



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Eficiencia del TARWI (*Lupinus mutabilis*) asistido con *Bradyrhizobium* sp.  
para la absorción de cadmio en suelos contaminados – Lima 2019

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniero Ambiental

**AUTOR:**

Jose Manuel Diaz Sanchez (ORCID: 0000-0003-0105-4193)

Simón Daniel Escobar Anccasi (ORCID: 0000-0002-0622-1010)

**ASESOR**

Dr. Michael Edgard Flores Mamani (ORCID: 0000-0001-8608-3502)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de los recursos naturales

**LIMA – PERÚ**

2019

## **DEDICATORIA**

Yo Simon Daniel Escobar Anccasi dedico a mi primogénita Dana Escobar, a mis padres Pablo Escobar y Dominga Anccasi y mis hermanos por darme la fuerza en afrontar este reto académico pese a las adversidades encontradas y seguir en el proceso de obtener una de mis metas.

Yo Jose Manuel Diaz Sanchez dedico a mis padres Alfredo Diaz y Rufina Sanchez y hermanas Maria Diaz, Daniela Diaz por brindarme su apoyo y cariño durante el desarrollo de la tesis.

## **AGRADECIMIENTO**

Dar gracias a Dios, por fortalecer y iluminar nuestras mentes y por haber puestos en nuestro vida las personas correctas.

Agradecer a nuestras familias por apoyarnos de manera incondicional en este reto trazado.

Agradecer docentes y personal de la Universidad Cesar Vallejo quien nos brindo su apoyo en la elaboración de nuestra tesis.

## **PÁGINA DEL JURADO**

## **PÁGINA DEL JURADO**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Los alumnos Diaz Sanchez Jose Manuel con DNI N° 72929520, Escobar Anncasi Simon Daniel con DNI N° 43431817 con el fin de poder cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, escuela profesional de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro bajo juramento que todos los datos e información que se muestran en la presente tesis son auténticos.

En este sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad u omisión tanto de los documentos aportados, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la universidad.

Lima, 03 de diciembre del  
2019.



Diaz Sanchez Jose Manuel.

DNI N° 72929520



Escobar Anncasi Simon Daniel.

DNI N° 43431817

## ÍNDICE

CARÁTULA .....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
PÁGINA DEL JURADO.....	v
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	vii
ÍNDICE .....	viii
INDICE DE TABLAS.....	ix
INDICE DE FIGURAS .....	x
RESUMEN .....	x
ABSTRACT .....	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO .....</b>	<b>11</b>
2.1. Tipo y diseño de investigación .....	12
2.2. Variables, operacionalización .....	15
2.3. Población, muestra y muestreo .....	17
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	17
2.5. Procedimiento .....	20
2.6. Método de análisis de datos .....	21
2.7. Aspectos éticos.....	22
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>23</b>
<b>IV. DISCUSIÓN:.....</b>	<b>30</b>
<b>V. CONCLUSIONES:.....</b>	<b>34</b>
<b>REFERENCIAS: .....</b>	<b>36</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>46</b>
Anexo 1. Fotos del Procedimiento.....	46
Anexo 2. Ficha de recolección de datos para la variable independiente .....	53

Anexo 3. Ficha de recolección de datos para la variable dependiente.....	54
Anexo 4. Formato de validación para la bacteria Bradyrhizobium sp.....	55
Anexo 5. Cuadro de los cambios físicos en la longitud de la planta en 4 tiempos .....	56
Anexo 6. Cuadro de la concentración de Cd en la estructura aérea.....	57
Anexo 7. Cuadro de la concentración de Cd en la estructura radicular.....	58
Anexo 8. Hipótesis 1: Hoja.....	59
Anexo 9. Hipótesis: Tallo .....	61
Anexo 10. Hipótesis 1: Raíz .....	63
Anexo 11. Hipótesis 2: Estructura Radicular.....	65
Anexo 12. Hipótesis 2: Estructura Aérea.....	68
Anexo 13. Hipótesis 2: Suelo.....	71
Anexo 14. Resultados de la concentración inicial y final del Cd .....	74
Anexo 15. Resultados de la concentración de Cd en la parte aérea y radicular .....	76
Anexo 16. Parámetros Fisicoquímicos .....	77

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. División taxonómica del Lupinus mutabilis.....	4
Tabla 2. Propiedades del cadmio.....	9
Tabla 3. ECAs del suelo por cadmio .....	10
Tabla 4. Operacionalización de Variables.....	16
Tabla 5. Parámetros Fisicoquímicos.....	20
Tabla 6. Características físicas del Tarwi (Longitud cm).....	23
Tabla 7. Concentración de cadmio en la estructura radicular del tarwi .....	25
Tabla 8. Concentración de Cd en la estructura aérea del tarwi .....	26
Tabla 9. Cadmio inicial y final del suelo.....	27
Tabla 10. Ecuación del Porcentaje de remoción de cadmio en el suelo .....	28
Tabla 11. Porcentaje de remoción de cadmio en el suelo.....	29
Tabla 12. Prueba de normalidad Hojas.....	59
Tabla 13. Homogeneidad de varianzas hojas .....	59

Tabla 14. T-student hoja.....	60
Tabla 15. Prueba de normalidad tallo.....	61
Tabla 16. Homogeneidad de varianzas tallo.....	61
Tabla 17. T-student tallo.....	62
Tabla 18. Prueba de normalidad raiz.....	63
Tabla 19. Homogeneidad de varianzas raiz.....	63
Tabla 20. T-student raiz.....	64
Tabla 21. Prueba de normalidad estructura radicular.....	65
Tabla 22. Homogeneidad de varianzas estructura radicular.....	65
Tabla 23. Prueba de anova estructura radicular.....	66
Tabla 24. Prueba de tukey estructura radicular.....	66
Tabla 25. Prueba de normalidad estructura aerea.....	68
Tabla 26. Homogeneidad de varianzas estructura aerea.....	69
Tabla 27. Prueba de anova estructura aerea.....	69
Tabla 28. Prueba de tukey estructura aerea.....	70
Tabla 29. Prueba de normalidad suelo.....	71
Tabla 30. Homogeneidad de varianzas suelo.....	72
Tabla 31. T-student suelo.....	73

## **INDICE DE FIGURAS**

Figura 1. Lupinus Mutabilis.....	4
Figura 2. Fitorremediación.....	5
Figura 3. Proceso de la contaminación por cadmio en el medio ambiente.....	9
Figura 4. Flujograma del diseño Experimental.....	13
Figura 5. Diseño experimental en macetas.....	14
Figura 6. Causa y Efecto.....	15
Figura 7. Efecto del cadmio en la longitud del tarwi (raíz, tallo y hoja).....	24
Figura 8. Concentración de Cd en la estructura radicular del tarwi.....	25
Figura 9. Concentración de Cd en la estructura aérea del tarwi.....	27
Figura 10. Cadmio inicial y final del suelo.....	28
Figura 11. Porcentaje de remoción de cadmio en el suelo.....	29

## RESUMEN

El Cadmio (Cd) es un metal traza común que afecta a la calidad del suelo, producto de las actividades extractivas, por lo cual requiere una especial atención, debido a los riesgos de contaminación a los cuerpos de agua, así mismo su bioacumulación en la cadena alimentaria, puede producir efectos adversos para la salud, a pesar si se encuentra en bajas concentraciones. El presente trabajo tuvo como objetivo determinar la eficiencia del *Lupinus mutabilis* asistido con *Bradyrhizobium sp.* para la absorción del Cd en el suelo y planta, el cual se realizó tomando en cuenta 4 tratamientos y un control (sin contaminante), cada tratamiento tuvo una concentración de (T0 0, T1 50, T2 80, T3 100, T4 110 mg CdCl<sub>2</sub>/L). Se determinó las características físicas del tarwi en el T1, cuyos resultados fueron 7.90 cm raíz, 35.23 cm tallo y 3.90 cm hoja respectivamente. Así mismo en el T4 hubo deficiencia en el desarrollo de la planta, cuyos resultados fueron: 3.50 cm raíz, 13.30 tallo y 3.03 cm en las hojas, concluyéndose que a mayor concentración de cadmio menor es el desarrollo en el crecimiento del tarwi a los 80 días. Así mismo se logró determinar la concentración de Cd en la estructura radicular de la planta, cuyos resultados fueron: T1 9.37 mg/Kg, T2 17.35 mg/Kg, T3 14.60 mg/Kg, y para T4 22.82 mg/Kg donde se llega a conclusión que a más alta concentración Cd como es el T4, la plántula tuvo una mayor absorción en su estructura radicular, también se determinó la concentración de Cd en la estructura aérea y se obtuvo que el T1 1.57 mg/Kg, T2 3.17 mg/Kg, T3 4.50 mg/Kg, y para T4 12.45 mg/Kg donde se concluyó que la estructura aérea tiene menor concentración en cada uno sus tratamientos en comparación a su estructura radicular. Las concentraciones finales de cadmio en el suelo en cada tratamiento son: Para el T1 25.00, T2 45.75, T3 64.43, T4 67.70 mg/Kg de Cd, cuyos porcentajes de remoción que son 45%, 42%, 32%, 34% respectivamente después de los 80 días, llegando a la conclusión que a mayor concentración de cadmio menor es el porcentaje de remoción, demostrándose que el *Lupinus mutabilis* asistido con *Bradyrhizobium sp.* es eficiente en la remoción del Cd en el suelo.

