3000 m de altitud, en diferentes condiciones ambientales, pero hasta los 2500 m está más representada.

### 5. Biología y ecología

#### Propagación, dispersión y germinación

Se reproduce por semillas.

#### Ciclo de vida

Anual de verano.

#### Fenología

Su ciclo lo lleva a cabo entre marzo y diciembre, se encuentra en estado vegetativo de marzo a septiembre, florece de mayo a octubre y fructifica de julio a diciembre. La época desfavorable la pasa en forma de semilla.

#### Plagas, enfermedades y enemigos naturales

Puede ser hospedera alterna del nemátodo *Meloidogyne* sp., del hongo *Rhizoctonia* sp. que afecta a los cultivos de algodón y ajonjolí, de los ácidos *Acyrtosiphon* sp., *Aphis citricola*, *A. gossypii*, *A. nerii*, *Mizus persicae* y *Rhopalosiphum maidis* y del virus del mosaico en tabaco.

## 6. Impacto e importancia

### Cultivos afectados y efectos sobre los cultivos

Se ha registrado en aguacate, alfalfa, algodón, arroz, avena, cacahuete, café, calabaza, caña, cebada, cártamo, cebolla, chile, cítricos, col, estropajo, frijol, frutales, garbanzo, girasol, haba, hortalizas, jitomate, linaza, maíz, mango, manzana, nardo, nopal, okra, papa, potreros, pradera, soya, trigo, tomate, uva (Villaseñor y Espinosa, 1998).

### Usos

Cuando esta tierna se consume como quelite, también se utiliza como alimento para animales.

### Impacto económico y social

Contamina las cosechas con sus semillas y estructuras florales.

## 7. Enlaces en Internet

### Sitios con información sobre nomenclatura y taxonomía

[SIIT](#), Sistema Integrado de Información Taxonómica, de CONABIO, México. Es la versión en español de ITIS.

La [Flora Mesoamericana](#), una colaboración entre la Universidad Nacional Autónoma de México, el Jardín Botánico de Kew y el Jardín Botánico de Missouri.

[The International Plant Name Index](#) (IPNI) con información taxonómica.

[The Expert Center for Taxonomic Identification](#), una base de datos de expertos en taxonomía de los Países Bajos (Holanda).

### Sitios para búsqueda de literatura

[Agricola](#) (Departamento de Agricultura, E.U.A.).

[Kew Record of Taxonomic Literature](#) (Reino Unido).

[Pub-Med](#) (Biblioteca Nacional de Medicina, E.U.A.).

[Index to American Botanical Literature](#) (New York Botanical Garden, E.U.A.).

### Sitios con páginas de especie

[PLANTS](#), del Departamento de Agricultura de E.U.A.

El [Jepson Manual](#), una Flora del estado de California, E.U.A.

La [clave de \*Amaranthus\*](#) y [el tratamiento de la especie](#) en la Flora de Norteamérica (sin México) con una ilustración.

### Sitios con colecciones grandes de imágenes

[Plants of Hawaii](#), del Hawaiian Ecosystems at Risk Project.

[Imágenes](#) en el sitio Muestras Neotropicales de Herbario, del Field Museum, Chicago.

### Sitios con información diversa

La [Red Mundial de Información sobre Biodiversidad](#), de CONABIO, México, donde se pueden consultar los datos de colectas de herbarios.

[NatureServe](#), con información sobre distribución y situación de conservación en E.U.A. y Canadá.

A [Global Compendium of Weeds](#), de Rod Randall, Australia.

## 9. Referencias Impresas

**Espinosa, F. J. y J. Sarukhán, 1997.** Manual de Malezas del Valle de México. Claves, descripciones e ilustraciones. Universidad Nacional Autónoma de México. Fondo de Cultura Económica. México, D. F.

**Martínez, M., 1979.** Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas. Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

**Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski, 2001.** Flora fanerogámica del Valle de México. 2a ed. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán, México.

**Villaseñor R., J. L. y F. J. Espinosa G., 1998.** Catálogo de malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F.

## 10. Autor(es) y contribuyentes de esta página; fechas y cómo citar

Juana Mondragón Pichardo escribió la primera versión de esta página; Heike Vibrans la editó y la amplió. Las fotografías son de Pedro Tenorio Lezama ([pedro\\_tenorio@yahoo.com](mailto:pedro_tenorio@yahoo.com)). Heike Vibrans es responsable: [heike@colpos.mx](mailto:heike@colpos.mx).

