



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“FITORREMEDIACIÓN CON *Taraxacum officinale* ASISTIDA CON MICORRIZAS
PARA LA REMOCIÓN DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS, 2019”.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Maria Elena Cueva Perez (ORCID: 0000-0001-5457-6249)

Reyna Huallane Solis (ORCID: 0000-0001-9683-8024)

ASESOR:

Mg. Rita Jaqueline Cabello Torres (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2019

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi familia, amigos de la universidad y centro laboral, brindándome palabras de motivación y consejos en momento de frustración, ayudándome afrontar diversas situaciones.

Dedico este trabajo a mi madre, por ser una madre ejemplar, guiándome a seguir adelante frente a las adversidades, por enseñarme a no rendirme cuando me sentía cansada., a motivarme a que todo esfuerzo tiene recompensa, este logro es para ti madre querida desde el cielo sé que está orgullosa de tu hija. Al igual que mi padre.

A mi familia, hermanos, tíos por sus consejos y ánimos para continuar en esta linda etapa universitaria

A mis amistades que estuvieron conmigo durante el desarrollo de la tesis y también a los profesores que me acompañaron esta travesía universitaria de mi carrera, por sus recomendaciones y consejos.

AGRADECIMIENTO

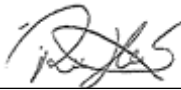
En primer lugar, doy gracias a Dios por haberme dado el coraje y fuerza para culminar este trabajo de investigación. Agradezco también a mi familia por la confianza y el apoyo brindado, corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos y finalmente a todas las personas que creyeron en mí para culminar este proyecto anhelado que siempre quise desarrollarlo.

PÁGINA DEL JURADO

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Reyna Huallane Solis con DNI N.º 44373976, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.



Reyna Huallane Solis

DNI: 44373976

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Maria Elena Cueva Perez con DNI N.º 75072815, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería y, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Maria Elena Cueva Perez', is written over a horizontal line.

Maria Elena Cueva Perez
DNI: 75072815

PRESENTACIÓN

La presente investigación, “Fitorremediación con *Taraxacum officinale* asistida con micorrizas para la remoción de cadmio en suelos contaminados, 2019”, se compone de cuatro capítulos. En el primer capítulo, se plantea la problemática del trabajo de investigación con las teorías relacionadas y trabajos previos, así como también las justificaciones del estudio, la hipótesis y el objetivo principal el cual es: Analizar la eficiencia de la fitorremediación con *Taraxacum officinale* asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019. En el segundo capítulo, se detalló la parte metodológica como el enfoque, tipo de estudio y el diseño de la investigación, así como también se explicaron las variables, se determinó la población y se habló acerca de las técnicas e instrumentos de evaluación que se utilizará en la investigación. En el tercer capítulo, se presentan los resultados obtenidos de los indicadores que fueron propuestos antes de implementar el sistema y después de haber implementado representados mediante gráficos. En el cuarto capítulo, son presentadas las discusiones. En el quinto capítulo, se muestran las conclusiones a las que se llegó. Y por último en el sexto capítulo, están propuestas las recomendaciones.

ÍNDICE

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
PÁGINA DEL JURADO	v
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	vi
PRESENTACIÓN	viii
ÍNDICE	ix
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MÉTODO	10
2.1 Tipo y Diseño de investigación	10
2.2 Operacionalización de las variables	11
2.3 Matriz de operacionalización de las variables	12
2.4 Población, muestras, muestreo	13
2.5 Técnicas de instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	14
2.6 Descripción del procedimiento	18
2.7 Métodos de análisis de datos	26
2.8 Aspectos éticos	27
III. RESULTADOS	28
IV. DISCUSIÓN	44
V. CONCLUSIONES	46
V. RECOMENDACIONES	47
REFERENCIAS	48
ANEXOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomia	8
Tabla 2: Materiales de laboratorio.....	15
Tabla 3: Caracterización del suelo.....	19
Tabla 4: Parametros Fisicoquímico	28
Tabla 5: Redox en las diferentes concentraciones de cadmio	28
Tabla 6: Conductividad Eléctrica en las diferentes concentraciones	29
Tabla 7: Materia Orgánica en las diferentes concentraciones de cadmio.....	29
Tabla 8 Matriz de consistencia	61

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diseño del proyecto	11
Figura 2: Semilla del Diente de León (Taraxacum officinale).....	18
Figura 3: Cultivo del Diente de León (Taraxacum officinale).....	18
Figura 4: Análisis de suelo	19
Figura 5: Mycosym Tri-Ton(micorras arbusculares, Glomus intraradices)	20
Figura 6: Pesado del Cloruro de cadmio.....	21
Figura 7: Preparación de las concentraciones	21
Figura 8: Concentraciones de cadmio	21
Figura 9: Contaminación de suelo	21
Figura 10: Pesado del suelo contaminado en las macetas	21
Figura 11: Selección del diente de león (Taraxacum officinale).....	22
Figura 12: Distribución de los tratamientos.....	22
Figura 13: Distribución de los tratamientos.....	22
Figura 14: Medidas de la planta	23
Figura 15: Lavado de las plantas	23
Figura 16: Lecturas con el microscopio.....	24
Figura 17: Colonización de las micorrizas en la raíz	24
Figura 18: Digestado de las hojas.....	25
Figura 19: Envases de la muestra digestada	25
Figura 20: Digestado de la muestra de suelo	25
Figura 21: Filtrado de la muestra de suelo.....	25
Figura 22: lectura en el equipo	25

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene por finalidad determinar la eficiencia de la fitorremediación con *Taraxacum officinale* asistida con micorrizas para la remoción de cadmio en suelos contaminados, 2019. Se utiliza la especie *Taraxacum officinale* conocido como Diente de León para los tratamientos respectivos. El tratamiento consistió en 4 grupos de contaminantes que presenta concentraciones de cadmio: 100 ppm, 500 ppm, 1000 ppm y 2000 ppm y un grupo control, cada grupo se dividió en dos tratamientos, en un grupo se le adicionó micorrizas y en el otro tratamiento no se le adicionó micorrizas. Toda la experiencia se realizó por duplicado, cada 15 días se llevará a cabo el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del suelo, porcentaje de colonización de micorrizas, la morfología de la planta y la concentración de cadmio en suelo y planta en un periodo de 3 meses.

Palabras claves: absorción de metales, micorrizas, Fitorremediación y concentración de Cd en planta.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to determine the efficiency of phytoremediation with *Taraxacum officinale* assisted with mycorrhizae for the removal of cadmium in contaminated soils, 2019. The *Taraxacum officinale* species known as Dandelion is used for the respective treatments. The treatment consisted of 4 groups of pollutants that have cadmium concentrations: 100 ppm, 500 ppm, 1000 ppm and 2000 ppm and a control group, each group was divided into two treatments, in one group mycorrhizae were added and in the other treatment Mycorrhizae was not added. All the experience was carried out in duplicate, every 15 days the monitoring of the physicochemical parameters of the soil, percentage of mycorrhiza colonization, the morphology of the plant and the concentration of cadmium in soil and plant will be carried out in a period of 3 months.

Keywords: absorption of metals, mycorrhizae, Phytoremediation and concentration of Cd in the plant.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo es uno de los problemas ambientales más serios ya que tiene significativas implicaciones en la salud humana, y en los últimos años el aumento de las actividades antropogénicas como la minería, la industrias, la eliminación de desechos sólidos y efluentes, el uso de agroquímicos y la deposición atmosférica, generan serios impactos directos al ambiente, debido a un incremento de las concentraciones de los contaminantes a niveles tóxicos (Duarte, Cachada y Rocha, 2018).

La minería es una de las fuentes que produce una mayor contaminación de metales pesados debido a las actividades realizadas, las cuales generan un impacto significativo en las propiedades físicas del suelo (Jain Ph.D.,PE,R., Cindy Cui Ph.D,Z y K.Domen M.S,J., 2016).

Los metales pesados son elementos con densidad mayor a 5 g/cm³, aunque también abarca al aluminio y a los metaloides como arsénico y antimonio. Algunos son esenciales en pequeñas concentraciones, pero en exceso son altamente tóxicos (Chávez M.C.A, González R. y López A.S. 2017, p.4). Los metales pesados más tóxicos que encontramos en el suelo son Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn, y son considerados contaminantes prioritarios, debido a su naturaleza mutagénica y cancerígena (Manoj et al. 2020, p.1-2).

Entre las fuentes de emisión de cadmio al ambiente, las principales son la polución atmosférica por combustión, el uso de fertilizantes, etc. (Kubier,A., Wilkin R. y Pichler T. 2019, p. 2), otras fuentes de emisiones son: la fundición y el refinado, o también como subproducto o aplicaciones industriales como plásticos, pigmentos, esmalte, cerámicas y placas de acero (Tahir Hayat 2019 p.163); Según el Servicio Geológico de EE. UU., 2017, se produjeron 23,000 toneladas métricas de Cd en todo el mundo en 2016, en China se emitieron 743 toneladas métricas de Cd en 2009 (Amjad Khan, et al. 2017, p.2).

El cadmio es uno de los elementos más tóxicos, ya que incluso en bajas concentraciones, posee una elevada movilidad en el ambiente, convirtiéndose en un agente biodisponible y con gran persistencia (Khalid, et al, 2019, p.2), además es un metal blando, de color blanco plateado, con un número atómico de 48 y un peso molecular de 112.41. Es un metal divalente con propiedades químicas similares al Zinc, y se presenta en el ambiente en forma de sales como sulfato, cloruro u óxido de cadmio (Hooser, 2018, p.417), Esto genera una alta toxicidad en el ambiente y ocasiona daño para los humanos, organismos

terrestres y acuáticos, ya que el cadmio se bioacumula al ingresar a la cadena alimentaria (Pedro 2019, p. 562).

El Cd no es un elemento esencial para la planta, animal y humano, ya que no cumple con ninguna función metabólica o de crecimiento, puede causar efectos tóxicos en los microorganismos presentes en el suelo, donde se transporta a la cubierta vegetal e ingresa a la cadena alimenticia. Sin embargo, algunas plantas son tolerantes a determinadas concentraciones de cadmio, pero la gran mayoría muestra signos de toxicidad, por lo que genera un crecimiento retardado, pérdida de biomasa, clorosis, necrosis, ennegrecimiento de la raíz, e incluso su muerte. En cuanto a los animales y humanos, los efectos del cadmio más graves se encuentran en el sistema respiratorio, el sistema reproductivo, en los riñones y en el sistema óseo, pudiendo ocasionar daños irreversibles e incluso la formación de cáncer (Tahir Hayat, et al. 2019, p.171-175)

En la actualidad se han aplicado distintos procesos de remediación para eliminar los agentes contaminantes (Rao M.Z., Sultana R. y Harsha Kota S., 2017, p. 245), entre los que destacan el tratamiento físico, el cual restringe el riesgo de los contaminantes por medio de la remoción o contención, el químico, que modifica la especiación del metal para aumentar o reducir su movilidad, y el biológico, que involucra el uso de plantas o microorganismos para remover o contener contaminantes (Chávez G., et al. 2017, p. 4). Sin embargo, estos métodos convencionales no son adecuados sea por su costo y su ecología (Chandra Pandey y Bajpai 2019, p.2). De otro lado existen tecnología de bajo costo y más efectivas que mejoran las perspectivas de remoción en sitios contaminado con metales, considerando la fitorremediación como un método económico, ecológico y rentable, mediante el uso de plantas que extraen los contaminantes del suelo (Wan X., Lei M. y Chen T. 2016, p. 2).

La fitorremediación es una tecnología que hace el uso de plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes que pueden ser orgánicos e inorgánicos hoy en día es considerada una alternativa rentable (Ashraf et.al 2019, p.718).

Sin embargo, la eficacia de la fitorremediación depende de numerosos factores de las plantas y del suelo, como las propiedades fisicoquímicas del suelo, la biodisponibilidad de los metales en el suelo, los exudados microbianos y vegetales, y la capacidad de los organismos vivos para captar, acumular, secuestrar, translocar y desintoxicar los metales. Además, la fitorremediación se clasifica generalmente en fitoestabilización,

fitoevaporación y fitoextracción, según se presenten diferentes mecanismos de absorción, aunque podemos encontrar otras técnicas también utilizadas. (Khalid et al., 2017, p.254)

Entonces, la fitoextracción se basa en el uso de plantas acumuladoras tanto de elementos tóxicos así como compuestos orgánicos para retirarlos del suelo a través de su absorción y concentración en las partes aéreas (Martinez et.al, 2016, p.57).

Así mismo, la fitovolatilización (fitoevaporación) consiste en la absorción de contaminante del suelo por las raíces de las plantas, realizando una conversión y liberación de contaminantes tóxicos a vapores menos tóxicos en la atmósfera a través del proceso de transpiración de las plantas (Prabakaran et al., 2019, p.30).

Además, la fitoestabilización se refiere al uso de plantas que tienen la capacidad de disminuir la movilidad y/o biodisponibilidad de un metal para impedir su entrada en la cadena alimentaria mediante determinados mecanismos, incluida la adsorción mediante raíces, precipitación, complejación en la zona radicular (Sarwar et al., 2017, p.713).

En relación a la fitodegradación, es el uso de la capacidad metabólica de las plantas y de los microorganismos de la rizosfera para captar, almacenar y/o degradar contaminantes orgánicos (Xenobioticos orgánicos) (Fangueiro et al., 2018, p.253).

Por otra parte, la fitofiltración o rizofiltración, los contaminantes son absorbidos o adsorbidos de aguas superficiales o aguas residuales contaminadas, restringiendo su movimiento a las aguas subterráneas. (Gomes et al., 2019, p.134)

Es por ello que la fitoestimulación, también conocida como rizodegradación, es la desintegración de contaminantes orgánicos en la rizosfera con mayor actividad microbiana, es decir, el volumen del suelo de aproximadamente 1 mm cerca de la raíz y está influenciada por la actividad de la raíz.

En la rizosfera, la actividad microbiana aumenta de diferentes maneras:

- i) Los exudados radiculares que contienen aminoácidos e hidratos de carbono enriquecen los microorganismos autóctonos;
- ii) Las raíces aseguran el suministro de oxígeno en la rizosfera para las transformaciones aeróbicas;
- iii) La biomasa de raíz mejoró la disponibilidad de carbono orgánico;

iv) Los hongos micorrícicos causan la degradación de compuestos que no pueden ser descompuesto por bacterias;

v) Las plantas son el hábitat de una mayor población microbiana (Ashraf et al., 2019, p. 718)

Existen plantas fitorremediadoras que absorben los metales del suelo y luego restringen su movimiento hacia los brotes mientras que los excludores restringen la entrada de metales en las raíces de plantas, esto se debe a los diferentes mecanismos de adaptivos para acumular o excluir metales y así mantener su crecimiento (Sabir, et al., 2015, p.86),

Las especies vegetales útiles en la remediación, se obtiene los factores de bioconcentración y factor de translocación; El FBC es relación de la concentración de los metales en el tejido vegetal entre las concentraciones de metales pesados en el suelo. (Chávez, M.C.A, 2017, p.4-5)

$$\text{FBC} = \frac{\text{CONCENTRACION DE METALES PESADOS PARTES AEREAS}}{\text{CONCENTRACION DE METALES PESADOS EN SUELO}}$$

El Factor de Translocación (FT) es la relación de la concentración de los metales en las partes aéreas respecto a la concentración en la raíz, si el valor de FT es menor de 1, la mayor parte del contaminante se acumula en la raíz y no se trasloca (mueve) hacia la parte aérea se considera una planta excludora, si por el contrario el FT es mayor a 1, el contaminante se almacena principalmente en la parte aérea y no en la raíz, entonces se considera una planta acumuladora. Se menciona que cuando el FBC y FT (ambos) son mayores a 1, la planta se clasifica como acumuladora, y cuando el FBC y FT ambos son menores a uno se considera excludora (Chavez M.C.A., 2017, p. 4-5).

