

## **Capacidad fitoextractora de *Amaranthus hybridus* L. y micorrizas en suelos contaminados con metales pesados, sector Shorey, Quiruvilca, Santiago de Chuco, La Libertad**

Capacity fitoextractora of *Amaranthus hybridus* L. and micorrizas in soils contaminated with heavy metals, Sector Shorey, Quiruvilca, Santiago de Chuco, La Libertad

Cynthia Llanos Gosgot<sup>1</sup> | M.Sc. Fernando Ugaz Odar<sup>2</sup>

### **RESUMEN:**

El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad fitoextractora de *Amaranthus hybridus* L. y las micorrizas en suelos contaminados con metales pesados del sector Shorey chico, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad. Se trabajó con el diseño cuasi experimental, con pre prueba- post prueba y grupo control. Con muestra de 5 puntos representativos de suelo contaminado con metales pesados. El método de análisis estadísticas fue con el Software IBM SPSS STATISTIC 23, utilizando la prueba de U-Mann Whitney para datos no paramétricos. La determinación de las concentraciones de la pre-prueba y la post-prueba se realizó con el método EPA-Method 200.7. En conclusión, el *Amaranthus hybridus* L. y las micorrizas poseen la capacidad de fitoextraer siete metales pesados que contaminan los suelos del sector Shorey, que son Sb, Cd, Hg, Cu, Sn, Ce, As con -44,05%, -42,15 %, -32,14%, -17,28 %, -15,67%, -13,36% y -9,12% de remoción respectivamente obteniendo la mayor fitoextracción el Sb y de menor el As, cabe recalcar que de los siete metales remediados solo tres considera el ECA-Suelo (D.S. N°002-2013-MINAM) que son Cd, Hg y As quienes han logrado disminuir sus concentraciones pero que aún el Cd y As siguen contaminando los suelos del Sector Shorey.

**Palabras claves:** Capacidad fitoextractora, metales, *Amaranthus hybridus*.L, micorrizas.

### **ABSTRACT:**

To evaluate the phytoextractant capacity of *Amaranthus hybridus* L. and mycorrhizae in soils contaminated with heavy metals from the Shorey Chico sector, Quiruvilca district, Santiago de Chuco province, La Libertad department. We worked with the quasi-experimental design, with pre-test-post test and control group. With sample of 5 representative points of soil contaminated with heavy metals. The statistical analysis method was with the IBM SPSS STATISTIC 23 Software, using the U-Mann Whitney test for non-parametric data. The determination of the concentrations of the pre-test and the post-test was performed with the method EPA-Method 200.7. In conclusion, *Amaranthus hybridus* L. and mycorrhizae have the ability to fitoextract seven heavy metals that contaminate the soils of the Shorey sector, which are Sb, Cd, Hg, Cu, Sn, Ce, As with -44,05%, -42,15%, -32,14%, -17,28%, -15,67%, -13,36% and -9,12% removal, respectively, obtaining the highest phytoextraction in Sb and lowest in As, emphasize that of the seven metals remediated only three considers the ECA-Soil (DS N ° 002-2013-MINAM) that are Cd, Hg and As who have managed to reduce their concentrations but that still the Cd and As continue to contaminate the soils of the Sector Shorey.

**Key words:** Phytoextraction capacity, metals, *Amaranthus hybridus*.L, mycorrhizae.

<sup>1</sup> Universidad César Vallejo - Estudiante de Ingeniería Ambiental.

<sup>2</sup> Universidad César Vallejo - Docente y asesor de Ingeniería Ambiental.

## 1. INTRODUCCIÓN:

Durante años las actividades mineras es una actividad más que el ser humano desarrolla para su subsistencia, toda aquella actividad, así como genera beneficios económicos llega a alterar el ambiente, desde lo más mínimo hasta grandes impactos significativos. El hombre y sus actividades viene alterando el ambiente desde que ha sido capaz de ello, modificando los cuerpos naturales como el suelo, agua y aire, por la obtención de metales pesados como plata (Ag), cadmio (Cd), cobalto (Co), cobre (Cu), hierro (Fe), plomo (Pb), cinc (Zn), arsénico (As), entre otros. (Acevedo, 2016)

En todas las actividades que se desarrollan en una minería generan residuos de diferente índole especialmente ricos en metales pesados, estos son depositado en las superficies ocasionando daños a todo tipo de ecosistemas. (Hernández, 2011).

La contaminación por metales pesados ha perjudicado drásticamente el suelo, alterando y generando limitaciones físicas (textura, estructura, estabilidad y disponibilidad de agua; químicas (alteración del pH, déficit de nutrientes y exceso de metales tóxicos y biológicas (eliminación de microorganismos del suelo y organismos); teniendo como efecto suelos infértiles, desertificados, no aptos para la agricultura, pierde los minerales que posee el mismo, etc. (Ortiz et al. 2009).

El Perú no es la excepción, se tiene problemas ambientales perjudicando el equilibrio de la naturaleza y la salud, conllevando a las personas a obtener enfermedades, o hasta incluso la muerte. El distrito de Shorey, provincia de Quiruvilca, departamento La Libertad ubicado a una Latitud sur: 8°0' 49,12" con longitud oeste: 78° 19' 47,4", a una altitud de 3 784 m.s.n.m; (DePerú, 2017) la minería que se ejecuta está contaminado los suelos, acumulando metales pesados, llevando al suelo a una descertifi-

cación y degradación parcial o total; todo ello perjudica la flora y fauna que se genera en dicha zona y la empresa minera no realiza actividades para remediar el suelo contaminando.

