



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Reducción de cadmio en suelos contaminados a través de *Amaranthus Hybridus* y
Micorrizas *Arbusculares* en la Región Huánuco, 2017.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

Trigoso Portocarrero Doraliz

ASESORA:

Mg. Sc. Suárez Alvitez Haydeé

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2017-II

PÁGINA DEL JURADO

MIEMBROS DEL JURADO

Mg.SC. SUÁREZ ALVITES HAYDEÉ

Dr. VALVERDE FLORES, JHONNY

Dr. ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO

DEDICATORIA

A mis padres, Trigos López, Carlos Alberto y Portocarrero Calderón, Rosa Arminda, mi abuelo, Trigos Trigos, Esteban y mis hermanos quienes me han brindado su apoyo moral y económico para llegar a obtener el título profesional, por estar a mi lado en esta etapa de mi vida, mediante consejos y formación en valores, para aprender a tomar decisiones y ser una persona capaz de lograr mis metas planteadas.

AGRADECIMIENTO

En la formación como investigadora agradezco a Dios por bendecirme brindándome la vida y la salud para llegar a cumplir esta meta anhelada.

A mis padres, mi abuelo primos por el apoyo económico y moral que me permitieron tener la oportunidad de ser una profesional.

A la Mg. Sc. Haydeé Suárez Alvites por guiarme y los aportes que pudo realizar en mi investigación, así como también a todos los docentes que aportaron en mi formación como profesional.

DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo Doraliz Trigoso Portocarrero con DNI N° 72031850, 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 Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, 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.

Lima, diciembre del 2017

DORALIZ TRIGOSO PORTOCARRERO

PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la Tesis titulada “Reducción de Cadmio en suelos contaminados a través de *Amaranthus Hybridus* y Micorrizas Arbusculares, Huánuco, 2017”, la misma que someto a vuestra consideración, esperando que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título Profesional de Ingeniero Ambiental.

En este proyecto de investigación se ha realizado el aprovechamiento de las especies vegetales de *Amaranthus Hybridus* y Micorrizas Arbusculares, especies que son de fácil acceso en la zona de estudio, para determinar la eficiencia de cada uno de los tratamientos a través de la reducción de Cadmio Total en el suelo.

El documento consta de siete capítulos: Capítulo I: Introducción, Capítulo II: Metodo, Capítulo III: Resultados, Capítulo IV: Discusión, Capítulo V: Conclusiones, Capítulo VI: Recomendaciones, y Capítulo VII: Referencias bibliográficas y Anexos.

Esperando cumplir con los requisitos de aprobación.

La Autora

INDICE

| | |
|--|-------|
| PÁGINA DEL JURADO..... | ii |
| AGRADECIMIENTO | iii |
| DECLARACION DE AUTENTICIDAD..... | iv |
| PRESENTACIÓN | xii |
| INDICE | xii |
| RESUMEN..... | xviii |
| ABSTRACT | xviii |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| 1.1 Realidad problemática..... | 2 |
| 1.2 Trabajos Previos..... | 3 |
| 1.3 Teorías relacionadas al tema | 5 |
| 1.3.1 Cadmio..... | 5 |
| 1.3.2 Cadmio en suelos..... | 6 |
| 1.3.3 Suelo..... | 7 |
| 1.3.4 Suelos de la Amazonía..... | 8 |
| 1.3.5 Dinámica de los metales pesados en el suelo..... | 9 |
| 1.3.6 Quelite (Amaranthus Hybridrus)..... | 11 |
| 1.3.7 Micorrizas..... | 12 |
| 1.3.8 Biorremediación de suelos..... | 14 |
| 1.4 Formulación del problema..... | 16 |
| 1.4.1 Problema General | 16 |
| 1.4.2 Problemas específicos..... | 16 |
| 1.5 Justificación del estudio..... | 17 |
| 1.6 Hipótesis | 18 |
| 1.6.1 Hipótesis General | 18 |
| 1.6.2 Hipótesis Específicas..... | 18 |
| 1.7 Objetivo de la investigación | 19 |
| 1.7.1 Objetivo General..... | 19 |
| 1.7.2 Objetivos específicos..... | 19 |
| 1.8 Marco Legal..... | 20 |
| 1.8.1 Normativa Nacional..... | 20 |

| | | |
|-------|---|----|
| 1.8.2 | Normativa Internacional..... | 20 |
| II. | MÉTODO | 22 |
| 2.1 | Diseño de Investigación | 22 |
| 2.1.1 | Tipo | 22 |
| 2.1.2 | Diseño de Investigación | 22 |
| 2.1.3 | Variables, Operacionalización..... | 23 |
| 2.1.4 | Población, Muestra, Muestreo y Unidad de análisis..... | 24 |
| 2.1.5 | Población | 24 |
| 2.1.6 | Muestra | 24 |
| 2.1.7 | Muestreo | 24 |
| 2.3.4 | Unidad de análisis | 25 |
| 2.4 | Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad | 29 |
| 2.4.1 | Técnicas e instrumentos..... | 29 |
| 2.4.2 | Validación del instrumento | 31 |
| 2.4.3 | Confiabilidad del Instrumento | 32 |
| 2.4 | Métodos de Análisis de datos..... | 32 |
| 2.5 | Aspectos éticos..... | 32 |
| III. | RESULTADOS..... | 33 |
| 3.1 | Características Generales del suelo..... | 33 |
| 3.1.1 | Caracterización del suelo | 33 |
| 3.1.2 | Desarrollo de Amaranthus Hybridus. | 34 |
| 3.2 | Eficiencia de Micorrizas Arbusculares en la reducción de Cadmio..... | 35 |
| 3.3 | Eficiencia de Amaranthus Hybridus en la reducción de Cd..... | 37 |
| 3.4 | Eficiencia del Amaranthus Hybridus asociado a las micorrizas arbusculares. | 39 |
| 3.5 | Eficiencia de Amaranthus Hybridus y Micorrizas Arbusculares | 41 |
| IV. | DISCUSIÓN..... | 49 |
| V. | CONCLUSIONES..... | 51 |
| VI. | RECOMENDACIONES..... | 52 |
| VII. | REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 53 |
| VIII. | ANEXOS | 57 |
| | ANEXO N°1: Validación de Instrumentos..... | 58 |

| | |
|---|----|
| ANEXO N°2: Diagrama de Flujo de Procedimiento | 66 |
| ANEXO N°3: Análisis de suelo Inicial | 67 |
| ANEXO N°4: Análisis de Cadmio Final | 69 |
| ANEXO N°5: Mapa de Ubicación de la zona de estudio | 71 |
| ANEXO N°6: Distribución de los Tratamientos en el área de estudio | 72 |
| ANEXO N°7: Registro Fotográfico..... | 73 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura N° 1: Clasificación de suelos en la Amazonía Peruana..... | 9 |
| Figura N° 2: Dinámica de los metales pesados en el suelo..... | 10 |
| Figura N° 3: Planta de <i>Amaranthus Hybridus</i> | 11 |
| Figura N° 4: Hojas de <i>Amaranthus Hybridus</i> | 11 |
| Figura N° 5: Flores de <i>Amaranthus Hybridus</i> | 12 |
| Figura N° 6: a) Hojas de Kudzu (<i>Pueraria Phaseoloides</i>) b) Micorrizas arbusculares. | 13 |
| Figura N° 7: Fitoestabilización vs Fitoextracción: relación entre la (in)movilización y la disponibilidad de los elementos traza. | 15 |
| Figura N° 8: Distribución de parcelas por tratamiento. | 26 |
| Figura N° 9: Instalación de Parcelas..... | 27 |
| Figura N° 10: Distribución del Tratamiento 1..... | 27 |
| Figura N° 11: Distribución del Tratamiento 2..... | 28 |
| Figura N° 12: Distribución del Tratamiento 3..... | 28 |
| Figura N° 13: Distribución del Tratamiento 4..... | 28 |
| Figura N° 14: Distribución del Tratamiento 5..... | 29 |
| Figura N° 15: Distribución del Tratamiento 6..... | 29 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Tecnologías de fitorecuperación | 14 |
| Tabla 2: Parámetros Inorgánicos para evaluar la calidad de suelo..... | 20 |
| Tabla 3: Niveles Máximos para el Cd en el chocolate y productos derivados del cacao..... | 21 |
| Tabla 4: Variables, Operacionalización..... | 23 |
| Tabla 5: Tratamientos aplicados en campo..... | 25 |
| Tabla 6: Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 30 |
| Tabla 7: Estadísticas de fiabilidad | 32 |
| Tabla 8: Caracterización de suelo inicial | 33 |
| Tabla 9: Promedio de Hojas por Tratamiento..... | 34 |
| Tabla 10: Promedio de altura (cm) planta <i>Amaranthus Hybridus</i> | 34 |
| Tabla 11: Cadmio Final (ppm) en el suelo T1 Y T2..... | 35 |
| Tabla 12: Eficiencia de Micorrizas Arbusculares..... | 35 |
| Tabla 13: Prueba de T- Student para comparación de medias entre T1 y T2..... | 36 |
| Tabla 14: Cadmio Final (ppm) en el suelo, T3 y T4..... | 37 |
| Tabla 15: Eficiencia de Reducción | 37 |
| Tabla 16: Prueba de T- Student para comparación de medias entre T3 Y T4..... | 38 |
| Tabla 17: Cd en el suelo-Tratamientos con asociación de <i>Amaranthus</i> y Micorrizas..... | 39 |
| Tabla 18: Eficiencia de la asociación de <i>Amaranthus Hybridus</i> y Micorrizas..... | 39 |
| Tabla 19: Prueba de T- Student para comparación de medias entre la asociación de <i>Amaranthus Hybridus</i> y Micorrizas..... | 40 |
| Tabla 20: Eficiencia de <i>Amaranthus Hybridus</i> y Micorrizas Arbusculares..... | 41 |
| Tabla 21: Prueba de T- Student para análisis de medias, T1 y T3..... | 42 |
| Tabla 22: Prueba de T- Student para análisis de medias, T1 y T4..... | 43 |
| Tabla 23: Prueba de T- Student para análisis de medias, T2 y T3..... | 44 |
| Tabla 24: Prueba de T- Student para análisis de medias, T2 y T4..... | 45 |
| Tabla 25: Prueba de T- Student para análisis de medias. T3 y T4..... | 46 |
| Tabla 26: Prueba de normalidad | 47 |

INDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico N° 1: Eficiencia entre <i>Amaranthus Hybridus</i> y micorrizas..... | 41 |
| Gráfico N° 2: Promedio de Cadmio en el suelo..... | 48 |

RESUMEN

En la presente investigación se realizó la evaluación de la eficiencia del uso de la metalofita *Amaranthus Hybridus* y micorrizas arbusculares con el objetivo de determinar la eficiencia de las especies, para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, en la cual existen sembríos de cacao. Según los reportes de análisis inicial, se encontró concentraciones de 1.48 mg/Kg de Cd. Para el desarrollo de la investigación se instaló 30 parcelas de 1m² in situ, en las cuales se emplearon 6 tratamientos con 5 repeticiones cada uno; los tratamientos 1 y 2 con micorrizas arbusculares en dosis de 2,5 y 5 gramos/m²; tratamiento 3 y 4 con *Amaranthus Hybridus*, con 16 plantas y 8 plantas/m² respectivamente, tratamiento 5 consistió en 16 plantas y 2,5 gramos de micorrizas /m²; y el tratamiento 6 con 8 plantas y 5 gramos de micorrizas/m². Se sembró directamente la planta y también se inocularon las micorrizas en las parcelas, monitoreando mensualmente el desarrollo de *Amaranthus Hybridus* (altura y número de hojas); al final del experimento (3 meses), se realizó el análisis de Cadmio en el suelo, llevándose las muestras al Laboratorio de la UNALM con la finalidad de determinar el Cadmio, mediante el método de Espectroscopia de Absorción Atómica. El desarrollo de *Amaranthus Hybridus*, en los T3, T4, T5 y T6 fue similares, encontrándose de 12 a 13 hojas/planta y en altura de la planta de 9 a 11 cm. En cuanto al Cadmio en el suelo, se encontró que los tratamientos 3 y 4 (16 y 8 plantas/m² respectivamente), tienen un efecto significativo en la reducción de Cadmio, con eficiencia del 65% y 55% respectivamente; por otro lado, el T6 (8 plantas/m² de *Amaranthus Hybridus* y 5 gramos/m² de micorrizas) mostró eficiencia del 54% al reducir el Cadmio en el suelo. Se concluye que el *Amaranthus Hybridus* es más eficiente que las micorrizas arbusculares para la reducción de Cadmio.

Palabras Clave: *Amaranthus Hybridus*, Micorrizas Arbusculares.

ABSTRACT

In the present investigation the evaluation of the efficiency of the use of the plant species *Amaranthus Hybridus* and arbuscular mycorrhizae was carried out with the objective of determining the efficiency of the species, for the reduction of Cadmium in contaminated soils in the Huánuco Region, in which cocoa plantations. According to the initial analysis reports, concentrations of 1.48 mg/kg of Cd were found. For the development of this research work, 30 plots of 1m² were installed in situ, in which 6 treatments with 5 repetitions each were used. ; treatments 1 and 2 with arbuscular mycorrhizas in doses of 2.5 and 5 grams/ m² ; treatment 3 and 4 with *Amaranthus Hybridus*, with 16 plants and 8 plants/ m² respectively, treatment 5 consisted of 16 plants and 2.5 grams of mycorrhizae/ m² ; and treatment 6 with 8 plants and 5 grams of mycorrhizae / m² . The plant was planted directly and also inoculated into the mycorrhizae in the plots, monthly monitoring the development of *Amaranthus Hybridus* (height and number of leaves); At the end of the process (3 months), the analysis of Cadmium in the soil was carried out, taking the samples to the UNALM Laboratory in order to determine the Cadmium, by means of the Atomic Absorption Spectroscopy method. The development of *Amaranthus Hybridus*, in T3, T4, T5 and T6 was similar, being from 12 to 13 leaves / plant and in height of the plant from 9 to 11 cm. As for Cadmium in the soil, it was found that treatments 3 and 4 (16 and 8 plants/m² respectively), have a significant effect in the reduction of cadmium, with efficiency of 65% and 55% respectively; On the other hand, T6 (8 plants/m² of *Amaranthus Hybridus* and 5 grams/ m² of mycorrhizae) was found to be 54% efficient at reducing Cadmium in the soil. It is concluded that the *Amaranthus Hybridus* is more efficient than the arbuscular mycorrhizae for the reduction of Cadmium.

Keywords: *Amaranthus Hybridus*, arbuscular mycorrhizae.

INTRODUCCIÓN

El suelo es el recurso natural del cual provienen los principales productos alimentarios para todos los seres vivos. De manera natural el suelo tiene características o propiedades como su origen (tipo de roca madre), el pH, contenido de humedad, Materia Orgánica, entre otros; los cuales, muchas veces son factores que permite la absorción, adsorción u acumulación de agentes contaminantes que se encuentran en el suelo o que es producto de actividades antrópicas.

La contaminación de suelos por metales pesados ocasiona toxicidad y posterior mortandad a las plantas. Al ser absorbidas por las raíces, éstas son transportadas hasta los frutos. Este caso sucede en la Provincia de Huánuco, Región de Leoncio Prado, distrito de Pucayacu, en el fundo San Juan, donde se benefician alrededor de 5000 familias productoras, que siembran 645 hectáreas de cacao. Estos suelos tienen contenidos de 1,48 mg/Kg de Cadmio los cuales superan los estándares permitidos para suelos agrícolas. En el año 2015 en Huánuco la producción fue 5292 toneladas de cacao en grano (MINAGRI-DGSEP-DE, 2016).

Debido a ello, es necesario realizar investigaciones que brinden soluciones amigables con el medio ambiente y sean de fácil acceso para los cacaoteros. Es por ello, que esta investigación tiene como objetivo principal reducir concentraciones de cadmio a través de especies naturales que tienen desarrolladas las capacidades de adaptarse en suelos ácidos y extraer a través de sus raíces los metales pesados (Cd).

En este estudio de investigación se utilizará la especie natural *Amaranthus Hybridus* y los Hongos de Micorrizas Arbusculares, estas últimas son nativas de la zona de estudio y se inocularán con la finalidad de brindar los nutrientes a la metalofita para tener mayor tolerancia al suelo contaminado.

1.1 Realidad problemática

El Perú, se caracteriza por tener suelos con capacidad de producción agrícola (5,5 millones de hectáreas) y suelos forestales incluyendo bosques naturales (78.8 millones de hectáreas que ocupan el 56% del territorio), en estos últimos suelos los metales en su mayoría están presentes, ya que los pH de esos suelos son muy bajos; afectando directamente al desarrollo de las raíces de la planta. (Tadeo y Gómez-Cadenas, 2008).

La agricultura en el Perú presenta un crecimiento económico y social, por lo que existe alrededor de 2.3 millones de hogares en la que tienen como principal fuente económica la agricultura (Zegarra y Tuesta, 2009). Estas familias representan el 34% de los hogares peruanos (MINAG, 2010).

El cadmio tiene diferentes formas en el que se puede encontrar una de ellas es disuelta en agua, en las superficies o como parte de minerales. Es por ello, que la biodisponibilidad del metal para la planta está ligada a componentes físicos, químicos, y biológicos de los cuales depende su solubilidad y el estado en el suelo, Entre ellos, tenemos el pH, la temperatura, el potencial redox, materia orgánica, y agua (Christensen y Haung 1999).

A nivel mundial, existe gran preocupación en la cadena de comercio del cacao, debido a la presencia de Cadmio en las semillas del Cacao y en su transmisión directa al chocolate de consumo humano. (KADOW, Daniel. 2015). Siendo el Cadmio uno de los contaminantes más tóxicos, debido a su capacidad de acumulación, a su toxicidad, permanencia y fácil movilización a través del agua y aire.

La Unión Europea comunicó al Comité de Medidas Sanitarias y Fitosanitarias de la Organización Mundial del Comercio que a partir del 1 de enero del 2019, exigirá una nueva normativa, en la cual se establecen niveles máximos de cadmio para el chocolate, la cual varía entre 0,1 mg/kg - 0.80 mg/kg peso fresco de este metal. (Ramos, E. 2016). Por ello, el país es uno de los países incluidos en esta problemática, en la que alrededor de 90 mil familias productoras se encuentran afectados directamente, siendo la exportación de este producto fuente principal de sustento económico.