**Palabras clave:** tarwi (*Lupinus mutabilis*), *Bradyrhizobium sp.*, cadmio, fitorremediación

## ABSTRACT

Cadmium (Cd) is a common trace metal that affects soil quality, a product of extractive activities, so it requires special attention, due to the risks of contamination to water bodies, as well as its bioaccumulation in the food chain, can cause adverse health effects, despite being in low quantities. The present work aimed to determine the efficiency of *Lupinus mutabilis* assisted with *Bradyrhizobium* sp. for the absorption of Cd in the soil and plant, which was carried out taking into account 4 treatments and a control (without contaminant), each treatment had a concentration of (T0 0, T1 50, T2 80, T3 100, T4 110 mg CdCl<sub>2</sub>/L). The physical characteristics of the tarwi in T1 were determined, whose results were 7.90 cm root, 35.23 cm stem and 3.90 cm leaf respectively. Also in T4 there was a deficiency in the development of the plant, whose results were: 3.50 cm of root, 13.30 stem and 3.03 cm in the leaves, concluding that a higher concentration of cadmium lower is the development in the growth of tarwi at 80 days Likewise, the concentration of Cd in the root structure of the plant was determined, the results of which were: T1 9.37 mg / Kg, T2 17.35 mg / Kg, T3 14.60 mg / Kg, and for T4 22.82 mg / Kg where Conclusion is reached At a higher Cd concentration such as T4, the seedling had a higher absorption in its root structure, the concentration of Cd in the aerial structure was also determined and it was obtained that T1 1.57 mg / Kg, T2 3.17 mg / Kg, T3 4.50 mg / kg, and for T4 12.45 mg / kg where it was concluded that the structure of the area has a lower concentration in each of its treatments compared to its root structure. The final results of cadmium in the soil in each treatment are: For T1 25.00, T2 45.75, T3 64.43, T4 67.70 mg / Kg of Cd, whose removal percentages are 45%, 42%, 32%, 34% respectively after 80 days, concluding a higher concentration of cadmium lower is the removal percentage, demonstrating that *Lupinus mutabilis* assisted with *Bradyrhizobium* sp. It is efficient in removing the Cd in the soil.

**Keywords:** tarwi (*Lupinus mutabilis*), *Bradyrhizobium* sp., Cadmium, phytoremediation

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación del suelo es un grave problema creciente que enfrenta la gran mayoría de países. El cadmio (Cd) es un metal traza común que afecta a la calidad del suelo, producto de las actividades extractivas, por lo cual requiere una especial atención, debido a los riesgos de contaminación a los cuerpos de agua, así mismo su bioacumulación en la cadena alimentaria, puede producir efectos adversos para la salud, a pesar si se encuentra en bajas concentraciones (Markovic et. al., 2019). Un caso de contaminación por metales pesados se dio en el Cuzco en la provincia de Espinar, donde opera la empresa minera “Tintaya” desde mediados de la década de los 80, en el cual se muestreo en el 2010 a las personas afectadas por la actividad minera, detectándose metales como arsénico, mercurio, plomo y cadmio en su organismo (Espinar et. al, 2016). El departamento de agricultura de estados unidos (USDA), encontró altos niveles de cadmio en el cacao que produce Perú en las regiones de Junín y Cuzco, cuyas concentraciones superaban los 0.80 mg/Kg, provocando efectos en la salud como debilitamiento óseo, diarrea, vómitos daños al sistema nerviosos e inmunológico (Miller et. al, 2017).

La capacidad de retención de Cd en las raíces del lupino es muy alta, tiende a ser una planta especializada para la fitorremediación de suelos contaminados con metales pesados (Pastor et. al.,2003). Por ende, en esta investigación se usará el “*Lupinus mutabilis*” asistido con bacterias *Bradyrhizobium sp.* para la absorción de cadmio en suelos contaminados. La aplicación de esta investigación está poco estudiada sin embargo es necesario indagar sobre el comportamiento sinérgico que desarrolla la planta con las bacterias, para satisfacer una óptima absorción de cadmio. En los antecedentes se da mención a los trabajos de investigación relacionados al tema: Según, Delgado, (2014), menciona en sus resultados que al cultivar el *Lupinus muabilis* a una concentración de 400 ppm hubo efectos en la disminución del tamaño de las raíces, tallos y hojas; así como las alteraciones morfológicas (clorosis y necrosis), hallándose así una concentración de 1, 3034 mg Cd/g en la raíz, más alta, en comparación de sus órganos en la parte aérea. Asimismo, Choque, (2017) en su investigación señala, que el uso de alcaloides obtenidos de la semilla de tarwi, obtuvo buenos resultados en la disminución de iones de Cd en lodos sedimentarios del lago Titicaca, disminuyendo 6,05 mg/ Kg de Cd inicial a 1,0 mg/Kg de Cd. Así también Wiche et al., (2016), en sus resultados menciona que en los cultivos mixtos de avena (11%) y lupino

blanco (89%). Se determinò las concentraciones de Fe, Pb, Th, La y Neodimio en el tejido de la planta de avena, reduciendo las concentraciones en la rizósfera del lupino blanco. Sánchez et al., (2014) utilizó 2 plantas leguminosas lupino blanco y soja para la bioacumulación de Cu mediante su desarrollo en presencia de nódulos de *Rhizobium*, se observó una mayor concentración de Cu la raíz respecto a los brotes, inoculado con la bacteria *Rhizobium* demostrando mayor tolerancia al cobre, que las cultivadas sin la bacteria simbiótica. Así mismo Fumagalli et al., (2014), utilizó dos especies de plantas como el *Lupinus albus* y el cáñamo, plantas tolerantes a suelos con alta concentración de iones metálicos (Cu, Cd, Ni y Zinc), las plantas fueron cultivados en suelos salinos contaminados con estos elementos trazas, las concentraciones de estos metales fueron  $9.6 \pm 1.6$ ,  $7 \pm 2$ ,  $2 \pm 0.3$ ,  $14 \pm 1.5$  y  $0.1 \pm 0.02\%$  después de la cosecha de lupino. Así también Maguiña, (2017) midió la especie *Lupinus mutabilis*, en suelos contaminados con cadmio, en una alta concentración de 16 mg/L de CdSO<sub>4</sub>. Los resultados, mostraron que la mayor concentración de Cd fue de 3,12 ppm en las raíces, 0,14 y 0,12 en los tallos y folíolos. Además, según Jara et al., (2014), en su investigación aplicado para tratar relaves mineros, utilizó especies alto andinas, como *Solanum nitidum*, *Brassica rapa*, *Fuertesimalva echinata*, *Urtica urens* y *Lupinus ballianus*. Los resultados mostraron que *S. nitidum* y *L. ballianus*, disminuyeron 68.5% y 67.9 % de los metales hallados en los relaves mineros. Así también Liang et al., (2014) En su investigación para reducir la concentración de Cd utilizando *Orychophragmus violaceus* inoculados por cepas bacterianas tolerantes al Cd. Las concentraciones de Cd en las raíces y brotes tuvieron un aumento más alto hasta 2,29 y 2,86 veces, mediante la inoculación de *B. megaterium*. Así mismo Jaskulak et al., (2019). En su investigación utilizó *L. luteus* expuesto al estrés metálico, mostrando los efectos de los metales pesados y nanopartículas de Ag en la expresión de metalotioneínas (MT). La concentración de metales en las hojas de *L. luteus*, tuvo un aumento más significativo en los niveles de expresión de MT en plantas cultivadas bajo estrés de metales pesados y ninguna en plantas cultivadas en 25 mg kg<sup>-1</sup> de nanopartículas de plata. Además, MT mostró cambios estadísticamente significativos entre diferentes condiciones y dosis, además Franchi et al., (2017) en su investigación utilizó *Brassica juncea* y *Lupinus albus*, adicionado con aditivos químicos y microbianos para tratar suelos contaminados con Hg y Ar. Los resultados mostraron una disminución hasta un 85% para As y 45% para Hg. Por otro lado, Chai et al., (2014), utilizó *Spartina alterniflora*, sometidos al cadmio y nanotubos de carbono (CNT), que mejoran la acumulación total de Cd bajo un menor estrés de Cd (50 mg kg<sup>-1</sup>). Sin embargo, bajo un

mayor estrés por Cd ( $200 \text{ mg kg}^{-1}$ ), los CNT restablecieron el crecimiento reducido de la planta, mejoraron y redujeron la acumulación de Cd en brotes y raíces, respectivamente. Hussain et al., (2019) en su investigación explica los efectos del cadmio en las plantas fitorremediadoras, definiendo que la absorción de cadmio reduce el crecimiento de plantas, raíces y retoños longitudes, masas fresca y seca, contenido de clorofila, y los atributos de intercambio de gases. Además, Cd reduce la germinación de semillas y la disponibilidad de nutrientes esenciales, en el caso del lupinus blanco; la concentración de Cd en las hojas debe ser  $> 5 - 10 \text{ mgkg}^{-1}$  peso de seco de la planta. Así mismo Perea-Velez et al., (2017), señala que al estimular el crecimiento de las raíces de *Lupinus albus* con bacterias prometedoras en el crecimiento de las plantas (BPCP), se obtiene una mayor área superficial para la adsorción de elementos potencialmente tóxicos (EPT), mejorar la tolerancia de las plantas se sugiere que la simbiosis entre *Rhizobium* y *Lupinus albus* incrementa la tolerancia a metales pesados como el cadmio. Así mismo el “*Lupinus mutabilis*” es una planta del tipo arbustivo que llega a medir hasta más de dos metros de altura. La semilla comienza a germinar entre 7 a 9 días, luego de haber colocado las semillas en tierra agrícola, sin embargo, esta germinación se ve afectada por la dormancia de la semilla, debido a la falta y el exceso de humedad en el suelo y plagas cuando son cultivados en campos de monocultivos, afectando su desarrollo (Flores-Córdova. et al. 2016). Así también Tapia y Fries (2007), define que el tarwi tiene una tasa de supervivencia entre 1360 hasta 3780 msnm, cuyo periodo de tiempo, varían entre 4-8 meses, a medida que los requerimientos de la planta disminuyen los agentes contaminantes se reducen. Así mismo Dhar et al., (2019) Define que el ácido giberélico es una fitohormona induce a romper la dormancia de la semilla, acerando a la germinación y florecimiento de la planta, por ende Saldivar et al., (2010) utilizó (0, 50, 100, 150, 200 mg/L) de ácido giberélico en 36 unidades experimentales cada una con 50 semillas, para acelerar la germinación de la planta *Jaltomato procumbens*.