Fechas: Primera versión de la ficha: 6 de octubre de 2004. Última modificación: 16 de agosto de 2009.

Se sugiere citar la información de este sitio de la siguiente manera: URL, Heike Vibrans (ed.), año de la última modificación de la ficha, Malezas de México, fecha de acceso. Si quiere citar una ficha específica, favor de citarlo con el autor individual de la ficha: URL, autor(es) de la ficha, año de última modificación, Malezas de México, Ficha - nombre de la especie, fecha de acceso.

Las fotografías y los textos pueden ser usados para fines didácticos y no-comerciales, si se indica la fuente, pero retienen su derecho de autor. Si desea usar alguna ilustración u otra parte del material, favor de comunicarse con nosotros.

## ANEXO B.

### FORMATO DE ENCUESTA



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

#### CUESTIONARIO

Buenos días/tardes. Estamos realizando un estudio a los pobladores de Shiracmaca, para identificar la problemática actual de los suelos. El cuestionario es voluntario y anónimo por lo que pedimos que responda con sinceridad.

1. Información personal

Género  M  F

Edad: \_\_\_\_\_

1. ¿QUÉ IMPACTO TIENE LA ACTIVIDAD MINERA EN SU LOCALIDAD?
2. ¿CUALES SON LAS MINERAS PRESENTES EN LA ZONA?
3. ¿QUÉ AFLUENTES Y RÍOS SON AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA DE LA ZONA?
4. ¿QUÉ TIPO DE ACTIVIDADES AGRICOLAS EXISTEN EN LA ZONA?
5. ¿QUÉ TIPO DE CULTIVOS SON PREDOMINANTES EN LA ZONA?
6. ¿QUE TIPO DE CULTIVOS SE HAN VISTO AFECTADOS POR LA ACTIVIDAD MINERA?
7. ¿QUÉ ACCIONES HAN TOMADO PARA REDUCIR O EVITAR QUE ESTA ACTIVIDAD CONTINÚE AFECTANDO SU SALUD Y SU PRODUCCIÓN AGRÍCOLA?
8. ¿ESTAN RECIBIENDO APOYO POR PARTE DE ALGUNA INSTUCIÓN, ONG, O EMPRESA, PARA HACER FRENTE O MITIGAR LOS IMPACTOS GENERADOS POR LAS ACTIVIDADES MINERA?

Fernando Ugea Qdór  
Doctor en Ingeniería Ambiental  
CIP N° 55715

## ANEXO C

### Metodología del tratamiento

La metodología del acondicionamiento del suelo para el tratamiento fue la siguiente:

- De los 30 kg se tomó 2.5 kg de la muestra del suelo para cada uno de los 11 almácigos, este suelo fue colocado en cada una de las celdas.
- Se le adiciono 2.5 kg de materia orgánica a 10 celdas, como acondicionador del suelo contaminado y en las otras dos celdas a una se colocó suelo+MO y el segundo Suelo+especie (Testigos).
- Posterior a eso se hizo la siembra de la especie *Amaranthus hybridus*.
- El tratamiento consto de 3 densidades poblacionales de la especie, en el primer tratamiento se sembró 2 plantas, en el segundo tratamiento 4 plantas y en el tercer tratamiento 6 plantas.
- El tratamiento duro 30 días.

La metodología del acondicionamiento de la especie *Amaranthus hybridus* fue la siguiente:

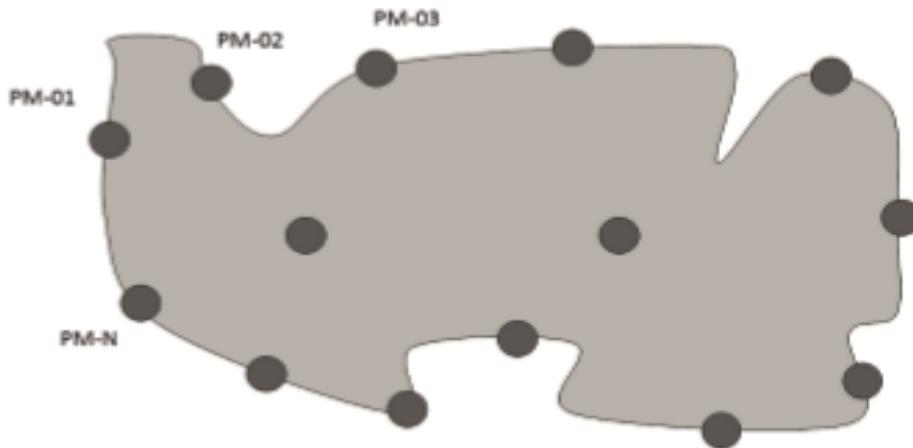
- Se consiguió la semilla de la especie y se procedió con la germinación, se colocaron las semillas en placas con algodón y se le rego inter diario, cuidando que le dé suficiente luz para que puedan crecer, se tuvo en germinado un aproximado de 20 días.
- Posteriormente se trasplantó a humus y se tuvo ahí por 20 días más, como un medio para adaptarse al suelo.
- Luego de eso se procedió a la siembra de la especie en el suelo contaminado estando ahí por 30 días, cumpliendo con la fecha del tratamiento.