Por ello, esta problemática ambiental, toma importancia investigar, estudiarlo y buscar alternativas de solución sostenible, para disminuir las posibilidades de absorción del Cadmio, por temas de biodiversidad ya que el Perú posee más del 50% de todas las variedades de Cacao del mundo.

1.2 Trabajos Previos

PELÁEZ, Manuel, BUSTAMANTE, John y GÓMEZ, Eyder. Colombia (2015), en su investigación "Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de *Brachiaria*", tuvieron como objetivo comprobar la presencia de estos metales y de qué manera estos se acumulan en tejidos vegetales de las pasturas como *Brachiaria* las cuales se adaptan a suelos metalíferos. Realizaron un inventario de pasturas a 100, 500, 2500 y 5000 metros al foco emisor contaminante y muestrearon en zonas próximas a la refinería, los resultados de esta investigación indican que existe 1.25 mg/kg de Cd en el suelo, de los cuales 0.20 mg/kg se acumulan en los tejidos vegetales de la familia Poaceae y de sus géneros de *Brachiaria*, principalmente en la zona de extracción y de testigo donde fue realizado el estudio.

MORENO *et al* (2015), en Durango, en su investigación Titulada Tópicos selectos de Sustentabilidad, estudió algunas especies vegetales para la fitoextracción de Cadmio en zonas áridas, entre las cuales está el quelite (*Amaranthus Hybridus*), el suelo contenía 5 mg/kg de cadmio, los resultados obtenidos mediante el análisis de varianza a través del diseño experimental de bloques al azar, confirman que la edad de la planta cumple una de las principales funciones en la fitoextracción del metal pesado, a los 160 días siendo el mayor tiempo la especie redujo 2.15 mg/kg del metal, los cuales fueron acumulados en diferentes tejidos de la planta; raíz, tallo y hojas de quelite.

COVARRUBIAS, Sergio y PEÑA, Juan (2016) en México, evaluaron que especies vegetales son las que acumulan metales a través de la inoculación de microorganismos del suelo, entre ellas consideró al *Amaranthus Hybridus*. Las cuales mostraron que estas especies son capaces de establecer mutualistas, los cuales contribuyen a mejorar la capacidad de fitorremediación, a través de los tiempos del tratamiento.

ORTIZ CANO, H. [et al]. (2009) en México en el estudio Fitoextracción de Plomo y Cadmio en Suelos Contaminados usando Quelite (*Amaranthus Hybridus L*), evaluó la capacidad extractora del quelite al adicionar Micorrizas Arbusculares en suelos contaminados con Plomo y Cadmio. Se realizó mediante dos experimentos cada uno con cuatro repeticiones; en el primero; micorrizas (0, 25 y 5,0 g/kg) en suelo de 300 mg/kg de Pb y en el siguiente las mismas concentraciones de micorrizas, pero en suelos con 15 mg/kg de Cd. Evaluó a 65, 95 y 125 días después de la siembra de la planta, mediante un espectrofotómetro de absorción atómica. Según los resultados obtenidos, cuando se incrementa la cantidad de micorrizas y la edad de la planta, tiene un efecto más significativo en los suelos; los resultados fueron más significativos con 5 g de micorrizas, obteniendo un 50% de eficiencia en suelos con Pb y 55% en suelos con C. Las concentraciones de extracción fueron en raíces, tallos y hojas de quelite.

Según HUAMANÍ, Hugo y HUAUYA, Miguel (2014), la investigación fue realizada en Ucayali y Huánuco, en la cual evaluó la presencia del cadmio y plomo que se encuentra en el suelo, según la densidad y diversidad de macrofauna en el cultivo del cacao bajo manejo orgánico. La evaluación del suelo fue realizada a través de monolitos de suelo de 25x25x20 cm, en el cual se encontraron contenidos de cadmio (0,53ppm) y plomo (3,02 ppm), concluyendo que la densidad de Isóptera presentó correlación significativa positiva con el contenido de Cadmio disponible del suelo.

A continuación, GONZÁLEZ CHÁVEZ, Ma. Del Carmen [et al] en el 2004, realizó un estudio para analizar los cambios morfológicos y fisiológicos en las Micorrizas Arbusculares, durante un año, en un suelo contaminado con As y Cu. Con el método de propagación, en la que analizó el crecimiento, la densidad de la pared y el contenido de quitina, además la facilidad que tienen las esporas de una micorriza para capturar Cu, en que demostró que los cambios físicos y morfológicos son significativos en sus esporas, al permanecer en lugares con concentraciones de As y Cd.

HUAMANÍ, Hugo y HUAUYA, Miguel [et al] (2012), en su artículo Presencia de metales pesados en cultivos de cacao (*Theobroma cacao L.*) orgánico, realizado en la Universidad Nacional Agraria de la Selva, evaluó las propiedades químicas y físicas en el suelo y en las hojas del cacao. Las muestras fueron tomadas en 22 parcelas (17 en Huánuco y 5 en Ucayali). El análisis fue de correlación de Pearson. Los suelos presentan las condiciones químicas y físicas para la producción de cacao, el tejido foliar presenta deficiencias de N, P, K, Mg y Zn; además las concentraciones promedio de cadmio y plomo en los suelos fueron de 0.53 y 3.02 ppm y en las hojas 0,21 y 0,58 ppm.

GUERRERO, Karina (2015), en México evaluó la presencia de cadmio y plomo en el suelo, en un invernadero en el que analizó la capacidad de extracción de Cadmio y Plomo del quelite *Amaranthus Hybridrus* con ayuda de 5 agentes quelantes, utilizó la técnica de digestión vía húmeda, en este estudio determinó que la máxima eficiencia del vegetal es asociado al quelato EDTA, y que además la presencia de Cd y Pb disminuyen la posibilidad de producción de cacao.

1.3 Teorías relacionadas al tema

1.3.1 Cadmio

Es un metal pesado que pertenece al grupo IIB de la tabla periódica, con un peso atómico de 112.41; con forma iónica de Cd^{2+} . Este metal se encuentra en el suelo introducido por el uso de agroquímicos, contacto con aguas residuales, riego con agua contaminada con este metal o por la deposición de partículas que provienen de procesos industriales y es tóxico a concentraciones bajas. Además, Los fertilizantes fosfatados pueden contener altos niveles de cadmio dependiendo de la fuente de roca fosfato. (Bonomelli, 2003).

La movilización de los metales pesados es muy baja, por lo cual suelen acumularse en los primeros centímetros del suelo y la disponibilidad de este metal se realiza

dependiendo del pH, el contenido de materia orgánica en el suelo y el tiempo en que viene siendo aplicado fertilizantes fosforados. (Duran, 2010).

La presencia de cadmio en el suelo tiene como indicador bajos contenidos de zinc, Sánchez (2016), menciona que el Cadmio es más móvil en ambientes ácidos. Además, que al ser uno de los metales más tóxicos, es causante de una de las enfermedades que afectó a los habitantes en particular a mujeres mayores de 50 años, en la cuenca del río Jinzu en la prefectura de Toyama (Japón), por el riego de los campos de arroz desde 1910 hasta 1960 con aguas contaminadas con metales pesados (cadmio). Esta enfermedad fue denominada *itai-itai*, causante de dolores en las articulaciones, osteomalacia y deterioro de la función renal.

Para que un metal pueda ser extraído este debe estar biodisponible en el suelo; es decir, disponible para la absorción por las plantas, lo cual depende de la solubilidad y movilidad en el suelo. Asimismo, los metales que se encuentran en solución, como iones de metal libre y complejos metálicos solubles y los que son adsorbidos por intercambio de los constituyentes inorgánicos del suelo, están disponibles para ser extraídos.

1.3.2 Cadmio en suelos

El cadmio en el suelo tiende a permanecer en las capas superficiales donde está disponible para las plantas. Se puede eliminar por erosión o por lixiviación de suelos ácidos arenosos muy ligeros.

El cadmio en el suelo se adhiere fácilmente a las partículas de arcilla ya la materia orgánica, haciéndola menos disponible para la absorción por las plantas. Los suelos arenosos con bajo contenido de arcilla y materia orgánica son probables de resultar en una mayor absorción.

El cadmio principalmente se encuentra concentrado en las raíces de almacenamiento y tubérculos, semillas o granos y frutas carnosas de las plantas. Las plantas absorben la mayor parte de su cadmio del suelo a través de sus raíces.

La disponibilidad de cadmio para las plantas disminuye a medida que aumenta el pH del suelo o los suelos se vuelven más alcalinos. El Cd también reduce la fijación de nitrógeno y la transferencia de la raíz al tallo. Las plantas que se encuentran en suelos contaminados con Cd, están más propicias a tener cambios en la apertura estomática, transpiración y fotosíntesis. (Sandalio et al. 2001).

La biodisponibilidad del Cd en los suelos depende directamente de sus propiedades químicas, las condiciones ambientales, la actividad biológica y las características del suelo (DURÁN, 2010).

1.3.3 Suelo

Es la parte externa de la corteza terrestre la cual es soporte de seres bióticos y abióticos. Es un componente físico del planeta, materia compuesta por microorganismos, agua, tierra, materia orgánica e inorgánica. Todo ello se considera un recurso renovable, el cual necesita recibir un buen cuidado y manejo al momento de ser explotado.

Entre sus propiedades se tiene:

Textura: Proporción de las partículas del suelo, clasificadas según el tamaño de grano en: arenoso (2mm-0,02mm), limoso (0,02mm-0,002mm), y arcilla (<0,002mm). Es uno de los factores más importantes en la caracterización del suelo. (LA EDAFOSFERA, 2014).

Estructura: Es la organización natural de las partículas del suelo. Los espacios entre los agregados se llaman poros, por los cuales se transporta el aire y agua. (FAO, 2009).

pH: Expresa el grado de acidez o basicidad del horizonte del suelo. La forma más usual de diagnosticar el grado de pH se basa, en su rapidez y facilidad, en una suspensión suelo-agua (1:2,5). (PORTA [et al] 1994, p.225)

Materia Orgánica: Atiende si hay residuos orgánicos incorporados al suelo y si se encuentran transformados. La cantidad de materia orgánica se estima a partir del color y se verifica con un posterior análisis en laboratorio. (PORTA [et al] 1994, p.56)

Capacidad de Intercambio Catiónico: Expresa el número de moles de iones cargas positivas adsorbidas que pueden ser intercambiados por unidad de masa seca, mediante condiciones de temperatura, presión y composición de la fase líquida. Un mol de carga positiva equivale a $6,02 \times 10^{23}$ cargas de cationes adsorbidos. (PORTA [et al] 1994, p.211)

1.3.4 Suelos de la Amazonía

Los suelos en la Amazonía presentan una gran diversidad ecológica, los cuales son determinados por factores físicos como las climatológicas, litológicas, procesos geológicos, geomorfológicos, hidrológicos.

Las variaciones edáficas, son influenciadas por diferentes factores como el clima, material parental, topografía, edad de la superficie, los cuales actúan en conjunto. El clima influye en la formación del suelo, por lo que existen diferencias entre los suelos de la zona alta y baja.

Los suelos más jóvenes son los más fértiles, los que se encuentran en terrazas bajas de los principales ríos, y los suelos mayores son más ácidos y menos fértiles, encontrándose en terrazas altas y colinas.

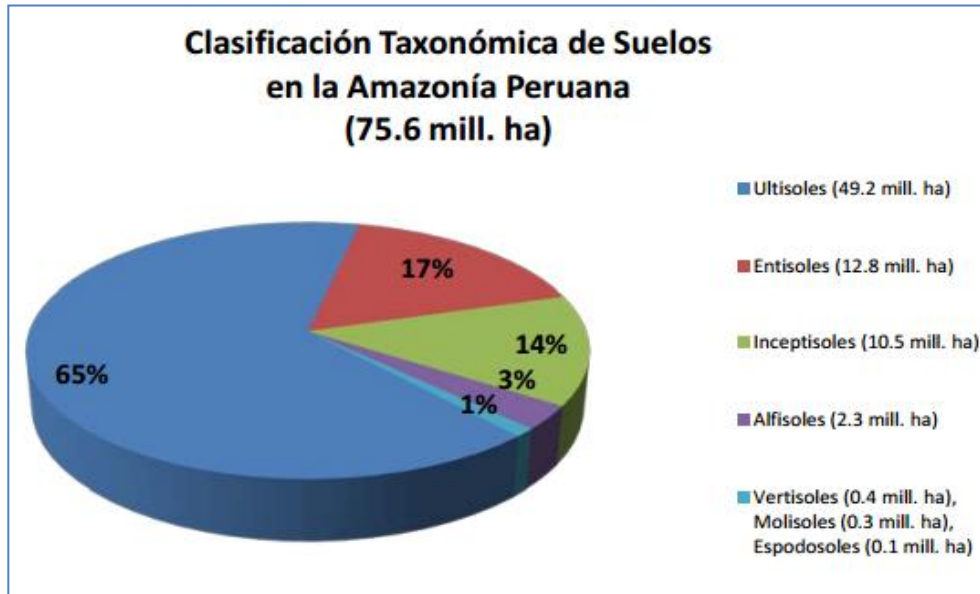


Figura N° 1: Clasificación de suelos en la Amazonía Peruana.

Fuente: IIAP1995. El recurso del Suelo en la Amazonía Peruana, Diagnóstico para su Investigación.

La selva peruana predomina los suelos ultisoles, caracterizados por ser ácidos y de baja fertilidad natural, con un buen drenaje y topografía plana a suavemente ondulada.

Según ONERN, 2010, ha determinado la existencia de 4,5 millones de hectáreas (6,5%) de suelos aptos para la agricultura en la Amazonía.

1.3.5 Dinámica de los metales pesados en el suelo

Según Durán (2010), Los metales pesados incorporados al suelo pueden seguir las siguientes vías:

- Quedar retenidos en el suelo, disueltos en la solución o fijados por adsorción.
- Absorbidas por las plantas e incorporadas a las cadenas tróficas.
- Pasar a la atmósfera por volatización.
- Movilizarse a las aguas superficiales o subterráneas. (Figura N°2)

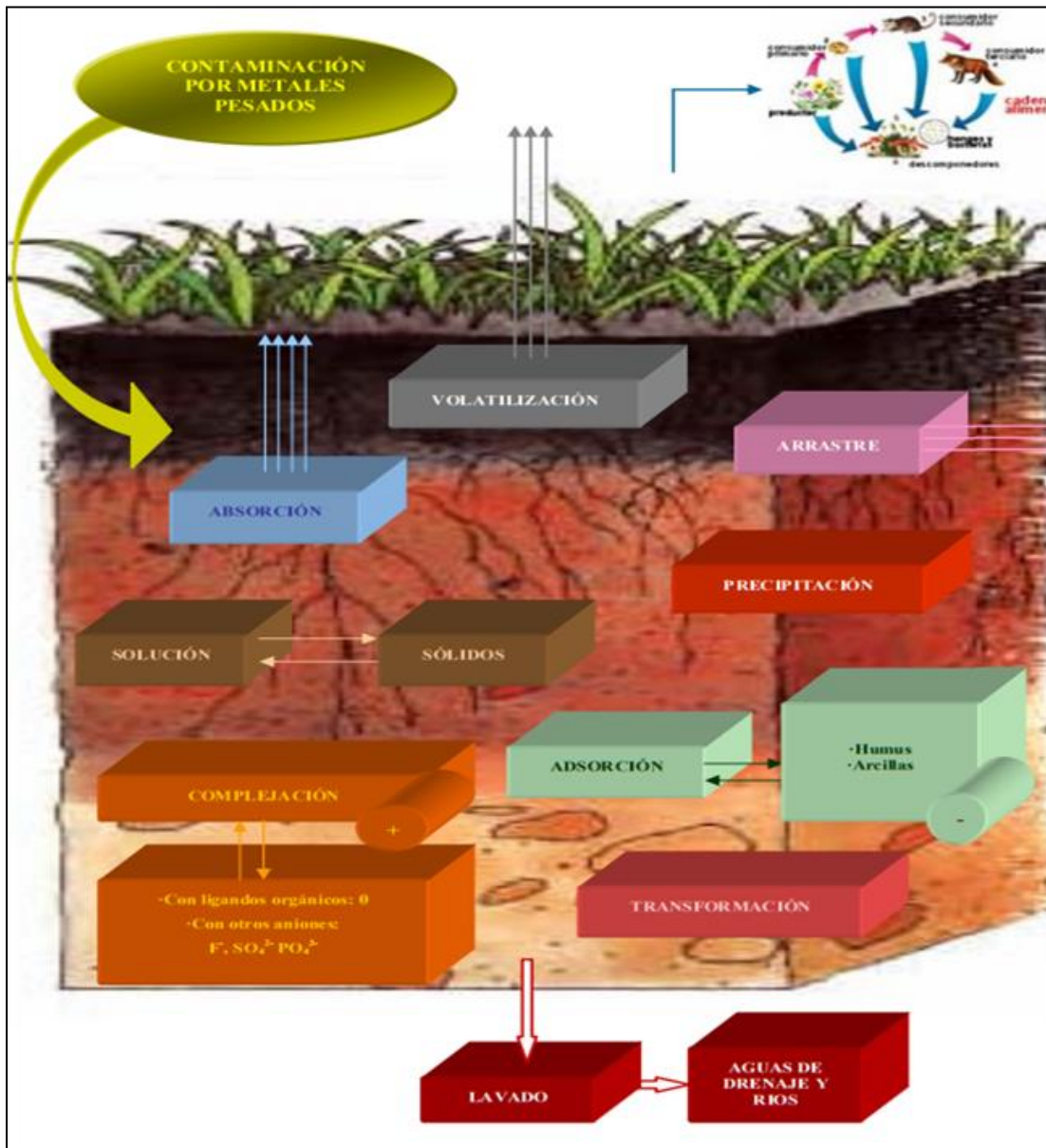


Figura N° 2: Dinámica de los metales pesados en el suelo.

Fuente: DURAN, 2010.