La raíz del *Lupinus mutabilis* se caracteriza por ser de bastante grosor y pivotante, además de presentar gran número de nódulos, los cuales son formados por bacterias *Bradyrhizobium sp.* que penetran los pelos radiculares de la raíz (Núñez, 2000).

La producción del *Lupinus mutabilis* es muy demandada en el mundo por sus grandes atributos alimenticios (Islam et al., 2016), además ofrece importantes beneficios en la captación y fijación del  $\text{N}_2$  en el suelo, en comparación de otras leguminosas (Campos et al., 2018), así de esta manera los cultivos de altramuz contribuyen a la biología, estructura, a

una mejor infiltración del agua para su almacenamiento, para el cultivo de otros cereales, previniendo enfermedades hacia las plantas, promoviendo un mayor rendimiento en la rotación de los cultivos (Jhonson et al.,2017).

**Tabla 1. División taxonómica del *Lupinus mutabilis***

Reino	<i>Plantae</i>	División	<i>Magnoliophyta</i>	Clase	<i>Magnoliopsida</i>	Orden	<i>Fabales</i>
Familia	<i>Fabaceae</i>	Subfamilia	<i>Papilionoideae</i>	Género	<i>Lupinus</i>	Especie	<i>Lupinus mutabilis</i>

**Fuente:** Campos 2018

**Figura 1. *Lupinus Mutabilis***



**Fuente:** Tapia y Fries (2007)

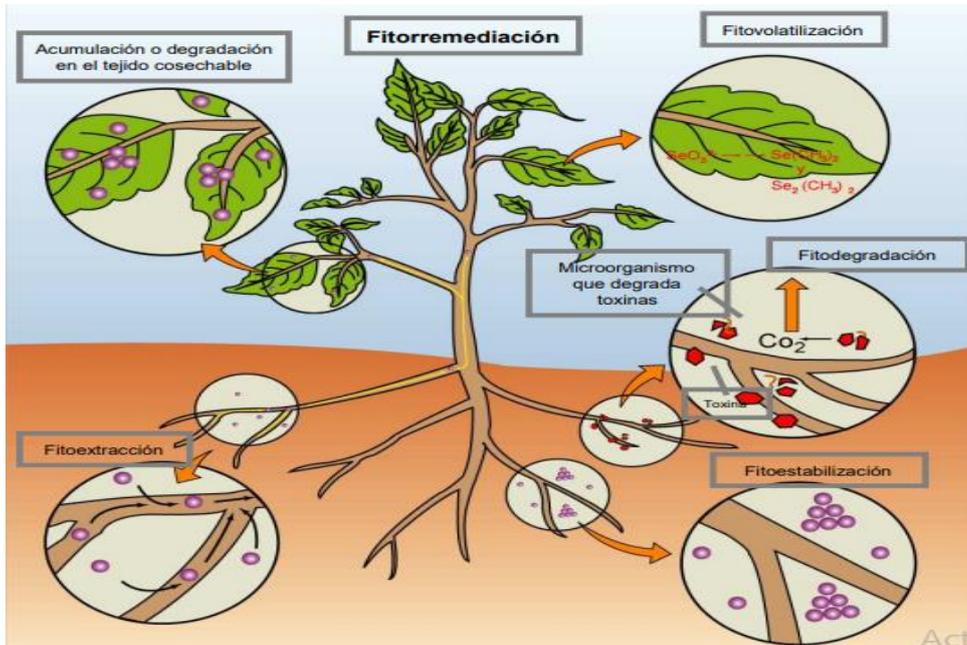
La fitorremediación es una tecnología ecológica, ampliamente utilizado por su bajo costo, además la biomasa obtenido después del proceso del proceso de remediación, que puede usarse posteriormente para producir energía (Dhiman et al, 2017)

La fitoextracción consiste en disponer los elementos metálicos por medio de las raíces; con la finalidad de acumular los metales pesados en la estructura de la planta, como en raíces, tallos o follajes (Hu et al., 2019). Este proceso ha sido evaluado en varios estudios, señalan que las plantas tiene la capacidad de almacenar metales vertidos como elementos radiactivos. (Núñez et al., 2004).

La rizofiltración se basa en la interacción de las raíces de las plantas con un medio nutricional, que permite la acumulación eficiente de metales pesados contenido en la superficie del suelo, de este concentra y precipita los contaminantes (El-Aassar et al., 2018). En la fitoestimulación las plantas producen exudados radiculares, que son sustancias provenientes de la raíz de la planta para estimular la proliferación de microorganismos

benéficos que tiene la capacidad de degradar compuestos orgánicos con potencial contaminante (Núñez et al., 2004).

**Figura 2. Fitorremediación**



**Fuente:** Buchanan (2015)

La fitorremediación es una tecnología que se basa en el uso de plantas con capacidad fitorremediadora, que se define también por varios nombres como: fitorrecuperación, fitocorrección, fitorrestauración o fitorrehabilitación dependiendo de la actividad en uso de estas plantas. Así el uso de estas plantas verdes en la bioacumulación de metales pesados, está siendo empleada como alternativa para la remediación de suelos degradados por metales pesados (Trejo, 2016).

Esta técnica es utilizada por la capacidad de plantas para la acumulación o estabilización de metales pesados en la biota del suelo, con el objetivo de remover, transferir, estabilizar y concentrar en todo caso transformar para reducir su toxicidad en el medio ambiente, tanto en sustratos orgánicos e inorgánicos, cuya aplicación puede ser ex situ o in situ (Trejo, 2016).

El suelo es la capa superficial de la tierra, es dinámica, por estar en constante cambio, fértil y constituye el medio en el cual se soporta la vida. El suelo tiene un escaso espesor y se ubica en el límite entre la atmósfera y la zona continental de la corteza terrestre. Estas tres, la atmósfera, el suelo y la corteza interactúan entre sí para brindar a los seres vivos los recursos necesarios (Jordán, 2005).

La fase sólida del suelo se subdivide en orgánica e inorgánica, la primera compuesta por la materia de los restos de seres vivos en diferentes grados de descomposición y la segunda compuesta por fragmentos de rocas y minerales. (Villalaz, 2004). Así mismo el suelo agrícola está dedicado a la producción de cultivos, forrajes y pastos cultivados, por ende, el suelo agrícola es utilizado para el crecimiento de cultivos y el desarrollo de la ganadería. Esto incluye tierras clasificadas como agrícolas, que mantienen un hábitat para especies permanentes y transitorias, además de flora y fauna nativa, como es el caso de las áreas naturales protegidas. (MINAM, 2017)

Las leguminosas a menudo establecen relaciones mutualistas con las bacterias rizobias, que proporcionan atributos en el desarrollo de la planta, mejorando su rendimiento, a través de la captación de  $N_2$  y otros compuestos para su defensa, reduciendo impactos en el parasitismo, el nitrógeno captado en la raíz, es representado por nitrato  $NO_3^-$  y amonio ( $NH_4^+$ ), acumulándose en la solución del suelo y absorbido por la rizósfera de la planta (Hessine et al., 2019), debido a que el nitrógeno es un elemento importante en el crecimiento y desarrollo de la planta, ya que provee, y afecta a la producción de la biomasa y en la eficiencia fotosintética (Xu et al., 2018). Así mismo Los exudados de la planta son esenciales para la supervivencia de estas bacterias, puesto que estas secreciones orgánicas de la planta ayuda a la proliferación de las bacterias simbióticas, especialmente en las formadoras de nódulos. (Mus et al, 2016).

La toxicidad del cadmio se puede medir dependiendo de la movilidad y su biodisponibilidad; que aumenta a medida que el pH disminuye, provocando de esta manera la mitigación de la materia orgánica (La Valle et al, 2018)

Cuando disminuye la biodisponibilidad de cadmio para las plantas, genera una menor absorbancia en la fitoextracción, por ello menciona que la disminución de la concentración del metal en la composición del suelo aumenta el pH, disminuyendo cada 1.5 veces la capacidad de adsorción del metal (Contreras et al., 2011).

El pH de las semillas de *Lupinus mutabilis* varía en un rango de 5,2-5,7 esta variación se relaciona con la cantidad de agua contenida en la semilla, que puede ser de 40%, 50% y 60% provocando que las variaciones de pH en 5.58, 5.71 y 5.77 (Ortega-David, 2010).