Uno de los factores más importantes para la fitorremediación, es la biodisponibilidad del metal. En el caso del Cd, su biodisponibilidad en el suelo depende de las propiedades fisicoquímicas como el pH, el potencial redox, la materia orgánica, la salinidad, los óxidos de Fe, el carbonato de calcio y la capacidad de intercambio catiónico, siendo el pH uno de los más importantes. Cuando el pH del suelo disminuye, aumenta la movilidad del cadmio generando mayor disponibilidad para las plantas., menciona que la solubilidad del CdCO_3 y $\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$ son las controla la movilidad del cadmio en el suelo debe estar

a pH 4,5 y 5,5 es más móvil, si el valor del pH es mayor 7.5 es muy poca la movilidad en el suelo. (Madueño 2017, p.16) El potencial redox también influye en la movilidad de Cd en el suelo, ya que cuando las condiciones cambian de subóxico ($+350 \text{ mV} < \text{Eh} < +100 \text{ mV}$) a anóxico ($\text{Eh} < +100 \text{ mV}$), el Cd queda disponible para la absorción de la planta (Mahmood et al., 2019, p. 143), pero si el potencial redox es mayor, reduce el Cd y resulta en su precipitación (Sebastian et al 2019, p-22). Del mismo modo, la salinidad también aumenta la fitodisponibilidad de Cd en el suelo, ya que las altas concentraciones de iones de cloruro en el suelo dan como resultado la formación de compuestos estables de CdCl^+ y CdCl_2 , lo que mejora la movilidad del Cd en el suelo. Por el contrario, la presencia de materia orgánica y arcilla aumenta la capacidad de intercambio catiónico del suelo y, por lo tanto, disminuye la exposición de los metales a microbios y plantas (Mahmood et al., 2019, p. 144).

La primera etapa de la absorción de metales en las plantas es la interacción con el suelo para solubilizar los metales para su absorción; en esta etapa, las plantas necesitan interactuar con el suelo en la rizosfera (Mongkhonsin et al., 2019, p. 75). Los microorganismos presentes en la rizosfera, junto con los exudados radiculares, transforman los nutrientes inorgánicos e iones de metales pesados, para que la planta pueda absorberlos mediante sistemas de transporte adecuados. Estos sistemas se encuentran en las membranas celulares vegetales y poseen varios transportadores esenciales para la captación de metales y la homeostasis. Diferentes iones de metales pesados son generalmente co-transportados junto con otros nutrientes del suelo (Gosh y Roy 2019, p. 227), como el Cd^{2+} , el cual ingresa a través de portadores designados para Ca^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Cu^{2+} y Zn^{2+} (V. Kuriakose y Prasad 2019, p. 195).

En las mayorías de plantas el cadmio se acumula en la raíz, retenido en la vacuola de las células, y sólo una pequeña parte es transportada hacia la parte aérea de la planta, concentrándose en tallos, hojas, frutos y semillas. Una vez ubicado en la raíz, el cadmio puede pasar al xilema a través del apoplasto (Shah et.al , 2019,p. 118). En algunas plantas el Cd de las células radiculares puede ser transportado a otros compartimentos celulares, como vacuolas, mitocondrias y cloroplastos, y translocado a células vecinas a través de plasmodesmos, o transportadores en la membrana plasmática, para llegar a los vasos de la xilema. Estas plantas a menudo exhiben altas tasas de carga de Cd en la xilema para transportar más metales a las partes aéreas de las plantas. En los hiperacumuladores, el

sistema de flujo dirige la carga de metales en la xilema hacia los brotes (Mongkhonsin et al. 2019, p. 76).

Algunas especies de plantas presentan síntomas de toxicidad por Cd, el cual, al llegar a niveles más altos en las hojas, altera negativamente el proceso fotosintético. Varios informes sugieren que el Cd afecta el crecimiento de las plantas por agotamiento de la eficiencia fotoquímica, el mayor deterioro de la tasa neta de asimilación de CO₂ y la reducción de la actividad de las enzimas. El Cd impone síntomas tóxicos como clorosis foliar, retraso del crecimiento, generación de especies reactivas de oxígeno (ROS) y la influencia de la peroxidación lipídica en las plantas. (Bali et al. p. 376), Además, la toxicidad del cadmio en plantas no permite excretar el metal, debido que no cuentan mecanismos específicos; estas lo absorben y lo acumulan en sus tejidos internos. El efecto del cadmio altera los procesos metabólicos, provocando disminución de la tasa de fotosíntesis y la transpiración. El Cd no permite la entrada, transporte y uso de elementos necesarios (Ca, Mg, P, y K) y del agua, ocasionando desequilibrios nutricionales como hídricos en la planta. (Abanto, 2016, p. 22)


Las plantas herbáceas son adecuadas para la fitoextracción y fitoestabilización, pueden adaptar y sintetizar fitoquelatinas, metalotioneinas, proteínas de estrés y compuestos fenólicos para tolerar el cadmio y otros metales (Mongkhonsin, et al. 2019, p. 75). Además, la familia Asteraceae, presenta 25,000 especies ampliamente distribuidas en todo el mundo debido a su distribución cosmopolita y adaptabilidad ecológica. Además, las especies de Asteraceae crecen en casi todos los tipos de hábitat, presentan caracteres distintivos de muchas de estas especies de plantas y su crecimiento y mantenimiento en diferentes condiciones ambientales las hacen fácilmente aplicables, tienen múltiples especies con potencial de fitorremediación de una amplia gama de contaminantes (Nikolic y Stevovic 2015, p. 784), dentro de la familia Asteraceae se encuentra la planta del diente de león (*Taraxacum officinale*)

Según (Hammami, H., Medhi, P., 2016) en su artículo “Weeds ability to phytoremediate cadmium-contaminated soil”, proponen el uso de malezas para la fitorremediación de suelos contaminados con cadmio: *Portulaca oleracea*, *Solanum nigrum*, *Abutilon theophrasti* y *Taraxacum officinale*, fue contaminado con diferentes concentraciones cadmio: 10, 20, 40, 60 y 80 mg Cd/kg de suelo, denominadas C10, C20, C40, C60 y C80 respectivamente. Las plantas se desarrollaron por 70 días y luego se analizaron. En base

a los resultados calcularon el factor de bioconcentración (BCF), el factor de translocación (TF) y la eficiencia de translocación (TE%) para las distintas concentraciones (C10, C20, C40, C60, C80): *S. nigrum* (BCF: 4.55, 4.85, 5.92, 6.14, 6.33; TF: 1.10, 2.43, 2.02, 1.69, 1.39; TE%: 60.66, 70.82, 66.90, 62.87, 58.09); *A. theophrasti* (BCF: 1.27, 1.2, 1.25, 1.38, 1.47; TF: 0.57, 0.63, 0.60, 0.45, 0.51; TE%: 36.22, 38.75, 37.32, 30.92, 33.62); *T. officinale* (BCF: 5.88, 5.95, 6.33, 6.35, 6.44; TF: 1.66, 1.96, 2.03, 1.73, 1.28; TE%: 62.42, 66.19, 66.94, 63.34, 56.05); *P. oleracea* (BCF: 0.32, 0.50, 0.66, 0.67, 0.76; TF: 0.52, 0.49, 0.40, 0.39, 0.37; TE%: 34.38, 33.00, 28.63, 28.11, 26.99). además la concentración de cadmio en las hojas y raíces (mg/ Kg) del *Taraxacum Officinale* son: en el grupo control (raíz: 1.3 / hojas : 2.1), C10 (raíz : 22.1/ hojas :36.7), C20 (raíz: 40,2 / hojas: 78,7), C40 (raíz: 83,7/ hojas:169,5), C60 (raíz: 139,7/ Hojas: 241,4), C80(raíz:226,3/ hojas: 288,6) Las especies *Taraxacum officinale* y *Solanum nigrum* fueron las menos afectadas por la contaminación, y presentaron un mayor coeficiente de bioconcentración y translocación y mayor porcentaje de eficiencia de translocación, siendo ambas especies efectivas para la fitorremediación de suelos contaminados por cadmio considerando como una especie de hiperacumuladora. Además, el *Taraxacum officinale* conocido como diente de león, proviene de las palabras griegas "taraxis" y "akeomai", que significan "beneficioso para la inflamación "es una planta herbácea de la familia Asteraceas, dicha especie crece en los prados, jardines, campos y bordes de camino. (Maggy, 2019, p. 203). El diente de león es una planta perenne de origen europeo. Esta maleza, cuyo nombre científico es *Taraxacum officinale*, se ha extendido por todo el mundo, debido a su facilidad de adaptación a distintos tipos de suelo. Esta especie es muy conocida por poseer propiedades medicinales y por ser un producto de consumo en el mediterráneo (González, R, 2014, p. 26). El diente de león es generalmente clasificado como un grupo de especies, ya que presenta un marcado polimorfismo con aproximadamente novecientos géneros, de los cuales podemos encontrar ciento ocho en Europa (Gimeno, 2000, p.21).

La botánica de la especie *Taraxacum officinale*, las cuales comienza describiendo sus siguientes partes: posee hojas desde la base dispuestas en rosetas, muy lobuladas., presentando una raíz larga y gruesa y poseen flores de color amarillo forman grandes ramilletes se puede visualizar desde la primavera hasta verano. (Siendentopp, U, 2007)

Tabla 1 Taxonomía

Jerarquía Taxonómica		
	Reino	Plantae
	División	Magnoliophyta
	clase	Magnoliopsida
	orden	Asterales
	Familia	Asteraceae
	Género	Taraxacum
	Especie	Officinale
	Nombre binomial	Traxacum officinale Wigger
	Nombre común	“Diente de león”

Fuente: Elaboración propia

El diente de león puede ubicarse en el grupo de hiperacumuladores y bioindicadores para metales pesados, por lo que puede ser utilizado como especie fitorremediadora para la remoción de metales pesados en suelos contaminados, (Suvada, 2011, p. 89).

Las Micorrizas son asociaciones simbióticas mutualistas entre el hongo y las raíces de las plantas, esta simbiosis es benéfica ya que el hongo ayuda a la planta a absorber fósforo y nutrientes minerales del suelo y a cambio la planta le proporciona al hongo carbono derivado de la fotosíntesis, además se menciona que las plantas micorrizadas son tolerantes a los metales pesados, debido a la capacidad para inmovilizar el metal en la raíz, impidiendo que se trasladen hacia la parte aérea de la planta. La primera barrera para el ingreso de metales pesados es la pared celular del hongo, lo que le otorga la capacidad de absorber cationes, ya que esta se halla cargada negativamente. Así mismo el hongo como protector restringe el movimiento del metal a las raíces, de ello dependerá según la especie de hongo y la planta. (Conix, Martinova y Rineau 2017, p.128-151).

Las micorrizas cuentan con diversos mecanismos que ayudan a reducir la toxicidad por metales pesados en la planta, como pueden ser la adsorción de los mismos en las paredes celulares, la quelación y almacenamiento dentro de las vacuolas del hongo, o la liberación de sustancias que precipiten los metales. Además, los hongos micorrícicos pueden tener influencia en la producción de fitoquelatinas, compuesto sintetizado por la planta al exponerse a condiciones de estrés, lo cual aumenta en gran medida la desintoxicación del metal de la planta, (Gunathilakae, Yapa, Hettiarachchi 2018)

La interacción simbiótica entre las plantas y micorrizas distribuidas en los diversos ecosistemas y agroecosistemas afectados han demostrado ser altamente eficientes al disminuir la carga de metales pesados en muchos vegetales (AGUIRRE/FISCHER - pp. 141-153, 2011).

En los últimos años ha observado que el Perú presenta un gran desarrollo urbano e industrial, en el que destaca la minería como base económica. Pero este desarrollo presenta grandes consecuencias a nivel ambiental, el desarrollo de esta investigación se emplea el tratamiento de fitorremediación frente a diversas concentraciones de cadmio en suelo para observar la capacidad y tolerancia de la especie vegetal seleccionada, *Taraxacum officinale* (Diente de León). El *Taraxacum officinale* es una especie silvestre muy común, difundida en Europa Central y del Sur; se considera una planta bioindicadora ya que tiene la capacidad de captar y almacenar metales pesados en sus tejidos aéreos (Bini C., et al. 2012, p.102), sin embargo en este proyecto se adicionará los hongos micorrícicos arbusculares, creando una simbiosis con la planta y así permitiendo el crecimiento de la biomasa en la especie vegetal, para reducir el estrés de la planta frente al contaminante, obteniendo así un control sobre la fisiología de la plantas. Las micorrizas se consideran promotoras del crecimiento de la planta, debido a que residen en los tejidos radicular generando múltiples beneficios sin causar una enfermedad (Lata R. y K. Gond S. 2019, p. 89). Por lo tanto, en el presente trabajo de investigación se adicionará en cada grupo de contaminante, el tratamiento de una dosis de micorrizas arbusculares (*Glomus intraradices*)y el otro tratamiento el contaminante con la planta, que se evaluará cada 15 días durante un periodo de 3 meses, comparando los posibles efectos que pueden generar los metales pesados hacia la planta, así como la tolerancia de esta y su capacidad en la remediación de las diversas concentraciones de contaminación con cadmio, asistida o no con micorrizas.

II. MÉTODO

2.1 Tipo y Diseño de investigación

2.1.1 Tipo

Este proyecto presenta un tipo de investigación de enfoque experimental, ya que se han manipulado las variables por partes del experimentador, es decir la variable independiente manipula y/o modifica a la variable dependiente, en consecuencia, el estudio que proporciona un cambio a la variable explica la causa y el efecto del problema (Hernández, R., 2010, p.4).

2.1.2 Diseño

El diseño de la investigación es del tipo experimental puro, ya que se manipuló intencionalmente una variable independiente y luego se determinó su efecto en las variables dependientes, además para la elección de la investigación del experimental puro se debe tener en cuenta dos criterios, los cuales son: el primero es un grupo de control o blanco, el segundo un grupo de experimentación en el cual se podrá usar como comparación. (Hernández, R., 2010, p.8),

2.2 Operacionalización de las variables

Variable Independiente: Fitorremediación del *Taraxacum officinale* asistida con micorrizas

Variabes Dependiente: Remoción de cadmio en suelos contaminados

Gráfico N°2 Diseño

Grupo 1: Tiempo 0 días					
Grupo 2: Tiempo 15 días					
Grupo 3: Tiempo 30 días					
Grupo 4: Tiempo 45 días					
Grupo 5: Tiempo 60 días					
Grupo 6: Tiempo 75 días					
Grupo 7: Tiempo 90 días					
TESTIGO	Control	Control Con micorrizas	Control Con micorrizas	Control Con micorrizas	Control Con micorrizas
		Cd1: 100 ppm Cd	Cd2: 500 ppm Cd	Cd3: 1000 ppm Cd	Cd4: 2000 ppm Cd

Figura 1.: Diseño del proyecto

2.3 Matriz de operacionalización de las variables

Tabla N° 1: FITORREMEDIACIÓN CON *Taraxacum officinale* ASISTIDA CON MICORRIZAS PARA LA REMOCIÓN DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADO

	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES
INDEPENDIENTE	FITORREMEDIACIÓN CON <i>Taraxacum officinale</i> ASISTIDA CON MICORRIZAS	La fitorremediación es una técnica que hace el uso de plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes que pueden ser orgánicos e inorgánicos hoy en día es considerada una alternativa rentable (Ashraf et.al(2019, p.718) .	Se trasplantarán la especie de <i>Taraxacum officinale</i> (Diente de león) en cada macetero, donde se aplicará dos tratamientos, dentro de ello un tratamiento corresponde a la adición de micorrizas, luego se realizarán 7 mediciones que constituye las medidas de las plantas, el peso de lo mismo, el porcentaje de colonización que se desarrollaron y la acumulación del contaminante en la planta.	Capacidad bioacumuladora de la planta	Bioacumulación de cadmio en las hojas	Continuas
					Bioacumulación de cadmio en las raíces	Continuas
				Características físicas de las plantas	Estatura de la planta	Continuas
					Cantidad de hojas	Continuas
					Tamaño de la raíz	Continuas
					Biomasa húmeda	Continuas
					Biomasa Seca	Continuas
				Factor de mejora de la planta	Micorrizas	Continuas
					Colonización	Continuas
				DEPENDIENTE	REMOCIÓN DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS	Thahir Hayat (2019) indica que la contaminación de suelos es la alteración de la superficie terrestre cuando un elemento o sustancia químicas resultan perjudiciales en sus componentes, se genera por diversas actividades naturales y antropogénicas, como la minería, la fundición y el refinado (p.163). Esto genera una alta toxicidad en el ambiente y ocasiona daño para los humanos, organismos terrestres y acuáticos, ya que el cadmio se bioacumula al ingresar a la cadena alimentaria (A. Pedro 2019, p. 562).
Conductividad eléctrica	Continuas					
Rédox	Continuas					
Materia Orgánica	Continuas					
Contenido de cadmio en suelo	Concentración de cadmio inicial	Continuas				
	Concentración de cadmio final	Continuas				

Fuente: Elaboración propia

2.4 Población, muestras, muestreo

2.4.1 Población

Una población se define como un conjunto de individuos que poseen una misma serie de características. (Hernández, R., 2010, p.174). Teniendo en cuenta esta definición de población se ha tomado como tal la cantidad de suelo total utilizado (180 kilos), divididos en 1,5 kg por maceta.