1.3.6 Quelite (*Amaranthus Hybridus*)

Taxonomía de la Planta:

| | |
|---------------------------|-------------------------------|
| Nombre común: | Quelite |
| Nombre científico: | <i>Amaranthus Hybridus</i> L. |
| Familia: | Amaranthaceae |
| Género: | Amaranto |



Es una especie de amaranto, con aspecto áspero o espinoso, son erectos, se encuentran con variaciones en el color del tallo, hojas y flores, siendo lo más común el marrón o color carmesí en las tres partes de la planta. Se adaptan a una variedad de tipos de suelo, incluyendo suelos con menos del 5% de materia orgánica

Cuando se encuentran en floración, se encuentran de color carmesí profundo. La altura de la planta varía entre 0,3 y 2 metros, dependiendo de los factores ambientales en los que se desarrolla. (Figura N°3)

Tallos: tallos duros similares a los girasoles, cuando está en etapa madura 1.5 m a 2.1 metros.

Figura N° 3: Planta de *Amaranthus Hybridus*

Fuente: Agriculture, forestry & fisheries, 2010

Hojas: Son de tamaño variable, de color purpura o verde, de hojas anchas, y dependiendo de las especies varían en los bordes, ya sea enteros o marcas distintas. (Figura N°4).

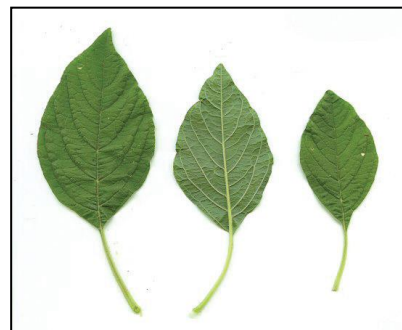


Figura N° 4: Hojas de *Amaranthus Hybridus*.

Fuente: Agriculture, forestry & fisheries, 2010.



Flores: son de color verde, se originan en racimos densos, alargados, y se encuentran en las puntas de las ramas. (Figura N°5)

Semillas: son de color negro brillante, por grano hay hasta 3000 semillas.

Figura N° 5: Flores de *Amaranthus Hybridus*
Fuente: Agriculture, forestry & fisheries, 2010.

Es una especie tolerante a suelos áridos, las semillas necesitan temperaturas entre 18 °C y 25 °C, menores a 18 °C la planta deja de crecer. Las heladas cumplen un papel importante, ya que es un cultivo anual que no madura en su totalidad. Las plantas ya maduras pueden tolerar temperaturas de hasta 40°C. (JERONIMO, 2017). Puede soportar condiciones secas, tienen la habilidad para marchitarse temporalmente y luego volver a crecer luego que ocurra la precipitación. El cultivo tiene baja capacidad para el consumo de agua, y la exposición a una sequía severa produce la floración temprana y detiene el crecimiento de las hojas (Dirección de Plantas de Producción, 2010).

El *Amaranthus Hybridus* es una planta que se adapta a suelos con altas concentraciones de nitrógeno, frescos y muy removidos. Cuenta con tallo pubescente en la parte superior. Lorda (2013).

1.3.7 Micorrizas

Las micorrizas se definen como asociaciones entre las raíces de las plantas y diferentes grupos de hongos presentes en el suelo. (Figura N°6). Las micorrizas se utilizan como una estrategia para evitar la toxicidad del metal. Al asociarse con las raíces de las plantas, las hifas comienzan a crecer y se extienden entre las células

corticales de la raíz generando vesículas que acumularán sustancias de reservas y estructuras arbusculares. (Catril, 2010).

Las micorrizas generan un estímulo en la formación de nódulos fijadores de Nitrógeno, lo cual ayuda a la planta con un potencial en su crecimiento.

Los hongos que forman las micorrizas arbusculares, están asociadas entre hongos y las plantas, este proceso se trata de simbiosis casi universal, porque está en la mayoría de los hábitats naturales (Castro, 2009). Las más frecuentes son *Acaulospora mellea* y *Glomus Occultum*.

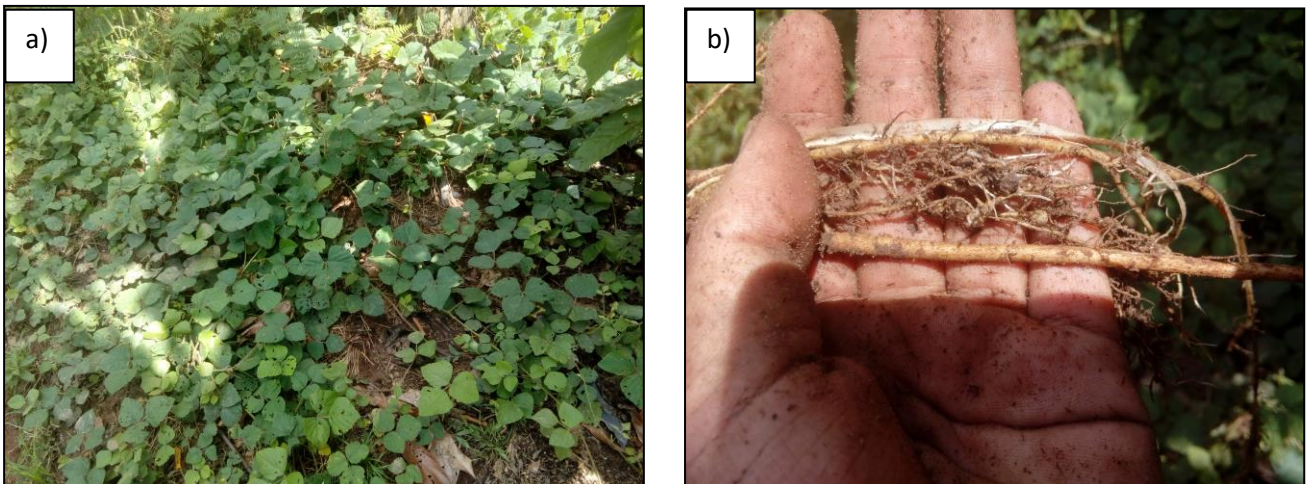


Figura N° 6: a) Hojas de Kudzu (*Pueraria Phaseoloides*) b) Micorrizas arbusculares.
Fuente: Elaboración Propia.

Los Hongos Micorrizicos Arbusculares son muy importantes por la simbiosis que realizan, pudiendo así mejorar la tolerancia a estreses bióticos y abióticos y obtener nutrientes para su desarrollo. Al asociarse con las plantas la fisiología cambia, el contacto de las raíces y el medio se incrementa. Las plantas micorrizadas se desarrollan en suelos infértiles, para poder aumentar la nutrición mineral a partir de las hifas, a partir de los pelos radiculares de las plantas, este incremento de mineral vegetal aumenta también la clorofila y por ende mejora la fotosíntesis. Asimismo, contribuyen con la absorción de fosforo. Los hongos mejoran la asimilación de los nutrientes y de agua en las plantas, porque facilita la evapotranspiración, y aumenta el crecimiento de las raíces. Por otro lado, la absorción del P brinda el crecimiento de las raíces y la fijación de N en las plantas.

1.3.8 Biorremediación de suelos

Se define como los sistemas en los cuales se emplean organismos vivos (plantas, hongos, bacterias, etc) con el objetivo de transformar o remover componentes muy tóxicos a otros de menor toxicidad (DELGADILLO, A. [et al], 2011).

Fitorecuperación: Son las tecnologías en la que se emplean especies vegetales para estabilizar o disminuir sustancias que causan daños en un determinado medio. (Tabla N°1).

Para evaluar la eficiencia y efectividad de este método, está basado en la biodisponibilidad de los metales pesados y de las características de las plantas, las cuales deben ser metalofitas, es decir, tolerantes a la presencia de metales.

Sin embargo, especies que toleran sustratos contaminados son un riesgo para la salud, debido que acumulan grandes cantidades de metales pesados en sus tejidos generando la entrada a la cadena trófica.

Tabla 1: Tecnologías de fitorecuperación

| TÉCNICA | MECANISMO | CONTAMINANTE | APLICACIÓN EN SUELOS CONTAMINADOS CON METALES |
|--------------------|--|-----------------------|---|
| Fitoextracción | Hiperacumulación | Inorgánico y orgánico | Si |
| Fitoestabilización | Quelación | Inorgánico y Orgánico | Si |
| Fitofiltración | Acumulación en la rizosfera | Orgánico e inorgánico | No |
| Fitovolatilización | Volatilización a través de las hojas | Orgánico e inorgánico | si |
| Fitodegradación | Degradación por raíces y microorganismos | Orgánico | No |

Fuente: PHYTOREMEDIATION: AN ALTERNATIVE TO ELIMINATE POLLUTION, 2011.

La fitoextracción: Las plantas acumuladoras son las adecuadas para usar en esta técnica, debido a que acumulan los metales en su parte aérea, presentando un rápido desarrollo de la biomasa vegetal. (Figura N°7). Este método permite la eliminación de contaminantes. Asimismo, podemos mejorar la eficiencia mediante el uso de enmiendas que acidifiquen el suelo, permitiendo la disponibilidad y la movilidad, con la inoculación de bacterias que ayudan a las plantas a crecer. (Seshadri et al., 2015).

Fitoestabilización: Se utilizan microorganismos y plantas las cuales son asociados para inmovilizar a los contaminantes, esto se puede realizar a través de la absorción y acumulación en las raíces, como se muestra en la Figura N°7. Es importante emplear especies vegetales que sean originales de la zona, ya que son más tolerantes a condiciones extremas como sequías, salinidad y temperatura del área y tienen la capacidad para autopropagarse y tener una vida relativamente larga (LÁSZLÓ, S. [et al] 2006).

Este método requiere del monitoreo a largo plazo de los contaminantes ya que estos no se eliminan, sino que se encuentran estabilizados en el suelo.

La fitovolatilización: Esta técnica se utiliza en suelos contaminados con contaminantes orgánicos y elementos como el Hg y Se. Consiste en la incorporación de contaminantes del suelo por las plantas, para luego transformarse en compuestos volátiles y posterior liberación a la atmósfera (Ali et al., 2013). Este método es disputado, debido a que no elimina los contaminantes, sino solo transfieren desde un sector (suelo) a otro (atmósfera) generando riesgo para los seres vivos.

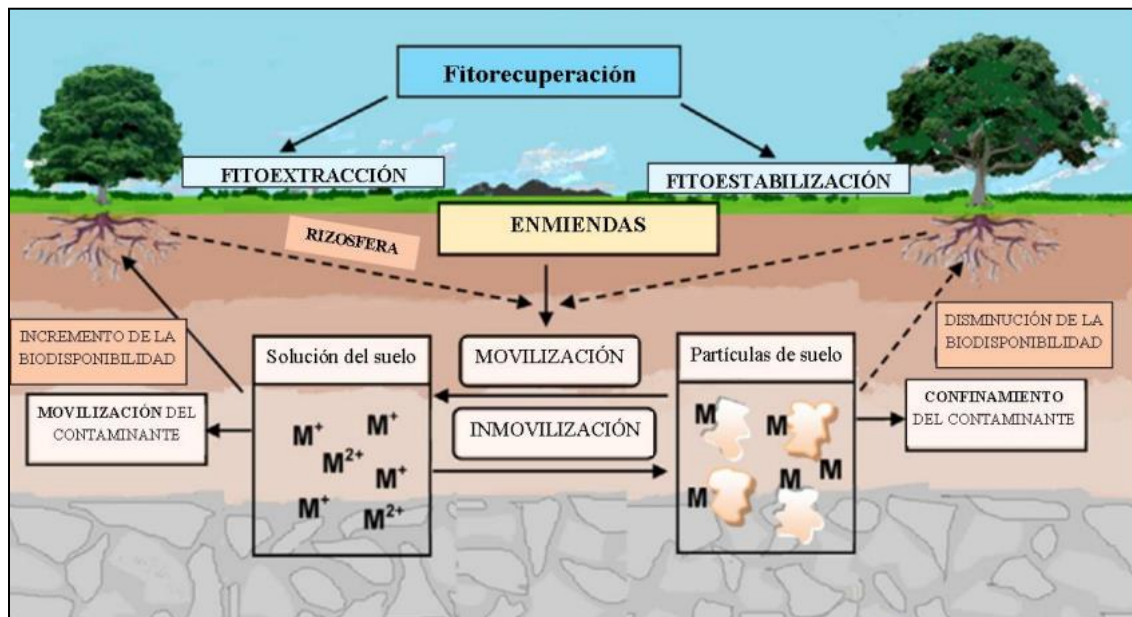


Figura N° 7: Fitoestabilización vs Fitoextracción: relación entre la (in)movilización y la disponibilidad de los elementos traza.

Fuente: PLANT SOIL ENVIRON, 2006.

1.4 Formulación del problema

1.4.1 Problema General

¿Cuánto será la eficiencia del *Amaranthus Hybridrus* y de las Micorrizas Arbusculares para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017?

1.4.2 Problemas específicos

¿Cuánto será la eficiencia de las Micorrizas Arbusculares para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017?

¿Cuánto será la eficiencia del *Amaranthus Hybridrus* para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017?

¿Cuánto será la eficiencia del *Amaranthus Hybridrus* asociada a Micorrizas Arbusculares para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017?

1.5 Justificación del estudio

Esta investigación está enfocada en resolver uno de los problemas actuales en nuestro País, el cual se centra en disminuir las concentraciones de cadmio en los suelos productivos de cacao, usando una planta metalofita y micorrizas.

Según la Organización Internacional del Cacao (ICCO) indicó que el Perú es uno de los países que tiene una gran producción y exportación de un producto muy de calidad y de aroma, contribuyendo al 36% de la producción mundial de este tipo.

El Perú es el quinto país productor de Latinoamérica con un nivel de 85 000 toneladas métricas, distribuidas en 16 regiones del Perú, lo cual beneficia alrededor de 90 mil familias cacaoteras, quienes en el 2014 exportaron 81 300 toneladas de cacao (US\$ 234 millones), principalmente a Estados Unidos y la Unión Europea; en el 2015 la exportación se incrementó en 32 millones de dólares, confirmado así que es un producto de crecimiento potencial. En el Perú, el cacao fue denominado en el 2013 uno de los productos bandera del Perú, debido a su originalidad, alta calidad a nivel mundial, y cantidad de exportación internacional. Gestión (2015). Por otro lado, este crecimiento y esta denominación se ven amenazado ante la exigencia de la Unión Europea, que, a partir del 1 de enero del 2019, exigirá nuevos Niveles Máximos de Cd para el chocolate que será entre 0.10 mg/kg y 0.80 mg/kg.

Por ello, es importante realizar estudios para brindar soluciones y disminuir las concentraciones de cadmio en la producción de cacao, para apoyar a los cacaoteros del Perú.

En regiones como Huánuco y Ucayali se han reportado presencia de cadmio en el suelo y hojas de cacao; es por ello, la importancia de encontrar soluciones a este problema que involucra al 28,28 % de la población total del Perú, según INEI - Estimaciones y Proyecciones de Población, 1950 – 2050.

Esta investigación, dará a conocer una solución viable, desde lo económico, ya que la metalofita y las micorrizas provienen de la misma zona; no tendrán impactos ambientales negativos, ya que los usados serán naturales y no generarán residuos; finalmente será de fácil acceso para las familias cacaoteros, ellos podrán incluir una técnica simple de asocio de plantas y micorrizas con el cacao.

1.6 Hipótesis

1.6.1 Hipótesis General

H₀: El *Amaranthus Hybridus* es más eficiente que la micorriza en la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

H₁: El *Amaranthus Hybridus* no es más eficiente que la micorriza en la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

1.6.2 Hipótesis Específicas

H₀: Las Micorrizas Arbusculares son eficientes para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

H₁: Las Micorrizas Arbusculares no son eficientes para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

H₀: El *Amaranthus Hybridus* es eficiente para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

H₁: El *Amaranthus Hybridus* no es eficiente para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

H₀: La asociación de *Amaranthus Hybridus* a Micorrizas Arbusculares son eficientes para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

H₁: La asociación de *Amaranthus Hybridus* a Micorrizas Arbusculares no son eficientes para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

1.7 Objetivo de la investigación

1.7.1 Objetivo General

Determinar la eficiencia del *Amaranthus Hybridus* y las Micorrizas Arbusculares para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

1.7.2 Objetivos específicos

Determinar la eficiencia de las Micorrizas Arbusculares para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

Determinar la eficiencia del *Amaranthus Hybridus* para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

Determinar la eficiencia del *Amaranthus Hybridus* asociada a Micorrizas Arbusculares para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.

1.8 Marco Legal

1.8.1 Normativa Nacional

La presente investigación fue realizada a partir de la Normativa Ambiental Vigente, en el Reglamento de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. En la Tabla N°2, se muestra los parámetros Inorgánicos para la calidad del suelo; la zona de estudio es considerada suelo Agrícola, por ello, se establece que las concentraciones de Cadmio Total en el suelo Agrícola deben ser menor a 1,4 ppm.

Tabla 2: Cadmio en suelos.

| Parámetros | Uso del suelo | | |
|-------------------------|----------------|---------------------------|--|
| | Suelo Agrícola | Suelo Residencial/Parques | Suelo Comercial/Industrial/Extractivos |
| Inorgánicos | | | |
| Cadmio total (mg/kg MS) | 1.4 | 10 | 22 |

Fuente: D.S N° 002-2013-MINAM. ECA para suelo.

1.8.2 Normativa Internacional

En la Tabla N° 3, se muestran los Niveles Máximos de Cadmio (mg/Kg) para la producción de Chocolate y derivados del cacao, establecidos en la Novena Reunión programa conjunto por la FAO y la OMS.

Tabla 3: Niveles Máximos para el Cd en el chocolate y productos derivados del cacao.

| PRODUCTOS | NIVEL MÁXIMO DE CADMIO mg/Kg |
|--|-------------------------------------|
| Chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao <30%. | 0.20 |
| Chocolate con contenido de materia seca total de cacao <50%, chocolate con leche con un contenido de materia seca total de cacao <30% | 0.60 |
| Chocolate con un contenido de materia seca total de cacao > o = 50%. | 2.0 |
| Cacao en polvo vendido al consumidor final o como ingrediente en cacao en polvo edulcorado vendido al consumidor final (Chocolate para beber). | 1.5 |

Fuente: FAO/WHO CODEX CÓMITE DEL CODEX SOBRE CONTMAINANTES de alimentos Novena Reunión, Nueva Delhi, India, 16-20 de Marzo de 2016.