La conductividad eléctrica (CE) mide la concentración de sales disueltas en el suelo, que es fundamental para la supervivencia de la planta en un suelo salino, ya que las plantas como

las leguminosas crecen comúnmente en suelos ligeramente ácidos, por lo tanto, la excesiva concentración de sales en el suelo provocaría su esterilización (Zafra et al., 2010).

La materia orgánica es estabilizada en tres mecanismos que son: su obstinación bioquímica, formación de complejos orgánicos entre los minerales y iones metálicos, y la protección física debido de la oclusión dentro de los agregados del suelo. De estos tres el más fuerte es la formación de complejos orgánicos debido a la unión química entre la materia orgánica del suelo con los distintos de minerales que están en la arcilla. (Singh M. et al., 2018)

La humedad son unos de los parámetros físico químicos del suelo que tiene un efecto significativo sobre la capacidad de un suelo para secuestrar carbono (C). Los cambios que se dan en los contenidos de humedad tienen una probabilidad que tengan un efecto positivo en la capacidad de secuestro de C de los suelos especialmente de clima frío o suelos templados (Singh M. et al., 2018).

La capacidad de intercambio catiónico (CIC) se utiliza para la cuantificación de las interacciones de arcilla-agua. La CIC tiene significancia para el condado de Florida, pues la influencia se da en la evaluación de la conductividad con los minerales de arcilla y modelos de saturación de agua a base de resistividad, también evalúa la saturación de agua de las formaciones arcillosas de arena (Cheng k. y Heidari Z. 2019).

Se plantea que, si bien la cantidad de materia orgánica en el suelo puede retener al cadmio y disminuir su biodisponibilidad, hay que considerar que en transcurrir del proceso biológico se considera que la descomposición de la materia orgánica puede acidificar el suelo por medio de la formación de ácidos orgánicos, por consecuencia genera una acidificación del medio aumentando la biodisponibilidad del cadmio en el área. (Valverde, 2016).

Las rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPB) agentes microbianos tolerantes a medios contaminados por los metales pesados, son adecuados para el proceso de fitorremediación. (Jebara et al., 2019). Así mismo entre la gran diversidad de cepas de rizobios altamente resistentes a metales pesados están incluidos el *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Mesorhizobium*, *Azorhizobium* y *Sinorhizobium*. (Kong y Glick, 2017).

El *Bradyrhizobium sp.* es el más grande y diverso del género *Rhizobium*, por ende, no puede ser reflejada en el número de especies descritas, ya que posee una taxonomía compleja, estas especies pueden vivir en simbiosis o endofíticamente con leguminosas, estas bacterias generalmente simbiotes son nodulantes de leguminosas. (Avontuur et al., 2019) La bacteria

del género *Rhizobium* tiene la capacidad de fijar nitrógeno atmosférico al suelo y formar nódulos en la rizósfera de las plantas, especialmente en las leguminosas y en segundo lugar la interacción negativa que es la patogenicidad capaz de causar daños a la planta, un claro ejemplo es la *agrobacterium tumefaciens*, que causa enfermedades angiospérmicas a las plantas (Guttman et al 2014). Estas bacterias fijadoras de nitrógeno, se denominan dinitrógeno atmosférico fijo de rizobios. Las especies de bacterias *Bradyrhizobium sp.*, son de crecimiento lento, pueden sobrevivir a concentraciones de metales en forma de sales, en comparación con el *Rrhizobium sp.*, además esta especie puede tolerar diferentes concentraciones de pH (Bécquer et al., 2019). El *Bradyrhizobium sp.*, es esencial en el aumento del crecimiento vegetal y la fijación de nitrógeno N<sub>2</sub>, por ende, las inoculaciones de sinergia entre el *Bradyrhizobium sp.* y las rizobacterias que promueven el crecimiento de las plantas (PGPR), promueve el desarrollo de la planta en un 63,21%, y la mayor eficiencia en la absorción de los minerales presentes en el suelo (Badawi et al., 2011).

Los contaminantes que afectan al suelo, según su generación, pueden ser de dos tipos geogénicos o antropogénicos. Los primeros aparecen naturalmente en el suelo, pudiendo originarse por fragmentación de la roca madre o salir a la superficie por procesos volcánicos. La segunda deriva directamente de la actividad humana, principalmente de la generación de residuos peligrosos que cada vez aumenta por el crecimiento poblacional (Galan, 2008). Los metales pesados como Pb, Ni, Cd y Mn, presentes en suelos y agua residual, utilizada para riego agrícola, provocando la acumulación en suelos interactuando con sus componentes, afectando de esta manera la producción agrícola. Por su resistencia a la degradación biológica, la toxicidad que ejercen sobre los diferentes cultivos y su biodisponibilidad, resulta peligroso para la biota del suelo, reduciendo su potencial de uso (Prieto et al., 2009).

El contacto por metales pesados, a través de la inhalación e ingesta, son las causas de la presencia de elementos trazas de gran potencial en toxicidad y disponibilidad en órganos de gran importancia en nuestro organismo. (Vardhan et al., 2019). El potencial de toxicidad depende generalmente del tipo del metal, concentración o la edad de las personas, a veces con poca inmunidad a los efectos de estos compuestos contaminantes. En algunas fuentes de investigación evalúan el nivel de contaminación por metales pesados en carnes, leches y productos agrícolas de consumo, encontrando que el Cd, Pb, Hg y Ar son elementos altamente tóxicos para la salud humana, cuando estos se encuentran en mayor concentración. (Reyes et al., 2016)

**Figura 3. Proceso de la contaminación por cadmio en el medio ambiente**



**Fuente:** Reyes (2016)

Se encuentra en la tabla periódica con su número atómico 48 situado en el grupo 12 y su símbolo es Cd. Es un metal pesado, blando, blanco azulado, relativamente poco abundante. Tiene una toxicidad severa por tener particularidades como bioacumulación, persistencia al ambiente y fácilmente para transportación a los cursos de agua y viento. Su estado de oxidación más común es el +2.

**Tabla 2. Propiedades del cadmio**

Nombre	Símbolo	Número	Serie Química	Grupo, periodo, bloque	Apariencia	Punto de fusión	Punto de ebullición
Cadmio	Cd	48	Metales del bloque d	1, 2, 5, d	Blanco argentino	593,9 K	1038 K

**Fuente:** Zhao (2015)

El dinamismo del cadmio puede llegar al suelo depende de las reacciones químicas y de los diferentes procesos tanto físicos como biológicos que se den en el suelo en un determinado tiempo. La interacción que se dé entre el suelo (cada uno de sus diferentes componentes) y el cadmio tienen interacciones que determinan las reacciones de adsorción, precipitación o formación de complejos a producirse en este medio (La Valle et al, 2010).

El numeral 31.1 del artículo 31 de la Ley N° 28611 define al Estándar de Calidad Ambiental (ECA), que establece el nivel de concentración de elementos, sustancias y parámetros

físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua y suelo, que no deben representar riesgos significativos para la salud de las personas y el ambiente.

<b>Tabla 3.ECAs del suelo por cadmio</b>		
<b>Cd en el medio ambiente</b>	<b>ECA suelo</b>	<b>1.4 mg/Kg</b> (uso de suelo agrícola)
	<b>DS-011-2017-MINAM</b>	<b>10 mg/Kg</b> (Uso de suelo residencial/Parques)
		<b>22 mg/Kg</b> (Uso de suelo residencial/parques)

**Fuente:** Ministerio del Ambiente (2017)

En esta investigación se formula el problema general ¿Cuál es la eficiencia del tarwi (*Lupinus mutabilis*) asistido con *Bradyrhizobium sp.* para la absorción de cadmio en suelos contaminados – Lima 2019? Así mismo los problemas específicos son:

- ✓ ¿Qué cambios se producirán en las características físicas del tarwi después del proceso de absorción en los suelos contaminados con Cd?
- ✓ ¿Cuánto es la concentración de Cd en la estructura radicular de la planta después del proceso de absorción por el tarwi?
- ✓ ¿Cuánto es la concentración de Cd en la estructura aérea de la planta después del proceso de absorción por el tarwi?
- ✓ ¿Cuál sería el efecto de la concentración final de cadmio en la remoción por tarwi acondicionado con la bacteria *Bradhizobium sp.*?

El estudio realizado se justifica en la necesidad de tener alternativas de solución que sean rentable, económica y sostenible para realizar la descontaminación por metales pesados, como es el cadmio sin causar deterioro en los suelos. Es una alternativa relativamente nueva, hace falta conocer aún las interacciones en la rizósfera y los mecanismos de las plantas que permiten la translocación del metal y su acumulación (Viñas et al., 2005). Se conocen alrededor de 400 especies de plantas con capacidades para hiperacumular selectivamente alguna sustancia. En la actualidad el Cd utilizado en la industria y productos agrícolas, esto ha producido un progresivo aumento en su producción. Las cifras demuestran que el 5% del metal es reciclado y debido a su notable movilidad con estos datos es de suma interés que

se relacione con la salud de la población por la contaminación de metales pesados en alimentos, carne y leche. (Reyes, 2016) La utilidad de esta investigación radica en la profundización del estudio acerca de técnicas Fito tecnológicas que ofrecen muchas ventajas fisicoquímicas para la aplicación de métodos Fito correctivos que permiten recuperar grandes cantidades de suelos contaminados por metales pesados.