Es por ello que se dice que la remediación del suelo es uno de los retos principales que hoy en día se está viviendo, por la cual la Fitoremediación es una alternativa para reducir los niveles tolerables de metales pesados mediante el cultivo de plantas. Por lo cual, este proyecto de investigación busca la manera de reducir o solucionar parte de la problemática de la contaminación del suelo por presencia de metales pesados mediante la biotecnología fitoextracción utilizando una especie de planta llamado *Amaranthus hybridus*. L y el hongo (micorrizas).

Según Ortiz [et al]. (2009) es su trabajo experimental: "Fito-extracción de plomo y cadmio en suelos contaminados utilizando quelite (*Amaranthus hybridus* L.) y micorrizas en la Comarca Lagunera, México"; quienes tuvieron por objetivo evaluar la capacidad extractora del plomo (Pb) y cadmio (Cd) del quelite al ser adicionadas cierta cantidad de micorrizas arbusculares de ellas con: *Entrophospora columbiana*, *Glomus intraradices*, *G. etunicatum*, *G. clarum* al ser sembradas en los sustratos contaminado con Pb o Cd. Esta investigación tuvo un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, en la cual realizó 2 experimentos, uno con plomo (Pb) y el otro de cadmio (Cd); en el primer experimento le adicionaron tres cantidades de micorrizas de 0; 2.5 y 5.0 g. Kg-1 en los suelos que fueron contaminados con 300 mg.kg-1 de Pb; en el segundo experimento se adicionaron las mismas cantidades de micorrizas que en el primer experimento, con suelos contaminado 15 mg.kg-1 de cadmio (Cd). Los resultados obtenidos en las concentraciones de plomo (Pb) y cadmio (Cd) que fueron evaluados en la raíz, hoja y tallo a los 65, 95 y 125 días de edad de la planta se analizaron en un

espectrofotómetro de absorción atómica. Obteniendo como resultado final que al adicionar las micorrizas arbusculares al *Amaranthus hybridus* L incrementó significativamente ( $P < 0.05$ ) la concentración de Pb y Cd en la raíz, tallo y hoja del quelita; también llegan a la conclusión que las concentraciones de los metales pesados se incrementan conforme la edad de la planta.

Según, Paiva (2012) en su proyecto de investigación: “Fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando *Amaranthus spinosus*–*Amaranthaceae* en Cusco”, cuyo objetivo general es evaluar la capacidad de absorción y acumulación de plomo por la raíz, tallo, hojas e inflorescencia del *Amaranthus spinosus* quien fue sometido a diferentes concentraciones de plomo (Pb). Tiene un diseño experimental bloques randomizados con arreglo factorial de  $3 \times 4$  con 4 repeticiones; sus análisis estadísticos lo realizaron mediante el software IBM SPSS Statistics Versión 20, aplicando la varianza factorial ANOVA, la comparación de sus análisis lo realizaron mediante la prueba de Tukey. La realización de su experimento se desarrolló en uno de los invernaderos de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNSAAC, sembrándose en macetas conteniendo suelo con textura franco según sus estudios realizados, dichos suelos fueron contaminado con 0, 200, 400 y 600 ppm de Pb. Kg-1 partiendo del acetato de plomo ( $\text{CH}_3\text{-COO}$ )<sub>2</sub>. Al transcurrir los veinte días de ocurrido la contaminación procedieron a trasplantar las pequeñas plantas de *Amaranthus spinosus*, donde colocaron una planta por cada maceta, una vez trasplantadas comenzaron las observaciones de los factores ambientales y el desarrollo de las plántulas; culminándose los ciento treinta y seis días de floración, sacar la planta, quien fue separado en cuatro partes (raíz, tallo, hojas e inflorescencia), para ser analizado en la Espectrometría de Absorción Atómica (EAA). Se obtuvieron

como resultados finales que al realizar el análisis de varianza la prueba “F” muestra alta significancia para el factor A (partes de la planta) y para el factor B (concentraciones de plomo) y en la interacción de ambos factores (A\*B) no muestra significancia. Es por ello que concluyen que el *Amaranthus spinosus* llegó a acumular en mayor proporción en las raíces hasta en la más alta concentración del metal (600 ppm de Pb/Kg de suelo) con una media de 6.37 mg/Kg. de materia seca y, con una acumulación total de 40 mg/kg de materia seca.

Según, Morelos [et al]. (2017) en su trabajo de investigación “Arbuscular mycorrhizal fungi and their involvement in the production and management of neotropical forest species with emphasis on Meliaceae in Tuxtlas” nos menciona que los beneficios de las micorrizas (AMF) son importantes ya que ayuda a la planta obtener nutrientes y la protegen de cualquier enfermedad que le puede provocar el suelo y otros factores que pueden perjudicar a las plantas. Analizaron diferentes tipos de manejo de AMF en el rendimiento de las especies forestales tropicales, como el cedro rojo (*Cedrela odorata* L) y la caoba (*Swietenia macrophylla* K). Tomaron muestras de suelo de 20 cm de profundidad del perfil del suelo en las pantas de caoba de hojas grandes y árboles maduros, así mismo evaluaron el % de colonización de AMF. Los resultados obtenidos luego de realizar su experimento fue que se registraron 23 morfoespecies de AMF presentes en 4 géneros identificándose a nivel de especies. Llegando a las conclusiones que mayor % de colonización micorrízica ( $P < 0,01$ ) tiene las plantas de sorgo que fueron inoculadas con suelo de rizósfera de árboles de hoja grandes que de las que fueron inoculadas con suelo rizósfero de plántulas. También nos dice que 23 morfoespecies de AMF incluidas los géneros *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora* y *Ambispora* tuvieron una gran asociación con el suelo de la

rizósfera de los árboles de caoba, encontrándose 2 veces mayor diferentes especies de AMF que en arboles maduros. Pocos AMF se obtuvieron cuando se emplearon métodos de cultivo de las trampas.