Para mayor información consultar anexo 05.

**ANEXO D**  
**GUIA DE MUESTREO DE SUELOS**

**Método de muestro según la guía de muestro del suelo MINAM**

Según la guía de muestro de suelos (D.S N°002 - 2013 MINAM) en el punto 1.3.4 (Muestreo de Comprobación de la Remediación (MC)) en la parte dos (Para áreas de contaminación de forma irregular menores a 1 000 m<sup>2</sup> y hasta 5 000 m<sup>2</sup>), el Número de muestras y distribución, será de una muestra por cada 15 – 20 metros lineales en las paredes del perímetro del área excavada y 2 en el fondo según la superficie (áreas menores a 1 000 m<sup>2</sup>) y 3 o 4 para áreas hasta 5 000 m<sup>2</sup>, según sea el caso.



**Figura 1.**Localización en los puntos de muestro en el área de excavación regular

Fuente: MINAM

**ANEXO E**  
**EVIDENCIAS FOTOGRAFICAS**



**Foto 1: Zona del Área del estudio donde se extraerá el suelo para su respectivo análisis.**



**Foto 2: Fachadas en mal estado por la etapa de explosión producida por la minera “el Toro”**



**Foto 2: Visualización del cerro “El Toro”**



**Foto 3: Visualización del cerro “El Toro”**



**Foto 4: Visualización del cerro “El Toro”**



**Foto 5: Visualización de las áreas verdes de la zona**



**Foto 6: Visualización de una minera artesanal**



**Foto 7: Visualización de una minera artesanal**



**Foto 8: Visualización de una minera artesanal**



**Foto 9: Aplicación de encuestas**



**Foto 10: Medición de la calicata donde extraemos el suelo**



**Foto 11: Extracción de la muestra de suelo**



**Foto 12: Proceso de Lavado y Secado de la Materia Orgánica**

**Foto 13: Medición de la medición de la Salinidad de Materia Orgánica**



**Foto 14: Acondicionamiento *Amaranthus hybridus*.**



**Foto 15: Acondicionamiento de las celdas (19.5x18x16 cm)**



**Foto 16: Tamizado del suelo.**



**Foto 17: Pesado del suelo y acondicionamiento**



**Foto 18: Trasplante e Inicio del Tratamiento.**



**Foto 19: Tamaño de las especies al finalizar el tratamiento**



**Foto 20: Retirado de especies del suelo**



**Foto 21: Toma de muestras del suelo tratado**



**Foto 22: Etiquetado de muestras**



**Foto 23: Medición de raíces**





ANEXO F

FICHA DE MUESTREO DE SUELO

Datos generales:

Nombre del sitio en estudio: Huamachuco	Región: La Libertad
Razón social: Independiente	Provincia: Sánchez Carrión
Uso principal: Agricultura	Dirección del predio: Shiracmaca

Datos del punto de muestreo:

Nombre del punto de muestreo: PM-01	Descripción de la superficie: Suelo con escasa presencia de vegetación.
Temperatura (°C): 10 °C	Materiales empleados: <ul style="list-style-type: none"><li>- 3 Palanas.</li><li>- Tapa boca y guantes personales.</li><li>- 1 Wincha Topográfica.</li><li>- Bolsas de polietileno con cierre hermético.</li></ul>
Precipitación: No	
Profundidad final: 50 cm	
Relleno del agujero después del muestreo: Si	

Datos de las muestras:

Clave de la muestra:	GF - 01
Fecha:	20/08/2018
Hora:	11:00 am
Profundidad desde:	Horizonte A: 0 – 30 cm
Profundidad hasta:	Horizonte B: 50 cm
Color:	Clara blanquecina
Olor:	-
Textura:	Fco. Arenoso
Compactación/consistencia:	-
Cantidad de la muestra:	30 Kg
Medida de conservación:	Refrigeración 5° C
Tipo de muestra:	Text, Caracterización y Barrido MP.