La hipótesis general es el uso de tarwi "*Lupinus mutabilis*" acondicionado con bacterias *Bradyrhizobium sp.* es eficiente para la absorción de cadmio en el suelo contaminado- Lima 2019, para lo cual se concluyen las siguientes hipótesis específicas:

- ✓ Se producirán cambios en las características físicas (tamaño de hojas, tallo y raíz principal) del tarwi después de finalizar el proceso de absorción de Cd en los suelos contaminados.
- ✓ La mayor concentración de Cd en la estructura aérea se dará en una concentración de 110 mg/Kg de Cd.(T4)
- ✓ La mayor concentración de Cd en la estructura radicular se dará en una concentración de 110 mg/Kg de Cd.(T4)
- ✓ A mayor concentración de cadmio se produce una menor remoción por tarwi acondicionado con la bacteria *Bradyrhizobium sp.*

Así mismo se formula el objetivo general para esta investigación, que es analizar la eficiencia del tarwi (*Lupinus mutabilis*) asistido con *Bradyrhizobium sp.* para la absorción de cadmio en suelos contaminados, cuyos objetivos específicos serán:

- ✓ Determinar los cambios en las características físicas del tarwi después del proceso de absorción en los suelos contaminados con Cd
- ✓ Determinar la concentración de Cd en la estructura radicular después del proceso de absorción por el tarwi
- ✓ Determinar la concentración de Cd en la estructura aérea de la planta después del proceso de absorción por el tarwi
- ✓ Determinar la concentración final de cadmio en la remoción por tarwi acondicionado con la bacteria *Bradyrhizobium sp.*

## **II. MÉTODO**

## 2.1. Tipo y diseño de investigación

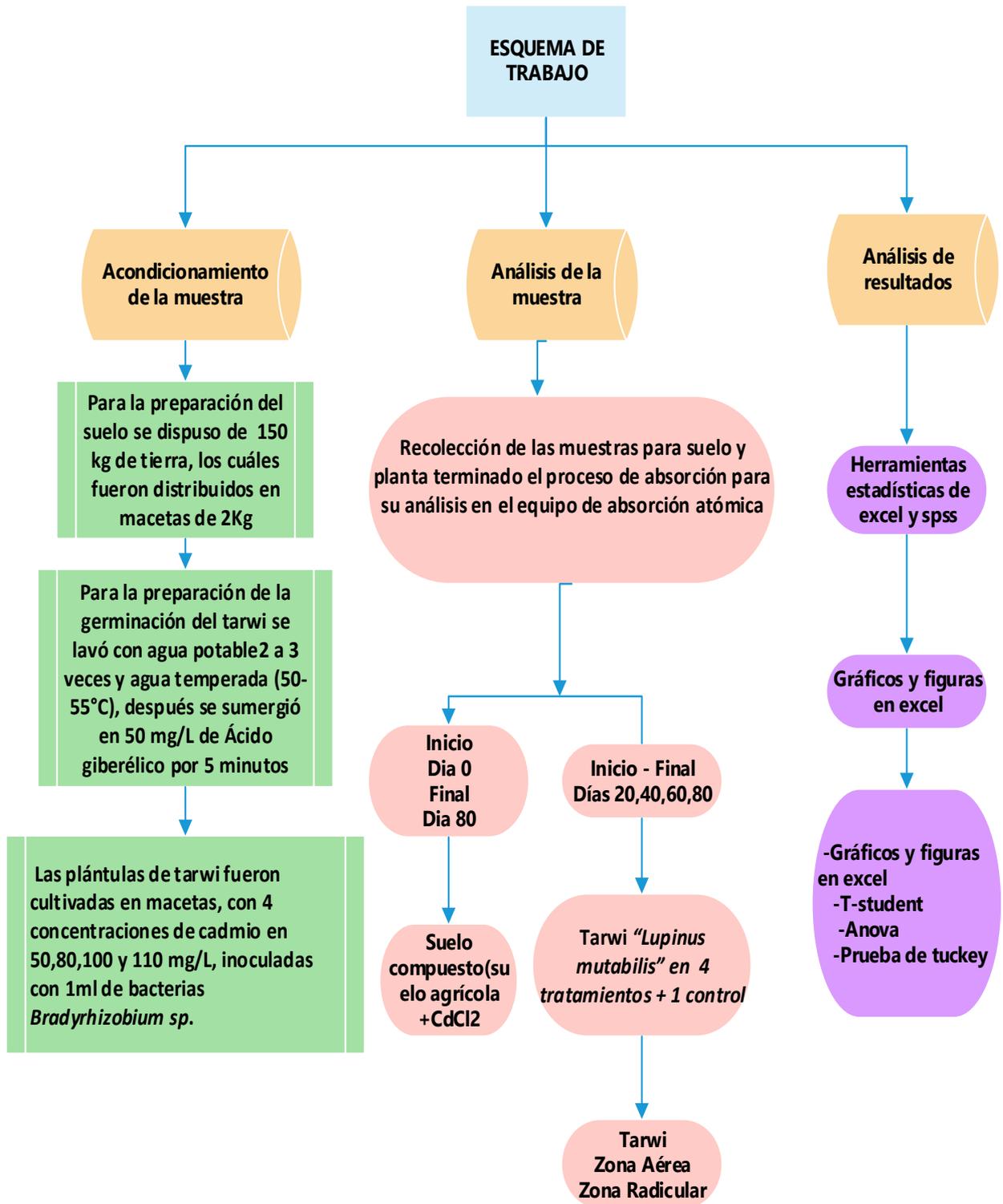
Esta investigación de tipo aplicada que posee un nivel explicativo con un diseño de investigación experimental y un enfoque cuantitativo con una secuencia de tiempo longitudinal.

La investigación es de tipo aplicada, proporciona conocimientos y métodos que apoyan en la resolución de problemas, en beneficio de la sociedad (Gersbach et al., 2018). Así mismo en esta investigación se usará el *Lupinus mutabilis* asistido con *Bradyrhizobium sp.* para la reducción de cadmio en suelos contaminados que afectan su calidad y por ende la salud de las personas que se sustentan de este recurso.

Los estudios explicativos tienen como finalidad determinar las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian (Svensson y Nikoleris, 2018), quiere decir, que se explica la absorción del cadmio de los suelos contaminados utilizando el *Lupinus mutabilis* asistido con *Bradyrhizobium sp.* Según Hernández et al., (2010) el estudio explicativo además de responder las causas se tiene que explicar porque ocurre el fenómeno y las condiciones con que se dá.

El diseño de la investigación es experimental debido a que se utilizó el *Lupinus mutabilis* asistido con *Bradyrhizobium sp.* (variable independiente) para la absorción de cadmio en suelos contaminados (variables dependientes) para establecer el probable efecto de una causa manipulada, de dos variables. (Sung et al., 2019) Según Hernández et al., (2010), establece que el diseño experimental realiza una acción o manipulación en una o más variables independientes para observar las consecuencias o resultados que se dará en una o más variables dependientes. Esta investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se medirá con precisión la variable dependiente producto de la manipulación de la variable independiente y su prolongación en el tiempo es longitudinal porque se recolectará los datos en tiempos distintos, es decir, existe un registro y comparación de los datos observados antes y después de la reducción del cadmio en suelos contaminados para determinar la eficiencia del *Lupinus mutabilis* asistido con *Bradyrhizobium sp.*

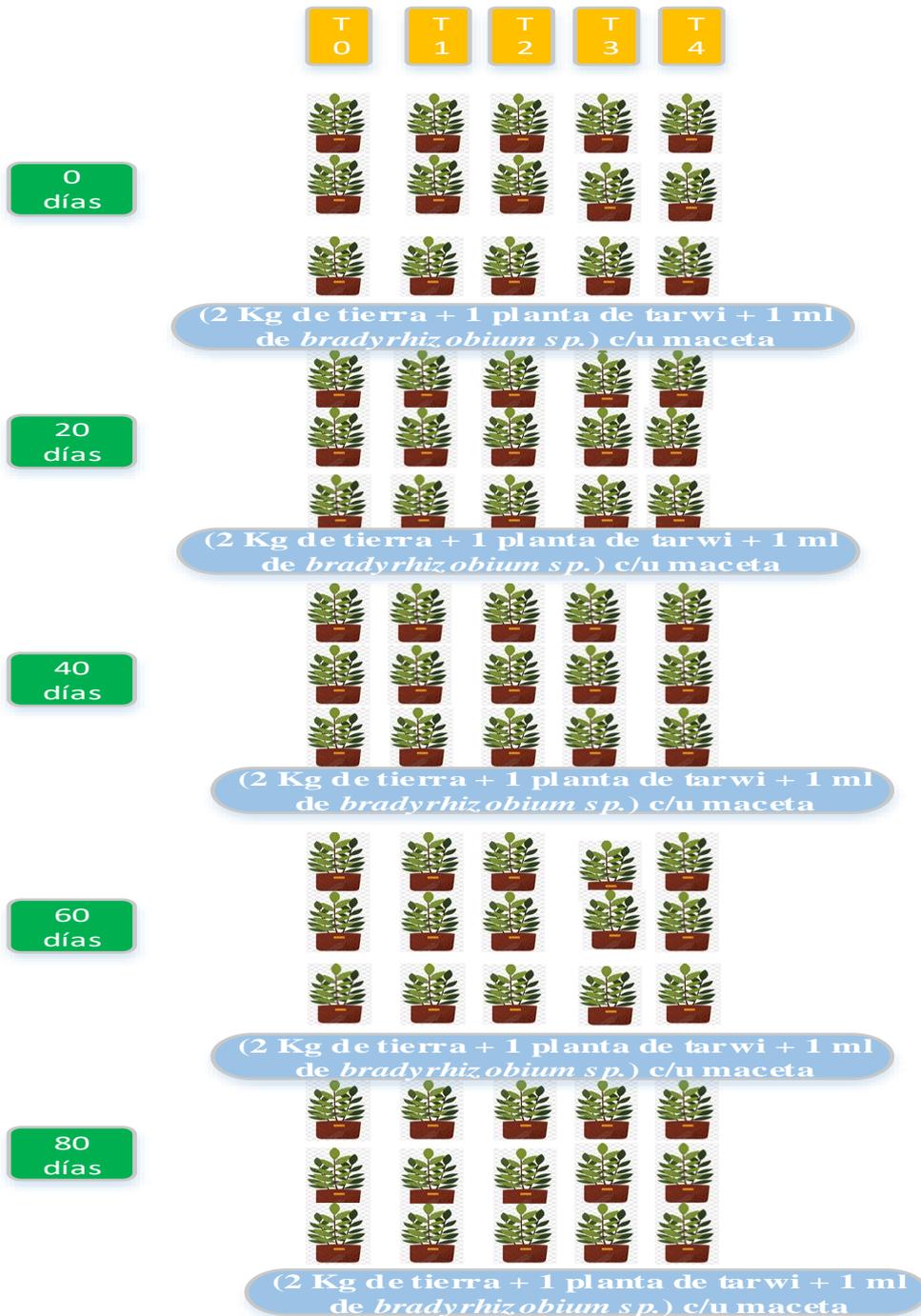
**Figura 4. Flujograma del diseño Experimental**