Según Moreno (2010) en su investigación "Plant-Based Methods For Remediating Arsenic-Polluted Mine Soils In Spain en Madrid". Su objetivo principal fue analizar el comportamiento de las plantas nativas mediterráneas frente al arsénico, la transferencia del elemento desde el suelo minero a las plantas y evaluar la utilidad para la fitorrecuperación de suelos contaminados con arsénico (As). Su experimento consistió a varias escalas de trabajo: I (hidroponía para el control donde evaluaron la resistencia y la acumulación de As en los arbustos mediterráneos), II (corto plazo, macetas con contenido de suelo donde estudiaron la fracción de fito disponibilidad), III (experimentos de macetas a largo plazo con contenidos de suelos donde estudiaron dinámica suelo-planta, la transferencia de As a las plantas y los efectos del cultivo de plantas sobre el suelo) y IV (ensayos de campo donde evaluaron destino en condiciones reales, factores que afectan su movilidad, la transferencia a las plantas, y la eficiencia de los procedimientos de revegetación). Los resultados obtenidos fueron que los mejores efectos estuvieron las especies *R. Sphaerocarpa* y *Myrtus communis*, mientras que en la especie *T. gallica* no se obtuvieron resultados favorables al utilizar la planta indujo efecto favorable en el suelo, mejorando el C, N y las actividades enzimáticas que se produce en el suelo, en cambio en la prueba de campo la especie *R. sphaerocarpa* mostro mayor supervivencia que la especie *Rosmarinus Officinalis* quien sobrevivió en suelos con pH > 4. Esto les permitió llegar a la conclusión que el establecimiento de la planta indujo un efecto positivo en el suelo calidad, mejora de C, N y actividad enzimática en suelos. De la misma manera nos dice que la transfe-

transferencia de suelo a planta de arsénico (As) fue baja.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS:

Para este trabajo de investigación se utilizó un diseño cuasi experimental, con pre prueba- post prueba y grupo control. Para la población se tomó en cuenta terrenos agrícolas contaminados por actividad minera (metales pesados), comprende un área aproximada a 4 894 m<sup>2</sup> con cultivos del pan llevar con la característica de riego por secano. A partir de la población delimitada, se tomó en cuenta 5 puntos representativos según la guía de muestreo de suelo para aquellas áreas que tienen una contaminación de forma irregular menores a 1000 m<sup>2</sup> y hasta 5000 m<sup>2</sup> (D.S N°02-2013-MINAM- ECA del suelo). El muestreo fue realizado de manera superficial al perfil del suelo de 0-30 cm de profundidad de acuerdo a lo establecido en la guía de muestreo de suelo-MINAM 2014; extrayéndose la muestra para el análisis correspondiente. La determinación de las concentraciones de la pre-prueba y la post-prueba de los metales pesados se realizó en el laboratorio Servicios Generales Analíticos S.A.C, con el método EPA-Method 200.7. Asimismo, se realizó el análisis de caracterización del suelo en el laboratorio AGROLAB.

**Análisis de datos:** Por ser un diseño experimental corresponderá un método pre prueba y post prueba más grupo control. Se evaluaron si los datos presentan una distribución normal mediante la prueba de Shapiro-Wilk (menor a 30 datos) de ser así se ejecutará una prueba "t" student para grupos relacionados y si no presenta una distribución normal se ejecutará la prueba de U-MANN WHITNEY para determinar la capacidad fitoextracción del *Amaranthus hybridus*. L más micorrizas. El análisis estadístico se realizó a un nivel de confianza del 95% donde se utilizó el Software IBM SPSS STATISTIC.23

### 3. MATERIAL Y MÉTODOS:

Tabla 1. Resultados del Análisis de caracterización del suelo.

| Nuestra | MO % | pH 1:1 | Textura        |
|---------|------|--------|----------------|
| 1       | 3,40 | 3,05   | Franco arenosa |

Fuente: Laboratorio AGROLAB

Tabla 2. Porcentaje de remoción de los metales pesados del grupo experimental y control.

| Metales        | Grupo experimental        |                           |            | Grupo control             |                           |            |
|----------------|---------------------------|---------------------------|------------|---------------------------|---------------------------|------------|
|                | Pre-prueba                | Post-prueba               | % Remoción | Pre-prueba                | Post-prueba               | % Remoción |
|                | O <sub>1</sub><br>(mg/kg) | O <sub>2</sub><br>(mg/kg) |            | O <sub>1</sub><br>(mg/kg) | O <sub>4</sub><br>(mg/kg) |            |
| Arsénico (As)  | 734,5                     | 667,53                    | -9,12      | 734,5                     | 735,4                     | 0,12       |
| Cadmio (Cd)    | 38,63                     | 22,35                     | -42,15     | 38,63                     | 37,98                     | -1,68      |
| Cerio (Ce)     | 54,4                      | 47,13                     | -13,36     | 54,4                      | 54,1                      | -0,55      |
| Cobre (Cu)     | 2014,2                    | 1666,10                   | -17,28     | 2014,2                    | 2013,8                    | -0,02      |
| Mercurio (Hg)  | 2,8                       | 1,90                      | -32,14     | 2,8                       | 2,6                       | -7,14      |
| Antimonio (Sb) | 106,4                     | 59,53                     | -44,05     | 106,4                     | 106,1                     | -0,28      |
| Estaño (Sn)    | 10                        | 8,43                      | -15,67     | 10                        | 9,8                       | -2,00      |