2.4.2 Muestra

Con respecto a la teoría indica que la muestra es un subconjunto perteneciente a la población establecida (Hernández, R., 2010, p.175). Teniendo en cuenta esto se ha tomado como referencia una cantidad de 1.5 kg distribuidos en cada una de las macetas.

2.4.3 Muestreo

Se utilizará un muestreo no probabilístico, esto es debido a que no se guía de ninguna fórmula estadística, es decir, las acciones y procedimientos son propuestos por el experimentador, teniendo este la facultad de darle el rumbo necesario a la investigación. (Hernández, R., 2010, p.176).

2.5 Técnicas de instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Para llevar a cabo la presente investigación y cumplir con lo propuesto en el objetivo general, la metodología se planteará de la siguiente forma:

2.5.1 Técnica de recolección de datos:

La técnica empleada en la investigación es la recolección de datos la medición y la observación respectivamente, en función de las variables independiente y dependiente.

2.5.2 Instrumentos:

El instrumento es un método de recolección de datos objetivos y precisos los cuales se pueden cuantificar aplicando las variables de estudio. (Hernández, S., 2010, p.200). Un instrumento de medición que permitió registrar y organizar de forma confiable los datos obtenidos en el proceso de cuantificación de las variables.

El instrumento que utilizó en esta investigación es una ficha de observación de laboratorio que se encuentra en el **ANEXO2**

- **Registro de control de crecimiento de las especies *Taraxacum Officinale*:**

Este instrumento permite la recolección de información sobre la variación del crecimiento del *Taraxacum officinale* después de ser trasplantado al suelo con diferentes concentraciones de 100 ppm, 500 ppm, 1000 ppm y 2000 ppm de cadmio, además conocer el porcentaje de colonización de micorrizas que son asistido en algunos grupos de tratamientos.

- **Registro de parámetros fisicoquímico:**

Este instrumento permite recolectar los datos pertinentes sobre los parámetros fisicoquímicos como pH, Redox, C.E., Materia orgánica y Cd de las macetas de tratamiento designado para la fitorremediación.

Teniendo en cuenta lo antes expuesto se ha desarrollo del proyecto de la especie del *Taraxacum officinale* (diente de león) como fitorremediadora asistida con micorrizas para mejorar la calidad suelo, se realizaron el uso de diferentes equipos de laboratorio

que son considerados como instrumentos para que se haga posible la realización de las pruebas tanto del suelo y de la especie utilizada, estos instrumentos fueron usados en laboratorio de la universidad Cesar Vallejo Lima- Este, para este concepto y procedimiento se determinó y evaluó el estado de los equipos (calibración) el cual sirve como indicador para la credibilidad de los resultados.

Tabla 2: Materiales de laboratorio


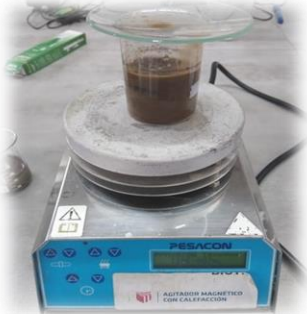

Para análisis de las especies	Para análisis del suelo
<ul style="list-style-type: none"> - Estufa - Desecador - Campana extractora de gases - Espectrofotómetro de absorción atómica 	<ul style="list-style-type: none"> - Agitador Magnético - Vasos precipitado - Mufla
<ul style="list-style-type: none"> - Probetas - Varillas - Agua destilada - Conductímetro - pH-metro - medidor redox - luna de reloj 	
Reactivos para digestión de suelo y plantas	Para análisis de microorganismo
<ul style="list-style-type: none"> - Ácido nítrico - Ácido clorhídrico 1 N. - Peróxido de hidrogeno al 30 % - Ácido sulfúrico 	<ul style="list-style-type: none"> - Azul de tripano 0.05% - Solución acidificada de glicerol - Solución de KOH al 10 % - Solución de HCL al 1 %

Fuente: Elaboración propia

2.5.3 Validez y confiabilidad del instrumento

Para que la investigación sea válida se consultó mediante los certificados de calibración de los equipos utilizados, y así, de esta manera determinar si el instrumento utilizado guarda coherencia con la metodología planteada.

Los resultados obtenidos con estos instrumentos son confiables, ya que el estudio, la metodología y los análisis se realizarán en el laboratorio de biotecnología de la Universidad Cesar Vallejo.

EQUIPO	PARAMETRO	DESCRIPCIÓN	MARCA
 <p>MUFLA</p>	Materia orgánica	Se puede usar a diario en el laboratorio, las características de estos modernos modelos se distinguen por el eficiente proceso de tratamientos que brindan con una puerta de elevación.	Nabertherm
 <p>AGITADOR MAGNÉTICO</p>	R.P.M	El Agitador electro magnético utiliza en este caso un campo magnético para poder mezclar nuestros solventes y solutos.	Pesacon
 <p>CONDUCTIMETRO</p>	Conductividad Eléctrica (µs/cm)	El equipo conocido como conductímetro nos mide la conductividad eléctrica y la cantidad de salinidad, por lo que nos medirá el contenido de las sales concentradas iónicamente en nuestras soluciones.	Modelo Basic

 <p style="text-align: center;">PH-METRO</p>	<p style="text-align: center;">Acidez o alcalinidad (0- 14)</p>	<p>Mide la acidez y la alcalinidad del suelo a estudiar. Tiene un valor neutral cuando tiene el pH en 7.0, los suelos que tienen menores valores a 7.0 se les considera básicos o alcalinos.</p>	<p style="text-align: center;">Modelo HANNA</p>
 <p style="text-align: center;">ESPECTOMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA</p>	<p style="text-align: center;">Concentración de elementos en muestras</p>	<p>Se sostiene en la medición de la absorbancia que se emite de una radiación netamente electromagnética con respecto de una longitud de onda emanada propiamente del elemento que se tiene que medir.</p>	<p style="text-align: center;">Modelo AA500</p>

2.6 Descripción del procedimiento

- Establecimiento del experimento:

Se recolectaron semillas de la planta del Diente de león en las áreas verdes de la Universidad Nacional Agraria la Molina durante el mes de mayo del 2019, después las semillas se almacenaron en bolsa de plásticos



Figura 2:: Semilla del Diente de León (*Taraxacum officinale*)

- Luego las semillas se cultivaron directamente con sustrato a un 1 mm para su germinación de la planta en un recipiente de plástico (macetas), desarrollando un ambiente adecuado para el desarrollo de la germinación del Diente de león (*Taraxacum officinale*), durante la tercera semana de mayo del 2019.



Figura 3:: Cultivo del Diente de León (*Taraxacum officinale*)

- Se han adquirido suelo de cultivo de procedencia de Junín del mercado las flores, además se realizó el proceso de homogeneización del suelo, se tomó una muestra representativa, donde se analizó el cadmio en el equipo de absorción de atómica, los parámetros fisicoquímicos como el pH, redox, conductividad y materia orgánica, se realizó en la Universidad Cesar Vallejo, además los valores obtenidos fueron comparados con los estándares de calidad ambiental.



Figura 4: Análisis de suelo

Tabla 3: Caracterización del suelo

CLAVES	pH	REDOX	C.E.	M.O %	CLASE DE TEXTURA	Cd (mg/ Kg)
M – 1	7.43	-26.1	1293 uS/ Cm	3.4 %	Franco Arenoso	0.0

- El experimento se estableció el diseño de bloque al azar con 2 repeticiones por cada tiempo, presenta 2 tratamientos, el primero tratamiento es las concentraciones de cadmio en el suelo y la planta, el segundo tratamiento se agregó una dosis de micorrizas para el cual se empleó el producto comercial MICROSYM TRI-TOM, que contiene la mezcla de micorrizas (Glomus intraradices) y arcilla expandida, en la cantidad de 2 g. por cada plántula; así como al factor tiempo de muestreo en sus niveles de 0, 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días de edad de la planta, que coincidió aproximadamente en la etapa de la formación de la inflorescencia y etapa llenado de grano



Figura 1: Mycosym Tri-Ton(micorrizas arbusculares, *Glomus intraradices*)

- La diferencia en los 2 experimento consistió en la concentración de cadmio que se contaminó en el suelo, donde se desarrolló 4 concentraciones diferentes que son 100 ppm, 500 ppm, 1000 ppm y 2000 ppm de cadmio en el suelo a cada una de las 56 macetas, mientras que para el caso del experimento de cadmio se aplicaron las distintas concentraciones mencionada más los 2 g. de micorrizas en cada una de las 56 macetas.

TRATAMIENTO DEL SUELO:

- La muestra de suelo es franco arenoso, se secó al aire a la sombra y se pasó a una malla de 2 mm para eliminar las piedras. se preparó $\text{CdCl}_2 \cdot 1\text{H}_2\text{O}$ a una solución madre de 1000 mg/l, para las distintas concentraciones de cadmio. El suelo se le adicionó las soluciones acuosas de $\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ para obtener las concentraciones deseadas que consistió en (0), 100, 500, 1000 y 2000 mg de Cd/Kg de suelo.



Figura 4: Pesado del Cloruro de cadmio



Figura 2: Preparación de las concentraciones



Figura 3: Concentraciones de cadmio

- Se contaminó las 4 parcelas de tierra con las soluciones preparado, por medio de la aspersión. Después de una semana las muestras de suelo fueron uniformemente mezcladas y se colocó en las macetas correspondiente con un peso de 1.5 kilos



Figura 6:Contaminación de suelo



Figura 5: Pesado del suelo contaminado en las macetas

- Después de 30 días de la germinación de la planta se realizó el trasplante en las macetas con sus respectivas concentraciones de cadmio y se adicionaron las micorrizas alrededor de la raíz, inicialmente su riego fue diariamente hasta que se llegue a adaptar las plantas con el contaminante, después se observó que la planta se adaptó a los 15 días, para que la planta no sufran de estrés hídrico, luego se regó continuamente 3 veces a la semana con agua destilada o desionizada, cada 15 días se realizó el monitoreo de los parámetros fisicoquímicos del suelo, porcentaje de colonización de micorrizas y la morfología de la planta.



Figura 8: Selección del diente de león (*Taraxacum officinale*)



Figura 7: Distribución de los tratamientos



Figura 13: Distribución de los tratamientos

- Después de 15 días las plantas fueron cosechados en raíces y hojas y se pesaron. las plantas se jugaron con agua destilada, luego la muestra de planta se secó a 60° C durante 24 h y se volvió a pesar.



Figura 10: Medidas de la planta



Figura 9: Lavado de las plantas

- Se dirigieron las raíces para determinar las colonización de micorrizas por el método de tinción de Philips y Hayman (1970) modificado por Valencia y Zuñiga (2016), se agregó hidróxido de potasio (KOH) por una hora a 90°C, se eliminó el KOH y se enjugó las raíces dos a tres veces con agua destilada para quitar el exceso de KOH , luego nuevamente se sumerge las raíces en HCL al 1 % por cinco minutos, se elimina el HCL, se agregó la solución de glicerol ácido con azul de tripano a 90 °C por una hora, se descargó la solución colorante y agregó glicerol acidificado para mantener las raíces.
- Se extendió al azar las raíces teñidas en una placa petri cuadrículada 1.1 x 1.1, se realizó las lecturas correspondientes mediante el microscopio (p. 66)

$$\% \text{ RAIZ COLONIZADA} = \frac{\text{NÚMERO DE SEGMENTOS COLONIZADOS}}{\text{NÚMERO TOTAL DE SEGMENTO CONTADOS}}$$



Figura 11: Lecturas con el microscopio



Figura 12: Colonización de las micorrizas en la raíz

Se realizó la digestión de la planta por partes separados, después de secar la planta se molió con un mortero, procedió a pesar la planta a 0.05 g. de la muestra seca se adiciona 8 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4), posteriormente se ubicó en un agitador con calefacción a temperatura de $440\text{ }^{\circ}C$ por cuatro minutos, se dejó reposar hasta que deje de evaporar para proseguir adicionar 20 ml de peróxido de hidrogeno (H_2O_2) al 30% de a poco en las paredes del vaso precipitado, se dejó reposar para adicionar 25 ml de ácido clorhídrico (HCL) al digestor, se filtraron con un papel

filtro whatman n° 2 y se llevó las muestras al espectrofotómetro de absorción, para realizar las lecturas correspondientes sobre la concentración de cadmio en la planta.



Figura 14: Digestado de las hojas

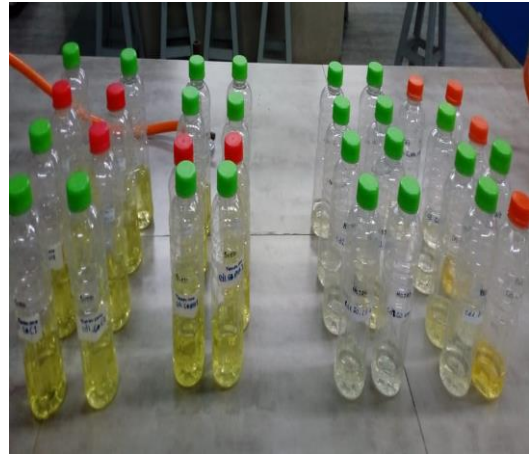


Figura 13: Envases de la muestra digerida

La digestión del suelo se realizó con el método EPA 3050B se pesó 1 g de la muestra, se agregó 10 ml de HNO₃ 1:1, se dejó calentar la muestra a 95±5°C a reflujo de 10 a 15 minutos sin hervir, se deja enfriar la muestra, se añade 5 ml de HNO₃, se deja cubrir y calentar a reflujo de 30 minutos, se dejó enfriar y se añadió 2 ml de agua destilada y 3 ml de H₂O₂ al 30 %, se cubre y se calienta a reflujo de 95±5°C, durante 2 horas o hasta que no quede más de 5 ml, se agrega 10 ml de HCl y se cubre con vidrio de reloj, se procede a llevar a la fuente de calor con un reflujo de 95±5°C durante 15 minutos, por último se filtra el digestor a través del papel filtro whatman N° 41 y se recogió el filtrado en un matraz fiola de 100 ml, se completa a volumen con agua destilada, se procede a analizar en el equipo de absorción atómica.