Fuente: Propia

Se realizó el diseño experimental evaluando 5 tratamientos (0, 50, 80, 100, 110 mg CdCl<sub>2</sub>/L), con 3 repeticiones, utilizando macetas experimentales con 2 kg de tierra agrícola más una planta de tarwi, inoculado con 1 ml de bacterias *Bradyrhizobium sp.* Para cada concentración de los tratamientos, realizándose de la siguiente manera:

**Figura 5. Diseño experimental en macetas**



Fuente: Propia

## 2.2. Variables, operacionalización

### 2.2.1. Variables

Se utilizaron dos variables, las cuales se muestran a continuación.

#### 2.2.1.1. Variable Independiente (VI):

tarwi (*Lupinus mutabilis*) acondicionado con *Bradyrhizobium sp.*

#### 2.2.1.2. Variable Dependiente (VD):

Absorción de cadmio en suelos contaminados

**Figura 6. Causa y Efecto**



**Fuente:** Hernández et al., (2014) Figura 7.1 esquema de experimentos y variables

## 2.2.2. Operacionalización:

**Tabla 4. Operacionalización de Variables**

EFICIENCIA DEL TARWI ( <i>LUPINUS MUTABILIS</i> ) ACONDICIONADO CON <i>BRADYRHIZOBIUM S.P</i> PARA LA ABSORCIÓN DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS – LIMA 2019						
VARIABLE	CONCEPTO	OPERACIÓN	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
VI: tarwi ( <i>Lupinus mutabilis</i> ) acondicionado con <i>Bradyrhizobium sp.</i>	Es una planta de tipo arbustivo con capacidad fitorremediadora y cuya raíz se caracteriza por presentar un gran número de nódulos, los cuales son formados por bacterias <i>Bradyrhizobium sp.</i> Se ha demostrado que esta especie tiene una efectividad reductora en suelos contaminados con Cd. (Neciosup, 2015).	Se colocó una plántula de tarwi " <i>Lupinus mutabilis</i> " en cada macetero de suelo contaminado con cadmio, luego se determinará sus dimensiones.	Características Morfológicas del tarwi	Tamaño de la planta	cm	- Ficha de recolección de datos
				Tamaño de raíz	cm	- Regla graduada
				Longitud de hojas	cm	- Cinta métrica
			Absorción de cadmio	Cadmio absorbido en raíces	mg/kg	- Ficha de recolección de datos
				Cadmio absorbido en tallos y hojas	mg/Kg	- Espectrofotómetro de absorción atómica
V.D Absorción de cadmio en suelos contaminados	La absorción es la capacidad que posee las plantas para retener metales pesados en su estructura, tanto en raíces tallos y hojas (Trejo, 2016).	Se utilizó 150 kg de tierra agrícola, distribuidos para los 4 tratamientos y el testigo (2 Kg/ maceta)	Remoción	Cadmio Inicial	mg/kg	Ficha de recolección de datos
				Cadmio Final	mg/kg	- Espectrofotómetro de absorción atómica

Fuente: Propia

## **2.3. Población, muestra y muestreo**

### **2.3.1. La población**

La población fueron los suelos agrícolas contaminados con CdCl<sub>2</sub> obtenido de la Universidad Nacional Agraria la Molina

### **2.3.2. Muestra**

Se tomó 150 kg de suelo agrícola contaminados con CdCl<sub>2</sub> y también se utilizò 75 *Lupinus mutabilis* (Tarwi) asistido con 1 ml de bacterias *Bradyrhizobium sp*,

### **2.3.3. Muestreo**

Se utilizó la técnica no probalístico, debido a que las muestras fueron seleccionadas a criterio y accesibilidad, el cual se tuvo para la toma de muestra. Según Hernández et al., (2014) las muestras no probabilísticas dependen de las características del investigador para sus propósitos.

### **2.3.4. Unidad de Análisis**

La unidad de análisis define lo que se está analizando en un estudio, es decir a que se está estudiando o a quien se está estudiando, las unidades de analisis determinan cuales son los objetos, sobre las que se quiere decir algo al final del estudio. (Jornet et al., 2019).

La unidad de análisis que se utilizó fueron las 75 plántulas de tarwi “*Lupinus mutabilis*” asistido con bacterias *Bradyrhizobium sp*. que se analizaron a nivel de laboratorio para determinar su eficiencia en la absorción Cd de suelo contaminados.

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

### **2.4.1. Técnicas de recolección de datos**

Se utilizó la técnica de observación que permitió recolectar información con las características que tienen las variables mediante sus dimensiones e indicadores. Así mismo las técnicas de recolección de datos, incluyen entrevistas, observaciones directas o a través de participantes y documentos relevantes. (Shanks et al., 2018).

Según Paitán et al., (2014) la observación es el proceso de conocimiento de la realidad, mediante contacto del sujeto cognoscente y el objetivo o fenómeno por conocer, a

través de los sentidos, por ello la observación requiere curiosidad u atención, es decir, de focalización de consciencia en algún objeto o persona a observar.

## **2.4.2. Instrumento de recolección de datos**

### **2.4.2.1. Instrumentos de medición**

Según Urbano et al., 2006 dice que los instrumentos de recolección de datos son dispositivos que permiten al investigador observar y/o medir los fenómenos en que están diseñados para obtener información de la realidad.

Se utilizó los siguientes instrumentos:

- Equipo de espectrofotometría de absorción atómica (Pj instruments, AA500, spectrophotometer graphite furnace power supply)
- Conductímetro (OAKLON<sup>®</sup>)
- pH metro (HANNA)
- Balanza analítica (Keyi<sup>®</sup> Electronic Balance)

### **2.4.2.2. Instrumento: Ficha de recolección de datos**

En general cualquier dato que se desea obtener en una situación educativa a investigar evaluar o supervisar. Se refiere al ¿con que? recoger información, mediante una adecuada construcción de los instrumentos de recolección de datos de investigación, que alcanza la necesaria correspondencia entre teoría y hechos que suceden en la realidad estudiada (BAUTISTA, 2006). Las fichas se utilizarán para recoger los resultados del laboratorio por periodos de 20 días hasta culminar los 80 días. (Ver Anexos. 2 y 3).

## **2.4.3. Validez y confiabilidad del instrumento**

### **2.4.3.1. Validez del instrumento:**

La validación se dió mediante la revisión teórica de expertos en metodología acerca de los instrumentos de medición.

**Espectrofotómetro de Absorción Atómica:** El espectrofotómetro de absorción atómica mide la absorbancia de la radiación electromagnética de una longitud de onda característica de un elemento, para la obtención de datos, el equipo realiza una excitación con una llama de Acetileno/Aire o acetileno/N<sub>2</sub>O. (Manahan et al., 2006).