Fuente: Servicios Analíticos Generales

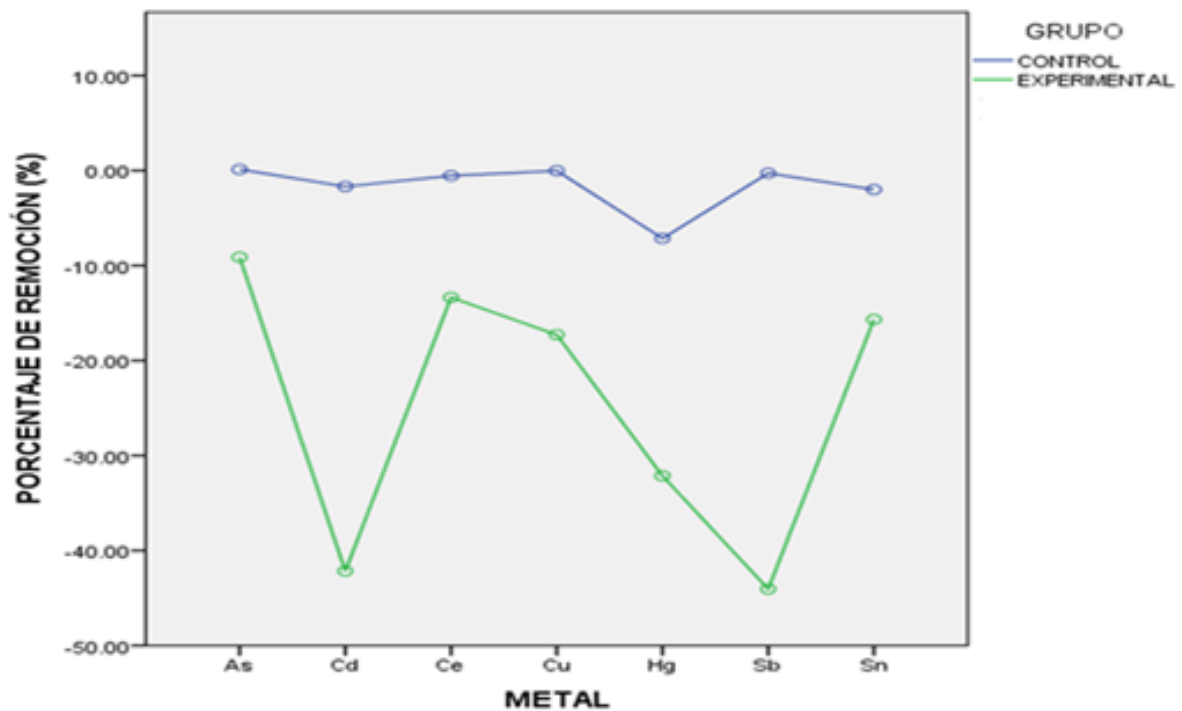


Figura 1. Porcentaje de remoción de los metales por grupo de estudio

Fuente: Software IBM SPSS STATISTIC.23

Tabla 3. Porcentaje de incremento de los metales pesados del grupo experimental y control

| METALES        | Grupo experimental     |                        |              | Grupo Control          |                        |              |
|----------------|------------------------|------------------------|--------------|------------------------|------------------------|--------------|
|                | Pre-prueba             | Post-prueba            | % Incremento | Pre-prueba             | Post-prueba            | % Incremento |
|                | O <sub>1</sub> (mg/Kg) | O <sub>2</sub> (mg/Kg) |              | O <sub>3</sub> (mg/Kg) | O <sub>4</sub> (mg/Kg) |              |
| Plata (Ag)     | 8,42                   | 10,51                  | 24,82        | 8,42                   | 8,5                    | 0,95         |
| Aluminio (Al)  | 1561,2                 | 3960,47                | 153,68       | 1561,2                 | 1561,4                 | 0,01         |
| Bario (Ba)     | 13                     | 19,03                  | 46,38        | 13                     | 13,8                   | 6,15         |
| Berilio (Be)   | <0,03                  | <0,03                  | 0,00         | <0,03                  | <0,03                  | 0,00         |
| Litio (Li)     | 1,3                    | 3,37                   | 159,23       | 1,3                    | 1,5                    | 15,38        |
| Estroncio (Sr) | 3                      | 10,93                  | 264,33       | 3                      | 3,1                    | 3,33         |
| Titanio (Ti)   | 14,87                  | 25,17                  | 69,27        | 14,87                  | 14,98                  | 0,74         |
| Talio(Tl)      | 1,6                    | 2,1                    | 31,25        | 1,6                    | 1,7                    | 6,25         |