**SAG**

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047**



**INFORME DE ENSAYO N° 126691- 2018 CON VALOR OFICIAL**

**RAZÓN SOCIAL** : ELIANA GIANELLA FONSECA DÁVALOS  
**DOMICILIO LEGAL** : CAL. DANIEL HOYLE N°322 - TRUJILLO - LA LIBERTAD - TRUJILLO  
**SOLICITADO POR** : ELIANA GIANELLA FONSECA DÁVALOS  
**REFERENCIA** : MONITOREO DE SUELO  
**PROCEDENCIA** : LA LIBERTAD, TRUJILLO, TRUJILLO  
**FECHA DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2018-11-24  
**FECHA DE INICIO DE ENSAYOS** : 2018-11-24  
**MUESTREADO POR** : EL CLIENTE

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Ensayo	Método	Unidades
Metales (Aluminio, Antimonio, Arsénico, Bario, Boro, Berilio, Cadmio, Calcio, Cerio, Cromo, Cobalto, Cobre, Hierro, Plomo, Litio, Magnesio, Manganeso, Mercurio, Molibdeno, Níquel, Fósforo, Potasio, Selenio, Plata, Sodio, Estroncio, Talio, Estaño, titanio, Vanadio, Zinc).	Method 200.7 Rev. 4.4 EMMC Version (1994). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	mg/kg

Cod. FI02/Version: 08/F/E/03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NTP: Norma Técnica Peruana

**OBSERVACIONES:** • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comuníquese al correo [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com). • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apariencia de este documento es ilegal y los culpables pueden ser procesados de acuerdo a ley.

**SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.**

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chocoma Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima

• Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico: [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)

Página 1 de 4

  
 Quím. Beibeth Y. Fajardo León  
 C.Q.P. N° 648  
 Asesor Técnico Químico

**EXPERTS WORKING FOR YOU**

**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA  
CON REGISTRO N° LE-047



**INFORME DE ENSAYO N° 126691- 2018  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de muestreo	2018-11-22	2018-11-22	2018-11-22	2018-11-22		
Hora de Inicio de muestreo (h)	14:30	14:30	14:30	14:30		
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código del Cliente	M1-6	M2-6	M3-6	M1-2		
Código del Laboratorio	18112021	18112022	18112023	18112024		
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
<b>Metales</b>						
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	69.05	68.32	66.33	70.91
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	2310.7	2281.5	2327.7	2257.6
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	3380.1	3791.3	3526.4	3959.9
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	55.9	55.1	56.0	58.1
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.15	0.14	0.13	0.12
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	13704.7	12776.3	13049.1	13027.2
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	16.31	17.03	16.41	16.95
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	14.7	14.9	15.7	15.1
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	2.14	1.99	2.06	1.86
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	1.17	0.70	1.12	0.55
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	135.4	146.9	138.1	147.6
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000	>20000	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	10.3	9.8	10.3	10.5
Potasio (K)	4.3	mg/kg	2728.0	2310.9	2429.4	2506.5
Litio (Li)	0.3	mg/kg	0.7	0.7	0.6	0.5
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	1003.3	856.4	847.2	894.9
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	152.88	138.55	133.61	127.18
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.7	0.7	0.7	0.6
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	720.1	625.2	621.8	673.3
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	0.22	<0.06	<0.06	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	2116.8	1909.6	1896.1	1928.0
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	4421.82	>5000	4817.51	>5000
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	519.0	568.9	548.8	567.8
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	29.9	26.9	28.8	28.7
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	46.7	42.1	42.4	43.1
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	35.74	34.47	35.50	35.39
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	0.9	0.8	0.9	1.0
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	9.40	10.00	9.19	9.12
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	108.9	109.6	111.5	112.0

L.D.M.: límite de detección del método.  
Resultados de Suelo reportado en base seca.