Figura 17: Digestado de la muestra de suelo



Figura 16: Filtrado de la muestra de suelo

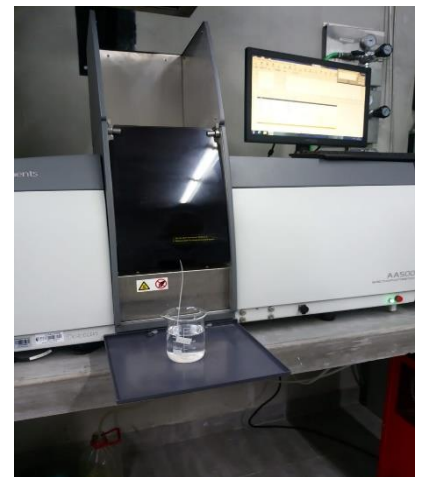


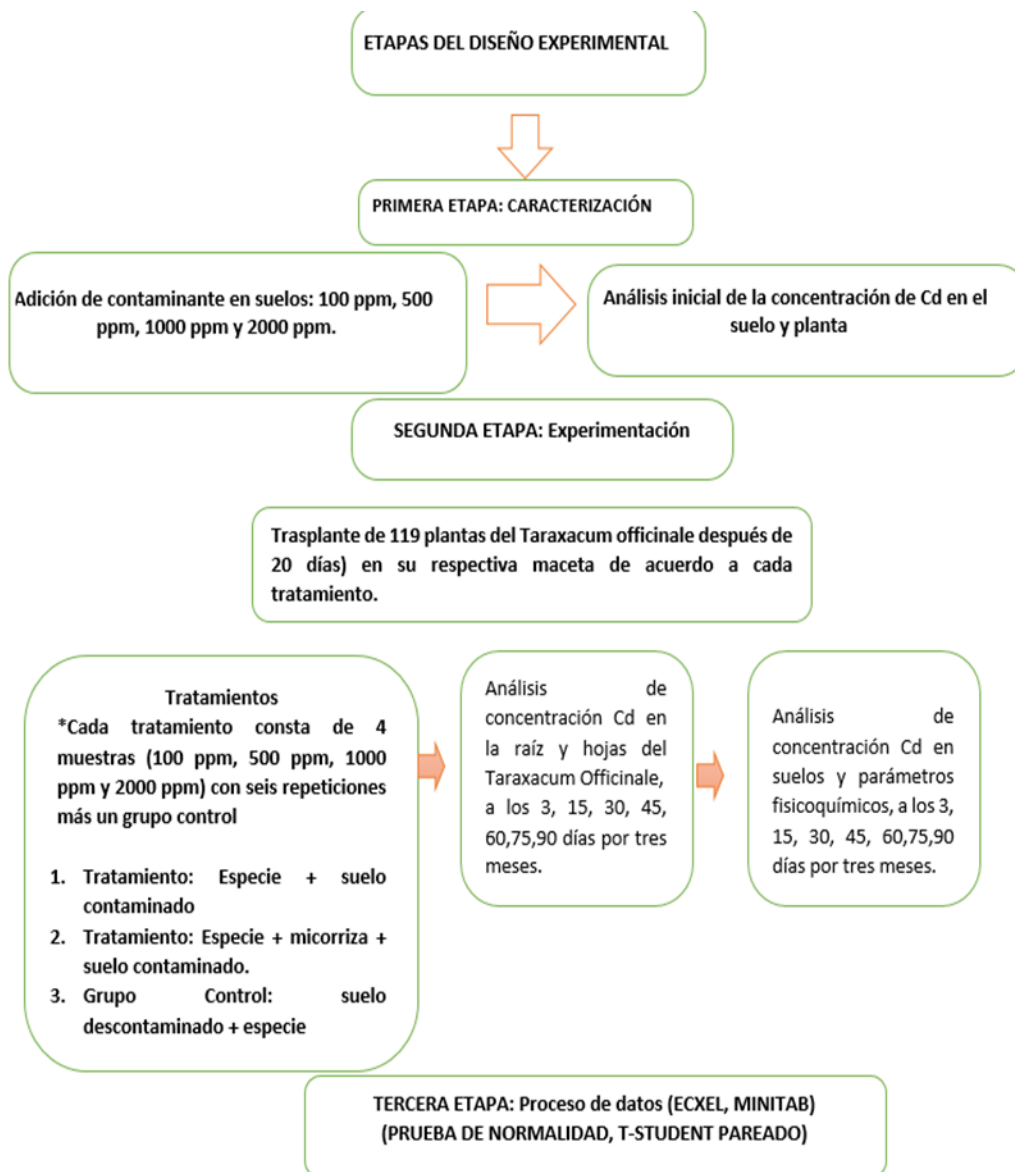
Figura 15: lectura en el equipo

2.7 Métodos de análisis de datos

2.7.1 Recojo de datos

Se recolectó los datos mediante la ficha de observación de laboratorio, esto después de haber realizado la determinación del contenido de cadmio en la muestra.

2.7.2 Diagrama de flujo



2.7.3 Proceso de análisis de datos

Para el procesamiento de análisis de datos se optó por el programa Microsoft Excel v.2016, en el cual se utilizará un gráfico de dispersión y barras para comparar los cambios que se obtuvieron de las diversas muestras analizadas. Además, se utilizó el programa Jamovi versión 1.0.7.0 que permite realizar la comparación de los tratamientos y el nivel de significancia a través de todas las fases experimentación.

2.8 Aspectos éticos

El siguiente estudio mostrará resultados reales, los cuales pueden ser corroborados por todo interesado en el mismo, dado que la metodología y el resultado de la fase experimental serán revelados al público para su consulta según sea el caso.

No obstante, la metodología será corroborada y validada por análisis de las muestras que se realizarán en el laboratorio de biotecnología de la universidad de César Vallejo y laboratorio externo.

III. RESULTADOS

Tabla 4: Parámetros Fisicoquímico

DIAS	C	Control_pH	SIN MICORRIZAS (C1)	SIN MICORRIZAS (C2)	SM_pH	CON MICORRIZAS (HMA 1)	CON MICORRIZAS (HMA 2)	CM_pH
3	0	7	0	0	0	0	0	0
3	100	0	7.48	7.47	7.475	7.48	7.47	7.475
3	500	0	7.48	7.4	7.44	7.48	7.47	7.475
3	1000	0	7.48	7.4	7.44	7.48	7.47	7.475
3	2000	0	7.48	7.47	7.475	7.48	7.47	7.475
15	0	7.2	0	0	0	0	0	0
15	100	0	6.48	6.47	6.475	6.89	6.9	6.895
15	500	0	6.21	6.22	6.215	6.3	6.3	6.3
15	1000	0	6.13	6.12	6.125	6.4	6.45	6.425
15	2000	0	6.64	6.63	6.635	6.71	6.7	6.705
30	0	7.4	0	0	0	0	0	0
30	100	0	6.36	6.35	6.355	6.4	6.45	6.425
30	500	0	6.18	6.15	6.165	6.2	6.25	6.225
30	1000	0	5.86	5.85	5.855	6.3	6.32	6.31
30	2000	0	6.12	6.11	6.115	6.32	6.32	6.32
45	0	7.6	0	0	0	0	0	0
45	100	0	6.02	6.01	6.015	6.12	6.11	6.115
45	500	0	6.1	6.9	6.5	6.15	6.1	6.125
45	1000	0	5.48	5.47	5.475	6.2	6.25	6.225
45	2000	0	5.86	5.85	5.855	5.92	5.91	5.915
60	0	7.3	0	0	0	0	0	0
60	100	0	5.67	5.68	5.675	5.7	5.78	5.74
60	500	0	5.89	5.88	5.885	5.9	5.95	5.925
60	1000	0	5.12	5.11	5.115	6.18	6.15	6.165
60	2000	0	5.56	5.55	5.555	5.71	5.7	5.705
75	0	7.24	0	0	0	0	0	0
75	100	0	5.48	5.47	5.475	5.62	6.63	6.125
75	500	0	4.89	4.9	4.895	5.5	5.6	5.55
75	1000	0	4.64	4.63	4.635	5.3	5.15	5.225
75	2000	0	4.86	4.85	4.855	4.97	4.96	4.965
90	0	7.5	0	0	0	0	0	0
90	100	0	5.32	5.31	5.315	6.31	6.3	6.305
90	500	0	4.68	4.67	4.675	5.4	5.42	5.41
90	1000	0	4.27	4.26	4.265	5.15	5.2	5.175
90	2000	0	4.03	4.02	4.025	4.24	4.23	4.235

Fuente: Elaboración propia

Tabla 5: Redox en las diferentes concentraciones de cadmio

DIAS	C	CONTROL	SIN MICORRIZAS (C1)	SIN MICORRIZAS (C2)	SM_Redox_mv	CON MICORRIZAS (HMA 1)	CON MICORRIZAS (HMA 2)	CM_Redox_r
3	0	72	0	0	0	0	0	0
3	100	0	-61.8	-61.7	-61.75	-61.8	-61.7	-61.75
3	500	0	-61.8	-61.7	-61.75	-61.8	-61.7	-61.75
3	1000	0	-61.8	-61.7	-61.75	-61.8	-61.7	-61.75
3	2000	0	-61.7	-60.4	-61.05	-61.7	-60.4	-61.05
15	0	75	0	0	0	0	0	0
15	100	0	-57.6	-57.5	-57.55	-60.5	-60.8	-60.65
15	500	0	-50.5	-50.4	-50.45	-53.5	-53.4	-53.45
15	1000	0	-50.2	-50.1	-50.15	-53.2	-53.1	-53.15
15	2000	0	-59.7	-58.4	-59.05	-59.7	-59.4	-59.55
30	0	77	0	0	0	0	0	0
30	100	0	-52.4	-52.3	-52.35	-59.5	-59.2	-59.35
30	500	0	-48.8	-48.7	-48.75	-50.8	-50.7	-50.75
30	1000	0	-448.9	-48.8	-248.85	-50.9	-50.8	-50.85
30	2000	0	-37.9	-37.6	-37.75	-40.9	-40.6	-40.75
45	0	80	0	0	0	0	0	0
45	100	0	-49.2	-49.3	-49.25	-55.6	-54.8	-55.2
45	500	0	-40.7	-40.3	-40.5	-43.7	-43.3	-43.5
45	1000	0	-42.5	-42.8	-42.65	-46.5	-46.8	-46.65
45	2000	0	-32.5	-32.1	-32.3	-36.5	-36.1	-36.3
60	0	82	0	0	0	0	0	0
60	100	0	-44.4	-44.3	-44.35	-50.9	-50.8	-50.85
60	500	0	-30.9	-30.9	-30.9	-35.9	-35.9	-35.9
60	1000	0	-40.5	-40.8	-40.65	-43.5	-43.8	-43.65
60	2000	0	-28.9	-28.4	-28.65	-30.9	-30.4	-30.65
75	0	86	0	0	0	0	0	0
75	100	0	39.4	39.3	39.35	42.6	42.5	42.55
75	500	0	28.9	28.8	28.85	31.9	31.8	31.85
75	1000	0	-28.8	-28.7	-28.75	-31.8	-31.7	-31.75
75	2000	0	-25.7	-25.6	-25.65	-27.7	-27.6	-27.65
90	0	88	0	0	0	0	0	0
90	100	0	32.5	32.4	32.45	35.7	35.6	35.65
90	500	0	26.8	26.7	26.75	28.8	28.7	28.75
90	1000	0	24.7	24.7	24.7	27.7	27.7	27.7
90	2000	0	22.4	22.2	22.3	24.4	24.2	24.3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 6: Conductividad Eléctrica en las diferentes concentraciones

DIAS	C	Control_CE_uSc	SIN MICORRIZAS (C1)	SIN MICORRIZAS (C2)	SM_CE_uSc	CON MICORRIZAS (HMA 1)	CON MICORRIZAS (HMA 2)	CM_CE_uSc
3	0	70.6	0	0	0	0	0	0
3	100	0	134	132	133	134	132	133
3	500	0	134	132	133	124	120	122
3	1000	0	134	132	133	124	120	122
3	2000	0	134	132	133	134	132	133
15	0	76.4	0	0	0	0	0	0
15	100	0	450	452	451	430	431	430.5
15	500	0	501	503	502	495	494	494.5
15	1000	0	534	535	534.5	520	521	520.5
15	2000	0	565	564	564.5	554	553	553.5
30	0	80.4	0	0	0	0	0	0
30	100	0	481	483	482	450	448	449
30	500	0	546	546	546	532	531	531.5
30	1000	0	562	563	562.5	549	550	549.5
30	2000	0	584	581	582.5	571	570	570.5
45	0	86.7	0	0	0	0	0	0
45	100	0	684	686	685	680	682	681
45	500	0	561	562	561.5	550	551	550.5
45	1000	0	590	591	590.5	580	581	580.5
45	2000	0	610	612	611	602	601	601.5
60	0	95.2	0	0	0	0	0	0
60	100	0	761	763	762	755	753	754
60	500	0	598	599	598.5	596	597	596.5
60	1000	0	640	641	640.5	632	631	631.5
60	2000	0	710	712	711	698	697	697.5
75	0	97.6	0	0	0	0	0	0
75	100	0	850	851	850.5	840	841	840.5
75	500	0	762	763	762.5	753	752	752.5
75	1000	0	860	861	860.5	850	851	850.5
75	2000	0	1005	1004	1004.5	992	991	991.5
90	0	91	0	0	0	0	0	0
90	100	0	912	913	912.5	896	895	895.5
90	500	0	977	976	976.5	961	963	962
90	1000	0	1023	1024	1023.5	1002	1001	1001.5
90	2000	0	1257	1256	1256.5	1246	1245	1245.5

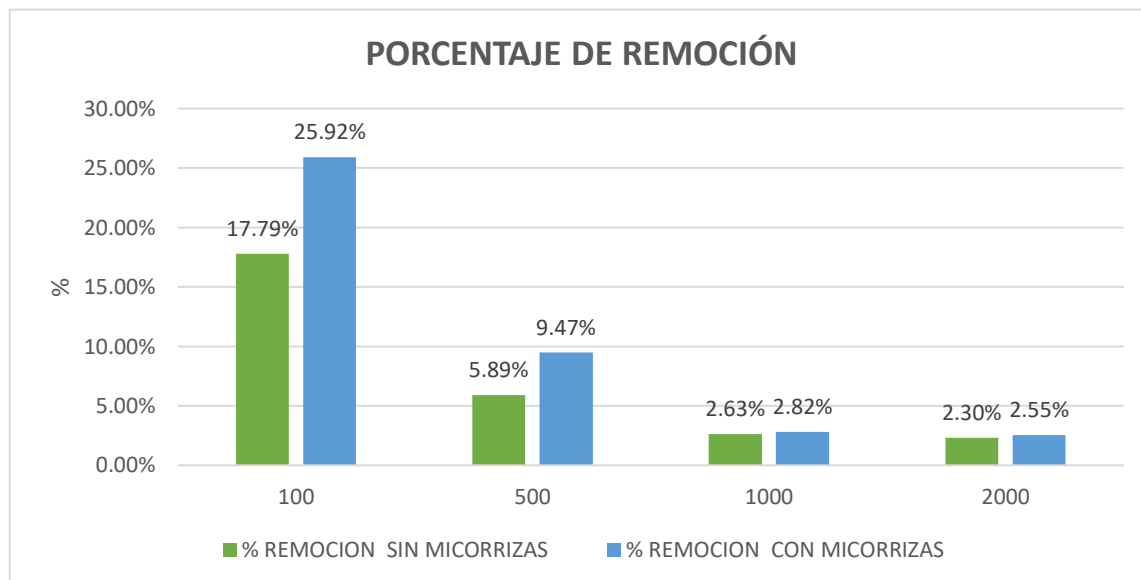
Fuente: Elaboración propia

Tabla 7: Materia Orgánica en las diferentes concentraciones de cadmio

DIAS	C	Control_MO%	SIN MICORRIZAS (C1)	SIN MICORRIZAS (C2)	SM_MO%	CON MICORRIZAS (HMA 1)	CON MICORRIZAS (HMA 2)	CJM_MO%
3	0	60	0	0	0	0	0	0
3	100	0	10.50	10.39	10.445	10.50	10.39	10.445
3	500	0	10.50	10.39	10.445	10.50	10.39	10.445
3	1000	0	10.50	10.39	10.445	10.50	10.39	10.445
3	2000	0	10.5	10.39	10.445	10.5	10.39	10.445
15	0	66.8	0	0	0	0	0	0
15	100	0	10.20	10.15	10.175	10.15	10.10	10.125
15	500	0	10.20	9.88	10.04	10.15	9.85	10
15	1000	0	10.20	10.15	10.175	10.15	10.10	10.125
15	2000	0	10.35	9.58	9.965	10.31	9.54	9.925
30	0	67.2	0	0	0	0	0	0
30	100	0	10.10	10.50	10.3	10.50	10.49	10.495
30	500	0	9.87	8.97	9.42	9.80	8.95	9.375
30	1000	0	8.50	8.20	8.35	8.45	8.15	8.3
30	2000	0	9.50	9.40	9.45	9.45	9.29	9.37
45	0	60.2	0	0	0	0	0	0
45	100	0	9.80	9.75	9.775	9.75	9.70	9.725
45	500	0	8.50	7.85	8.175	8.45	7.80	8.125
45	1000	0	7.20	7.15	7.175	7.15	7.10	7.125
45	2000	0	9.30	8.59	8.945	9.25	8.54	8.895
60	0	67	0	0	0	0	0	0
60	100	0	9.7	9.65	9.675	9.65	9.6	9.625
60	500	0	7.95	6.45	7.2	7.90	6.40	7.15
60	1000	0	6.10	5.96	6.03	6.01	5.91	5.96
60	2000	0	8.55	7.95	8.25	8.50	7.90	8.2
75	0	67	0	0	0	0	0	0
75	100	0	8.89	8.70	8.795	8.85	8.68	8.765
75	500	0	6.00	5.87	5.935	5.95	5.85	5.9
75	1000	0	5.80	5.78	5.79	5.75	5.74	5.745
75	2000	0	7.90	6.82	7.36	7.85	6.78	7.315
90	0	68.57	0	0	0	0	0	0
90	100	0	7.78	7.40	7.59	7.75	7.35	7.55
90	500	0	5.80	5.50	5.65	5.75	5.45	5.6
90	1000	0	4.80	4.70	4.75	4.69	4.65	4.67
90	2000	0	4.20	4.10	4.15	4.15	4.05	4.1