Fuente: Servicios Analíticos Generales

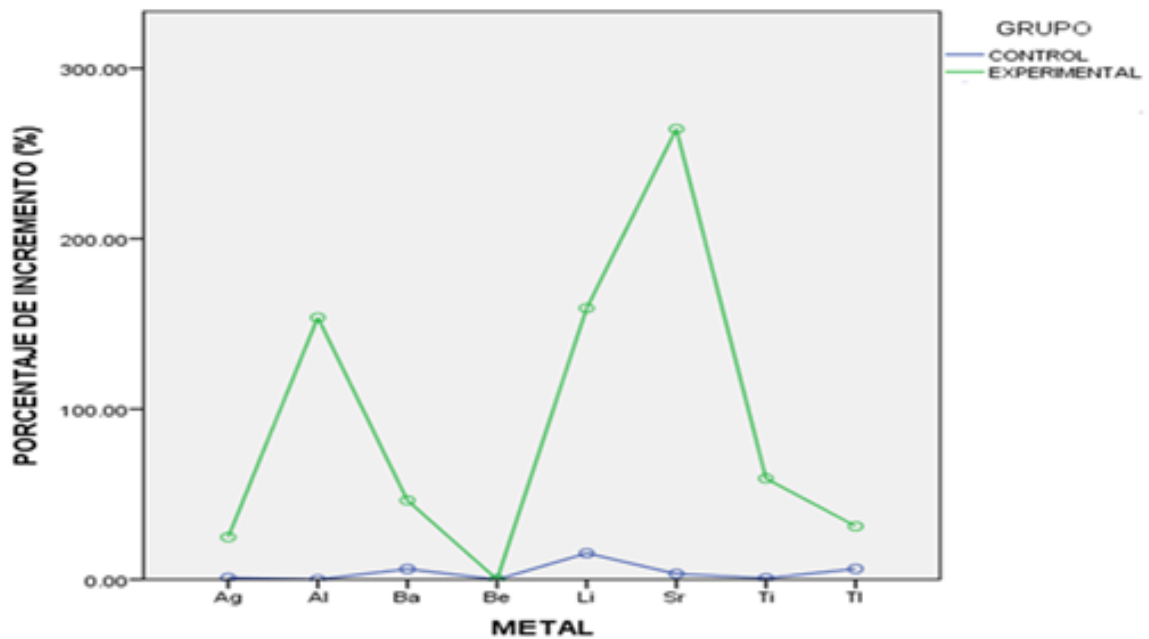


Figura 2. Porcentaje de incremento de los metales por grupo de estudio

Fuente: Servicios Analíticos Generales

Tabla 4. Macro y Micro nutrientes encontrados en el suelo

| METALES                | Grupo experimental     |                        | Porcentaje de Incremento (%) |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
|                        | Pre-prueba             | Post-prueba            |                              |
|                        | O <sub>1</sub> (mg/Kg) | O <sub>2</sub> (mg/Kg) |                              |
| <b>MACRONUTRIENTES</b> |                        |                        |                              |
| Potasio (K)            | 198,3                  | 885,57                 | 346,58                       |



|                        |        |         |         |
|------------------------|--------|---------|---------|
| Fósforo (P)            | 115,2  | 530,87  | 360,82  |
| Magnesio (Mg)          | 237    | 1035    | 336,71  |
| <b>MICRONUTRIENTES</b> |        |         |         |
| Calcio (Ca)            | 71     | 1630,7  | 2196,76 |
| Manganeso (Mn)         | 239,89 | 1179,67 | 391,75  |
| Zinc (Zn)              | 112,5  | 163,83  | 45,63   |
| Sodio (Na)             | 31,2   | 189,6   | 507,69  |
| Cobalto (Co)           | 8,86   | 11,63   | 31,26   |
| Vanadio (V)            | 6,14   | 10,46   | 70,36   |

Fuente: Servicios Analíticos Generales

Tabla 5. Comparación ECA-Suelo con los metales pesados

| Metales pesados | ECA-Suelo (mg/Kg) | Antes del tratamiento |             | Después del tratamiento |             |
|-----------------|-------------------|-----------------------|-------------|-------------------------|-------------|
|                 |                   | Pre-prueba (mg/Kg)    | Nº de veces | Post-prueba (mg/Kg)     | Nº de veces |
| As              | 50                | 734,50                | 14,69       | 667,97                  | 13,36       |
| Cd              | 1,4               | 38,63                 | 27,59       | 22,35                   | 15,96       |
| Pb              | 70                | 262,16                | 3,75        | 261,97                  | 3,74        |
| Ba              | 750               | 13                    | -57,9       | 19,03                   | -39,41      |
| Hg              | 6,6               | 2,8                   | -2,36       | 1,90                    | -3,47       |
| Cr              | 0,4               | <0,04                 | ---         | <0,04                   | --          |

Fuente: Servicios Analíticos Generales S.A.C

#### 4. DISCUSIÓN:

En la tabla 1, se observa los resultados obtenidos de la caracterización del suelo, vemos un pH: 3,05 es decir altamente ácido, se hace imposible el desarrollo de la mayoría de las plantas, sin embargo, la especie *Amaranthus hybridus*.L está considerada como una maleza y adaptada a pH ácido, es decir no afectaría su desarrollo y crecimiento. La materia orgánica presente en el suelo es de 3,4%, indicando un suelo altamente fértil con una textura franca

arenosa. Este valor encontrado de pH concuerda con PÉREZ, Micaléa (2012), como investigadora de especies de planta, nos menciona que el *Amaranthus hybridus*.L es una especie que su desarrollo y crecimiento se realiza en suelos no solo con pH ácido inferiores a 5,5; sino también con pH neutro y alcalino y crecerá con vigor en soportes con textura arenosa, franca y arcillosa. Es por ello que esta especie se ha desarrollado de una manera adecuada. Mientras que según ANDRADEZ, Marisol y MARTÍNEZ, Elena (2014), clasifica muy alto en materia

orgánica a aun suelo franco arenoso que tiene mayor 2,5%, es decir que es rico en materia orgánica, entonces con los resultados que se obtuvo podemos decir que el suelo de Shorey es rico en materia orgánica.