Quím. Belbeth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648

Asesor Técnico Químico

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

EPA: Environmental Protection Agency. ASTM: American Society for Testing and Materials. NIP: Norma Técnica Peruana.  
OBSERVACIONES: • Esta prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de validez del paquete analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.  
• Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo [laboratorio@sagperu.com](mailto:laboratorio@sagperu.com). • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la apropiación de este documento es ilegal y no será posible ser procesados de acuerdo a ley.

SERVICIOS ANALITICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Nicasio Unidas N° 1565 Ltes. Chacra Rios Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Malfo de Tuner N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425 6385 • Web: [www.sagperu.com](http://www.sagperu.com) • Contacto Electrónico [sagperu@sagperu.com](mailto:sagperu@sagperu.com)

Página 2 de 4

Cod. FIC/Perseco: 08/F.E. 03/2018

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



**INFORME DE ENSAYO N° 126691- 2018  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada			Suelo	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo			2018-11-22	2018-11-22	2018-11-22	2018-11-22
Hora de inicio de muestreo (h)			14:30	14:30	14:30	14:30
Condiciones de la muestra			Conservada	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente			M2-2	M3-2	Testigo S+NO	Testigo S+P
Código del Laboratorio			18112025	18112026	18112027	18112028
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados			
<b>Metales</b>						
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	71.49	66.33	64.03	62.02
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	2364.2	2244.2	2181.7	2146.3
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	3494.9	3694.3	3321.0	3936.8
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	59.7	55.2	51.7	55.7
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.13	0.12	0.10	0.10
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	14026.8	13126.2	11803.4	11396.4
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	15.74	17.03	14.21	16.81
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	15.7	15.5	14.6	15.7
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	1.90	2.10	1.78	2.05
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	0.72	0.54	1.04	0.30
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	141.6	143.2	129.6	147.9
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000	>20000	>20000	>20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	11.4	10.6	12.7	6.6
Potasio (K)	4.3	mg/kg	2578.5	2276.2	2633.9	857.1
Litio (Li)	0.3	mg/kg	0.6	0.5	0.4	<0.3
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	877.5	794.9	729.2	368.1
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	124.56	124.73	120.91	135.10
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.6	0.6	0.5	0.5
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	669.0	635.5	733.9	478.9
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06	<0.06	<0.06	<0.06
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	1931.7	1656.5	1442.8	1009.1
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	4761.54	4965.83	4459.93	>5000
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	503.8	570.6	513.3	547.2
Selenio (Se)	0.3	mg/kg	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	29.5	28.8	30.3	28.8
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	44.2	39.4	33.8	27.2
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	38.85	37.35	35.26	35.98
Talio (Tl)	0.3	mg/kg	0.7	0.7	0.8	1.1
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	9.72	9.28	8.75	9.48
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	113.7	114.8	91.5	97.0

L.D.M.: límite de detección del método.  
Resultados de Suelo reportado en base seca.

Quím. Belboth Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

EPA Environmental Protection Agency, ASTM American Society for Testing and Materials, NTP Norma Técnica Peruana.  
OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento solo son válidos para las muestras reportadas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas.  
• Para corroborar la AUTENTIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagpetu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido o de la adquisición de este documento es ilegal y sus autores pueden ser procesados de acuerdo a ley.

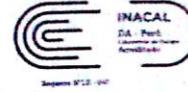
SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1265 Urb. Ciudad Blos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Ciudad Alta de Junín N° 2079 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425 6885 • Web: www.sagpetu.com • Contacto Electrónico sagpetu@agpetu.com