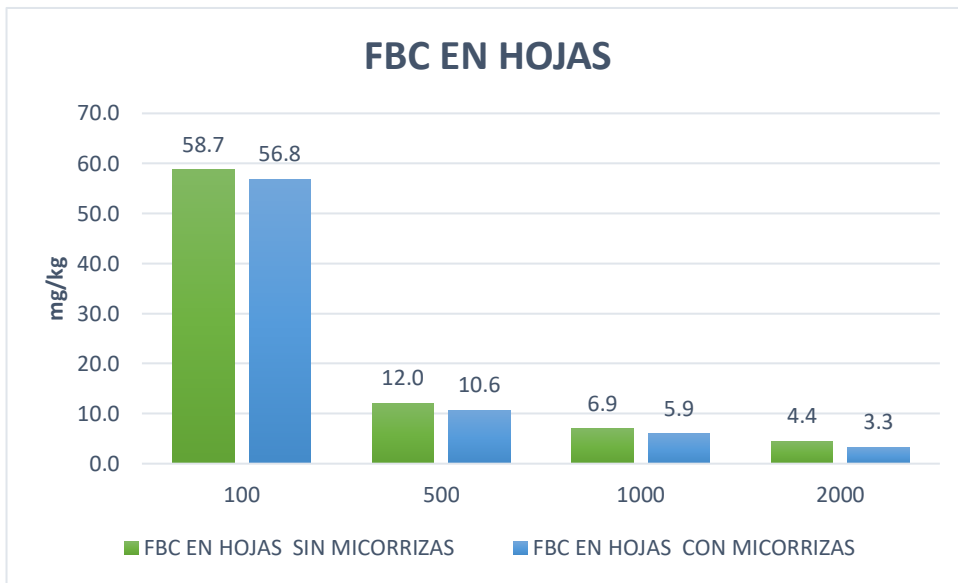
Fuente: Elaboración propia

Gráfico1: Porcentaje



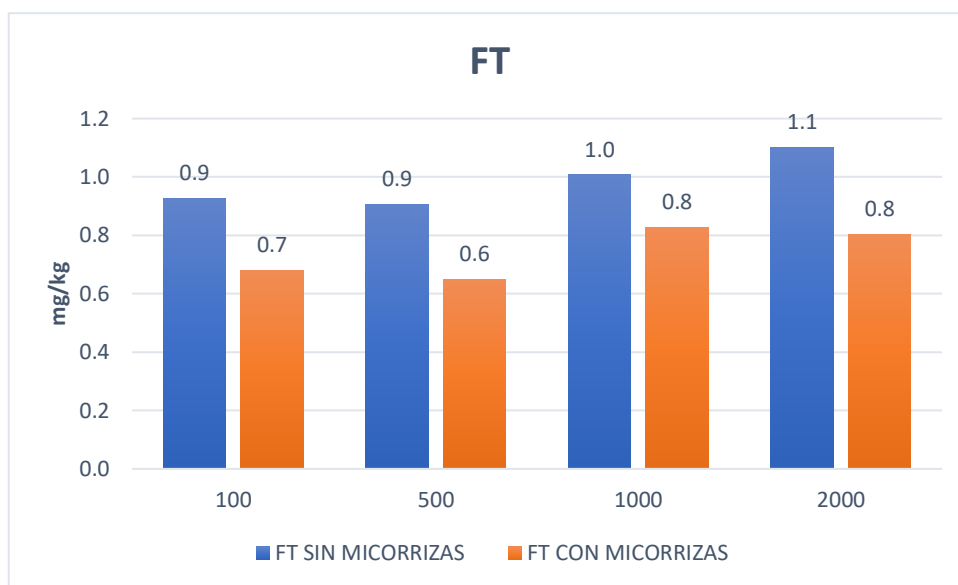
En el gráfico 1 se observa el porcentaje de remoción de cadmio en suelos, a partir de la concentraciones iniciales y finales, que permitió determinar el porcentaje de remoción, el cual presento una mejor eficiencia en el tratamiento sin micorrizas (100 ppm), registrando una mayor remoción de 25.92% en suelos. A sí mismo el tratamiento con micorrizas obtuvo una menor remoción de cd con 25.92% en la concentración de (100 ppm).

Gráfico 2: Factor de Bioconcentración en las hojas



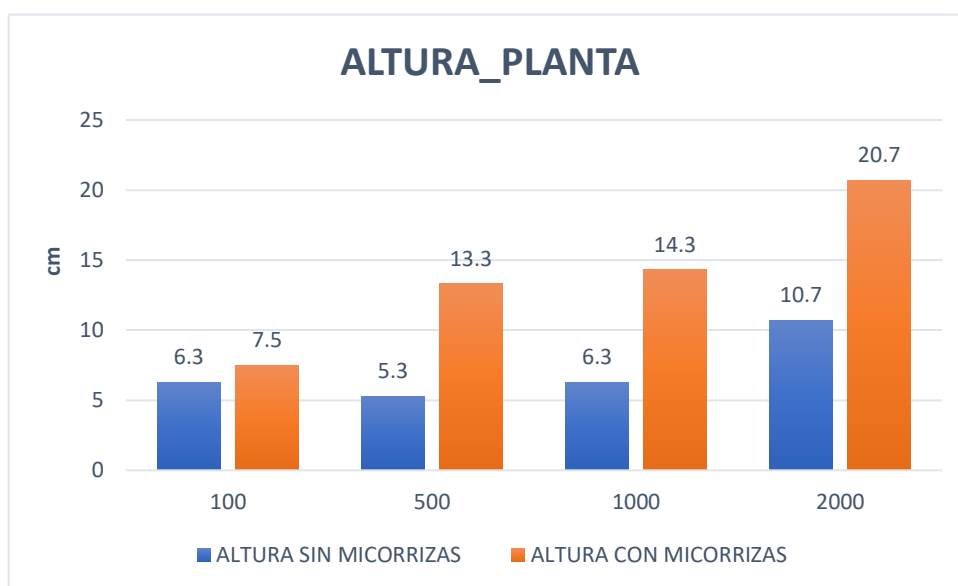
El gráfico 2 se puede observar como medida de potencial fitorremediador de la planta es el factor de bioconcentración, que indica la relación entre la concentración de acumulada en la parte aérea. En el grafico muestra una mayor bioconcentración en las hojas de 58.7 mg/kg de cadmio de la concentración de 100 ppm con el tratamiento sin micorrizas, a comparación de la concentración de 2000 ppm que obtuvo una menor bioconcentración de 3.3 mg/kg de cd. La especie en estudio emplea el mecanismo de acumulación en las partes aéreas, en condiciones de pH (acido), menor contenido de materia orgánica, entre otros. A sí mismo, se observó la bioconcentración del tratamiento con micorrizas fue menor en la concentración de 100 con 56.8 mg/kg de cd.

Gráfico 3: Factor de translocación para tratamientos con y sin micorrizas



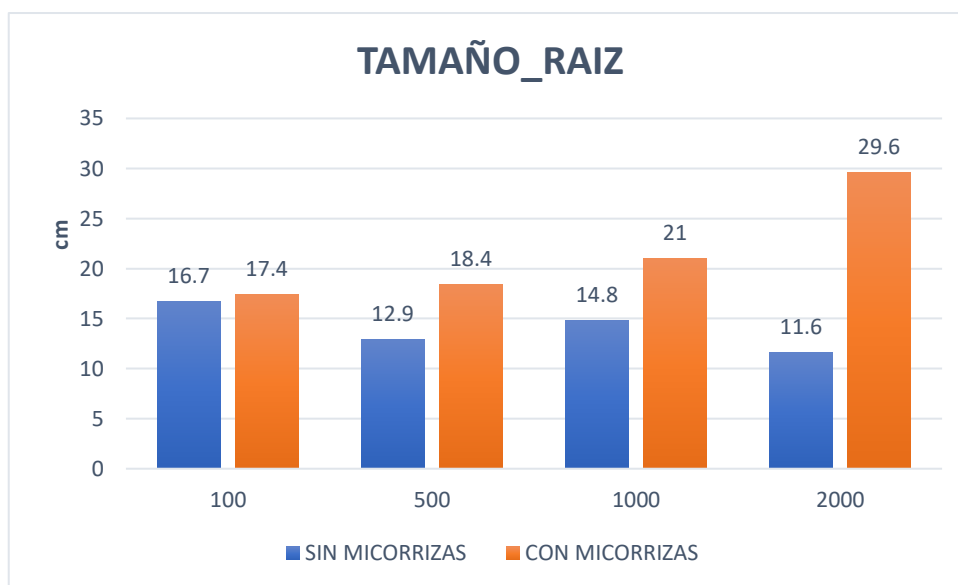
Del gráfico 3 se puede observar como medida de potencial fitorremediador de la planta es el factor de translocación, que indica la relación entre la concentración de acumulada en la parte aérea y la raíz. Es conveniente que el FT tenga niveles elevados para asegurar la detoxificación del metal en las partes aéreas de la planta. (Chavez, 2014, p. 62). En el grafico muestra una mayor translocación de 1.1 mg/kg de cadmio de la concentración de 2000 ppm con el tratamiento sin micorrizas, a comparación de la concentración con micorrizas de 2000 ppm que obtuvo una menor translocación de 0.8 mg/kg. La especie en estudio emplea el mecanismo de extracción del cd, o acumulación en las partes aéreas, en condiciones de pH (acido), menor contenido de materia orgánica, entre otros. A sí mismo, se observó la translocación de la concentración de 500 ppm del tratamiento con micorrizas fue menor con 0.6 mg/kg de cadmio.

Gráfico 4: Altura de la planta



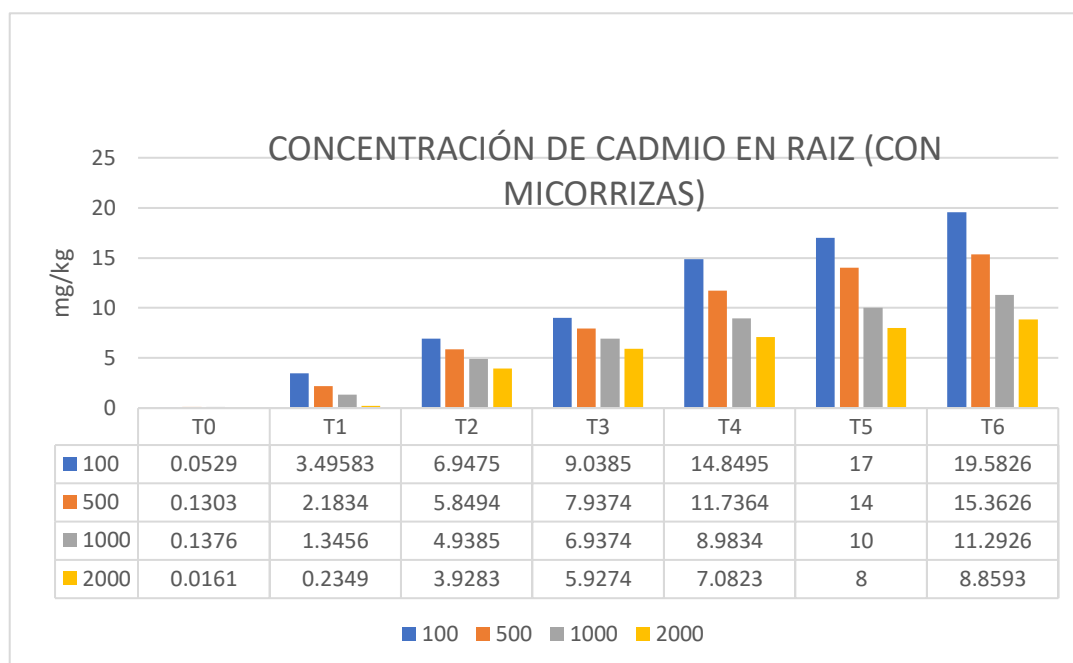
En el gráfico 4 se observa que el tratamiento con micorrizas influyó significativamente en el crecimiento de las hojas logrando una altura de 20.7 cm correspondiente a la muestra de 2000 ppm, en comparación con el tratamiento sin micorrizas presentado una altura de 10.7 cm de la muestra de 2000 ppm, así mismo se puede apreciar que la menor altura presentada es de 5.3 cm de la muestra de 500 ppm sin micorrizas.

Gráfico 5: Tamaño de la raíz



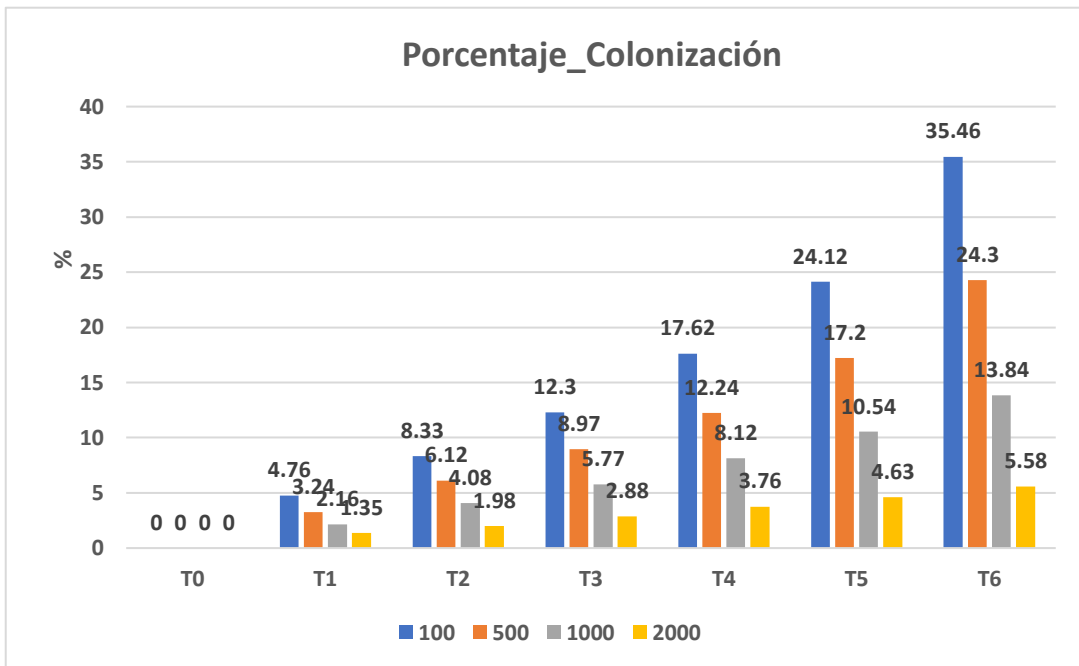
En el gráfico 5, se puede apreciar que el tratamiento con micorrizas influyo de forma significativa en la longitud (cm) de la raíz, presentando una medida de 29.6 cm de la muestra de 2000 ppm, en contrates con la muestra de 2000 ppm sin micorrizas obteniendo una longitud de 11.6 la menor de todas las muestras.

Gráfico 4: Concentración de cadmio en raíz con el tratamiento de micorrizas



De acuerdo con el gráfico 4, podemos observar que la concentración de cadmio en la raíz de la especie del *taraxacum officinale* acumuló más cadmio en sus tejidos cuando estuvieron asociados al hongo micorrícica *Glomus intraradices*. Se afirma que la presencia de micorrizas le permite a la planta explorar más espacios en el suelo por lo que tiene una mayor probabilidad de absorber no solo nutrientes minerales del suelo si no también contaminantes como el cadmio. En el caso de la muestra de 100 ppm en el día 90 acumula significativamente 19.5826 mg/kg, a comparación de la muestra de 2000 ppm que acumulo menos con 8.8593 mg/kg.