II. MÉTODO

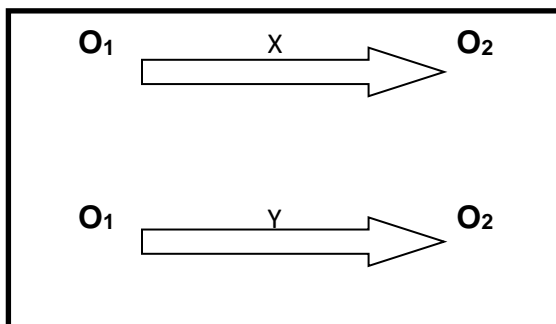
2.1 Diseño de Investigación

2.1.1 Tipo

El estudio de investigación se considera Aplicada, ya que depende de la información obtenida de la investigación básica, la cual está basada en la aplicación de prácticas a partir del conocimiento que tenemos. (Zorrilla, 1993).

2.1.2 Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es experimental. En este estudio se manipulan las variables independientes para analizar las variaciones que tiene. Se modificarán las cantidades de *Amaranthus Hybridrus* y Micorrizas Arbusculares las cuales se añadirán en el suelo, para la reducción de cadmio.



Dónde:

O₁: Suelo Inicial.

O₂: Suelo Final.

X: Tratamiento con planta.

Y: Tratamiento con Micorriza.

2.1.3 Variables, Operacionalización

Tabla 4: Variables, Operacionalización.

| Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala de Medición |
|--|---|---|---|--|-----------------------|
| Independiente: <i>Amaranthus Hybridus</i> | <i>Amaranthus Hybridus</i> , es una especie metalofita que tiene mecanismos biológicos para sobrevivir en suelos con presencia de minerales. Tienen la capacidad de tolerar condiciones fitotóxicas, acumular los metales principalmente en las raíces. (República de Sudáfrica, 2010). | Se identificó el suelo, en el cual se instaló parcelas de 1X1 metros en la cual se sembró el <i>Amaranthus Hybridus</i> . Se usó dos densidades de siembra 16 y 8 plantas/m ² . Se realizó 5 repeticiones de cada densidad de siembra. Posterior a los 3 meses se tomó la muestra del suelo para su análisis de laboratorio, para determinar el contenido de Cd final. | Desarrollo del <i>Amaranthus Hybridus</i> | Plantas por metro cuadrado (N°/m ²) | Cuantitativa Discreta |
| | | | | Altura de planta (cm) | Cuantitativa Continua |
| | | | | Numero de hojas (N°) | Cuantitativa Discreta |
| Independiente: Micorrizas Arbusculares | Las micorrizas son los hongos de raíces, que están asociadas entre las raíces de las plantas y el hongo del suelo. Al asociarse incrementan la tolerancia a suelos con estrés hídrico, presencia de metales pesados, salinidad, entre otros. (SÁNCHEZ, 2010) | Se siguieron los procesos de la primera variable y se inoculó las Micorriza Arbusculares, utilizando dos densidades de 2.5 y 5 g/m ² . Se realizarán 5 repeticiones de cada inoculación. Posterior a los 3 meses, se cosechará la planta. Se tomará la muestra del suelo para su análisis de laboratorio, para determinar el contenido de Cd, mediante el método de espectroscopia | Desarrollo de la micorriza | Cantidad de micorrizas por metro cuadrado (N°/m ²) | Cuantitativa Discreta |
| | | | | Número de nódulos | Cuantitativa Discreta |
| Dependiente: Reducción de Cadmio en suelos Contaminado | Metal pesado que se encuentra en el suelo en concentraciones superiores a lo establecido según la normativa ambiental. | La disminución de Cadmio en los suelos se realizará a través de la asociación de la metalofita y las micorrizas a partir de sus raíces. Las micorrizas al penetrar en la raíz de la planta, ayudan a formar vesículas que acumularán sustancias de reserva, brindándole nutrientes. Todo esto ayudará a la metalofita a ser más tolerante a condiciones. Se medirá la eficiencia de los tratamientos en la reducción de cadmio. | Eficiencia de remoción (%) | Concentración de Cd en el suelo antes y después (mg/kg) | Cuantitativa Continua |

Fuente: Elaboración propia, 2017

2.1.4 Población, Muestra, Muestreo y Unidad de análisis

2.1.5 Población

El objeto de estudio de esta investigación comprende 2 hectáreas productivas de Cacao con presencia de Cadmio, ubicadas en la Región de Huánuco, Provincia de Leoncio Prado, Distrito de Pucayacu, Fundo San Juan.

2.1.6 Muestra

Para seleccionar la muestra se utiliza un muestreo no probalístico, según NARESH K. MALHOTRA, 2008; este estudio no se basa en el azar, sino en el juicio del investigador para seleccionar a los elementos de la muestra. En esta investigación la muestra comprende 30 m² de suelos con Cadmio en las plantaciones de cacao de 2 años.

Esta técnica tiene las siguientes características:

El investigador decide los elementos que incluirá en la muestra, según conveniencia.

Pueden tener buenas estimaciones de las características de la población, pero no permite evaluar con precisión los resultados de la muestra.

No es posible realizar una extrapolación estadística de las estimaciones obtenidas de la población.

2.1.7 Muestreo

Para el desarrollo de esta investigación se aplicó el tipo de Muestreo no Probalístico, ya que se realizarán muestreos guiados por datos empíricos brindados por los productores de la zona.

Se muestreó luego de 3 meses de instaladas las parcelas 1x1 metros, en la parte central de las cuadrículas de cada tratamiento y sus repeticiones para su posterior análisis de laboratorio.

2.3.4 Unidad de análisis

Las unidades de análisis son los elementos en los cuales se basa en la obtención de información, lo cual se define a través de claros criterios, es decir, elegir con precisión a quienes se va a aplicar la muestra, para tener información.

En esta investigación la unidad de análisis son los suelos con contenidos de cadmio. Los tratamientos a emplearse son:

Tabla 5: Tratamientos aplicados en campo.

| Tratamientos | Cantidad de planta | Cantidad de micorriza |
|----------------------|---------------------------|------------------------------|
| T₁ | - | 2.5 |
| T₂ | - | 5 |
| T₃ | 16 | - |
| T₄ | 8 | - |
| T₅ | 16 | 2.5 |
| T₆ | 8 | 5 |

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la tabla 5, se observa los tratamientos que se aplicó, empleando en total 240 plantas de *Amaranthus Hybridus* y 75 gramos de micorrizas arbusculares.

DISEÑO DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN:

La investigación se realizó en la Región de Huánuco, Provincia de Leoncio Prado, Distrito de Pucayacu, en el Fundo San Juan, con las siguientes coordenadas:

X: 377732

Y: 9033689

La zona de estudio se encuentra a 500 metros de altura, tiene baja pendiente, la temperatura promedio es de 19°C, existen sembríos de plátanos, guaba y helechos. En esta investigación se utilizó 6 tratamientos los cuales se evaluaron durante tres meses, a quincena de cada mes.

● DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS.

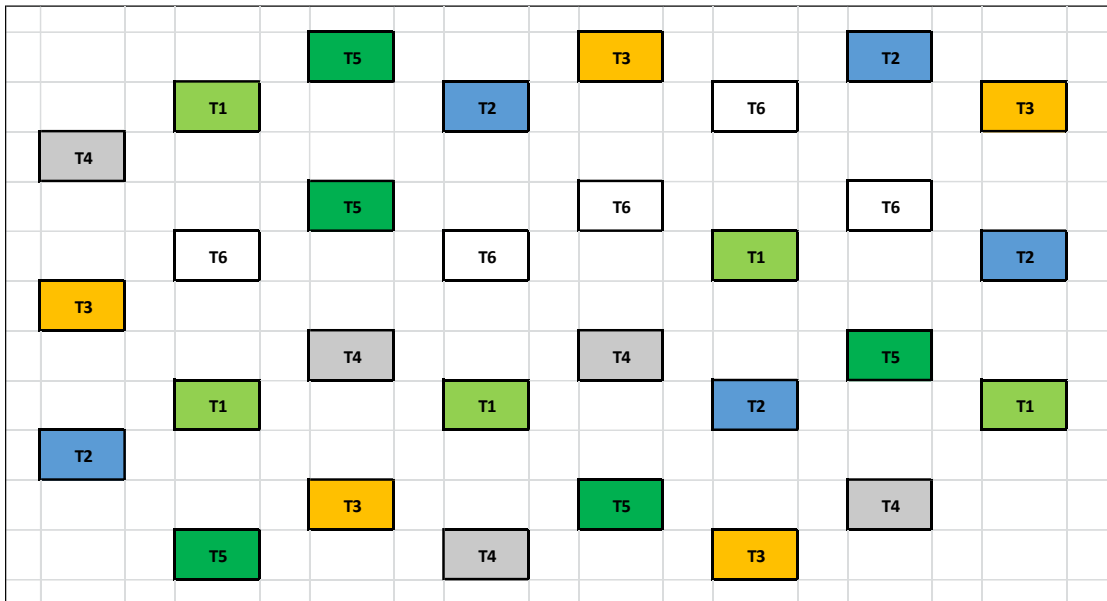


Figura N° 8: Distribución de parcelas por tratamiento.

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la Figura N° 8, se muestra la distribución de parcelas por tratamiento.

Dónde:

T1: 2,5 gramos de micorrizas.

T2: 5 gramos de micorrizas.

T3: 16 plantas de *Amaranthus Hybridus*.

T4: 8 plantas de *Amaranthus Hybridus*.

T5: 16 plantas de *Amaranthus Hybridus* y 2,5 g de micorrizas

T6: 8 plantas de *Amaranthus Hybridus* y 5 g de micorrizas



Figura N° 9: Instalación de Parcelas.

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Se instaló 30 parcelas de 1x1 empleando wincha, pabilo y 4 estacas. Se aplicó los 6 Tratamientos con 5 repeticiones cada uno, posteriormente se colocó el cartel para diferenciarlos.

Las parcelas se ubicaron la parte central de dos filas de cacao. (Figura N°9).

| | | |
|---|--|--|
| <p>Tratamiento 1: Inoculación con 2,5 g de Micorrizas Arbusculares. Para ello, se dividió en 5 partes iguales de 0,5 gramos distribuyéndose en toda la parcela de 1x1.</p> | | |
|---|--|--|

Figura N° 10: Distribución del Tratamiento 1.

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Tratamiento 2: Inoculación con 5 g de Micorrizas Arbusculares. Para ello, se dividió en 10 partes iguales de 0,5 gramos distribuyéndose en toda la parcela de 1x1 a un distancia de 25x25 cm.

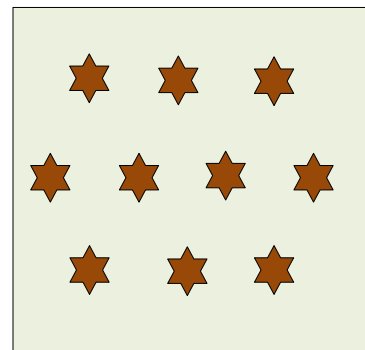


Figura N° 11: Distribución del Tratamiento 2.
Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Tratamiento 3: Se sembró 16 plantas a una distancia de 20x20 cm. Las plantas de *Amaranthus Hybridus*, tenían 12 cm de alto y 11 hojas en promedio.

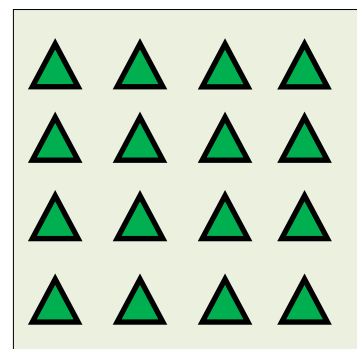
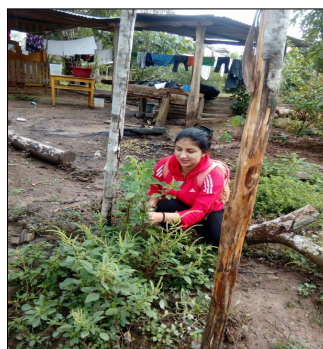


Figura N° 12: Distribución del Tratamiento 3.
Fuente: Elaboración Propia.

Tratamiento 4: Se sembró 8 plantas de *Amaranthus Hybridus* a una distancia de 25x25 cm. Las plantas de *Amaranthus Hybridus*, tenían 12 cm de alto y 11 hojas en promedio.

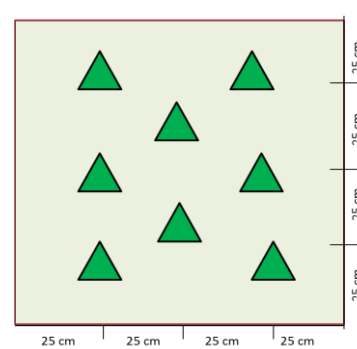


Figura N° 13: Distribución del Tratamiento 4
Fuente: Elaboración Propia.

Tratamiento N°5: Siembra de 16 plantas e inoculación de 2,5 gramos de Micorrizas Arbusculares. Las 16 plantas fueron sembradas a una distancia de 25x25 cm junto a la inoculación de Micorrizas en porciones iguales de 0,625 gramos.

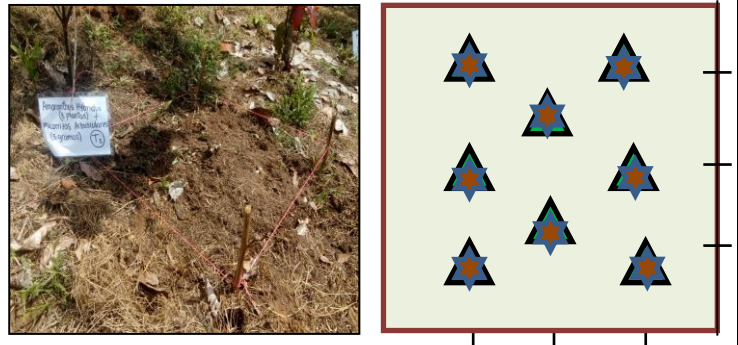


Figura N° 14: Distribución del Tratamiento 5.

Fuente: Elaboración Propia.

Tratamiento N°6: Es la asociación de 8 plantas y 5 g de Micorrizas Arbusculares. Las 8 plantas fueron sembradas a una distancia de 20x20 cm junto a la inoculación de Micorrizas en porciones iguales de 0,16 gramos.

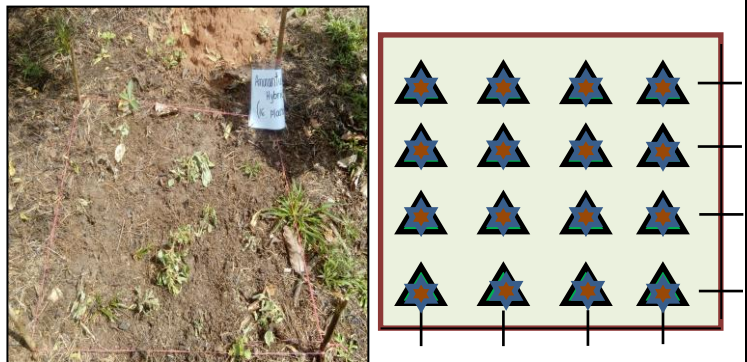


Figura N° 15: Distribución del Tratamiento 6.

Fuente: Elaboración Propia.

Se evaluaron mensualmente la altura (cm) y el número de hojas de la planta Metalofita (ANEXO N°7). Luego de 3 meses se tomaron muestras de suelo del punto medio de cada parcela instalada con ayuda de un Muestreador de suelo para su posterior análisis de Laboratorio.

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

2.4.1 Técnicas e instrumentos

Para desarrollar esta investigación se hicieron uso de las siguientes técnicas e instrumentos:

Revisión bibliográfica: Se hizo revisión de fuentes bibliográficas relacionadas al tema de investigación.

Observación: Se hizo reconocimiento del área de estudio para identificar la problemática y saber cómo se manifiesta la variable de estudio.

Tabla 6: Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

| ETAPA | FUENTE | TÉCNICA | INSTRUMENTO | RESULTADOS |
|--|---|---|---|--|
| Ubicación del área de estudio | Fundo San Juan. | Muestreo de suelos. Observación. | Formato para colecta de Plantas y Micorrizas. | Cadmio Inicial del suelo. |
| Toma de muestra de suelo inicial | Fundo San Juan | Guía de muestreo de suelos. Caracterización de suelo inicial | Formato para el Análisis del suelo. | Características físicas del suelo, concentración de Cd inicial |
| Siembra de la planta e inoculación de Micorrizas Arbusculares | Fundo San Juan | Se realizó de manera homogénea en el espacio. (Anexo N°6) | Ficha para análisis del desarrollo de la especie <i>Amaranthus Hybridus</i> | Instalación de los 6 tratamientos en parcelas de 1x1 metros. |
| Análisis del desarrollo de la especie vegetal | Datos recogidos en campo. | Conteo y Medición. | Ficha para análisis del desarrollo de las especies | N° de hojas y altura de las plantas. |
| Toma de muestra de suelo Final | Laboratorio acreditado por INDECOPI. | Análisis de Cd en el suelo | Ficha de eficiencia para cada tratamiento | Concentración de Cd final en el suelo |
| Análisis de los resultados obtenidos | Reglamento de la Calidad del suelo para suelo agrícola. DS 002-2013-MINAM | Prueba de Normalidad Análisis de varianza | Ficha de eficiencia para cada tratamiento. | Análisis Estadísticos. |

Fuente: Elaboración Propia, 2017

2.4.2 Validación del instrumento

Para el desarrollo de esta investigación se empleó los siguientes instrumentos:

- Formato para colecta de Plantas y Micorrizas.
- Ficha para análisis del desarrollo de la especie *Amaranthus Hybridus*.
- Ficha para análisis del desarrollo de la especie Micorrizas Arbusculares.
- Ficha para el Análisis del suelo.
- Ficha de eficiencia para cada tratamiento.

Los expertos evaluaron los instrumentos de manera individual, teniendo en cuenta la coherencia, claridad y objetividad basadas en lo que estamos investigando.

Teniendo como especialistas los siguientes:

Especialista 1:

Apellidos y nombres: Amasifuen Hidalgo, Bryan Christian

Grado Académico: Colegiado

CIP: 186742

DNI: 4713857

Especialista 2:

Apellidos y nombres: Gamarra, Isaac

Grado Académico: Ingeniero Químico

CIP: 13600

DNI: 07552151

Especialista 3:

Apellidos y nombres: Castañeda Lingan, Rodrigo Gabriel Nestor

Grado Académico: Colegiado

CIP: 191907

DNI: 71021732

2.4.3 Confiabilidad del Instrumento

Para conocer si los instrumentos son confiables se utilizó el cálculo del coeficiente Alfa de Cronbach que se considera como indicador de confiabilidad, con la finalidad de automatizar los procesos para el análisis de los datos se realizó el software estadístico SPSS.