En la tabla 2 y figura 1, muestra la diferencia del porcentaje de remoción del grupo control con el experimental, obteniendo una mejor remoción el grupo experimental ya que el grupo control solo se adicionó agua (H<sub>2</sub>O), observamos mayor remoción en el Sb con -44,05 %, seguido del Cd con -42,15 %, Hg con -32,14 %, Cu con -17,28 %, Sn con -15,67 %, Ce con -13,36 % y en menor remoción tenemos al As con -9,12 %, entonces se puede decir que la especie y las micorrizas si llegan a disminuir las concentraciones iniciales de estos metales pesados. Según ORTIZ, Cano (2009), quien solo analizó dos metales Cd y Pb, demuestra también que la unión de la especie *Amaranthus hybridus*.L con las micorriza ha llegado a disminuir sus concentraciones en un 5%, en ambos metales, comparando el resultado obtenido por este autor podemos decir que esta investigación obtuvo mejores resultados, ya que este autor, solo llegan a experimentar con dos metales, Cd y Pb, sin embargo, esta investigación da a conocer 7 metales pesados que la especie en unión con las micorrizas llegan a fitoextraer y dentro de ellos incluye el Cd.

En la tabla 3 y figura 2, muestra los resultados de los metales pesados que han aumentado o incrementado sus concentraciones en ambos grupos tanto del experimental como del control, dando a demostrar que el grupo experimental hay mayor % de incremento donde se obtuvo los siguientes resultados: mayor incremento es Sr con 264,44%, seguido del Li a incrementó 158,97%, Al a incremento 153,97%, Ti a incrementó 69,27%, Ba a incrementó 46,41%, Tl a incremento 31,25% y finalmente la Ag que incremento 24,84%. Observamos 8 metales

pesados que no han logrado disminuir sus concentraciones.

Según DÚRAN, Paola (2010), cuando un suelo tiene un pH ácido, algunos metales pesados como Al, Ag tiene baja o muy baja movilización es decir tienen la tendencia de llegar acumularse e incrementar sus concentraciones. Lo mismo sucede con el suelo de Shorey como lo analizamos anteriormente tiene un pH ácido de 3,05, entonces al tener este pH ácido los metales ya mencionados llegan a incrementar sus concentraciones. Se menciona también que dicho experimento se realizó de manera ex -sito por lo que se puede suponer que factores como el aire que moviliza material particulado y gases hayan influenciado en el incremento de estos metales pesados, puesto que la planta llegará a absorber y no lo retendrá en su metabolismo, sino será expulsado al suelo mediante las raíces afectando aún más la concentración de estos metales, entonces la especie no puede remediar o fitoextraer estos metales pesados es decir no llega a disminuir sus concentraciones.

Según CARRASCO Adriana (2008,) menciona que el aumento de los metales pesados se debe a que utilizamos fertilizantes, pero para este experimento no se utilizó ningún tipo de fertilizante, solo se realizó la combinación de la especie con las micorrizas, entonces no se puede decir que el incremento de estos M.P fue por la utilización de fertilizantes.

En la tabla 4, observamos la clasificación de los nutrientes del suelo (macro y micro) y su porcentaje de incrementación. Macro nutrientes se obtuvo el P con incremento 360,82 %, K con incremento 346,58% y Mg con incremento 336,71% y en los Micro nutrientes se obtuvo el Ca con incremento 2196,76%, Na con incremento 507,69 %, Mn con incremento 391,75%, V incremento 70,36 %, Zn con incremento 45,63% y el Co con incremento 31,26 %. La utilización de la especie y las micorri-



zas ha influido en el aumento de estos nutrientes puesto que ellas al llegar a unirse con las raíces de la especie llegan a contribuir agregados de macro y micro nutrientes. Esto mismo afirma PAILLACHO, Fabián (2010), que la utilización de micorrizas en los suelos aumenta los nutrientes como nitrógeno (N), potasio (K), hierro (Fe), Calcio (Ca), magnesio (Mg), y microelementos como Zinc (Zn), Azufre (S), Boro (B), Molibdeno (Mo) y manganeso (Mn). Este autor solo nos menciona los nutrientes que llega a aumentar sus concentraciones al adicionar micorrizas aun suelo, los mismos nutrientes encontrados en el suelo de Shorey, en cambio esta investigación muestra los resultados del % del incremento que tuvo la especie con las micorrizas, puesto que las micorrizas sirven como un abono orgánico beneficioso.

En la tabla 5, se observa los 6 metales que considera el ECA-Suelo (tabla 1), obteniendo resultado de la pre y post prueba, el As en ambas pruebas sobre pasa el límite, siendo 14,69 mg/Kg y 13,36 mg/Kg veces más que el ECA-suelo, en este caso vemos una disminución en la post-prueba de las veces que contamina, el Cd a igual que el As en ambos casos sobrepasa en limite siendo 27,59 mg/Kg y 15,96 mg/Kg veces más que el ECA-suelo, vemos que en la post-prueba hay una disminución de las veces que contamina este metal, Pb en ambos pruebas sobrepasa el limite siendo 3,75 mg/Kg y 3.74 veces más que el ECA-suelo, vemos que en la post-prueba hay una mínima disminución de las veces que contamina este metal, el Ba en la post-prueba incrementa su concentración pero no llega a sobrepasar el límite y el Hg y Cr tanto en la pre y post prueba no sobrepasan límite que establece el ECA-suelo. Cuatro metales llegan a disminuir sus concentraciones iniciales (As, Cd, y Pb), pero aun contaminan el suelo del Sector Shorey ya que la norma establece 50 mg/Kg, 1,4 mg/Kg y 70 mg/Kg respectivamente

mientras uno llega a aumentar su concentración (Ba) pero no contamina el suelo del Sector Shorey ya que la norma establece 750 mg/Kg y dos metales pesados (Hg, Cr) quienes no contaminan el suelo del Sector Shorey ya que la norma establece 6,6 mg/Kg y 0,4 mg/Kg. La norma Mexicana (NOM-147-SEMARNAT/SSA1-2004) (Anexo tabla 21), establece para el As 22 mg/Kg, Cd 37 mg/Kg, Pb 400 mg/Kg, Ba 5400 mg/Kg y Hg 23 mg/Kg, en te caso se puede decir que en los metales como el Cd, Pb, Ba y Hg, en los resultados de la post-prueba véase también en la tabla 9, se encontraría dentro del límite que establece esta norma Mexicana, mientras que el As en ambas normas si contamina el suelo.