Gráfico 6: porcentaje de colonización



De acuerdo al gráfico se observa la comparación de colonización de micorrizas en las raíces del taraxacum officinale (Diente de león) en todas las concentraciones; aumenta principalmente a los 75 días la muestra de 100 ppm con 24.12%, pero se registra un aumento significativo a los 90 días con 35.46 % de colonización, mientras la muestra de 2000 ppm registra una menor colonización de micorrizas a los 90 días con 5.58%; se hace evidente la diferencia entre los tratamiento inoculados.

Análisis estadísticos

Prueba de normalidad

Para realizar el proceso de los parámetros de este trabajo, se utilizará la tabla de normalidad para identificar la distribución adecuada para cada variable propuesta.

Tabla 7: Prueba de Normalidad

Test of Normality (Shapiro-Wilk)		
	W	P
"Conce_Suelo_Inicial"	0.808	< .001
"Control_Peso_Aereo_g"	0.4	< .001
"SM_PesoAereo_g"	0.606	< .001
"CM_PesoAereo_g"	0.667	< .001
"Control_Peso_raiz_g"	0.378	< .001
"SM_Peso_raiz_g"	0.593	< .001
"CM_Peso_raiz_g"	0.652	< .001
"Control_coloniza_micorrizas_%"	NaN	
"SM_Colon%"	NaN	
"CM_Colon%"	0.167	< .001
"Cont_Cd_suelo"	NaN	
"SM_Cd_suelo"	0.804	< .001
"CM_Cd_suelo"	0.804	< .001
"Control_Cd_aerea"	NaN	
"SM_Cd_aere"	0.895	0.003
"CM_Cd_aere"	0.769	< .001
"Control_Cd_raiz"	NaN	
"SM_Cd_raiz"	0.843	< .001
"SM_Cd_raiz" (2)	0.898	0.003
"Control_CE_uScm"	0.516	< .001
"SM_CE_uScm"	0.921	0.015
"CM_CE_uScm"	0.923	0.017
"Control_MO%"	0.502	< .001
"SM_MO%"	0.812	< .001
"CM_MO%"	0.817	< .001
"Control_pH"	0.499	< .001
"SM_pH"	0.777	< .001
"CM_pH"	0.719	< .001
"Control_Redox"	0.509	< .001
"SM_Redox_mv"	0.76	< .001
"CM_Redox_mv"	0.867	< .001

HO: La fitorremediación con Taraxacum officinale asistida con micorrizas será eficiente con una remoción de 20% cadmio en suelos contaminados

HI: La fitorremediación con Taraxacum officinale asistida con micorrizas no será eficiente con una remoción de 20% cadmio en suelos contaminados

Interpretación

El resultado de la significancia fue menor al nivel de significancia para los parámetros fisicoquímicos de ambos tratamientos con y sin micorrizas en suelos contaminados con cadmio, por lo cual no poseen distribución normal, es por ello que se utilizó la prueba de Kruskal-Wallis para analizar si existen diferencias significativas entre las cantidades de cadmio tanto en las plantas y suelo.

Evaluación de la eficiencia de fitorremediación de cd en el suelo

Prueba de Kruskal Wallis

H0: No existen diferencias significativas entre los tratamientos con y sin micorrizas para la remoción de cadmio en suelos contaminados al pasar los días

H1: Existen diferencias significativas entre los tratamientos con y sin micorrizas para la remoción de cadmio en suelos contaminados al pasar los días

Al existir una distribución que no posee normalidad se debe utilizar la prueba de Kruskal-Wallis para analizar si existen diferencias significativas entre los tratamientos con y sin micorrizas.

Tabla 8: Prueba de Anova

Evaluacion de la eficiencia de fitoremediacion de Cd en suelo				
One-Way ANOVA (Non-parametric)				
Kruskal-Wallis				
dias	χ^2	df	p	ϵ^2
"SM_Cd_suelo"	0.507	6	0.998	0.0149
"CM_Cd_suelo"	0.545	6	0.997	0.016

Interpretación:

La significancia (p) en el tratamiento sin micorrizas y con micorrizas en suelos con cadmio, muestran un valor de 0.998, de tal manera que resulta mayor al nivel de significancia de 0.05, en consecuencia, no se rechaza la hipótesis nula (H0), y expresan

que no existe diferencias significativas en cuanto a la eficiencia de la fitorremediación de suelos al pasar los días en ambos tratamientos.

Tabla 9: Remoción de cadmio en el tratamiento de micorrizas

One-Way ANOVA (Non-parametric)				
Kruskal-Wallis				
	χ^2	df	p	ϵ^2
"CM_Cd_suelo"	34	27	0.166	1

H0: No hay remoción significativa del cadmio en el suelo con la aplicación del tratamiento con micorrizas.

H1: Si hay remoción significativa del cadmio en el suelo con la aplicación del tratamiento con micorrizas.

Interpretación

En la tabla se puede observar que valor p es 0.166, esto indica que es mayor al nivel de significancia de 0.05, ello resulta que no se rechaza la hipótesis nula, y quiere decir que el tratamiento con micorrizas no remueve una cantidad significativa de cadmio en suelos contaminados.

Evaluación de la planta: acumulación de cadmio

Tabla 10: Prueba de concentración de cadmio en la planta en el tratamiento sin micorrizas

One-Way ANOVA (Non-parametric)				
Kruskal-Wallis comparado contra la prueba sin micorrizas				
	χ^2	df	p	ϵ^2
"CM_Cd_aere"	34	24	0.085	1

H0: No hay acumulación significativa de cadmio en la parte aérea con el tratamiento con micorrizas

H1: Si hay acumulación significativa de cadmio en la parte aérea con el tratamiento con micorrizas.

Interpretación

En la tabla se puede observar que valor p es 0.085, esto indica que es mayor al nivel de significancia de 0.05, ello resulta que no se rechaza la hipótesis nula, y quiere decir que el tratamiento con micorrizas no hay acumulación significativa de cadmio en las partes aéreas.

Tabla 11: Prueba de peso aéreo en el tratamiento sin micorrizas

One-Way ANOVA (Non-parametric)				
Kruskal-Wallis comparandolo contra la prueba sin micorrizas				
	χ^2	df	p	ϵ^2
"CM_PesoAereo_g"	33.7	23	0.07	0.991

H0: No hay mayor peso aéreo con la aplicación del tratamiento con micorrizas

H1: Si hay mayor peso aéreo con la aplicación del tratamiento con micorrizas

Interpretación

En la tabla se puede apreciar que valor p es 0.07, esto indica que es mayor al nivel de significancia de 0.05, por esta razón no se rechaza la hipótesis nula, y quiere decir que él no hay mayor peso aéreo con la aplicación del tratamiento con micorrizas, responde de igual forma que el tratamiento sin micorrizas.

Tabla 12: Prueba de peso de la raíz en el tratamiento sin micorrizas

One-Way ANOVA (Non-parametric)				
Kruskal-Wallis comparado contra e la prueba sin micorreiza a				
	χ^2	df	p	ϵ^2
"CM_Peso_raiz_g"	33.9	23	0.067	0.996

H0: No hay mayor peso radicular con el uso del tratamiento con micorrizas

H1: Si hay mayor peso radicular con el uso del tratamiento con micorrizas

Interpretación

En la tabla se puede apreciar que valor p es 0.067, esto indica que es mayor al nivel de significancia de 0.05, por esta razón no se rechaza la hipótesis nula, y quiere decir que no hay mayor peso radicular con el uso del tratamiento con micorrizas, responde de igual forma que el tratamiento sin micorrizas.

Tabla 13: Prueba de peso de las raíces con los diferentes tratamientos

One-Way ANOVA (Non-parametric)				
Kruskal-Wallis comparacion entre tratamientos				
	χ^2	df	p	ϵ^2
"SM_Peso_raiz_g"	16.5	7	0.021	0.485
"CM_Peso_raiz_g"	16.5	7	0.021	0.484

H0: No hay diferencias significativas en el peso radicular entre los tratamientos con y sin micorrizas

H1: Si hay diferencias significativas en el peso radicular entre los tratamientos con y sin micorrizas.

Interpretación

En la tabla se puede apreciar que valor p es 0.021, esto indica que es menor al nivel de significancia de 0.05, por esta razón no se acepta la hipótesis alterna, esto demuestra que si hay diferencias significativas en el peso radicular entre los tratamientos con y sin micorrizas.

Tabla 14: Análisis de los principales componentes para el tratamiento con micorrizas

Component Loadings			
	Component		Uniqueness
	1	2	
"CM_Peso_raiz_g"	0.923		0.1453
"CM_PesoAereo_g"	0.896		0.1965
"CM_CE_uScm"	0.826		0.0597
"CM_Cd_raiz" (2)	0.805		0.1985
"CM_Redox_mv"	0.674		0.1607
"CM_Cd_aere"	0.66		0.1839
"CM_Colon%"	0.514		0.7363
"CM_pH"		0.902	0.1839
"CM_MO%"		0.897	0.1775
"Conce_Suelo_Inicial"		0.7	0.4608
"CM_Cd_suelo"		0.675	0.47
% of Variance	38.9	34	
Note. 'varimax' rotation was used			

Se realizó el análisis de componentes en el tratamiento con micorrizas.

1° componente: Los parámetros físicoquímicos influyen en la captación de cadmio en los tejidos vegetales.

2° componente: El parámetro del pH y MO permite la biodisponibilidad del cadmio en el suelo.

El porcentaje de varianza para la primera componente es 38.9 %, mientras la segunda componente presenta 34 % de varianza.

Tabla 15: Análisis de los principales componentes para el tratamiento sin micorrizas

Component Loadings			
	Component		Uniqueness
	1	2	
"SM_Cd_aere"	0.909		0.0812
"SM_Peso_raiz_g"	0.906		0.1598
"SM_CE_uScm"	0.894		0.1011
"SM_PesoAereo_g"	0.883		0.1866
"SM_Cd_raiz"	0.844		0.1599
"SM_pH"		0.89	0.1886
"SM_MO%"		0.887	0.2088
"SM_Redox_mv"	0.407	-0.681	0.3701
"Conce_Suelo_Inicial"		0.628	0.4137
"SM_Cd_suelo"		0.582	0.4094
% of Variance	45.7	31.5	
Note. 'varimax' rotation was used			

Se realizo el analisis de componentes en el tratamiento sin micorrizas.

1° componente: Bioacumulacion de cadmio en la planta

2° componente : Biodisponibilidad del cadmio en el suelo.

El porcentaje de varianza para la primera componente es 45.7 %, mientras la segunda componente presenta 31.5% de varianza.

IV. DISCUSIÓN

- La fitorremediación del *Taraxacum officinale* asistida con micorrizas en la remoción de cadmio, presenta una mayor eficiencia para la concentración de cadmio de 100 ppm, presento una remoción de 25.92 % a diferencia de otras concentración de 100 ppm sin micorrizas que obtuvo 17.79% , al contrario las otras concentraciones de 500 ppm, 1000 ppm y 2000 ppm, que presentaron una baja eficiencia, debido al poco desarrollo de las colonizaciones de micorrizas que se desarrolló en las altas concentraciones durante el periodo de 15, 30, 45, 60, 75 y 90 días. Según Coninx, Martinova y Rineau (2017) menciona que las micorrizas presentan un mecanismo intracelular que incluye la unión a los tioles no proteicos y el transporta a los compartimientos intracelulares que reducen la concentración de metales en el citosol, confirmando lo que mencionó según (Bini et al , 2012) que la planta *Taraxacum officinale* se puede desarrollar adecuadamente en altas concentraciones de metales pesados como el Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, Fe) clasificando a *T. officinale* como planta indicadora (acumuladora).
- El factor de translocación (FT), permite determinar si la planta *taraxacum officinale* (Diente de león) es hiperacumuladora, obteniendo como resultado 1,1 quiere decir que la planta es considerada una hiperacumuladora sin el tratamiento sin micorrizas, obtuvo una mayor translocación en comparación con el otro tratamiento. De igual manera el factor de bioconcentración es un buen indicador de la capacidad de acumulación de la planta; presento una mayor fbc en el tratamiento sin micorrizas con 58.7 mg/kg de cadmio de la muestra de 100ppm, lo que indica que no es considerada como estabilizadora. Así mismo Hammami, H., Medhi, P., (2016) indica que el *taraxacum officinale* presenta un mayor coeficiente de translocación, considerando la especie adecuada para la fitorremediación de suelos contaminados por cadmio. Del mismo modo el factor de bioconcentración presento una mayor eficiencia para la fitorremediación de suelos contaminados por cadmio.

- El factor de mejora de la planta que son el porcentaje de colonización de micorrizas se incrementó significativamente conforme al tiempo (15, 30,45,60,75 y 90 días) en las macetas que contenía 100 mg/Kg de Cd. , con una colonización de 35.46 % , que fue observada a los 90 días de edad de la planta por efecto de la dosis de micorrizas adicionada que son 2 g, en el caso de las otras concentraciones de 500 ppm, 1000 ppm presenta poco desarrollo de colonización de micorrizas y en la concentración de 2000 ppm se desarrolló 5.58 % de colonización, Además se afirma lo mencionado por Fnathilakae, Yapa y Hettiarachchi (2017), quien realizó el estudio de los efectos de las micorrizas arbusculares en la fitorremediación con cadmio con el *Echhornia crassipes*(Mart) Solms., su desarrollo de colonización de la planta inoculadas con las micorrizas con diferentes concentraciones de Cd son los siguiente 0 ppm (74.8%), 5 ppm (72,29%), 10 ppm (70. 55 %), 20 ppm (70 %) y 50 ppm (60 %), El porcentaje de colonización micorrízica depende del éxito de la inoculación de la micorriza y la persistencia en el suelo, cumpliendo estas condiciones, la inoculación de AMF muestra altas tasas de colonización de micorrizas arbusculare. Sin embargo, más alto las adiciones de Cd (50 ppm) en el presente estudio redujeron significativamente la colonización micorrízica de la raíz

V. CONCLUSIONES

- Se concluye la remoción de cadmio no fue significativo en el tratamiento con micorrizas, ya que respondió de la misma manera que el tratamiento sin micorrizas, debido a que la alta concentración de cadmio ya que estuvieron bajo un fuerte estrés por toxicidad tanto el hongo, así como el resto de los microorganismos del suelo.
- La especie *taraxacum officinale* (Diente de león) es eficiente en la fitorremediación de suelos contaminados con cadmio ya que El factor de translocación permitió clasificarla como hiperacumuladora en las partes aéreas, a comparación del factor de bioconcentración que no la clasifíco como estabilizadora.
- La especie *taraxacum officinale* es una planta ideal para tratamiento de fitorremediación, en bajas concentraciones de contaminantes, al largo del proyecto pudo adecuarse a niveles altos de toxicidad, desarrollándose sin presentarse problemas en su desarrollo vegetativo.
- La capacidad de bioacumulación se lograría con mejores resultados al permitir el desarrollo de la planta para que pueda asociarse a las raíces, va depender del tiempo como la edad de la planta así como también la adición de enmiendas orgánicas.