Tabla 7: Estadísticas de fiabilidad.

| Alfa de Cronbach | N de elementos |
|------------------|----------------|
| ,625 | 5 |

Fuente: Elaboración Propia

Los instrumentos evaluados por tres profesionales fueron analizados para conocer la confiabilidad de los resultados, los cuales indican que los Instrumentos son muy confiables con un 0.625 como se observa en la Tabla N° 7, según los rangos y las magnitudes establecidas por Ruiz (2002).

[0.61 a 0.80]: son confiables.

2.4 Métodos de Análisis de datos

Se evaluarán e interpretarán los datos según el tipo ya sean cualitativas o cuantitativas como muestran los instrumentos empleados.

Se realizará el procesamiento estadístico de la información recogida en campo, se realizarán los Excel y SPSS. Además, se evaluará los tratamientos entre sí de manera significativa de acuerdo a sus medidas.

2.5 Aspectos éticos

Esta investigación está dirigida a todo tipo de público ya que está redactado con un lenguaje claro, los instrumentos que se emplearán en este estudio son de fácil comprensión y análisis.

Además, se tuvo en cuenta las políticas públicas las cuales hacen posible el desarrollo de esta investigación, teniendo en cuenta la salud y el cuidado del medio ambiente; ya que los recursos utilizados no tienen efectos negativos, además los costos son bajos.

Por otro lado, los investigadores son competentes y están comprometidos con este estudio, para encontrar una solución a este problema que es pertinente.

El lugar de desarrollo de este estudio de investigación es aplicado mediante el consentimiento informado de los propietarios de los cultivos de cacao, así como la recolección de la especie *Amaranthus Hybridus*.

III. RESULTADOS

3.1 Características Generales del suelo

3.1.1 Caracterización del suelo

Se realizó la caracterización de suelo inicial, para conocer las condiciones en la que se encuentra, el suelo contiene niveles de 1,48 ppm de Cadmio, superando los Estándares de Calidad para suelos agrícolas, es un suelo Franco Arcilloso, muy ligeramente salino, con pH de 5.22 fuertemente ácido, presenta 0.33% de materia orgánica, lo cual se considera una bajo porcentaje, asimismo bajos niveles de Fosforo (3.7 ppm) y Potasio disponible (19 ppm), como se aprecia en la Tabla N°8.

Tabla 8: Caracterización de suelo inicial

| Muestra | Cd (ppm) | pH (1:1) | C.E (1:1) dS/m | M.O (%) | P (ppm) | K (ppm) | Análisis Mecánico | | | Clase textural |
|---------|----------|----------|----------------|---------|---------|---------|-------------------|----------|-------------|----------------|
| | | | | | | | Arena (%) | Limo (%) | Arcilla (%) | Fr.Ar. |
| N° 01 | 1.48 | 5.22 | 0.06 | 0.33 | 3.7 | 19 | 31 | 38 | 31 | |

Fuente: Laboratorio UNALM.

3.1.2 Desarrollo de *Amaranthus Hybridus*.

Tabla 9: Promedio de Hojas por Tratamiento.

| Tratamientos | N° de hojas | | | Incremento de número de hojas |
|--|-------------|-------|-------|-------------------------------|
| | Mes 1 | Mes 2 | Mes 3 | |
| T3: 16 plantas/m ² | 11 | 12 | 15 | 4 |
| T4: 8 plantas/m ² | 10 | 12 | 13 | 3 |
| T5: 16 plantas/m ² -2.5g de micorrizas. | 12 | 12 | 14 | 2 |
| T6: 8 plantas/m ² – 5g de micorrizas. | 12 | 13 | 14 | 2 |

Fuente: Elaboración Propia, 2017

En la Tabla N°9, se observa el promedio de número de hojas de *Amaranthus Hybridus* por cada tratamiento evaluados mensualmente. El T3 incrementó en 4 el número de hojas al final del experimento, el T4 con 3 hojas y los tratamientos T5 y T6 con 2 hojas.

Tabla 10: Altura de la planta *Amaranthus Hybridus* (cm).

| Tratamientos | Altura de la planta (cm) | | | Incremento de Altura (cm) |
|--|--------------------------|-------|-------|---------------------------|
| | MES 1 | MES 2 | MES 3 | |
| T3: 16 plantas/m ² | 10 | 11 | 12 | 2 |
| T4: 8 plantas/m ² | 8 | 9 | 10 | 2 |
| T5: 16 plantas/m ² -2.5g de micorrizas. | 9 | 10 | 11 | 2 |
| T6: 8 plantas/m ² – 5g de micorrizas. | 10 | 10 | 11 | 1 |

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

De la Tabla N° 10, se aprecia los cuatro Tratamientos en los cuales se emplearon la metalofita (*Amaranthus Hybridus*), evaluados mensualmente. El T3, T4 y T5 incrementaron en 2 cm, mientras que el T6, incrementó 1 cm.

3.2 Eficiencia de Micorrizas Arbusculares en la reducción de Cadmio.

Se evaluó la eficiencia de las micorrizas en los Tratamientos T1 y T2.

Tabla 11: Cadmio Final (ppm) en el suelo T1 Y T2.

| Micorrizas Arbusculares | Cd Inicial (ppm) | R1 (ppm) | R2 (ppm) | R3 (ppm) | R4 (ppm) | R5 (ppm) | Promedio (ppm) |
|--------------------------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|
| T1: 2,5 gramos/m ² | 1,48 | 1.01 | 0.91 | 0.64 | 0.5 | 1.00 | 0.81 |
| T2: 5 gramos/m ² | 1,48 | 0.55 | 0.64 | 1.73 | 1.44 | 0.74 | 1.02 |

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la Tabla N°11, se muestran los resultados de las concentraciones de cadmio de las 5 repeticiones, en el T1 se muestra variaciones de 0.5 y 1.01 ppm, mientras que en el T2, presenta variaciones de 0.55 y 1.73 ppm de Cd. El promedio de la reducción del Cd con el tratamiento 1 es 0.81 ppm, mientras que el T2 reduce el Cd a 1.02.

Tabla 12: Eficiencia de Micorrizas Arbusculares.

| Micorrizas Arbusculares | Promedio de Cd en el suelo | | % Eficiencia |
|--------------------------------------|----------------------------|----------------|--------------|
| | Cd Inicial (ppm) | Cd Final (ppm) | |
| T1: 2,5 gramos/m ² | 1.48 | 0.81 | 45 |
| T2: 5 gramos/m ² | 1.48 | 1.02 | 31 |

Fuente: Elaboración Propia

El T1 presenta una eficiencia de reducción de Cadmio de 45% y el tratamiento 2 tiene una eficiencia del 31%, como se aprecia en la tabla N°12.

Se realizó el análisis de medias para comparar la eficiencia con Micorrizas Arbusculares en la reducción de Cadmio.

Tabla 13: Prueba de T- Student para comparación de medias entre T1 y T2.

| | | Prueba de Levene de calidad de varianzas | | Prueba de T para igualdad de medias | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | F | Sig. | T | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Porcentaje de Eficiencia | Se asumen varianzas iguales | 10,444 | ,012 | ,801 | 8 | ,446 | 14,000 | 17,475 | -26,298 | 54,298 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | ,801 | 5,440 | ,457 | 14,000 | 17,475 | -29,851 | 57,851 |

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

De donde decimos:

| Prueba de Levene | T-Student |
|---|---|
| $P \geq \alpha$: Se acepta la H_0 = Las varianzas son iguales. | $P \geq \alpha$: Se acepta la H_0 = No existen diferencias significativas. |
| $P < \alpha$: Se acepta la H_1 = Las varianzas no son iguales. | $P < \alpha$: Se acepta la H_1 = Las diferencias significativas. |

En la Tabla N°13 se muestra la comparación de medias entre la eficiencia de los Tratamientos con 2,5 gramos Micorrizas Arbusculares (T1) y el T2 con 5 gramos.

Se muestra que la significancia de la Prueba de Levene es de 0,012 este valor es menor a $\alpha=0.05$, entonces se dice que las varianzas no son iguales. Para la Prueba de T-Student la significancia es de 0,457, siendo $>$ a $\alpha=0.05$, se acepta la H_0 , es decir no existe una diferencia significativa entre las eficiencias de los Tratamientos con Micorrizas Arbusculares.

3.3 Eficiencia de *Amaranthus Hybridus* en la reducción de Cd.

Tabla 14: Cadmio Final (ppm) en el suelo, T3 y T4.

| Tratamiento | Cd Inicial (ppm) | R1 (ppm) | R2 (ppm) | R3 (ppm) | R4 (ppm) | R5 (ppm) | Promedio (ppm) |
|-------------------------------|------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------------|
| T3: 16 plantas/m ² | 1,48 | 0.47 | 0.85 | 0.22 | 0.62 | 0.4 | 0.52 |
| T4: 8 plantas/m ² | 1,48 | 0.87 | 0.97 | 0.42 | 0.8 | 0.29 | 0.67 |

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la Tabla N°14, se observa que el tratamiento con 16 plantas de *Amaranthus Hybridus* (T3), presenta una variación de 0.22 hasta 0.85 ppm de Cd en el suelo, mientras que el T4, de 0.29 hasta 0.97 ppm. El promedio de reducción de Cd con 16 plantas/m² fue de 0.52 ppm y con 8 plantas/m² de 0.67 ppm.

Tabla 15: Eficiencia de Reducción

| Amaranthus Hybridus | Promedio de Cd en el suelo | | % Eficiencia |
|------------------------------|----------------------------|----------------|--------------|
| | Cd Inicial (ppm) | Cd Final (ppm) | |
| T3:16 plantas/m ² | 1.48 | 0.52 | 65 |
| T4: 8 plantas/m ² | 1.48 | 0.67 | 55 |

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Se presenta mayor eficiencia en el T3 que considera 16 plantas/m² alcanzando un 65 % y mientras que el que contiene 8 plantas/m² tiene eficiencia de reducción de Cd de 55%, como se muestra en la Tabla N° 15.

Se realizó análisis de medias para comparar la eficiencia de los tratamientos con *Amaranthus Hybridus* en la reducción de Cadmio.

Tabla 16: Prueba de T- Student para comparación de medias entre T3 Y T4.

| | | Prueba de Levene de calidad de varianzas | | Prueba de t para la igualdad de medias | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|--|------|--|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Porcentaje de Eficiencia | Se asumen varianzas iguales | 1,174 | ,310 | ,941 | 8 | ,374 | 10,800 | 11,481 | -15,676 | 37,276 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | ,941 | 7,573 | ,376 | 10,800 | 11,481 | -15,938 | 37,538 |

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la Tabla 16, se muestra la comparación de medias entre la eficiencia de los Tratamientos con 16 plantas de *Amaranthus Hybridus* (T3) y el T4 con 8 plantas.

Se muestra que la significancia de la Prueba de Levene es de 0,310 este valor es mayor a $\alpha=0.05$, entonces se asumen que las varianzas son iguales.

Para la Prueba de T-Student la significancia es de 0,376 siendo mayor a $\alpha=0.05$, se acepta la H_0 , es decir no existe una diferencia significativa entre las eficiencias de los Tratamientos con *Amaranthus Hybridus*.

3.4 Eficiencia del *Amaranthus Hybridus* asociado a las micorrizas arbusculares.

Tabla 17: Cd en el suelo-Tratamientos con asociación de *Amaranthus* y micorrizas.

| <i>Amaranthus Hybridus</i> - Micorrizas Arbusculares | Cd Inicial (ppm) | R1 (ppm) | R2 (ppm) | R3 (ppm) | R4 (ppm) | R5 (ppm) | Promedio (ppm) |
|--|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|
| T5: 2,5 gramos-16 plantas/ m ² | 1,48 | 0.78 | 0.77 | 0.68 | 0.65 | 0.71 | 0.72 |
| T6: 5 gramos- 8 plantas/ m ² | 1,48 | 0.43 | 0.68 | 0.87 | 0.69 | 0.74 | 0.68 |

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En la Tabla N° 17 se observa que los resultados de las repeticiones del T5, tiene una variación entre 0.65 y 0.78 ppm, mientras que el T6 entre 0.43 y 0.87 ppm. El promedio de reducción de Cadmio con 2.5 gramos de micorrizas y 16 plantas fue de 0.72 y 0.68 ppm respectivamente.

Tabla 18: Eficiencia de la asociación de *Amaranthus Hybridus* y Micorrizas.

| Amaranthus Hybridus- Micorrizas Arbusculares | Promedio de Cd en el suelo | | % Eficiencia |
|---|-------------------------------|-------------------|--------------|
| | Cd Inicial (ppm) | Cd Final (ppm) | |
| T5: 2,5 gramos- 16 plantas/m ² | 1.48 | 0.72 | 51 |
| T6: 5 gramos-8 plantas/m ² | 1.48 | 0.68 | 54 |

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

Se presenta una eficiencia de reducción del 51% en el T5, mientras que el T6, con 5 gramos de micorrizas y 8 plantas, alcanza un 54% de eficiencia como se muestra en la Tabla N°18.

Se realizó análisis de medias para comparar la eficiencia de los tratamientos con *Amaranthus Hybridus* asociados a las micorrizas arbusculares en la reducción de Cadmio.

Tabla 19: Prueba de T- Student para comparación de medias entre la asociación de *Amaranthus Hybridus* y micorrizas.

| | | Prueba de Levene de calidad de varianzas | | Prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | F | Sig. | T | Gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Porcentaje de Eficiencia | Se asumen varianzas iguales | 1,213 | ,303 | -,464 | 8 | ,655 | -2,400 | 5,167 | -14,316 | 9,516 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -,464 | 4,982 | ,662 | -2,400 | 5,167 | -15,697 | 10,897 |

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Tabla 19, se muestra la comparación de medias entre la eficiencia la asociación de 16 plantas de *Amaranthus Hybridus* con 2,5 gramos de micorrizas (T5) y 8 plantas con 5 gramos (T6).

Se muestra que la significancia de la Prueba de Levene es de 0,303 este valor es mayor a $\alpha=0.05$, entonces se asumen que las varianzas son iguales.

Para la Prueba de T-Student la significancia es de 0,655 siendo mayor a $\alpha=0.05$, se acepta la H_0 , es decir no existe una diferencia significativa entre las eficiencias de la asociación de los Tratamientos con *Amaranthus Hybridus* y micorrizas arbusculares para la reducción de Cadmio.

3.5 Eficiencia de *Amaranthus Hybridus* y Micorrizas Arbusculares

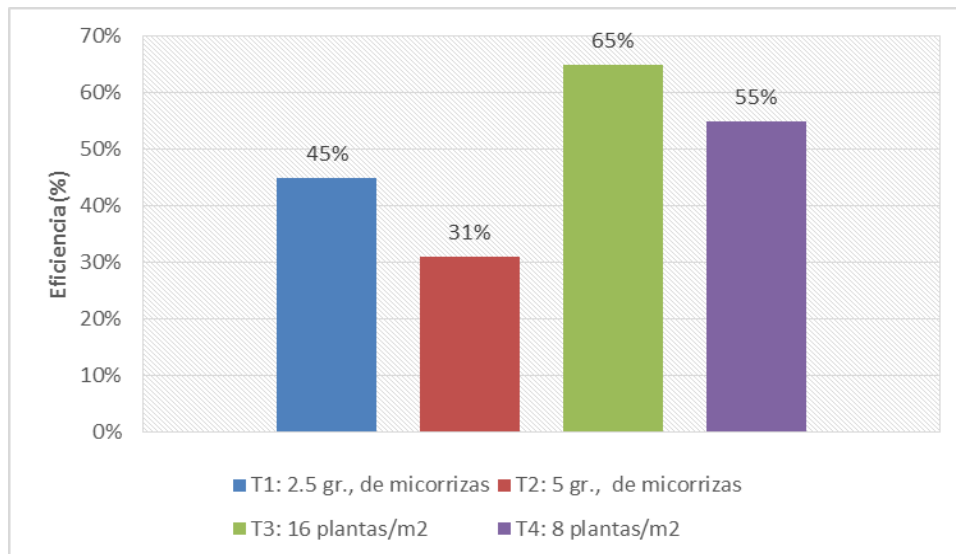
Tabla 20: Eficiencia de *Amaranthus Hybridus* y Micorrizas Arbusculares

| Tratamientos | Promedio de Cd en el suelo | | % Eficiencia |
|--|----------------------------|----------------|--------------|
| | Cd Inicial (ppm) | Cd Final (ppm) | |
| T1: 2,5 g de micorrizas/m ² | 1.48 | 0.81 | 45 |
| T2: 5 g de micorrizas/m ² | 1.48 | 1.02 | 31 |
| T3: 16 plantas/m ² | 1.48 | 0.52 | 65 |
| T4: 8 plantas/m ² | 1.48 | 0.67 | 55 |

Fuente: Elaboración Propia, 2017.

De la Tabla 20, se observa que el Tratamiento 3 tiene la mayor eficiencia en la reducción de Cadmio con un 65%. El T2, presenta la menor eficiencia en la reducción de concentración de Cadmio con un 31%.

Gráfico N° 1: Eficiencia entre *Amaranthus Hybridus* y micorrizas.



Fuente: elaboración Propia, 2017.

En el Gráfico N° 1, se muestran la eficiencia de los Tratamientos por especie vegetal; es decir de las Micorrizas Arbusculares (T1 y T2) y Amaranthus Hybridus (T3 y T4). Presentan una mayor eficiencia del 65% el T3, seguida del T4 con 55%, en dichos tratamientos se emplearon la planta, mientras que el T1 y T2 se aprecia 45% y 31% eficiencia, con empleo de micorrizas arbusculares.

Se realizó el análisis de medias para comparar la eficiencia de Amaranthus Hybridus y Micorrizas Arbusculares independientemente.

Tabla 21: Prueba de T- Student para análisis de medias, T1 y T3.

| | | Prueba de Levene de calidad de varianzas | | Prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Porcentaje de Eficiencia | Se asumen varianzas iguales | ,062 | ,809 | -2,038 | 8 | ,076 | -20,200 | 9,910 | -43,052 | 2,652 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -2,038 | 7,996 | ,076 | -20,200 | 9,910 | -43,054 | 2,654 |

Fuente: Elaboración, 2017.