## 5. CONCLUSIONES:

1. Se determinó que la especie *Amaranthus hybridus* L y las micorrizas poseen la capacidad de fitoextraer metales pesados tales como Arsénico (As), Cadmio (Cd), Cerio (Ce), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Antimonio (Sb) y Estaño (Sn) y en menor concentración el Plomo (Pb). En donde la mayor remoción fue el Sb con -44,05%, y en menor remoción fue el As con -9,12%.
2. Se determinó el porcentaje de incremento de los metales pesados como Plata (Ag), Aluminio (Al), Bario (Ba), Litio (Li), Estroncio (Sr), Titanio (Ti), Talio(Tl). Donde el mayor porcentaje de incremento fue el Sr 264,44 y en menor % de incremento fue la Ag 24,86.
3. Se determinó el porcentaje de incremento de los nutrientes, macro tenemos al Potasio (K), Fósforo (P), Magnesio (Mg) micro tenemos Calcio (Ca), Manganeso (Mn), Zinc (Zn), Sodio (Na), Cobalto (Co), Vanadio(V). Donde el mayor porcentaje de incremento fue del Ca 2196,76 y en menor porcentaje de incremento fue el Co 31,26.

4. Se determinó la comparación de los resultados de los metales pesados con el ECA-suelo-Perú donde el As, Cd, Pb, aun contaminan el suelo de Shorey y metales como Ba, Hg y Cr no sobrepasan estos límites.

5. Se analizó los parámetros fisicoquímicos; físicos tenemos Físico: textura, % de saturación y químicos: metales pesados (Ag, Cd, Co, Cu, Fe, Pb, Zn, As, ect), P, k, Pm, CE mS/cm, CaCO<sub>3</sub>, capacidad total cambio mq/100g, materia orgánica, pH del suelo del sector Shorey chico, distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento La Libertad.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- [1] ACEVEDO, Vanessa [et al]. contaminación del suelo en la zona minera de rasgatá bajo (tausa). modelo conceptual. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina [en línea]. Mayo-febrero, 2016, n°1, Vol 26. Colombia. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.re-dalyc.org/pdf/911/91145342005.pdf> / ISSN: 0124-8170
- [2] ALFARO, Raúl. fertilidad del suelo [en línea]. México: Guatemala, Universidad Autónoma de Chapingo. Texcoco, México, 2015 [fecha de consulta: 12 de octubre de 2017]. Disponible en: [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38980673/Conceptos\\_de\\_fertilidad\\_2015\\_parte\\_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1510601166&Signature=yVXnDMNPZQV0htIbFUBxhGBXA1g%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DConceptos\\_de\\_fertilidad\\_2015\\_parte\\_1.pdf](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/38980673/Conceptos_de_fertilidad_2015_parte_1.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1510601166&Signature=yVXnDMNPZQV0htIbFUBxhGBXA1g%3D&responsecontentdisposition=inline%3B%20filename%3DConceptos_de_fertilidad_2015_parte_1.pdf)
- [3] BERMÚDEZ, Mauricio. Contaminación y Turismo Sostenible [en línea]. [“s.l.”]. 2010, p.25. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2017]. Disponibles en: <https://issuu.com/maubermudez/docs/-contaminacion>
- [4] CARRASCO, Adriana [et al]. metales pesados y biodisponibilidad [en línea]. Chile: Facultad de ciencias Agronómicas, 2008 [ fecha de consulta: 12 de octubre de 2017]. Capítulo 5. Disponible en: [http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/-medio\\_ambiente/criterios\\_calidad\\_suelos\\_aguas\\_agricolas/pdf\\_suelos/5\\_metales\\_pesados\\_suelo.pdf](http://bibliotecadigital.sag.gob.cl/documentos/-medio_ambiente/criterios_calidad_suelos_aguas_agricolas/pdf_suelos/5_metales_pesados_suelo.pdf)
- [5] Centros poblados [en línea]. DePerú.Com. 8 de marzo de 2010. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.deperu.com/centros-poblados/shorey-74021>
- [6] COTO, Jeannette [et al]. Fito Remediación Una Tecnología Que Involucra a las Y Microorganismos En El Saneamiento Ambiental. Revista ICIDCA [en línea]. septiembre-diciembre. 2012, n°3. Vol 46. p.11. Cuba. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.re-dalyc.org/pdf/2231/223124988007.pdf> / ISSN: 0138-6204
- [7] CROSARA, Alicia. El suelo y los Problemas Ambientales [en línea]. México. 2007, p.74. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Suelos%20y%20problemas%20ambientales.pdf>
- [8] ECHARRI, Luis. Ciencia de la tierra y del Medio Ambiente [en línea]. 1.a ed. México. 2010 [fecha de consulta: 11 de julio de 2017]. Disponible en: <http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/09ProdQui/120MetTox.htm#POBLACION>