V. RECOMENDACIONES.

- Sería recomendable realizar la prueba de la especie *taraxacum officinale* con un periodo más prolongado de tiempo, de manera que se pueda obtener el máximo desarrollo de la especie, y evaluar así el máximo potencial de ella para acumular el metal.
- Es recomendable realizar el experimento con la adición de enmiendas orgánicas que incrementen la biodisponibilidad del metal para determinar la máxima cantidad de metal tolerable por esta especie.
- Al momento de escoger las especies a utilizar se debe tomar en cuenta las condiciones del área de estudio (temperatura, humedad, etc), en las que se va a realizar la remediación y de preferencia utilizar plantas de la zona

REFERENCIAS

1. ASHRAF, Sana, et al. Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicology and environmental safety* [online], June 2019, vol. 174, (p. 714-727), [date of consultation: October 14, 2019].
Available
in:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651319302271>
ISSN: 0147-6513
2. ABANTO, Milagros. Fuentes fosfatadas en dos suelos en la concentración de cadmio foliar en maíz bajo condiciones de invernadero. Tesis (Ing.Agrónomo). Perú: Universidad Agraria de la Molina, 2016, p.22.
3. BALI, Aditi Shreeya, et al. Mitigating Cadmium Toxicity in Plants by Phytohormones. En *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants*. Academic Press,[online], 2019. p. 375-396, [date of consultation: October 13, 2019].
Available
in:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128148648000152>
ISBN: 978-0-12-814864-8
4. BINI, Claudio, et al. Effects of heavy metals on morphological characteristics of *Taraxacum officinale* Web growing on mine soils in NE Italy. *Journal of Geochemical Exploration*,[online], 2012, vol. 123, p. 101-108, [date of consultation 15 October 2019].
Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375674212001331>
ISSN: 0375-6742
5. BANDIERA, Marianna, et al. Phytoremediation opportunities with alimurgic species in metal-contaminated environments. *Sustainability*, [online],2016, vol. 8, no 4, p. 357, [date of consultation: 14 October 2019].
Available at: <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/4/357>

6. CACHADA, Anabela; ROCHA-SANTOS, Teresa; DUARTE, Armando C. Soil and pollution: an introduction to the main issues. En Soil pollution. Academic Press, [online], 2018. p. 1-28, [Date of consultation: September 15, 2019]
Disponibile:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012849873600001>ISSN:
978-0-12-849873-6

7. CHAVEZ MC.A.Gonzalez, GONZALEZ R. Carrillo y LOPEZ A.S. Sánchez. Definiciones y Problemática en la Investigación Científica en Aspecto de Fitorremediación de Suelos [en línea],10(4): 3-7, abril 2017[Fecha de consulta: 14 de octubre de 2019].
Disponibile en:
<http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/issue/view/49>
ISSN: 2594-0252

8. CONINX, Laura; MARTINOVA, Veronika; RINEAU, Francois. Mycorrhiza-assisted phytoremediation. En Advances in Botanical Research. Academic Press, [online].2017. p. 127-188, [Date of consultation: September 15, 2019]
Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065229616301240>
ISSN: 0065-2296

9. DA CONCEIÇÃO GOMES, Maria Angélica, et al. Metal phytoremediation: General strategies, genetically modified plants and applications in metal nanoparticle contamination. Ecotoxicology and Environmental Safety, [online], 2016, vol. 134, p. 133-147,[Date of consultation: October 14, 2019].

Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651316303402>
ISSN: 0147-6513

10. EPA. METHOD 3050 B. Acid digestion of sediments, sludges, and soils. [On line]. 1996. [Date of consultation: September 15, 2019].
Available at:

<https://www.epa.gov/esam/epa-method-3050b-acid-digestion-sediments-sludges-and-soil>

11. FANGUEIRO, David, et al. Strategies for soil protection and remediation. En Soil Pollution. Academic Press,[online], 2018. p. 251-281, [Date of consultation: October 15, 2019].

Available

in:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128498736000108>

ISBN: 978-0-12-849873-6

12. FRISTACHI, Anthony y CHOUDHURY, Harlal. Cadmium. International encyclopaedia of public health. [Online]. 2017. [Date of consultation 15 September 2019].

Available at:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128036785000436>

ISBN: 978-0-12-803708-9

13. GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M. C. A., et al. ALTERNATIVAS DE FITORREMEDIACIÓN DE SITIOS CONTAMINADOS CON ELEMENTOS POTENCIALMENTE TÓXICOS. Agroproductividad [online], 2017, vol. 10, no 4, [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2019].

Disponible en:

<http://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/issue/view/49>

ISSN: 2594-0252

14. GROBELAK, Anna, et al. Cadmium-induced oxidative stress in plants, cadmium toxicity, and tolerance in plants: from physiology to remediation. En Cadmium toxicity and tolerance in plants. Academic Press[online], 2019. p. 213-231, [Date of consultation: October 14, 2019].

Available

in:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128148648000097>

ISBN: 978-0-12-814864-8

15. GUNATHILAKAE, Nimasha; YAPA, Neelamanie; HETTIARACHCHI, Rasika. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the cadmium phytoremediation potential of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms. *Groundwater for Sustainable Development* [online], 2018, vol. 7, p. 477-482, [Date of consultation: October 28,2019]
- Disponibile en:
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352801X17301236?fbclid=IwAR01ze8Hibp7uOMe7Ee4eVi5MBAud6KQ7rpJK3RXNsUpKrOrA2eYJlcTelg>
- ISSN: 2352-801X
16. HAMMAMI, Hossein, et al. Weeds ability to phytoremediate cadmium-contaminated soil. *International journal of phytoremediation* [Online], 2016, vol. 18, no 1, p. 48-53, [date of consultation: October 28, 2019].
- Available at:
- https://www.researchgate.net/publication/305727055_Weeds_Ability_to_Phytoremediate_Cadmium-Contaminated_Soil
17. HASSAN, Saad Eldin; HIJRI, Mohamed; ST-ARNAUD, Marc. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on trace metal uptake by sunflower plants grown on cadmium contaminated soil. *New biotechnology* [on linea], 2013, vol. 30, no 6, p. 780-787, [Date of consultation: September 15, 2019].
- Available at:
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S18716784130009644>
- ISSN: 1871-6784
18. HAYAT, Malik Tahir, et al. Environmental Hazards of Cadmium: Past, Present, and Future. En *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants*. Academic Press [online], 2019. p. 163-183, [Date of consultation: October 13, 2019].
- Available:
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128148648000073>
- ISBN: 978-0-12-814864-8

19. HESAMI, Reza; SALIMI, Azam; GHADERIAN, Seyed Majid. Lead, zinc, and cadmium uptake, accumulation and phytoremediation by plants growing around Tang-e Douzan lead–zinc mine, Iran. Environmental Science and Pollution Research [online], 2018, vol. 25, no 9, p. 8701-8714, [Date of consultation: October 9, 2019]

Available at: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-017-1156-y>
ISSN 1614-7499

20. HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar, Metodología de la investigación, [en línea] 5ta, México, Mc Graw Hill, [Fecha de consulta: 23 de junio del 2018]. Disponible en: https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf
ISBN: 9786071502919

21. HOOSER, S. B. Cadmium. Veterinary Toxicology [online]., 2018Third edition, p. 417-421, [date of consultation: October 13, 2019].
Available
in:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128114100000246>
ISBN: 978-0-12-811410-0

22. IQBAL, Nadeem, et al. Phytoremediation of Cd-Contaminated Soil and Water. En Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants. Academic Press [online], 2019. p. 531-543, [Date of consultation: October 14, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128148648000218>
ISBN: 978-0-12-814864-8

23. JAIN, Ravi. Environmental impact of mining and mineral processing: management, monitoring, and auditing strategies. Butterworth-Heinemann [online], 2015, [Date of consultation: October 16, 2019].

Available in:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128040409000048>

ISBN: 978-0-12-804040-9

24. KAJKA, Katarzyna; RUTKOWSKA, Beata. Accumulation of selected heavy metals in soils and common dandelion (*Taraxacum officinale*) near a road with high traffic intensity. *Soil Science Annual* [online], 2018, vol. 69, no 1, p. 11-16, [Date of consultation: October 16, 2019].

Available at: <https://doaj.org/article/02667d3e61764c57afaead665a4c4746>

ISSN: 2300-4975

25. KHAN, Muhammad Amjad, et al. Soil contamination with cadmium, consequences and remediation using organic amendments. *Science of the Total Environment* [online], 2017, vol. 601, p. 1591-1605, [Date of consultation: October 14, 2019].

Available in:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717314341>

ISSN: 0048-9697

26. KOVÁČIK, Jozef, et al. Dandelion is more tolerant to cadmium than to nickel excess. *Chemosphere* [online], 2019, vol. 224, p. 884-891 [Date of consultation: October 01, 2019].

Available at:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519304059>

ISSN: 0045-6535

27. KUBIER, Andreas; WILKIN, Richard T.; PICHLER, Thomas. Cadmium in soils and groundwater: A review. *Applied Geochemistry* [online], 2019, p. 104388, [Date of consultation: October 4, 2019].

Available in:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0883292719301805>

ISSN: 0883-2927

28. KHALID, Sana, et al. A comparison of technologies for remediation of heavy metal contaminated soils. *Journal of Geochemical Exploration* [online], 2017, vol. 182, p. 247-268, [Date of consultation: October 14, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0375674216303818>
ISSN: 0375-6742
29. KURIAKOSE, Saritha V.; PRASAD, Majeti Narasimha Vara. Cadmium-Induced Toxicity in *Sorghum bicolor*—Alleviation by Zinc and Aggravation by Phosphate. En *Cadmium Tolerance in Plants*. Academic Press [online], 2019. p. 193-221, [Date of consultation: October 15, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128157947000072>
ISBN: 978-0-12-815794-7
30. LYUBOMIROVA, Valentina; MIHAYLOVA, Veronika; DJINGOVA, Rumyana. Effects of soil properties and anthropogenic activity on the transfer of 52 elements in the system soil/*Taraxacum officinale*. *Journal of soils and sediments* [online], 2015, vol. 15, no 7, p. 1549-1557 [date of consultation 07 October 2019].
Available in:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11368-015-1094-6>
ISSN 1614-7480
31. LATA, Rusi; GOND, Surendra K. Plant growth-promoting microbes for abiotic stress tolerance in plants. En *Role of Plant Growth Promoting Microorganisms in Sustainable Agriculture and Nanotechnology*. Woodhead Publishing [online], 2019. p. 89-105, [date of consultation: October 13, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128170045000063>
ISBN: 978-0-12-817004-5

32. MADUEÑO, F. Determinación de metales pesados (plomo y cadmio) en lechuga (*Lactuca sativa*) en mercados del Cono Norte, Centro y Cono Sur de Lima Metropolitana. Universidad Nacional Mayor De San Marcos Facultad De Farmacia Y Bioquímica EaP De Toxicología, 2017, vol. 94.
33. MARTÍNEZ-ALCALÁ, Isabel, et al. Changes in the heavy metal solubility of two contaminated soils after heavy metals phytoextraction with *Noccaea caerulescens*. *Ecological engineering*, [online] 2016, vol. 89, p. 56-63, [Date of consultation: September 15, 2019].
Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857415303025>
ISSN: 0925-8574
34. MAHMOOD, Qaisar, et al. Cadmium Contamination in Water and Soil. En *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants*. Academic Press [online], 2019. p. 141-161, [Date of consultation: October 15, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128148648000061>
ISBN: 978-0-12-814864-8
35. MAGGI, Filippo. Dandelion. En *Nonvitamin and Nonmineral Nutritional Supplements*. Academic Press [online], 2019. p. 203-204, [Date of consultation: August 28, 2019] .
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012812491800028X#>
ISBN: 978-0-12-812491-8
36. MANOJ, Srinivas Ravi, et al. Understanding the molecular mechanisms for the enhanced phyto remediation of heavy metals through plant growth promoting rhizobacteria: A review. *Journal of environmental management*[online], 2020, vol. 254, p. 109779, [Date of consultation: November 15, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719314975?via%3Dihub>
ISSN: 0301-4797

37. MONGKHONSIN, Bodin, et al. Adaptive and Tolerance Mechanisms in Herbaceous Plants Exposed to Cadmium. En Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants. Academic Press [online], 2019. p. 73-109, [Date of consultation: October 15, 2019].
Available in :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128148648000048?via%3Dihub>
ISBN: 978-0-12-814864-8
38. NIKOLIĆ, Magdalena; STEVOVIĆ, Svetlana. Family Asteraceae as a sustainable planning tool in phytoremediation and its relevance in urban areas. Urban Forestry & Urban Greening [online], 2015, vol. 14, no 4, p. 782-789, [Date of consultation: October 14, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857419302241>
ISSN: 1618-8667
39. PANDEY, Vimal Chandra; BAJPAI, Omesh. Phytoremediation: From Theory Toward Practice. En Phytomanagement of Polluted Sites. Elsevier, [online], 2019. p. 1-49, [date of consultation: October 13, 2019]
Available
in:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128139127000016>
ISBN: 978-0-12-813912-7
40. PEDRO, Carmen A.; GONÇALVES, Sílvia C. The Role of Aquatic Macrophytes in Cadmium Phytoremediation of Contaminated Estuarine Environments. En Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants. Academic Press [online], 2019. p. 545-575 [Date of consultation: October 15, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012814864800022X>
ISBN: 978-0-12-814864-8

41. PEREIRA, Lidiane Silva, et al. Cadmium induced changes in *Solidago chilensis* Meyen (Asteraceae) grown on organically fertilized soil with reference to mycorrhizae, metabolism, anatomy and ultrastructure. *Ecotoxicology and environmental safety* [online], 2018, vol. 150, p. 76-85, [Date of consultation: October 17, 2019].
Available at:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651317308540>
ISSN: 0147-6513
42. PRABAKARAN, K., et al. Managing environmental contamination through phytoremediation by invasive plants: A review. *Ecological Engineering* [online], 2019, vol. 138, p. 28-37, [Date of consultation: October 14, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925857419302241>
ISSN: 0925-8574
43. RAO M.N., SULTANA Razia y HARSHA KOTA Sri, *Soil Remediation Technologies. Solid and Hazardous Waste Management* [online], 2017 [date of consultation: October 13, 2019]
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128097342000079>
ISBN: 978-0-12-809734-2
44. ROYCHOWDHURY, Abhishek; DATTA, Rupali; SARKAR, Dibyendu. Heavy metal pollution and remediation. *En Green Chemistry*. Elsevier [online], 2018. p. 359-373, [Date of consultation: October 4, 2019].
Available in :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128092705000157>
ISBN: 978-0-12-799937-1
45. SABIR, Muhammad, et al. *Phytoremediation: mechanisms and adaptations. Soil remediation and plants: prospects and challenges* [online], 2014, vol. 85, p. 85-105, [Date of consultation: October 15, 2019].
Available in :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780127999371000048>

ISBN: 978-0-12-809270-5

46. SHAH, Kavita, et al. Cadmium-Induced Anatomical Abnormalities in Plants. En Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants. Academic Press [online], 2019. p. 111-139 [Date of consultation: September 15, 2019].

Available in:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012814864800005X>

ISBN: 978-0-12-814864-8

47. SARWAR, Nadeem, et al. Phytoremediation strategies for soils contaminated with heavy metals: modifications and future perspectives. Chemosphere [online], 2017, vol. 171, p. 710-721, [Date of consultation: October 15, 2019].

Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653516318574>

ISSN: 0045-6535

48. SEBASTIAN, Abin, et al. Cadmium Toxicity and Tolerance in Micro-and Phytobiomes. En Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants. Academic Press[online], 2019. p. 19-46,[Date of consultation: October 15, 2019].

Available in :

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128148648000024>

ISBN: 978-0-12-814864-8

49. SIEDENTOPP, U. Nutrición: el diente de león. Revista Internacional de Acupuntura [online], 2007, vol. 1, no 1, p. 44-46, [Date of consultation: August 28, 2019]

Available in:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S188783690770194>

50. UNEP (United Nations Environment Programme), Phytotechnologies a Technical Approach in Environmental Management [online], 2003, [Date of consultation: August 25, 2019].