En la Tabla 21 se analizó la comparación de medias entre los Tratamientos 1 y 3, en el cual la significancia por la Prueba de Levene es 0,809 siendo mayor que $\alpha=0,05$ entonces se asumen que las varianzas son iguales.

Para la Prueba de T-Student la significancia es de 0,076 siendo mayor a $\alpha=0.05$, se acepta la H_0 , es decir no existe una diferencia significativa entre las eficiencias de los Tratamientos con 2,5 g de micorrizas y 16 plantas de Amaranthus Hybridus para la reducción de Cadmio.

Tabla 22: Prueba de T- Student para análisis de medias, T1 y T4.

| | | Prueba de Levene de calidad de varianzas | | Prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Porcentaje de Eficiencia | Se asumen varianzas iguales | 1,214 | ,303 | -,826 | 8 | ,433 | -9,400 | 11,380 | -35,642 | 16,842 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -,826 | 7,495 | ,434 | -9,400 | 11,380 | -35,953 | 17,153 |

Fuente: elaboración Propia, 2017.

En la Tabla 22 se muestra la comparación de medias entre los Tratamientos 1 con 2,5 gramos de Micorrizas/m² y el T4 8 plantas/m², en el cual la significancia realizada por la Prueba de Levene es 0,303 > $\alpha=0,05$ entonces se asumen que las varianzas son iguales.

Para la Prueba de T-Student la significancia es de 0,433 siendo mayor a $\alpha=0.05$, se acepta la H₀, es decir no existe una diferencia significativa entre las eficiencias del T1 y T4 para la reducción de Cadmio.

Tabla 23: Prueba de T- Student para análisis de medias, T2 y T3.

| | | Prueba de Levene de calidad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | F | Sig. | T | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Porcentaje de Eficiencia | Se asumen varianzas iguales | 8,978 | ,017 | -1,950 | 8 | ,087 | -34,200 | 17,541 | -74,650 | 6,250 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -1,950 | 5,504 | ,103 | -34,200 | 17,541 | -78,076 | 9,676 |

Fuente: elaboración Propia, 2017.

La Tabla 23 presenta se muestra la comparación de medias entre el Tratamiento 2 con 5 gramos de Micorrizas/m² y el T3 con 16 plantas/m², en el cual la significancia realizada por la Prueba de Levene es $0,017 < \alpha=0,05$ entonces se asumen que las varianzas no son iguales.

Para la Prueba de T-Student la significancia es de 0,103 siendo mayor a $\alpha=0.05$, se acepta la H₀, es decir no existe una diferencia significativa entre la eficiencia del T2 y T3 para la reducción de Cadmio.

Tabla 24: Prueba de T- Student para análisis de medias, T2 y T4.

| | | Prueba de Levene de calidad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Porcentaje de Eficiencia | Se asumen varianzas iguales | 5,601 | ,045 | -1,271 | 8 | ,239 | -23,400 | 18,412 | -65,858 | 19,058 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | -1,271 | 6,303 | ,249 | -23,400 | 18,412 | -67,932 | 21,132 |

Fuente: elaboración Propia, 2017.

En la Tabla 24 se muestra la comparación de medias entre el Tratamiento 2 con 5 gramos de Micorrizas/m² y el T4 8 plantas/m², en el cual la significancia realizada por la Prueba de Levene es 0,303 > $\alpha=0,05$ entonces se asumen que las varianzas son iguales.

Para la Prueba de T-Student la significancia es de 0,433 siendo mayor a $\alpha=0.05$, se acepta la H₀, es decir no existe una diferencia significativa entre las eficiencias del T1 y T4 para la reducción de Cadmio.

Tabla 25: Prueba de T- Student para análisis de medias. T3 y T4.

| | | Prueba de Levene de calidad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------------|--|------|-------------------------------------|-------|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
| | | | | | | | | | Inferior | Superior |
| Porcentaje de Eficiencia | Se asumen varianzas iguales | 1,174 | ,310 | ,941 | 8 | ,374 | 10,800 | 11,481 | -15,676 | 37,276 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | ,941 | 7,573 | ,376 | 10,800 | 11,481 | -15,938 | 37,538 |

Fuente: elaboración Propia, 2017.

En la Tabla 25 se muestra la comparación de medias entre el Tratamiento 3 con 16 plantas/m² y el T4 con 8 plantas/m² en el cual la significancia realizada por la Prueba de Levene es 0,310 siendo mayor a $\alpha=0,05$; entonces se asumen que las varianzas son iguales.

Para la Prueba de T-Student la significancia es de 8 siendo mayor a $\alpha=0,05$, se acepta la H₀, es decir no existe una diferencia significativa entre las eficiencias del T3 y T4 para la reducción de Cadmio.

Prueba de Normalidad

Tabla 26: Prueba de normalidad.

| | Tratamientos | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
|--------------------------|--------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| Porcentaje de Eficiencia | T1 | ,256 | 5 | ,200* | ,855 | 5 | ,211 |
| | T2 | ,300 | 5 | ,161 | ,851 | 5 | ,199 |
| | T3 | ,165 | 5 | ,200* | ,989 | 5 | ,977 |
| | T4 | ,265 | 5 | ,200* | ,888 | 5 | ,346 |
| | T5 | ,212 | 5 | ,200* | ,932 | 5 | ,613 |
| | T6 | ,293 | 5 | ,187 | ,920 | 5 | ,532 |

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

a. Corrección de significación de Lilliefors

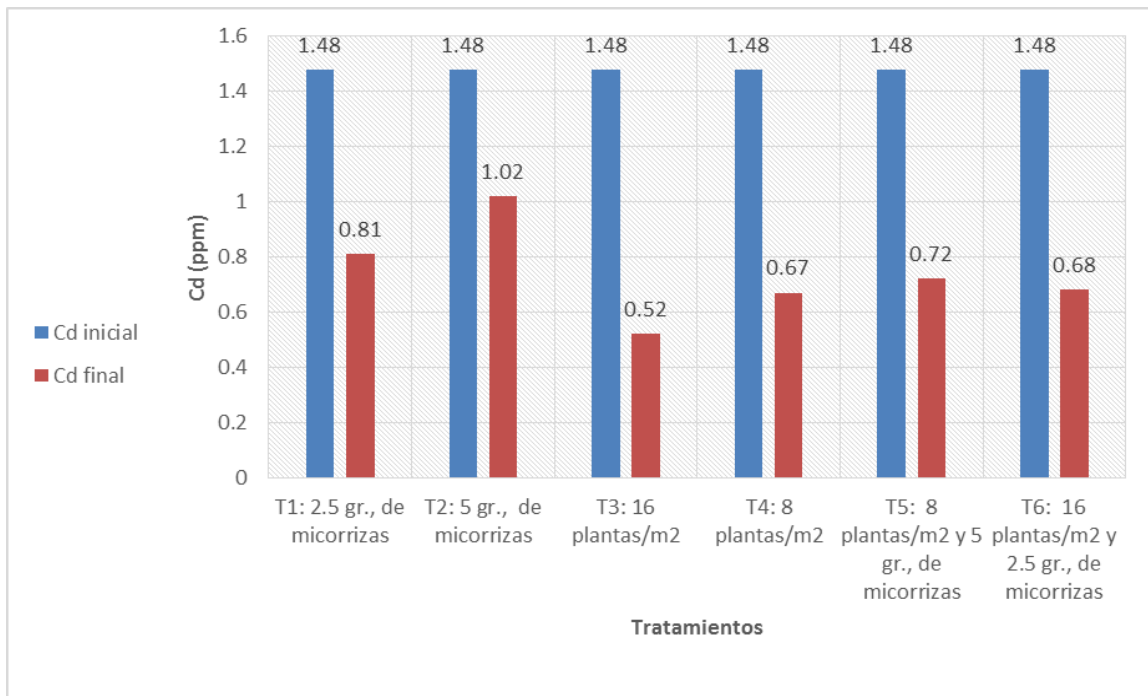
Se realizó la Prueba de Normalidad, con el objetivo de determinar si la variable dependiente sigue una distribución normal o diferente a la normal.

H₀: La variable no sigue una distribución normal.

H₁: La variable sigue la distribución normal.

Se aprecia que la sig. en todos los tratamientos son mayores que $\alpha = 0.05$, por ello, se rechaza la H₀ y se concluye que se tiene una confianza del 95% que las variables se distribuyen normalmente.

Gráfico N° 2: Promedio de Cadmio en el suelo.



Fuente: Elaboración Propia, 2017.

En el gráfico N°2 se aprecia las concentraciones de Cadmio promedio final por cada tratamiento que se encontraron en el suelo, después de aplicar el experimento.

Se concluye que la cantidad de plantas de *Amaranthus Hybridus* influye en la eficiencia para la reducción de Cadmio, como se muestra en el T3 y T4 que redujeron hasta 0,52 y 0,67 ppm.

IV. DISCUSIÓN

- En cuanto al uso de micorrizas para la reducción de Cadmio en el suelo se tiene que el tratamiento 1 con 2,5 gramos de micorrizas, presenta eficiencia del 45%, mientras que el T2 con 5 gramos de Micorrizas muestra 31% de eficiencia; el T1 es mejor que el T2. La cantidad de Micorrizas que se añaden en el suelo no define la mayor eficiencia, ya que intervienen otros factores ambientales o antrópicos. Esto podría haber sido afectada por el cambio de temperatura a las que estuvieron expuestas las micorrizas, ya que fueron extraídas de una zona húmeda e inoculada en las parcelas las cuales estaban expuestas a una temperatura de 23°C.

Luego de extraer la micorriza del Kudzú (*Pueraria Phaseloides*) fueron inoculadas inmediatamente; sin lograr alcanzar la raíz de la planta de cacao; al respecto Catril (2010) indica que las micorrizas se asocian con las raíces de las plantas; esta podría ser un factor de menor eficiencia.

- En lo que respecta al uso de *Amaranthus Hybridus* en la reducción de Cadmio en el suelo, se tiene que el T3 con 16 plantas de *Amaranthus Hybridus*/m² presenta 65% de eficiencia, reduciendo de 1.48 a 0,51 ppm, mientras que el T4 con 8 plantas/m² presenta una eficiencia del 55%, estos resultados demuestran que la metalofita reduce el metal pesado en el tiempo, ya que en los últimos dos meses se observó un incremento en el número de hojas y tamaños de las plantas. Estos resultados se reafirman con lo que indica ORTIZ CANO, H. [et al]. (2009) en su investigación Titulada: “Fitoextracción de Plomo y Cadmio en suelos contaminados usando Quelite (*Amaranthus Hybridus*) y micorrizas”, el cual demostró que la metalofita depende de la edad para reducir el metal pesado, a los 125 días de edad tiene un efecto más significativo en suelos con Pb y Cd, siendo mayor la concentración en raíces, tallos y hojas respectivamente.

- La asociación de *Amaranthus Hybridus* y Micorrizas Arbusculares en el T5 Y T6 muestran una eficiencia más alta que al aplicar solamente concentraciones de micorrizas, ayudando a la planta a ser más tolerante al suelo contaminado y generando vesículas que acumulan sustancias de reservas, como Nitrógeno lo cual ayuda a la planta a tener un crecimiento potencial. Estos resultados confirman lo que indica COVARRUBIAS y PEÑA, Juan (2016) en su investigación, ellos mostraron que las plantas de *Amaranthus Hybridus* son capaces de establecer mutualismos con otros organismos, para mejorar la capacidad de fitorremediación. Asimismo, ORTIZ CANO, H. [et al] menciona que los resultados más significativos en la reducción de Cd, fue con 5 gramos de micorrizas adicionada a la planta de *Amaranthus Hybridus*, aunque no reporta la cantidad de plantas usadas.
- La reducción de Cadmio a partir de *Amaranthus Hybridus* y micorrizas arbusculares independientemente, muestran que las plantas reducen el Cadmio significativamente en los T3 y T4, mostrando un 65% y 55% de eficiencia.

V. CONCLUSIONES

- Se determinó que las micorrizas arbusculares en sus dos cantidades inoculadas de 2,5 gramos y 5 gramos/m² para la reducción de concentraciones de Cadmio, presentan eficiencia de 45% y 31% de eficiencia respectivamente.
- Se demostró que la planta *Amaranthus Hybridus* en sus concentraciones de 16 plantas/m² y 8 plantas/m² empleadas para la reducción de Cadmio en suelos contaminados, muestran son eficientes en 65% y 55% respectivamente, aunque no existe diferencias significativas.
- La asociación de *Amaranthus Hybridus* y micorrizas arbusculares, en dos concentraciones empleadas de 16 plantas + 2,5 gramos de Micorrizas y 8 plantas + 5 gramos de Micorrizas presentan eficiencia de 51% y 54% respectivamente para la reducción de Cadmio en suelos contaminados, sin mostrar diferencias significativas.
- Los tratamientos con planta de *Amaranthus Hybridus*, el T3 y T4 con 16 plantas//m² y 8 plantas/m², muestran eficiencia del 65% y 55% para la reducción de concentraciones de Cd, siendo estos porcentajes muy significativos, mientras que los tratamientos que se usaron micorrizas arbusculares, el T1 y T2 con 2,5 gramos/m² y 5 gramos/m² respectivamente, presentan eficiencia de 45% y 31% respectivamente.
- El T3 es el que reduce la mayor concentración de Cadmio en el suelo de 1.48 ppm a 0.52 ppm con eficiencia del 65%.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Realizar más investigaciones utilizando plantas metalofitas como el *Amaranthus Hybridus*, ya que se adaptan a suelos contaminados y extraen a través de sus raíces los metales pesados.
- ✓ Mantener la misma temperatura del suelo al momento de extraer e inocular las micorrizas arbusculares.
- ✓ Evaluar la inoculación de micorrizas a las raíces del cacao directamente para determinar su eficiencia.
- ✓ Organizar a las familias de la zona a fin de producir *Amaranthus Hybridus* para incluir en los modelos de producción del cacao.
- ✓ Asociar Kudzú (con micorrizas) y cacao con la finalidad de reducir las concentraciones de Cadmio, realizando el manejo de la rastrera.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acumulación de metales pesados en suelo y plantas de cuatro cultivos hortícolas, regados con agua del río Bogotá por Miranda Diego [et al]. Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas [en línea]. Diciembre 2008, No.2 - pp. 180-191, 2008.
Disponible en: <http://www.soccolhort.com/revista/pdf/magazin/Vol2/vol.2%20no.2/Vol.2.No.2.Art.5.pdf>
- Directorate Plant Production. Department of Agriculture, forestry & fisheries. Amaranthus, Production guideline. REPUBLIC OF SOUTH AFRICA. 2010.
- CHRISTENSEN, T, Haung, P.M. 1999. Solid phase cadmium and the reactions of aqueous cadmium with soil surfaces. En: Cadmium in Soils and Plants (eds. McLaughlin, M.J. y Singh, B.R.), pp. 65-96. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands.
- Comunidad Europea puso como fecha límite el 1 de enero del 2019: PELIGRA EXPORTACIÓN DE CACAO PERUANO A EUROPA SI NO SE REDUCEN ÍNDICES DE CADMIO EN CULTIVOS. Revista Agraria.pe. Julio 2016. (En sección: Negocios).
Disponible en: <http://agraria.pe/noticias/peligra-exportacion-de-cacao-peruano-a-11481>
- CHRISTENSEN, T.H. and P.M. Huang. 1999. Solid phase cadmium and the reactions of aqueous cadmium with soil surfaces. In M.J. McLaughlin, B.R. Singh (eds), Cadmium in Soils and Plants. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. pp. 65-96.
Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-94-011-4473-5_4#page-2
- CASTRO, I. Análisis de la estructura y diversidad de las comunidades de hongos formadores de micorrizas arbusculares asociados a plantas de especial interés ecológico en ambientes mediterráneos. España, 2009.

- DELGADILLO, A. [et al]. PHYTOREMEDIATION: AN ALTERNATIVE TO ELIMINATE POLLUTION. Tropical and Subtropical Agroecosystems, (2011): 597- 612.

<http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>
- DURAN, Paola. Transferencia de metales de suelo a planta en áreas mineras: Ejemplos de los Andes peruanos y de la Cordillera Prelitoral Catalan. Barcelona 2010.
- GALÁN, Hemilio y ROMERO, Antonio. Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Contaminación de Suelos por Metales Pesados. Facultad de Química. Apartado 553. Universidad de Sevilla. Sevilla 41071.
- HUAUYA, Miguel y HUAMANÍ, Hugo. Macrofauna Edáfica y Metales Pesados en el cultivo de cacao, *Theobroma Cacao L.* (Malvaceae). The Biologist [en línea]. Junio, 2014, vol. 12, no. 1. ISSN 1994-9073.
- INEI (2007) “Estimaciones y Proyecciones de Población, 1950 – 2050”. Boletín de Análisis Demográfico N° 36.
- LÁSZLÓ, S. [et al]. Stabilisations of metals in mine spoil with amendments and growth of red fescue in symbiosis with mycorrhizal fungi. PLANT SOIL ENVIRON. 27 de octubre. Nyíregyháza, 2006. Pág. 385–391.
- Libélula: Comunicación, Ambiente y Desarrollo. Diagnóstico de la Agricultura en el Perú. Informe Final. Lima: PERU OPPORTUNITY FUND, 2011.
- Los productos bandera de Perú, ¿Cuánto han crecido? Gestión: Lima, Perú, 28 de Julio del 2015. (En sección: Economía).
- MINAG (2010) “Plan Estratégico Sectorial Multianual Actualizado del Ministerio de Agricultura 2007 – 2011” Unidad de Política Sectorial, Oficina de Planeamiento y Presupuesto del Ministerio de Agricultura.