- [9] Fitoextracción ¿qué es realmente? [en línea]. RiverPhy Lorca. 2014. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://liferiver-phy.eu/web/fitoextraccion-que-es-realmente/>
- [10] GUEVARA; Beatriz. Micorriza arbuscular. Recurso microbiológico en la agricultura sostenible. Revista Tecnología en Marcha. Costa Rica. [en línea]. 2008, n°1. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2017]. Disponible en: [http://revistas-tec.ac.cr/index.php/tec\\_marcha/article/view/1352](http://revistas-tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/1352) / ISSN: 0379-3982
- [11] HERNÁNDEZ, Adela. “Determinación de metales pesados en suelos de Natividad, Ixtlán de Juárez Oaxaca”. Tesis (Licenciada en ciencias ambientales) [en línea]. Oaxaca: Universidad de la Sierra de Juárez de México, 2011. Disponible en: <http://ecasuelo.com.pe/wpcontent/uploads/2015/05/CONTAMINACION%20DE-METALES-PESADOS-EN-SUELOS-DE-NATIVIDAD-IXTLAN-DE-JUARES-OAXACA.pdf>
- [12] Humedad de los suelos de diferente textura [en línea]. TRACXO. 2010. [fecha de consulta: 11 de julio de 2017]. Disponible en: <https://www.tracxo.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>
- [13] MEJÍA, Cecilia. “Metales pesados en suelos y planta: Contaminación y Fitotoxicidad”. Tesis (M (o) ciencia de los alimentos) [en línea]. Huacho: Universidad Nacional José Bautista Sánchez Carrión de Perú, 2011. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/204360496/METALES-PESADOS-EN-SUELOS-Y-PLANTAS-CONTAMINACION-Y-FITOTOXICIDAD>
- [14] MORENO, Eduardo. [et al]. “Plant-Based Methods For Remediating Arsenic-Polluted Mine Soils In Spain”. Tesis: (Doctorado) [en línea]. Madrid: Universidad Autónoma de Madrid, 2010. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Eduardo\\_Moreno-Jimenez2/publication/45399462\\_Plantbased\\_methods\\_for\\_remediating\\_arsenicpolluted\\_mine\\_soils\\_in\\_Spain/Recuperacion\\_de\\_suelos\\_mineros\\_contaminadoscon\\_arsenico\\_mediante\\_fitotecnologias/links/59819a2a6fdccb3100510ea/Plant-based-methods-forremediatingarsenicpolluted-mine-soils-in-Spain-Recuperacion-de-suelos-mineros-contaminados-con-arsenico-mediante-fitotecnologias.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Eduardo_Moreno-Jimenez2/publication/45399462_Plantbased_methods_for_remediating_arsenicpolluted_mine_soils_in_Spain/Recuperacion_de_suelos_mineros_contaminadoscon_arsenico_mediante_fitotecnologias/links/59819a2a6fdccb3100510ea/Plant-based-methods-forremediatingarsenicpolluted-mine-soils-in-Spain-Recuperacion-de-suelos-mineros-contaminados-con-arsenico-mediante-fitotecnologias.pdf)
- [15] D.S. N°002-2013-MINAM. Estándar de la Calidad Ambiental. Lima, Perú, 02 de febrero del 2013
- [16] MORELOS, Víctor. [et al]. “Arbuscular mycorrhizal fungi and their involvement in the production and management of neotropical forest species with emphasis on Meliaceae”. Revista Chilena de Historia Natural [en línea]. Tuxtla. 2014. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.cl/pdf/rchnat/v87/09.pdf>
- [17] NAVARRO. Aviño. [et al]. Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. Revista Científica Ecología y Medio Ambiente [en línea]. Mayo, 2011, n°2. Valencia. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017]. Disponible en: <https://www.revistaecosistemas.net/index.php/ecosistemas/article/view/125>
- [18] ORTIZ, Cano [et al]. “fitoextracción de plomo y cadmio en suelos contaminados usando quelite (*Amaranthus hybridus* L.) y Micorrizas en la Comarca Lagunera”. Revista Chapingo Serie. Horticultura [en línea]. Agosto, 2009, n°2. Vol 15. México. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2017]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/rchapingo/v15n2/0187-7538v15n2a01.pdf>

- 2017]. Disponibles en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027152X2009000200009&script=sci\\_arttext&tlng=pt](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1027152X2009000200009&script=sci_arttext&tlng=pt) / ISSN 2007-4034
- [19] PAILLACHO, Fabián. “Evaluación De La Efectividad De Las Micorrizas Arbusculares Nativas Sobre El Desarrollo Y Estado Nutritivo Del Palmito (*Bactris Gasipaes* Hbk) En Etapa De Vivero, En Santo Domingo De Los Tsáchilas”. Tesis (Ingeniero Agropecuario). Santo Domingo de los Tsáchilas: Universidad de las fuerzas Armadas de Ecuador 2010. Disponible en: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/2892/1/T-ESPE-IASA%20II-002332.pdf>
- [20] PAIVA, Greta. “Fitorremediación de suelos contaminados con plomo utilizando *Amaranthus Spinosa*–*Amaranthaceae*”. Tesis (Doctor en ciencias ambientales). Arequipa: Universidad Católica De Santa María del Perú, 2012. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/54222620.pdf>
- [21] PÉRES, Micaela. “*Amaranthus hybridus*” [en línea]. Perú. 2012. [fecha de consulta 28 de julio de 2017]. Disponible en: <http://www.botanicay-jardines.com/amaranthus-hybridus/>
- [22] PEREIRA, César [et al]. Edafología 1 [en línea]. 1° ed. Colombia: Espacio Gráfico Comunicaciones S.A. 2011 [fecha de consulta: 22 de octubre 2017]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/productos/4776/edafologia.pdf>
- [23] Traxco. “Humedad en suelos de diferentes texturas” [en línea]. España. 2009. [fecha de consulta 28 de julio de 2017]. Disponible en: <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/humedad-en-suelos-de-diferente-textura>
- [24] Trinidad, J. Uso de compuestos orgánicos y acelga (*Beta vulgaris* L. var. Cicla (L.)) en la fitoextracción de plomo en un suelo contaminado. México. 2006. 89pp. (Consultada el 12 de mayo 2017)