**SAG**

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LE-047



**INFORME DE ENSAYO N° 126691- 2018  
CON VALOR OFICIAL**

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo	Suelo	Suelo
Matriz analizada	Suelo	Suelo	Suelo
Fecha de muestreo	2018-11-22	2018-11-22	2018-11-22
Hora de inicio de muestreo (h)	14:30	14:30	14:30
Condiciones de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada
Código del Cliente	M1-4	M3-4	M2-4
Código del Laboratorio	18112029	18112030	18112031
Ensayo	L.D.M.	unidades	Resultados
<b>Metales</b>			
Plata (Ag)	0.07	mg/kg	71.59 67.75 62.11
Aluminio (Al)	1.4	mg/kg	2319.8 2330.4 2271.7
Arsénico (As)	0.1	mg/kg	3588.3 3575.6 3270.8
Boro (B)	0.2	mg/kg	<0.2 <0.2 <0.2
Bario (Ba)	0.2	mg/kg	58.1 57.6 56.5
Berilio (Be)	0.03	mg/kg	0.13 0.13 0.13
Calcio (Ca)	4.7	mg/kg	13043.5 13473.4 13969.5
Cadmio (Cd)	0.04	mg/kg	17.27 16.08 15.28
Cerio (Ce)	0.2	mg/kg	15.4 14.8 14.3
Cobalto (Co)	0.05	mg/kg	1.78 2.15 1.94
Cromo (Cr)	0.04	mg/kg	0.77 0.76 0.96
Cobre (Cu)	0.1	mg/kg	142.2 145.6 132.6
Hierro (Fe)	0.2	mg/kg	>20000 >20000 >20000
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	10.6 10.7 11.8
Potasio (K)	4.3	mg/kg	2027.5 2675.0 2884.8
Litio (Li)	0.3	mg/kg	0.5 0.6 0.6
Magnesio (Mg)	4.4	mg/kg	823.3 903.4 1012.1
Manganeso (Mn)	0.05	mg/kg	131.80 150.84 132.58
Molibdeno (Mo)	0.2	mg/kg	0.6 0.6 0.6
Sodio (Na)	2.3	mg/kg	510.0 682.3 746.6
Níquel (Ni)	0.06	mg/kg	<0.06 <0.06 0.31
Fósforo (P)	0.3	mg/kg	1810.7 1934.8 2120.8
Plomo (Pb)	0.06	mg/kg	4740.30 >5000 4052.66
Antimonio (Sb)	0.2	mg/kg	561.0 567.1 495.3
Selenio(Se)	0.3	mg/kg	<0.3 <0.3 <0.3
Estaño (Sn)	0.1	mg/kg	28.8 27.2 26.6
Estroncio (Sr)	0.1	mg/kg	43.8 44.1 48.7
Titanio (Ti)	0.03	mg/kg	36.03 36.28 35.56
Talio(Tl)	0.3	mg/kg	0.8 1.0 0.9
Vanadio (V)	0.04	mg/kg	9.26 9.40 9.18
Zinc (Zn)	0.2	mg/kg	106.3 110.1 112.0

L.D.M.: límite de detección del método.  
Resultados de Suelo reportado en base seca.

Lima, 04 de Diciembre del 2018.

*[Signature]*  
Quím. Belbét Y. Fajardo León  
C.Q.P. N° 648  
Asesor Técnico Químico

EXPERTS  
WORKING  
FOR YOU

Cod.: F102/versión: 08/E/03/2018

\* El Método indicado no ha sido acreditado por INACAL-DA

EPA: Environmental Protection Agency ASTM: American Society for Testing and Materials NTP: Norma Técnica Peruana

OBSERVACIONES: • Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de Servicios Analíticos Generales S.A.C. • Los resultados emitidos en este documento sólo son válidos para las muestras referidas en el presente informe. • Las muestras serán conservadas de acuerdo al periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días de haber ingresado las muestras al laboratorio. Luego serán eliminadas. • Para corroborar la AUTENTICIDAD del presente informe comunicarse al correo laboratorio@sagperu.com. • Cualquier modificación no autorizada, fraude o falsificación del contenido de la presente de este documento es ilegal y será castigada.

SERVICIOS ANALÍTICOS GENERALES S.A.C.  
Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Rius Norte Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Otonista Maimo de Tarma N° 2073 - Lima  
• Central Telefónica (511) 425-0885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico: sagperu@sagperu.com

Página 4 de 4



## ANEXO H

### Analisis de Fertilidad del Suelo

#### AGROLAB

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



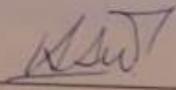
Solicitante : Karla Zavaleta García  
Lugar : Shiracmarca, Huamachuco  
Fecha de Recepción: 28/ Agosto / 2018  
Fecha de Análisis : 31/ Agosto/ 2018

#### ANÁLISIS DE FERTILIDAD DEL SUELO

N° Muestra	M.O. %	P ppm	K ppm	pH 1:1	% SATURAC.	CE <sub>ES</sub> mS/cm (Estimado)	CaCO <sub>3</sub> %
I	0.88	82.06	455.44	7.84	28.0	6.560	5.60

#### ANÁLISIS TEXTURAL y CAPACIDAD TOTAL DE CAMBIO

N° Muestra	PORCENTAJE DE PARTICULAS			TEXTURA (U.S.D.A.)	C.T.C. meq/100g
	ARENA	LIMO	ARCILLA		
I	74.81	20.44	4.75	Arena franca	6.21