- ORTIZ, H. [et al]. Fitoextracción de Plomo y Cadmio en suelos Contaminados Usando Quelite (*Amaranthus hybridus L.*) y Micorrizas. México, 2009. Chapingo Serie Horticultura vol. 15. No. 2. Pp. 161-168.
- Perú es tercer productor de cacao en Latinoamérica pero ¿cuánto exportará este año? Gestión: Lima, Perú, 01 de junio de 2016. (En sección: Economía).
- PELÁEZ, Manuel, BUSTAMANTE, John y GÓMEZ, Eyder. Presencia de cadmio y plomo en suelos y su bioacumulación en tejidos vegetales en especies de brachiaria en el Magdalena medio colombiano. Revista.luna.azúl. [en línea]. Julio 2015, no. 43. [fecha de consulta: 18 de Mayo 2106]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/luaz/n43/n43a05.pdf> ISSN 1909-2474.
- PORTA, Jaime, LÓPEZ, Marta, ROQUERO, Carlos. Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente. Madrid (1994). Ediciones Mundi-Prensa.
- RIBEIRO, Jerónimo. La optimización de los procedimientos de recolección de *Amaranthus hybridus L.* y *A. tricolor L.* bajo diferentes regímenes de riego durante caliente y fría temporadas en el sur de Mozambique. Stellenbosch 2004. Disponible en: <https://scholar.sun.ac.za/handle/10019.1/101091>
- SIMON, et al. Stabilisations of metals in mine spoil with amendments and growth of red fescue in symbiosis with mycorrhizal fungi. PLANT SOIL ENVIRON. 2005., 52, 2006 (9): 385–391.
- SESHADRI, et al. Rhizosphere-induced heavy metal (loid) transformation in relation to bioavailability and remediation. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2015, 15 (2), 524-548.
- TADEO, F. y GÓMEZ, A. (2008). Fisiología de las plantas y el estrés. Madrid. P.577 – 597. <http://www.grade.org.pe/publicaciones/instituciones-normas-sociales-y-comportamiento/>

- Tolerancia adaptativa de hongos micorrízicos arbusculares al crecer en sustratos contaminados con As y Cu por González Chávez Ma. Del Carmen [et al]. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. México 2004, vol. 20, no. 4.

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=37020402>

ISSN: 0188-4999


- ZEGARRA, Eduardo y TUESTA, Jorge. Crecimiento agrícola pobreza y desigualdad en el Perú rural. *En: Boom agrícola, pobreza y desigualdad en el Perú rural*. Roma: FAO, 2009. pp. 299-329.

VIII. ANEXOS


ANEXO N° 1: Validación de instrumentos

Anexo N° 1. Formato para colecta de planta y micorrizas


| Responsable: | | Lugar: | Fecha de muestreo: | | Especie: | |
|--------------|--------------|-------------|--------------------|------|-------------|----|
| Muestra N° | Repeticiones | Coordenadas | Cantidad | Hora | Temperatura | pH |
| T1 | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | | | |
| T2 | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | | | |
| T3 | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | | | |
| T4 | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | | | |
| T5 | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | | | |
| T6 | 1 | | | | | |
| | 2 | | | | | |
| | 3 | | | | | |
| | 4 | | | | | |
| | 5 | | | | | |



Nombres y Apellidos
Bryan Christian Amasifuen Hidalgó
Grado: Colegiado
CIP: 186742




Nombres y Apellidos
Rodrigo Nestor Centurión de Lingen
Grado: Colegiado
CIP: 191907




Nombres y Apellidos
ISAAC GAMBOA
Grado: INGENIERO QUIMICO
CIP: 13600

Anexo N° 2. Ficha para análisis del desarrollo de la especie *Amaranthus Hybridus*. (Tratamiento N° 1, 2, 5, 6)

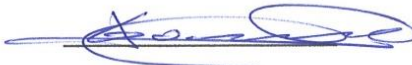
| ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE LA ESPECIE <i>AMARANTHUS HYBRIDUS</i> | | | | |
|--|-----------|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| N° de repeticiones | N° planta | Diámetro Inicial - Final | Altura Inicial - Final | Biomasa Inicial - Final |
| | 1 | | | |
| | 2 | | | |
| | 3 | | | |
| | 4 | | | |
| | 5 | | | |
| | 6 | | | |
| | 7 | | | |
| | 8 | | | |
| | 9 | | | |
| | 10 | | | |
| | 11 | | | |
| | 12 | | | |
| | 13 | | | |
| | 14 | | | |
| | 15 | | | |
| | 16 | | | |



Nombres y Apellidos
Bryan Christian Amasi Juen Madalzo
Grado: Colegiado
CIP: 186742



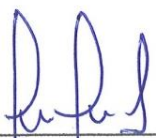
Nombres y Apellidos
Grado: Colegiado
CIP: 191907





Nombres y Apellidos
Ismael Gamboa
Grado: SUB COLEGIADO
CIP: 13600

**Anexo N° 3. Ficha para análisis de desarrollo de Micorrizas Arbusculares.
(Tratamiento N° 3, 4, 5, 6)**

| ANÁLISIS DEL DESARROLLO DE LAS MICORRIZAS ARBUSCULARES. | | | |
|---|--------------|----------------------|----------------------------|
| Tratamiento | Repeticiones | Peso Inicio-Final | N° nódulos Inicio-Final |
| 3 | 1 | | |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |
| 4 | 1 | | |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |
| 5 | 1 | | |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |
| 6 | 1 | | |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |



 Nombres y Apellidos
 ryan christian Armas-Juan Hidalgo
 Grado: Colegiado
 CIP: 186742


 Nombres y Apellidos
 Grado: Colegiado
 CIP: 191907



 Nombres y Apellidos
 ISPAE GODARA
 Grado: ING GUZMÁN
 CIP: 13600

Anexo N° 4. Ficha para el análisis de suelos


| ANÁLISIS DEL SUELO | | | |
|---------------------------|---------------------|--|--|
| Muestra N° | Repeticiones | Concentración de Cd Inicial (mg/kg) | Concentración de Cd Final (mg/kg) |
| T1 | 1 | | |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |
| T2 | 1 | | |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |
| T3 | 1 | | |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |
| T4 | 1 | | |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |
| T5 | 1 | | |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |
| T6 | 1 | | |
| | 2 | | |
| | 3 | | |
| | 4 | | |
| | 5 | | |



Nombres y Apellidos
Bryan Christian Amariuen Micalgo
Grado: Colegiado
CIP: 186742




Nombres y Apellidos
Grado: Colegiado
CIP: 191907




Nombres y Apellidos
JSADC GAMBARA
Grado: INGENIERO
CIP: 13600

Anexo N° 5. Ficha de eficiencia por cada tratamiento.


| Tratamiento | Cd Inicial | Cd Final | % Eficiencia |
|----------------|------------|----------|--------------|
| T ₁ | | | |
| T ₂ | | | |
| T ₃ | | | |
| T ₄ | | | |
| T ₅ | | | |
| T ₆ | | | |



 Nombres y Apellidos
 Bryan Christian Amazifuen Hidalgo
 Grado: Colegiado
 CIP: 186742



 Nombres y Apellidos
 Grado: Colegiado
 CIP: 191907



 Nombres y Apellidos
 F S A B C E D M A D R A S
 Grado: S N G Q U I M I C O
 CIP: 13600

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Amasi fuen Hidalgo Bryan Christian
 1.2. Cargo e institución donde labora: superintendente de Limpieza Pública / Municipalidad San Isidro
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato para colecta de Planta y Mecaniza
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Doraliz Tingso Portocarrero

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | | X | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | | X | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

| |
|------|
| 95 % |
|------|

Lima, 17 Junio del 2017


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 47138572 Telf.: 956228848

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: GAMARRA ISAAC
- 1.2. Cargo e institución donde labora: UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato para colecta de planta y Micorrizas
- 1.4. Autor(A) de Instrumento: Doraliz Trigos Portocarrero

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | | X | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | | X | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

| | |
|----|---|
| 95 | % |
|----|---|

Lima, 17 Junio del 2017


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 07552151 Telf.: 995066662

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: Rodrigo Gabriel Nestor Castañeda Langan
 1.2. Cargo e institución donde labora: CONSULTORA RUWA SOLUTION S.A.C / Gerente Gestión Ambiental
 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Formato para colecta de planta y Micomizas
 1.4. Autor(A) de Instrumento: Doraliz Trigos Porto carrero

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

| CRITERIOS | INDICADORES | INACEPTABLE | | | | | MINIMAMENTE ACEPTABLE | | | ACEPTABLE | | | | |
|--------------------|--|-------------|----|----|----|----|-----------------------|----|----|-----------|----|----|----|-----|
| | | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 | 90 | 95 | 100 |
| 1. CLARIDAD | Esta formulado con lenguaje comprensible. | | | | | | | | | | | | X | |
| 2. OBJETIVIDAD | Esta adecuado a las leyes y principios científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 3. ACTUALIDAD | Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación. | | | | | | | | | | | | X | |
| 4. ORGANIZACIÓN | Existe una organización lógica. | | | | | | | | | | | | X | |
| 5. SUFICIENCIA | Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales | | | | | | | | | | | | X | |
| 6. INTENCIONALIDAD | Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 7. CONSISTENCIA | Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos. | | | | | | | | | | | | X | |
| 8. COHERENCIA | Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores. | | | | | | | | | | | | X | |
| 9. METODOLOGÍA | La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis. | | | | | | | | | | | | X | |
| 10. PERTINENCIA | El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico. | | | | | | | | | | | | X | |

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN :

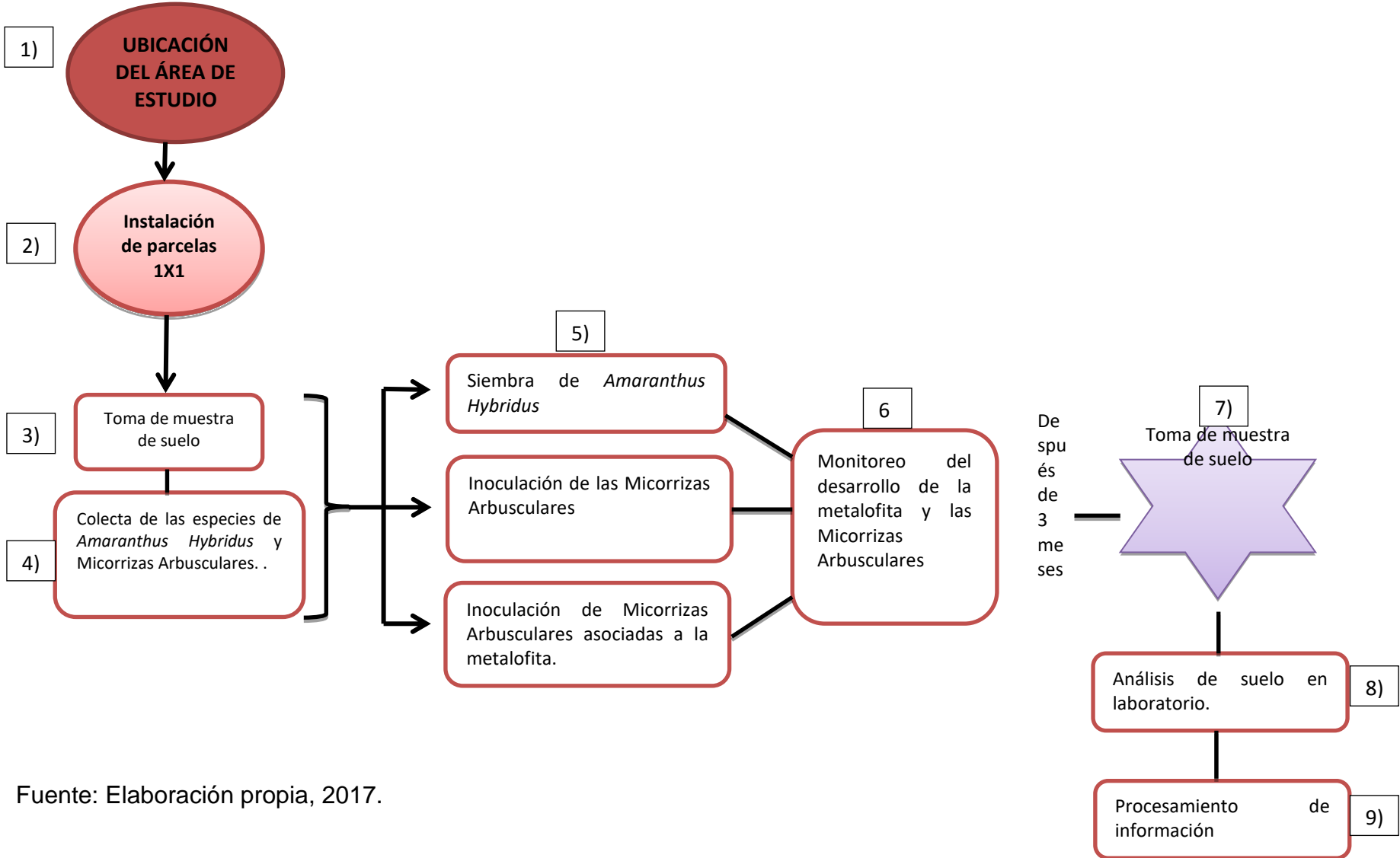
| |
|------|
| 95 % |
|------|

Lima, 17 Junio del 2017


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

DNI No. 71021732 Telf.: 935545632

ANEXO N° 2: Diagrama de Flujo de Procedimiento.



Fuente: Elaboración propia, 2017.

ANEXO N° 3: Análisis de suelo Inicial.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA - DEPARTAMENTO DE SUELOS
 LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



ANALISIS DE SUELOS : CARACTERIZACION

Solicitante : DORALIZ TRIGOSO PORTOCARRERO

Departamento : HUÁNUCO
 Distrito : PUCAYACU
 Referencia : H.R. 59420-084C-17

Bolt.: 518

Provincia : LEONCIO PRADO
 Predio :
 Fecha : 07/07/17

| Número de Muestra | | pH (1:1) | C.E. (1:1) dS/m | CaCO ₃ % | M.O. % | P ppm | K ppm | Análisis Mecánico | | | Clase Textural | CIC | Cationes Cambiables | | | | | Suma de Cationes | Suma de Bases | % Sat. De Bases |
|-------------------|--|-------------|-----------------------|------------------------|-----------|----------|----------|-------------------|-----------|--------------|-------------------|-------|---------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------------------------------|------------------------|---------------------|-----------------------|
| Lab | Claves | | | | | | | Arena % | Limo % | Arcilla % | | | Ca ⁺² | Mg ⁺² | K ⁺ | Na ⁺ | Al ⁺³ + H ⁺ | | | |
| 5903 | Tierra de playa (25 msnm), en producción 5 años | 4.52 | 0.08 | 0.00 | 0.83 | 6.1 | 13 | 67 | 14 | 19 | Fr.A. | 6.40 | 0.61 | 0.27 | 0.12 | 0.12 | 0.90 | 2.02 | 1.12 | 18 |
| 5904 | Tierra de altura (400 msnm), falta producir 2 años | 5.22 | 0.06 | 0.00 | 0.33 | 3.7 | 19 | 31 | 38 | 31 | Fr.Ar. | 16.80 | 7.89 | 1.65 | 0.16 | 0.17 | 0.70 | 10.57 | 9.87 | 59 |

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr Ar L = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso

| Número de Muestra | | Cd ppm |
|-------------------|--|-----------|
| Lab. | Claves | |
| 5903 | Tierra de playa (25 msnm), en producción 5 años | 0.89 |
| 5904 | Tierra de altura (400 msnm), falta producir 2 años | 1.48 |


 Eddy García Bendejuz
 Jefe del Laboratorio

METODOS SEGUIDOS EN EL ANALISIS DE SUELOS

1. Textura de suelo: % de arena, limo y arcilla; método del hidrómetro.
2. Salinidad: medida de la conductividad eléctrica (CE) del extracto acuoso en la relación suelo: agua 1:1 o en el extracto de la pasta de saturación(es).
3. PH: medida en el potenciómetro de la suspensión suelo: agua relación 1:1 ó en suspensión suelo: KCl N, relación 1:2.5.
4. Calcareo total (CaCO₃): método gaso-volumétrico utilizando un calcímetro.
5. Materia orgánica: método de Walkley y Black, oxidación del carbono Orgánico con dicromato de potasio. %M.O.=%Cx1.724.
6. Nitrógeno total: método del micro-Kjeldahl.
7. Fósforo disponible: método del Olsen modificado, extracción con NaHCO₃=0.5M, pH 8.5
8. Potasio disponible: extracción con acetato de amonio (CH₃ - COONH₄)N, pH 7.0
9. Capacidad de intercambio catiónico (CIC): saturación con acetato de amonio (CH₃- COOCH₄)N; pH 7.0
10. Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺ cambiables: reemplazamiento con acetato de amonio

(CH₃ - COONH₄)N; pH 7.0 cuantificación por fotometría de llama y/o absorción atómica.

11. Al⁺³+ H⁺: método de Yuan. Extracción con KCl, N
12. Iones solubles:
 - a) Ca⁺², Mg⁺², K⁺, Na⁺ solubles: fotometría de llama y/o absorción atómica.
 - b) Cl, Co₃=, HCO₃=, NO₃ solubles: volumetría y colorimetría. SO₄ turbidimetría con cloruro de Bario.
 - c) Boro soluble: extracción con agua, cuantificación con curcumina.
 - d) Yeso soluble: solubilización con agua y precipitación con acetona.

Equivalencias:

1 ppm=1 mg/kilogramo

1 millimho (mmho/cm) = 1 deciSiemens/metro

1 milliequivalente / 100 g = 1 cmol(+)/kg

Sales solubles totales (TDS) en ppm ó mg/kg = 640 x CEes

CE (1 : 1) mmho/cm x 2 = CE(es) mmho/cm

TABLA DE INTERPRETACION

| Salinidad | | Materia Orgánica | Fósforo disponible | Potasio disponible | Relaciones Catiónicas | | | |
|-------------------------|--------|------------------|--------------------|--------------------|-----------------------|---------------|-----------|-------|
| Clasificación del Suelo | CE(es) | CLASIFICACIÓN | % | ppm P | ppm K | Clasificación | K/Mg | Ca/Mg |
| *muy ligeramente salino | <2 | *bajo | <2.0 | <7.0 | <100 | *Normal | 0.2 - 0.3 | 5 - 9 |
| *ligeramente salino | 2 - 4 | *medio | 2 - 4 | 7.0 - 14.0 | 100 - 240 | *defc. Mg | >0.5 | |
| *moderadamente salino | 4 - 8 | *alto | >4.0 | >14.0 | >240 | *defc. K | >0.2 | |
| *fuertemente salino | >8 | | | | | *defc. Mg | | >10 |

| Reacción o pH | CLASES TEXTURALES | | Distribución de Cationes % | |
|-------------------------|-------------------|-----------------------|-----------------------------------|------------------|
| Clasificación del Suelo | pH | A | Fr.Ar.A | Ca ⁺² |
| *fuertemente ácido | <5.5 | A.Fr. = arena franca | Fr.Ar = franco arcilloso | = |
| *moderadamente ácido | 5.6 - 6.0 | Fr.A = franco arenoso | Fr.Ar.L = franco arcilloso limoso | = |
| *ligeramente ácido | 6.1 - 6.5 | Fr. = franco | Ar.A = arcilloso arenoso | = |
| *neutro | 6.6 - 7.0 | Fr.L. = franco limoso | Ar.L. = arcilloso limoso | = |
| *ligeramente alcalino | 7.1 - 7.8 | L = limoso | Ar. = arcilloso | = |
| *moderadamente alcalino | 7.9 - 8.4 | | | = |
| *fuertemente alcalino | >8.5 | | | = |

ANEXO N° 4: Análisis de Cadmio Final.




UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES

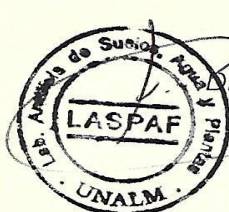


INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : DORALIZ TRIGOSO PORTOCARRERO
PROCEDENCIA : HUÁNUCO/ LEONCIO PRADO/ PUCAYACU/ FUNDO SAN JUAN
REFERENCIA : H.R. 61248
BOLETA : 968
FECHA : 10/11/2017

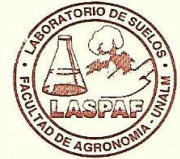
| Lab | Número Muestra Claves | Cd ppm |
|-------|--------------------------|-----------|
| 10318 | T1-R1 | 1.01 |
| 10319 | T1-R2 | 0.91 |
| 10320 | T1-R3 | 0.64 |
| 10321 | T1-R4 | 0.50 |
| 10322 | T1-R5 | 1.00 |
| 10323 | T2-R1 | 0.55 |
| 10324 | T2-R2 | 0.64 |
| 10325 | T2-R3 | 1.73 |
| 10326 | T2-R4 | 1.44 |
| 10327 | T2-R5 | 0.74 |
| 10328 | T3-R1 | 0.47 |
| 10329 | T3-R2 | 0.85 |
| 10330 | T3-R3 | 0.22 |
| 10331 | T3-R4 | 0.62 |
| 10332 | T3-R5 | 0.40 |
| 10333 | T4-R1 | 0.87 |
| 10334 | T4-R2 | 0.97 |
| 10335 | T4-R3 | 0.42 |
| 10336 | T4-R4 | 0.80 |
| 10337 | T4-R5 | 0.29 |


Sr. Saúl García Bendezi
Jefe del Laboratorio





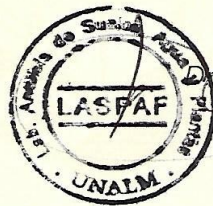
UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE AGRONOMIA
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS, PLANTAS, AGUAS Y FERTILIZANTES



INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : DORALIZ TRIGOSO PORTOCARRERO
PROCEDENCIA : HUÁNUCO/ LEONCIO PRADO/ PUCAYACU/ FUNDO SAN JUAN
REFERENCIA : H.R. 61248
BOLETA : 968
FECHA : 09/11/2017

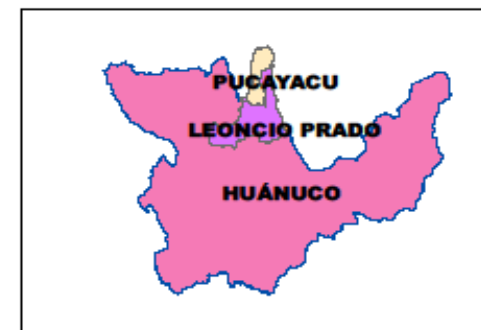
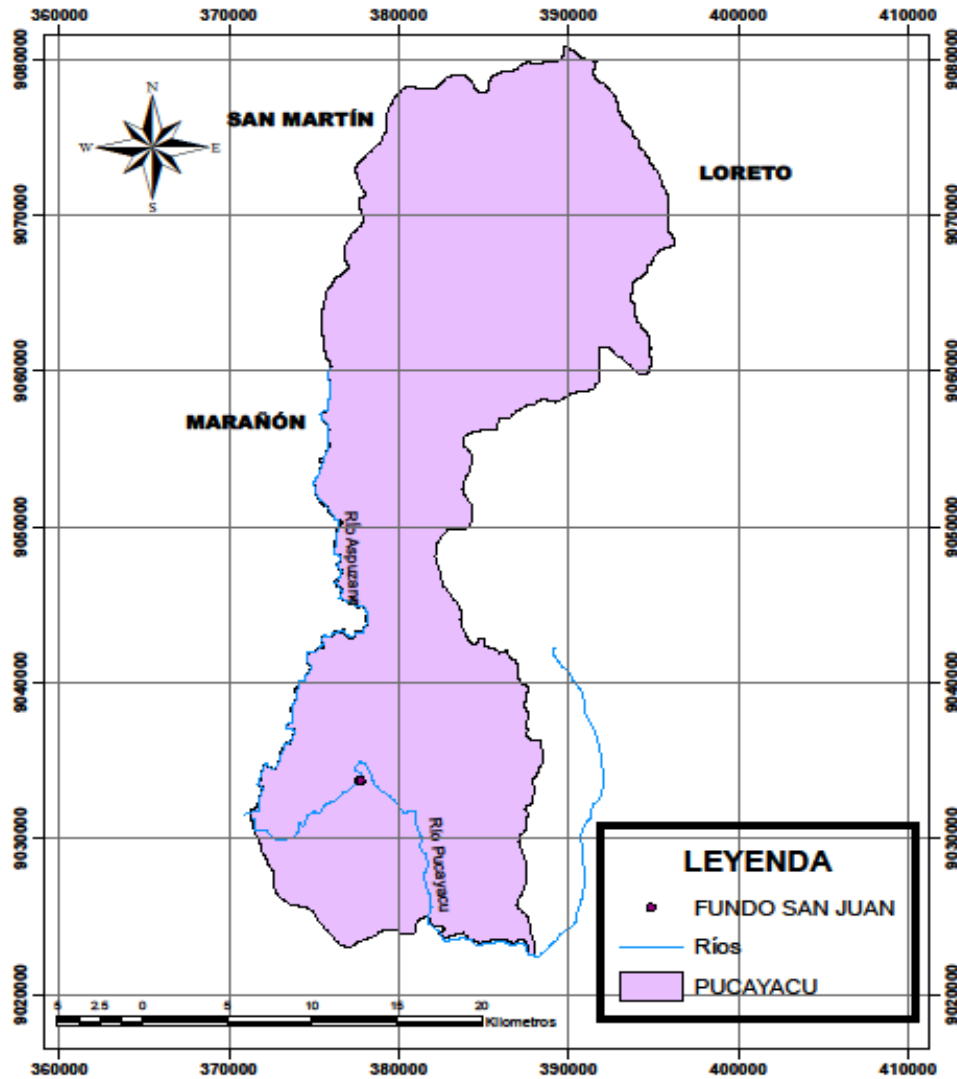
| Lab | Número Muestra | | Cd ppm |
|-------|----------------|--|-----------|
| | Claves | | |
| 10338 | T5-R1 | | 0.78 |
| 10339 | T5-R2 | | 0.77 |
| 10340 | T5-R3 | | 0.68 |
| 10341 | T5-R4 | | 0.65 |
| 10342 | T5-R5 | | 0.71 |
| 10343 | T6-R1 | | 0.43 |
| 10344 | T6-R2 | | 0.68 |
| 10345 | T6-R3 | | 0.87 |
| 10346 | T6-R4 | | 0.69 |
| 10347 | T6-R5 | | 0.74 |




Sed. García Bendejú
Jefe del Laboratorio

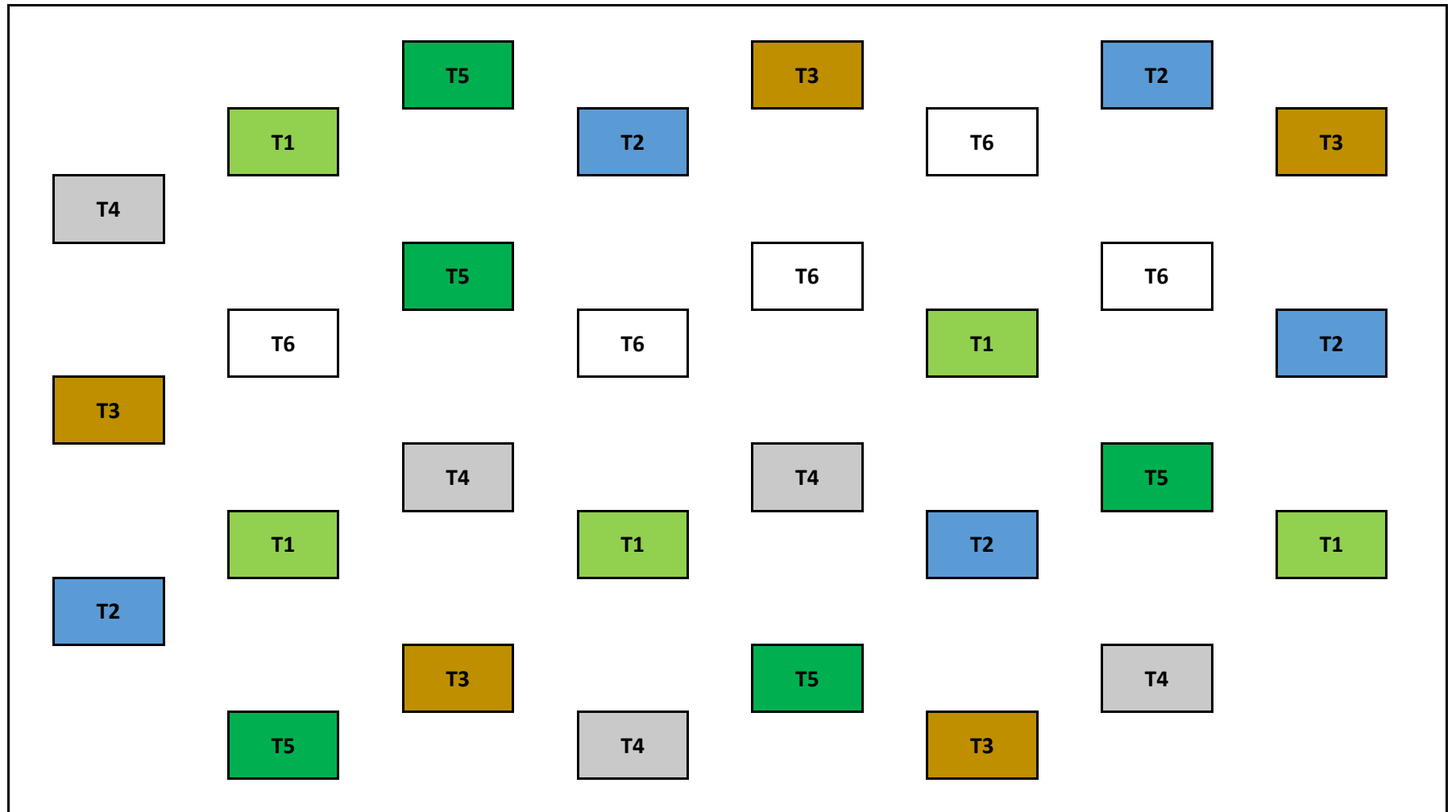
ANEXO N°5: Mapa de Ubicación de la zona de Estudio

MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



| | |
|--|-------------------------------|
|  UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | |
| MAPA DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO-PUCAYACU | |
| ESCALA | 1:31,916,994 |
| FECHA | NOVIEMBRE 2017 |
| ELABORADO POR | DORALIZ TRIGOSO PORTOCARRERO |
| REVISADO POR | Mg. SC. HAYDEE SUÁREZ ALVITES |

ANEXO N°6: Distribución de los Tratamientos en el área de estudio.



ANEXO N° 7: Registro Fotográfico



a) Ubicación de *Amaranthus Hybridus*.

b) Selección de las plantas

c) Instalación de parcelas.



- a) Ubicación de micorrizas arbusculares.
- b) Extracción de nódulos de micorrizas.
- c) Peso de Micorrizas.



- a) Tomando coordenadas del área de estudio.
- b) Medición de altura de la planta.
- c) Toma de muestra de suelo.

ANEXO N° 8: Matriz de consistencia

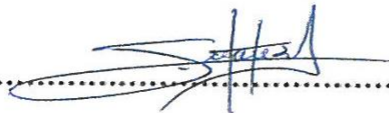
| Problemas | Objetivos | Hipótesis | Variables | | |
|---|---|--|---|--|-----------------------|
| | | | Dimensiones | Indicadores | Escala de Medición |
| <p>Problema General</p> <p>¿Cuánto será la eficiencia del <i>Amaranthus Hybridus</i> y de las Micorrizas <i>Arbusculares</i> para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017?</p> | <p>Objetivo General</p> <p>Determinar la eficiencia del <i>Amaranthus Hybridus</i> y las Micorrizas <i>Arbusculares</i> para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.</p> | <p>Hipótesis General</p> <p>El <i>Amaranthus Hybridus</i> es más eficiente que la micorriza en la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.</p> | Desarrollo del <i>Amaranthus Hybridus</i> | Plantas por metro cuadrado (N°/m ²) | Cuantitativa Discreta |
| <p>Problema Específico 1</p> <p>¿Cuánto será la eficiencia de las Micorrizas <i>Arbusculares</i> para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017?</p> | <p>Objetivo Específico 1</p> <p>Determinar la eficiencia de las Micorrizas <i>Arbusculares</i> para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.</p> | <p>Hipótesis Específica 1</p> <p>Las Micorrizas <i>Arbusculares</i> son eficientes para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.</p> | | Altura de planta (cm) | Cuantitativa Continua |
| <p>Problema Específico 2</p> <p>¿Cuánto será la eficiencia del <i>Amaranthus Hybridus</i> para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017?</p> | <p>Objetivo Específico 2</p> <p>Determinar la eficiencia del <i>Amaranthus Hybridus</i> para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.</p> | <p>Hipótesis Específica 2</p> <p>El <i>Amaranthus Hybridus</i> es eficiente para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.</p> | | Numero de hojas (N°) | Cuantitativa Discreta |
| | | | Desarrollo de la micorriza | Cantidad de micorrizas por metro cuadrado (N°/m ²) | Cuantitativa Discreta |
| | | | | Número de nódulos | Cuantitativa Discreta |
| <p>Problema Específico 3</p> <p>¿Cuánto será la eficiencia del <i>Amaranthus Hybridus</i> asociada a Micorrizas <i>Arbusculares</i> para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017?</p> | <p>Objetivo Específico 3</p> <p>Determinar la eficiencia del <i>Amaranthus Hybridus</i> asociada a Micorrizas <i>Arbusculares</i> para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.</p> | <p>Hipótesis Específica 3</p> <p>La asociación de <i>Amaranthus Hybridus</i> a Micorrizas <i>Arbusculares</i> son eficientes para la reducción de Cadmio en suelos contaminados en la Región Huánuco, 2017.</p> | Eficiencia de remoción (%) | Concentración de Cd en el suelo antes y después (mg/kg) | Cuantitativa Continua |

Yo, Haydeé Suárez Alvites, docente de la Facultad Ingeniería Ambiental y Escuela Profesional Ingeniería de la Universidad César Vallejo, Lima Norte, revisor (a) de la tesis titulada

“REDUCCIÓN DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS A TRAVÉS DE AMARANTHUS HYBRIDUS Y MICORRIZAS ARBUSCULARES EN LA REGIÓN HUÁNUCO, 2017.”, de la estudiante TRIGOSO PORTOCARRERO, DORALIZ constato que la investigación tiene un índice de similitud de 17% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Los Olivos, 04 de diciembre de 2017



Firma

Mg. Sc. Ing. Haydeé Suárez Alvites

DNI: 07088154

| | | | | | |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|
| Elaboró | Dirección de Investigación | Revisó | Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad | Aprobó | Rectorado |
|---------|----------------------------|--------|---|--------|-----------|



FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Reducción de cadmio en suelos contaminados a través de *Amaranthus Hybridus* y Micorrizas *Arbusculares* en la Región Huánuco, 2017.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

Trigoso Portocarrero Doraliz

ASESORA:

Mg. Sc. Suárez Alvítez Haydeé

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2017-II

Match Overview

17%

Currently viewing standard sources

View English Sources (Beta)

Matches

| | | |
|---|--|-----|
| 1 | Submitted to Universid... Student Paper | 5% |
| 2 | repositorio.ucv.edu.pe Internet Source | 4% |
| 3 | es.scribd.com Internet Source | 1% |
| 4 | www.redalyc.org Internet Source | <1% |
| 5 | Submitted to Universid... Student Paper | <1% |
| 6 | repositorio.unac.edu.pe Internet Source | <1% |
| 7 | www.agraria.pe Internet Source | <1% |
| 8 | docplayer.hu Internet Source | <1% |



FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICATION ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

TRIGOSO PORTOCARRERO DORALIZ
D.N.I. : 72031850
Domicilio : Av. Universitaria 2799 - SMP
Teléfono : Fijo : Móvil : 980041353
E-mail : dorita151996@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería
Escuela : Ingeniería Ambiental
Carrera : Ingeniería Ambiental
Título : Ingeniería Ambiental

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

TRIGOSO PORTOCARRERO DORALIZ

Título de la tesis:

Reducción de Cadmio en suelos contaminados a través de Amaranthus Hybridus y Micorizas Arbusculares en la Región Huánuco, 2017.

Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha:

15-06-2018



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FORMATO DE SOLICITUD

SOLICITA:

Visto Bueno para publicación de tesis

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRIGOSO PORTOCARRERO DORAIZ con DNI N° 2031850 domiciliado (a) en AV. UNIVERSITARIA 2799 - SMP

ante Ud. Con el debido respeto, expongo lo siguiente:

Que en mi condición de alumno de la promoción 2017 del programa ...INGENIERÍA AMBIENTAL... Identificado con el código de matrícula N° 2113998323 de la Escuela de Ingeniería Ambiental, recurro a su honorable despacho para solicitar lo siguiente:

VISTO BUENO PARA PUBLICACIÓN DE TESIS

Por lo expuesto, agradeceré ordenar a quien corresponde se me atienda mi petición por ser de justicia.

Lima, 15 de 06 de 2018

Handwritten signatures and stamps, including a circular stamp from the Universidad César Vallejo School of Environmental Engineering, Lima.

Handwritten signature of the recipient or official.