**Balanza Analítica:** La balanza analítica es un instrumento para medir masas pequeñas de objetos y sustancias, utilizando como comparación la fuerza de gravedad con una precisión de 0,1 µg a 0,1 mg. (Skoog et al., 1995)

**pHmetro:** Este equipo es un medidor del nivel del potencial de hidrógeno (pH), indicando la acidez y alcalinidad de una solución, el medidor del pHmetro mide la diferencia entre un electrodo de pH y electrodo de referencia, cuya diferencia define la acidez y la alcalinidad de una muestra acuosa. (Sánchez, 2014)

**Conductímetro:** El conductímetro es un instrumento electrónico compuestos por dos electrodos para analizar la concentración de sales colocados a distancia fija y con liquido entre ellos. (Sánchez, 2014)

#### **2.4.3.2. Confiabilidad del instrumento:**

Grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes, (Según Hernández, 2010). La confiabilidad se dio con los resultados emitidos por el laboratorio de la universidad César Vallejo sede Lima Este. Contando para ello con 3 repeticiones para cada muestra. ( Ver Anexo 14, 15 y 16)

## 2.5. Procedimiento

### 2.5.1. Preparación de suelo

- Se adquirió 150 Kg de suelo agrícola de la Universidad Nacional Agraria La Molina, que fue contaminado con 4 concentraciones diferentes de CdCl<sub>2</sub>.
- Se preparó una concentración de 1000 mg/l de cadmio en el laboratorio de la Universidad César Vallejo, luego se procedió a separar las concentraciones (50 mg/l, 80 mg/l, 100 mg/l y 110 mg/l CdCl<sub>2</sub>), finalmente fueron sumergidas en 1 litro de agua para luego ser mezclada con el suelo.

$$V1 \times C1 = V2 \times C2$$

- La tierra agrícola fue dispuesta en macetas con capacidad para 2Kg de tierra.
- Se midió los factores físico químicos para evaluar las condiciones del suelo para el desarrollo de la planta. (Ver Anexo. 16)

**Tabla 5. Parámetros Físicoquímicos**

Parámetros Físicoquímicos	Conductividad	dS/m
	Humedad	%
	pH	0-14
	Materia orgánica	%
	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	meq/0.1Kg

**Fuente: Propia**

### 2.5.2. Preparación para la germinación con tarwi “*Lupinus mutabilis*”

- Se adquirió 1 Kg de semillas de la especie *Lupinus mutabilis* provenientes de Apurímac en el distrito de Andahuaylas, conservadas en bolsas de polietileno con cierre hermético
- Para la germinación de la semilla se realizó previo lavado con agua potable 3 a 4 veces, se después se lavó con agua temperada (50- 55 °C) y por último se sumergió con ácido giberélico (50 mg/L) 5 minutos, posteriormente se incubó en bandejas de germinación a temperatura ambiente.
- Luego de 7 días se observó que algunas semillas comenzaban a germinar, asimismo se pudo observar de las 100 semillas plantadas solo germinaron 89 esto puede ser

que las semillas estuvieron muy maduras o muertas, y con este resultado se obtuvo el porcentaje de germinación.

$$92 \text{ Semillas germinaron} / 110 \text{ semillas se sembraron}) \times 100 = 83 \%$$

### **2.5.3. Aplicación con tarwi “*Lupinus mutabilis*” asistido con *Bradyrhizobium sp.* contaminado con CdCl<sub>2</sub>**

- Se utilizó 2 kg de tierra agrícola con una plántula por maceta con 3 repeticiones.
- Se inoculó 1 ml de contenido de *Bradyrhizobium sp* por cada maceta, adquirido de la universidad Agraria la Molina. (Ver anexo 4)
- Se tomó un 1 g de suelo agrícola para el análisis del cadmio por el método espectrofotometría de absorción atómica.
- Se determinó la concentración de cadmio en la parte aérea y radicular de la planta en 4 tiempos (cada 20 días) en un periodo de 80 días de exposición al contaminante. También se halló la remoción de cadmio en el suelo al finalizar el proceso de absorción.

### **2.5.4. Evaluación de los efectos en la morfología de la planta**

- Después de la exposición de la planta al contaminante se midió en 4 tiempos (cada 20 días) las características morfológicas de la planta (longitud del tallo, hojas y raíz).
- Se obtuvo los datos en cm de las longitudes de tallos, hojas y raíces, con una regla graduada y una cinta métrica, cuyos datos de medición serán comparados, donde se observó la variación de la longitud durante los cuatro tiempos (20,40,60 y 80 días), así mismo Según Gibson, (2015) asegura que la longitud de los tallos, hojas y raíces, pueden ser medidos con una regla y/o una cinta métrica para la obtención de datos del crecimiento de la planta y sus órganos durante el tiempo

## **2.6. Método de análisis de datos**

El análisis de datos es el proceso de aplicar sistemáticamente técnicas estadísticas para describir, ilustrar y evaluar datos, de varios procedimientos analíticos, proporciona una forma de extraer inferencias deductiva de los datos y distinguir el fenómeno de interés. (Shamoo y Resnik, 2009)

El método de análisis de datos obtenidos se hizo a través de un análisis estadístico inferencial en la cual se probó las hipótesis con el programa SPSS, en la que se

utilizó la prueba estadística T- Student, ANOVA y la Prueba de Tukey, previo se realizó el análisis de la normalidad de los datos y prueba de normalidad de la varianza la cual se buscó determinar la eficiencia del *Lupinus mutabilis* asistido con bacterias *Bradyrhizobium sp.*

Se hizo uso de laboratorio de biotecnología de la Universidad Cesar Vallejo para el análisis de los parámetros físicos y químicos.

**Para la recolección de datos se tomó en cuenta lo siguiente:**

- ✓ **Los Criterios de inclusión** formaron parte del estudio para remediar suelos, contaminado con cadmio, por medio del uso del *Lupinus mutabilis* acondicionado con bacterias *Bradyrhizobium sp.*

Se midieron los parámetros fisicoquímicos como el pH, CE, CIC, materia orgánica y humedad para evaluar las condiciones del suelo para el desarrollo de la planta.

Así mismo se midió la concentración de cadmio en el suelo y la planta al inicio, durante y después del proceso de absorción por el tarwi.

- ✓ **Los Criterios de exclusión** no formaron parte del estudio, aquellos parámetros que no aportaban significancia en la unidad de análisis (Hojas podridas, hojas dañadas por microorganismos presentadas como manchas u otra afección en la superficie de las hojas y tallos), durante el proceso de absorción de Cd en el suelo.

## **2.7. Aspectos éticos**

Se respetó los principios de ética en la elaboración de la siguiente investigación, hasta su culminación. Se respetó también las normas y leyes acorde con las políticas de desarrollo de tesis. Así mismo se tendrán criterios de:

- Confidencialidad de la información.
- Autenticidad de los resultados.
- Accesibilidad a la información.

### III. RESULTADOS

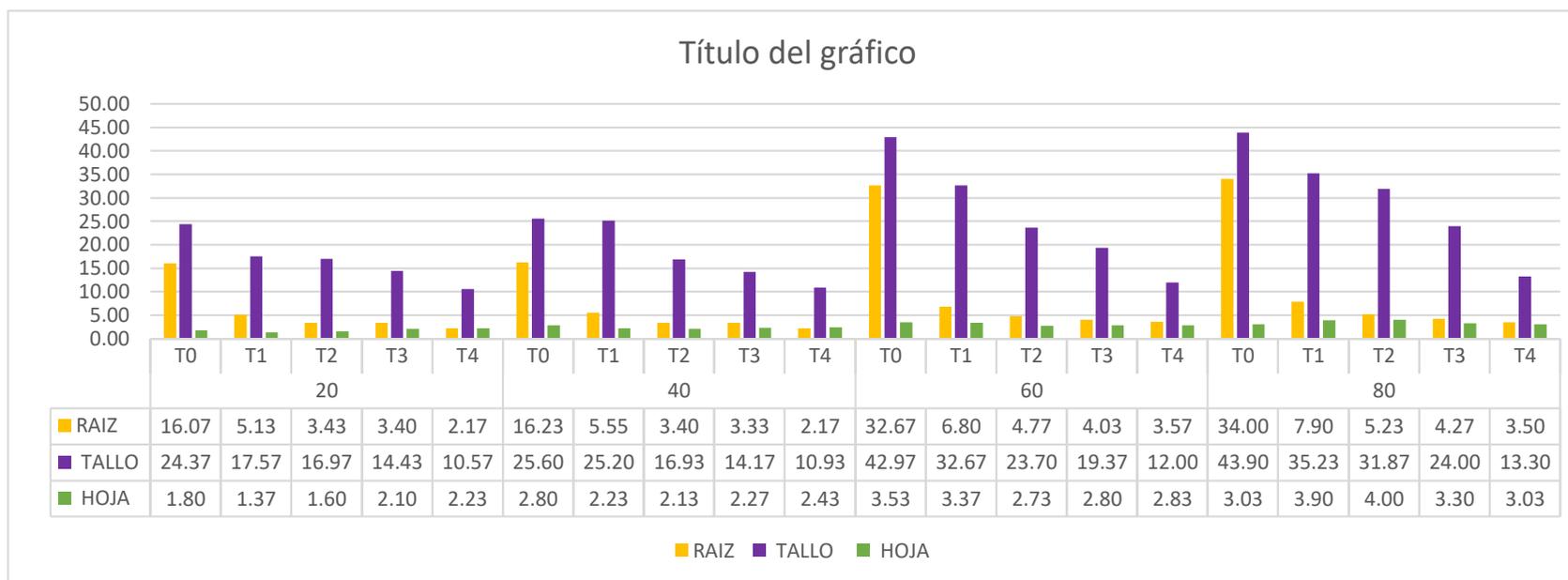
#### 1. Las características físicas del tarwi después de finalizar el proceso de absorción el cadmio en suelos contaminados.