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

Dirección : Juan Julio Ganoza N° 166  
Urb. California - Trujillo

Celular : 949905525  
T.Fijo : 044-284147

Consultas : agrolab11@hotmail.com

## ANEXO I

### Identificación del *Amaranthus Hybridus*



UPAO

Museo de Historia Natural y Cultural

HERBARIO ANTENOR ORREGO (HAO)

CONSTANCIA N° 58-2018-HAO-UPAO

El que suscribe, Director del Museo de Historia Natural y Cultural de la Universidad Privada Antenor Orrego, deja:

#### CONSTANCIA

Que los estudiantes **Eliana Gianella Fonseca Dávalos**, **Roger Cotrina Chup**, **Laura Sánchez Chávez** y **Karla Zavaleta García**, de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo, han solicitado la determinación de material vegetal, el cual corresponde a la siguiente especie:

*Amaranthus hybridus* L. (Amaranthaceae)

El mismo que será utilizado para la tesis titulada: "Influencia del *Amaranthus hybridus* en la remoción de metales pesados en suelos contaminados por la minería en Shiracmaca-Huamachuco, La Libertad".

Se expide la presente constancia a solicitud del interesado para los fines que correspondan.

Trujillo, 9 de noviembre de 2018



Mg. Segundo Veiva González

Director

Museo de Historia Natural y Cultural

# ANEXO J

## Análisis de la especie

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**LABORATORIO DE PROCESAMIENTO DE MINERALES**



**CERTIFICADO DE ANÁLISIS QUÍMICO**

Solicitado por LAURA SÁNCHEZ CHÁVEZ  
Código de muestra RAIZ, HOJAS  
Muestras recibidas 2  
Asunto Análisis Químico  
Fecha de recepción 06/12/2018

**RESULTADOS**

METODO	ICP-OES
ELEMENTO	Pb
UNIDADES	ppm
RAIZ	76.58
HOJAS	16.44

Método de ensayo:  
Pb, Cr, Hg: ICP-OES  
BD: NO DETECTADO  
Fecha de emisión de reporte: miércoles, 11 de diciembre de 2019