Available in:

<http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Freshwater/FMS7/index.asp>

ISBN: 9280722530

51. VALENCIA, Claudia; ZUNIGA, Doris. Analysis of natural mycorrhization in cotton crops (*Gossypium barbadense* L.) inoculated with *Bacillus megaterium* and/or *Bradyrhizobium yuanmingense*/Análisis de la presencia natural de micorrizas en cultivos de algodón (*Gossypium barbadense* L.) inoculados con *Bacillus megaterium* y/o *Bradyrhizobium yuanmingense*. *Ecología Aplicada* [online], 2015, vol. 14, no 1, p. 65-70, [Date of consultation: September 15, 2019] Available at: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ecol/v14n1/a06v14n1.pdf>
ISSN: 1726-2216
52. WAN, Xiaoming; LEI, Mei; CHEN, Tongbin. Cost–benefit calculation of phytoremediation technology for heavy-metal-contaminated soil. *Science of the total environment* [online], 2016, vol. 563, p. 796-802,[Date of consultation: October 13, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969715312377>
ISSN: 0048-9697
53. WANG, Li, et al. A review on in situ phytoremediation of mine tailings. *Chemosphere* [online], 2017, vol. 184, p. 594-600, [Date of consultation: October 13, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004565351730927X>
ISSN: 0045-6535
54. YASMEEN, Tahira, et al. Biotechnological Tools in the Remediation of Cadmium Toxicity. En *Cadmium Tolerance in Plants*. Academic Press [online], 2019. p. 497-520, [Date of consultation: October 14, 2019].
Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128157947000187>
ISBN: 978-0-12-815794-7

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Tabla 8 Matriz de consistencia

FITORREMEDIACIÓN DEL <i>Taraxacum officinale</i> ASISTIDA CON MICORRIZAS PARA LA REMOCIÓN DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS,2019											
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE INDEPENDIENTE	Fitorremediación con <i>taraxacum officinale</i> asistida con micorrizas	DEF. CONCEP	DEF. OPERAC	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES		
General	General	General			VARIABLE INDEPENDIENTE	Fitorremediación con <i>taraxacum officinale</i> asistida con micorrizas	Según Ashraf et.al (2019) indican que la fitorremediación es una técnica que hace el uso de plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes que pueden ser orgánicos e inorgánicos, hoy en día es considerada una alternativa rentable (p.718)	Se trasplantarán la especie de <i>Taraxacum officinale</i> (Diente de león) en cada maceteros, donde se aplicará dos tratamientos, dentro de ello un tratamiento corresponde a la adición de micorrizas, luego se realizarán 7 mediciones que constituye las medidas de las plantas, el peso de lo mismo, el porcentaje de colonización que se desarrollaron y la acumulación del contaminante en la planta.,	Capacidad bioacumuladora de la planta	Bioacumulación de cadmio en las hojas	mg/kg
¿Cual es la eficiencia de la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado,2019?	Analizar la eficiencia de la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado,2019	La fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> asistida con micorrizas será eficiente con una remoción de 20% cadmio en suelos contaminados, 2019							características físicas de la planta	Bioacumulación de cadmio en las raíces	mg/kg
Específicos	Específicos	Específicos							Estatura de la planta	Cm	
¿De qué manera la capacidad bioacumuladora de la planta influye en la fitorremediación del <i>Taraxacum Officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado,2019?	Probar la capacidad bioacumuladora de la planta y su influencia en la fitorremediación del <i>Taraxacum Officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019	La capacidad bioacumuladora de <i>Taraxacum officinale</i> permitirá la remoción de grandes cantidades de cadmio del suelo contaminado, 2019 mediante la fitorremediación asistida por micorrizas, clasificándola como planta hiperacumuladora	Cantidad de hojas	Unidades							
Específicos	Específicos	Específicos	VARIABLE DEPENDIENTE	Remoción de cadmio en suelos contaminados	Thahir Hayat (2019) indica que la contaminación de suelos es la alteración de la superficie terrestre cuando un elemento o sustancia químicas resultan perjudiciales en sus componentes, se genera por diversas actividades naturales y antropogénicas, como la minería, la fundición y el refinado(p.163). Esto genera una alta toxicidad en el ambiente y ocasiona daño para los humanos, organismos terrestres y acuáticos, ya que el cadmio se bioacumula al ingresar a la cadena alimentaria.(A. Pedro 2019, p. 562).	Se utilizará un aproximado de 180 kg de suelo agrícola, donde será repartido en 4 parcelas , se contaminará con las siguientes concentraciones: de cadmio 100, 500, 1000 y 2000 ppm , su capacidad de los maceteros son de 1.5 kilos de suelo contaminado, teniendo un grupo control, luego se realizará 7 mediciones: de acuerdo al cronograma de fechas de análisis , para la verificación de cuanto se ha removido el cadmio en el suelo y los parámetros fisicoquímico correspondiente.	Biomasa húmedo	g.			
¿En qué medida las características físicas de las plantas influyen en la fitorremediación con <i>Taraxacum Officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019?	Evaluar las características físicas de las plantas que influyen en la fitorremediación con <i>Taraxacum Officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado,2019	Las características físicas de la planta favorecen en la eficiencia de la fitorremediación del <i>Taraxacum Officinale</i> asistida con micorriza para la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019					Biomasa Seco	g.			
¿De qué manera influyen el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019?	Determinar cómo influye el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019	El factores de mejora en la planta utilizados mejorará la eficiencia de la fitorremediación del <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019					Factor de mejora de la planta	Micorrizas	g/plantas		
¿En qué medida las características físicas de las plantas influyen en la fitorremediación con <i>Taraxacum Officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019?	Evaluar las características físicas de las plantas que influyen en la fitorremediación con <i>Taraxacum Officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado,2019	Las características físicas de la planta favorecen en la eficiencia de la fitorremediación del <i>Taraxacum Officinale</i> asistida con micorriza para la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019					Colomización	%			
¿De qué manera influyen el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019?	Determinar cómo influye el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019	El factores de mejora en la planta utilizados mejorará la eficiencia de la fitorremediación del <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019	VARIABLE DEPENDIENTE	Remoción de cadmio en suelos contaminados	Thahir Hayat (2019) indica que la contaminación de suelos es la alteración de la superficie terrestre cuando un elemento o sustancia químicas resultan perjudiciales en sus componentes, se genera por diversas actividades naturales y antropogénicas, como la minería, la fundición y el refinado(p.163). Esto genera una alta toxicidad en el ambiente y ocasiona daño para los humanos, organismos terrestres y acuáticos, ya que el cadmio se bioacumula al ingresar a la cadena alimentaria.(A. Pedro 2019, p. 562).	Se utilizará un aproximado de 180 kg de suelo agrícola, donde será repartido en 4 parcelas , se contaminará con las siguientes concentraciones: de cadmio 100, 500, 1000 y 2000 ppm , su capacidad de los maceteros son de 1.5 kilos de suelo contaminado, teniendo un grupo control, luego se realizará 7 mediciones: de acuerdo al cronograma de fechas de análisis , para la verificación de cuanto se ha removido el cadmio en el suelo y los parámetros fisicoquímico correspondiente.	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES		
¿De qué manera influyen el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019?	Determinar cómo influye el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019	El factores de mejora en la planta utilizados mejorará la eficiencia de la fitorremediación del <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019					Contenido de cadmio en suelo	Concentración de cadmio inicial	mg/kg		
¿En qué medida las características físicas de las plantas influyen en la fitorremediación con <i>Taraxacum Officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019?	Evaluar las características físicas de las plantas que influyen en la fitorremediación con <i>Taraxacum Officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado,2019	Las características físicas de la planta favorecen en la eficiencia de la fitorremediación del <i>Taraxacum Officinale</i> asistida con micorriza para la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019					Concentración de cadmio final	mg/kg			
¿De qué manera influyen el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019?	Determinar cómo influye el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019	El factores de mejora en la planta utilizados mejorará la eficiencia de la fitorremediación del <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019					Ph	4.5 - 7.5			
¿En qué medida las características físicas de las plantas influyen en la fitorremediación con <i>Taraxacum Officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019?	Evaluar las características físicas de las plantas que influyen en la fitorremediación con <i>Taraxacum Officinale</i> asistida por micorrizas para la remoción de cadmio en suelo contaminado,2019	Las características físicas de la planta favorecen en la eficiencia de la fitorremediación del <i>Taraxacum Officinale</i> asistida con micorriza para la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019	Parámetros fisicoquímicos del suelo	Remoción de cadmio en suelos contaminados	Thahir Hayat (2019) indica que la contaminación de suelos es la alteración de la superficie terrestre cuando un elemento o sustancia químicas resultan perjudiciales en sus componentes, se genera por diversas actividades naturales y antropogénicas, como la minería, la fundición y el refinado(p.163). Esto genera una alta toxicidad en el ambiente y ocasiona daño para los humanos, organismos terrestres y acuáticos, ya que el cadmio se bioacumula al ingresar a la cadena alimentaria.(A. Pedro 2019, p. 562).	Se utilizará un aproximado de 180 kg de suelo agrícola, donde será repartido en 4 parcelas , se contaminará con las siguientes concentraciones: de cadmio 100, 500, 1000 y 2000 ppm , su capacidad de los maceteros son de 1.5 kilos de suelo contaminado, teniendo un grupo control, luego se realizará 7 mediciones: de acuerdo al cronograma de fechas de análisis , para la verificación de cuanto se ha removido el cadmio en el suelo y los parámetros fisicoquímico correspondiente.	Conductividad electrica	mS/cm			
¿De qué manera influyen el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019?	Determinar cómo influye el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019	El factores de mejora en la planta utilizados mejorará la eficiencia de la fitorremediación del <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019					Redox	mv			
¿De qué manera influyen el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019?	Determinar cómo influye el factor de mejora en la planta mediante la fitorremediación con <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019	El factores de mejora en la planta utilizados mejorará la eficiencia de la fitorremediación del <i>Taraxacum officinale</i> en la remoción de cadmio en suelo contaminado, 2019									

Activar Windows
Vea la Configuración para activar Windows

Anexo 2: Ficha de observación de laboratorio

FICHA DE OBSERVACIÓN														
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN														
ESTUDIANTES:		<ul style="list-style-type: none"> - Maria Elena Cueva Perez - Reyna Huailane solis 												
UNIVERSIDAD :	César Vallejo - Lima este					CARRERA:	Ingeniería Ambiental							
LUGAR:										FECHA:				
MUESTRAS		INICIAL			FINAL				BIOMASA HÚMEDO			BIOMASA SECA		
CODIFICACION	HOJAS	Medidas		Ralz	Medidas		Ralz	Altura	Ralz	Hojas	Peso total de la planta	Ralz	Hojas	Peso Total de la planta
	Cantidad	Longitud (Cm)	Ancho (Cm)	Longitud (Cm)	Longitud (Cm)	Ancho (Cm)	Longitud (Cm)	Longitud (Cm)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)

FICHA DE OBSERVACIÓN DE LABORATORIO

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN		FITORREMEDIACIÓN CON <i>Taraxacum officinale</i> ASISTIDA CON MICORRIZAS PARA LA REMOCIÓN DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS, 2019							
ESTUDIANTES:		<ul style="list-style-type: none"> - Maria Elena Cueva Perez - Reyna Huallane solis 							
UNIVERSIDAD :	César Vallejo - Lima este			CARRERA:	Ingeniería Ambiental				
LUGAR:						FECHA:			
MUESTRAS	Capacidad bioacumuladora de las plantas			Colonización de Micorrizas	Parámetro fisicoquímicos del suelo				Contenido de cadmio en suelo
CODIFICACIÓN	Contenido de Cadmio en la planta				pH	Redox	C.E.	M.O	
		mg/kg	mg/kg	%	0 - 14	mV		%	mg/kg
	Hojas								
	Raíz								
	Hojas								
	Raíz								
	Hojas								
	Raíz								

PANEL FOTOGRÁFICO



Se colocó la tierra preparada en diferentes recipientes



la tierra preparada con las semillas de diente de león para el desarrollo de la planta.



semillas de dientes de león (taraxacum officinale)



plántulas de diente de león a la 3ra semana



Diente de león (Taraxacum officinale) a las 5 semanas



Diente de león (Taraxacum officinale)



se aforó cada concentración de 100, 500, 1000 y 2000ppm con un 1L de agua respectivamente



alteración del suelo con Cd al 100, 500, 1000 y 2000 ppm respectivamente.



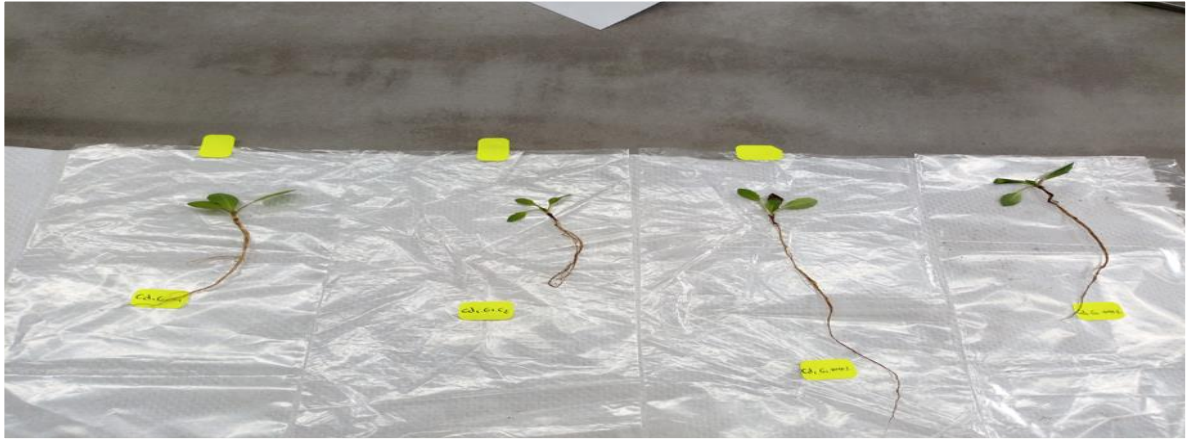
Macetas rotuladas para el traslado de las plántulas de dientes de león.



pesaje de 1 y 1/2 kg de la tierra alterada con Cd de cada maceta rotulada.



Distribución de las macetas con sus respectivas concentraciones de cadmio



tiempo 1: crecimiento del diente de león sin micorrizas



Peso húmedo de las hojas del diente de león



Peso húmedo de las raicez del diente de león

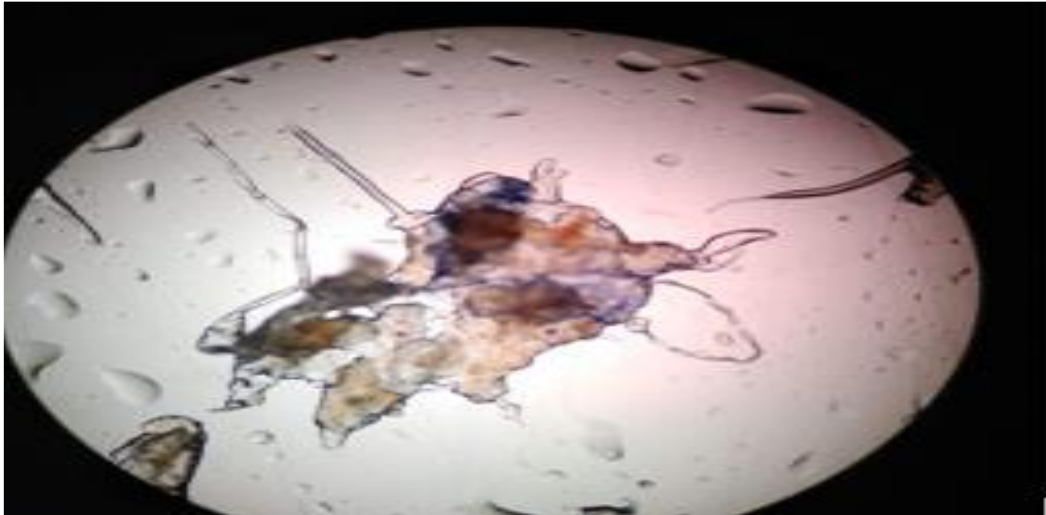
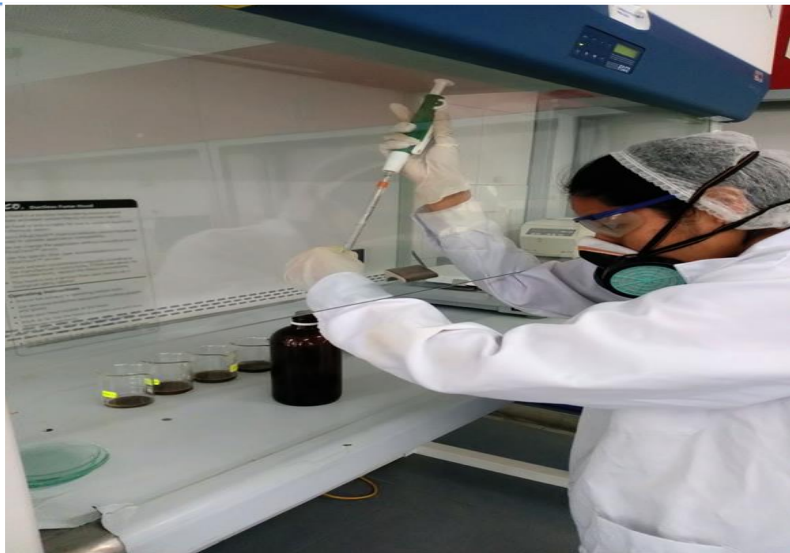


foto microscópica tomada de las raíces de las micorrizas



digestión de las 112 muestras de suelo y planta en la campana.



tiempo 6: crecimiento del diente de león sin micorrizas



tiempo 6: crecimiento del diente de león con micorrizas