  
Ing. Juan Vega González  
Jefe de Laboratorio  
CIP 79515

Ciudad Universitaria Av. Juan Pablo II S/N Urb. San Andrés Telf. 208295

## ANEXO K

### Análisis estadísticos

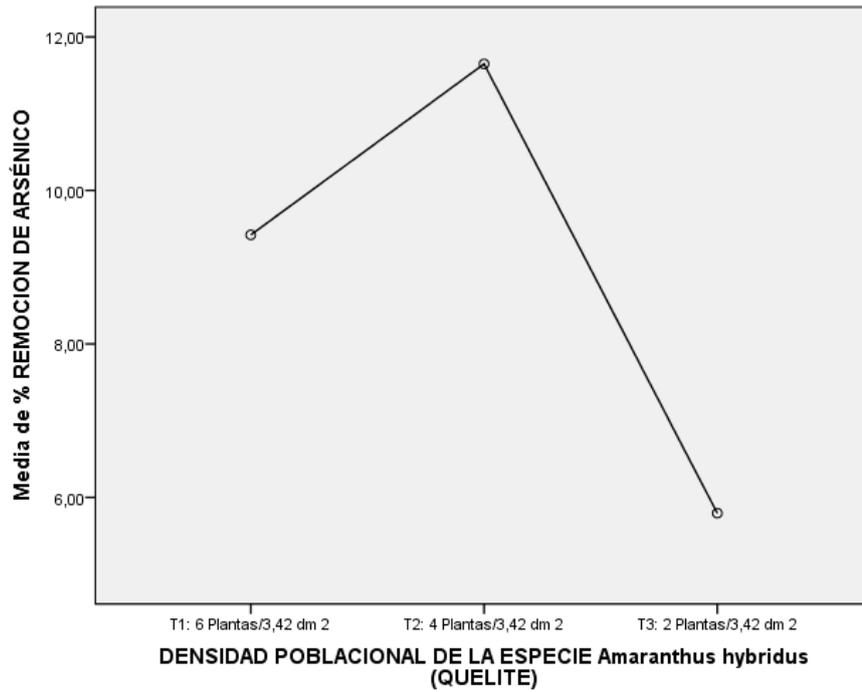


Fig 1. Gráfico de porcentaje de remoción de arsénico vs densidad poblacional

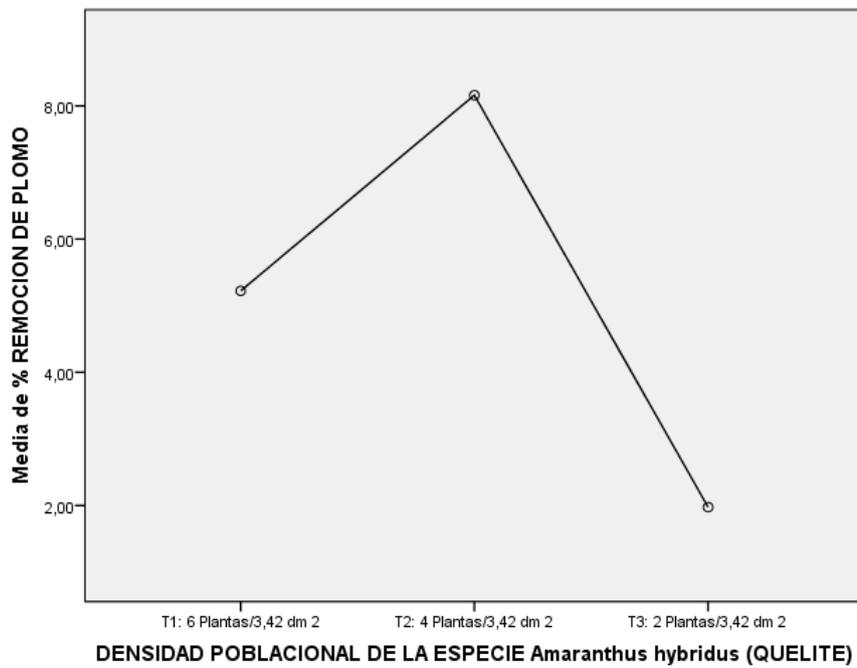


Fig 2. Gráfico de porcentaje de remoción de plomo vs densidad poblacional

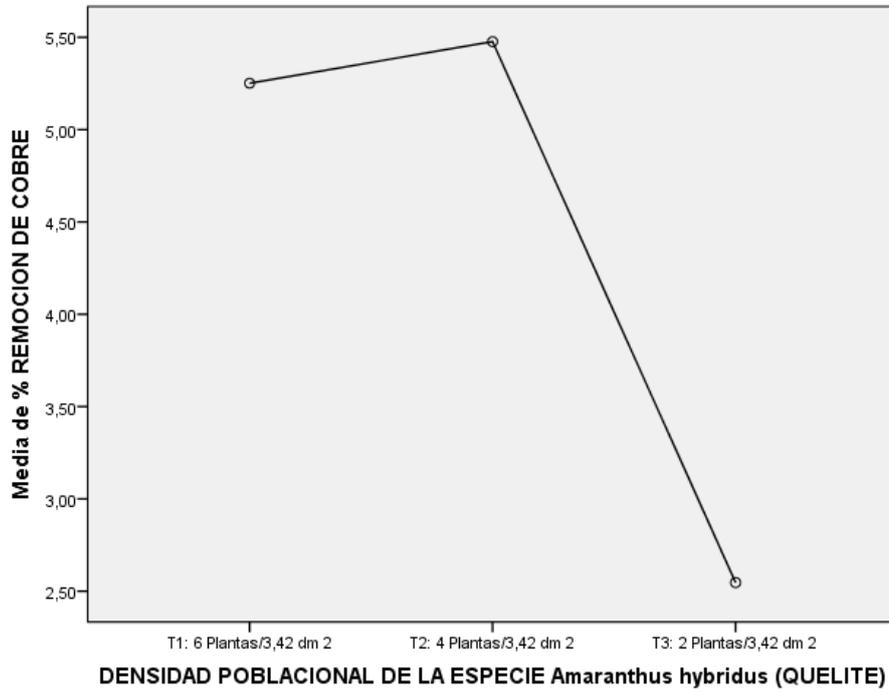


Fig 3. Gráfico de porcentaje de remoción de cobre vs densidad poblacional

## ANEXO L

### Tratamiento

# MÉTODO DEL TRATAMIENTO DENSIDAD PLANTAS