**Tabla 6. Características físicas del tarwi (Longitud cm)**

DÍAS	TRATAMIENTO	RAÍZ	TALLO	HOJA
20 días	T0	16.07	24.37	1.80
	T1	5.13	17.57	1.37
	T2	3.43	16.97	1.60
	T3	3.40	14.43	2.10
	T4	2.17	10.57	2.23
40 días	T0	16.23	25.60	2.80
	T1	5.55	25.20	2.23
	T2	3.40	16.93	2.13
	T3	3.33	14.17	2.27
	T4	2.17	10.93	2.43
60 días	T0	32.67	42.97	3.53
	T1	6.80	32.67	3.37
	T2	4.77	23.70	2.73
	T3	4.03	19.37	2.80
	T4	3.57	12.00	2.83
80 días	T0	34.00	43.90	3.03
	T1	7.90	35.23	3.90
	T2	5.23	31.87	4.00
	T3	4.27	24.00	3.30
	T4	3.50	13.30	3.03

**Fuente:** Propia

**Figura 7. Efecto del cadmio en la longitud del tarwi (raíz, tallo y hoja)**



**Fuente:** Propia

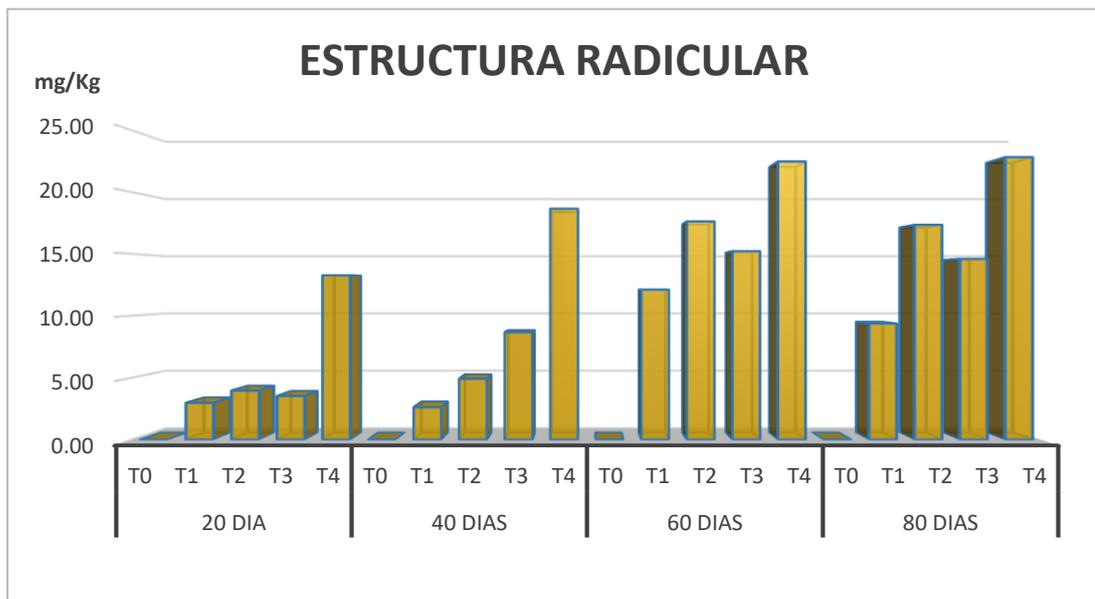
**Interpretación:** Después de finalizar el proceso de absorción en los suelos contaminados con cadmio, se obtuvo la medida para T0 (inoculado con 1 ml de *Bradyrhizobium sp.*), para la raíz 34 cm, tallo 43.9 cm y hoja 14.02 cm, para el T1 (50 mg de  $\text{CdCl}_2/\text{Kg}$  + 1 ml de *Bradyrhizobium sp.*), la raíz 7.90 cm, tallo 35.2 cm y hoja 3.90 cm. Para T2 (80 mg de  $\text{CdCl}_2/\text{Kg}$  + 1 ml de *Bradyrhizobium sp.*) en raíz 5.23 cm, tallo 31.8 cm y hoja 4 cm. Para T3 (100 mg de  $\text{CdCl}_2/\text{Kg}$  + 1 ml de *Bradyrhizobium sp.*) en raíz 4.27 cm, tallo cm y hoja 3.30 cm, en el T4 (110 mg de  $\text{CdCl}_2/\text{Kg}$  + 1 ml de *Bradyrhizobium sp.*) la raíz es 3.50, tallo 13.3 y hoja 3.03. (Ver anexo 5)

2. La concentración del Cd en la estructura aérea de la planta por el proceso de absorción del tarwi

Tabla 7. Concentración de cadmio en la estructura radicular del tarwi

DÍAS	TRATAMIENTO	CADMIO(Cd) EN LA ESTRUCTURA RADICULAR (mg/Kg)
20 día	T0	0.00
	T1	2.98
	T2	3.97
	T3	3.53
	T4	13.27
40 días	T0	0.00
	T1	2.63
	T2	4.93
	T3	8.67
	T4	18.65
60 días	T0	0.00
	T1	12.10
	T2	17.62
	T3	15.22
	T4	22.47
80 días	T0	0.00
	T1	9.37
	T2	17.35
	T3	14.60
	T4	22.82

Figura 8. Concentración de Cd en la estructura radicular del tarwi



Fuente: Propia

**Interpretación:** Se determinó la acumulación del cadmio en la parte radicular al final del proceso para T0 o control (inoculado con 1 ml de *Bradyrhizobium sp*), no posee concentración de cadmio, T1 (50 mg de CdCl<sub>2</sub>/L + 1 ml de *Bradyrhizobium sp*), se encontró al final del proceso de absorción 9.37 mg/Kg de Cd , T2 (80 mg de CdCl<sub>2</sub>/L + 1 ml de *Bradyrhizobium sp*) se halló 17.35 mg/Kg de Cd, T3 (100 mg de CdCl<sub>2</sub>/L + 1 ml de *Bradyrhizobium sp*) se halló 14.60 mg/Kg de Cd y para el T4 (110 mg de CdCl<sub>2</sub>/L + 1 ml de *Bradyrhizobium sp*) se halló 22.82 mg/Kg de Cd. (Ver anexo 6 y15)

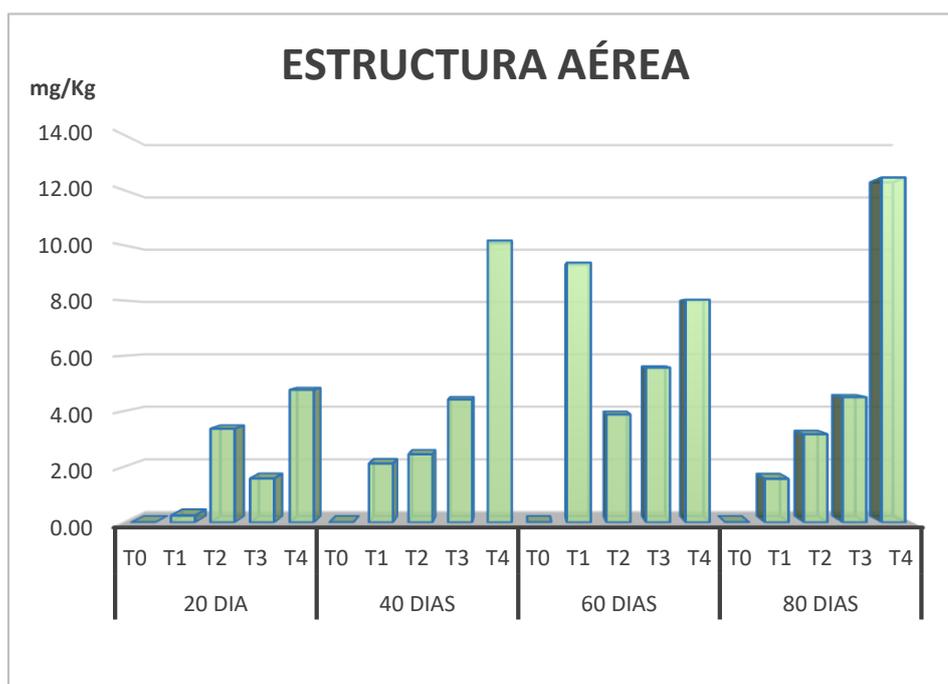
### 3. La concentración de Cd en la estructura radicular de la planta en el proceso de absorción por el tarwi

**Tabla 8. Concentración de Cd en la estructura aérea del tarwi**

DIAS	TRATAMIENTO	ESTRUCTURA AÉREA
20 día	T0	0.00
	T1	0.25
	T2	3.37
	T3	1.58
	T4	4.77
40 días	T0	0.00
	T1	2.12
	T2	2.45
	T3	4.42
	T4	10.17
60 días	T0	0.00
	T1	9.37
	T2	3.88
	T3	5.57
	T4	8.03
80 días	T0	0.00
	T1	1.57
	T2	3.17
	T3	4.50
	T4	12.45

**Fuente:** Propia

**Figura 9. Concentración de Cd en la estructura aérea del tarwi**



**Fuente:** Propia

**Interpretación:** Se determinó la acumulación del cadmio en la parte aérea al final del proceso para T0 o control (inoculado con 1 ml de *Bradyrhizobium sp*), no posee concentración de cadmio, el T1 (50 mg de CdCl<sub>2</sub>/L + 1 ml de *Bradyrhizobium sp*), se encontró al final del proceso de absorción 1.57 mg/Kg de Cd, T2 (80 mg de CdCl<sub>2</sub>/L + 1 ml de *Bradyrhizobium sp*) se halló 3.17 mg/Kg de Cd, T3 (100 mg de CdCl<sub>2</sub>/L + 1 ml de *Bradyrhizobium sp*) se halló 4.50 mg/Kg de Cd y para el T4 (110 mg de CdCl<sub>2</sub>/L + 1 ml de *Bradyrhizobium sp*) se halló 12.45 mg/Kg de Cd. (Ver anexo 6 y15)

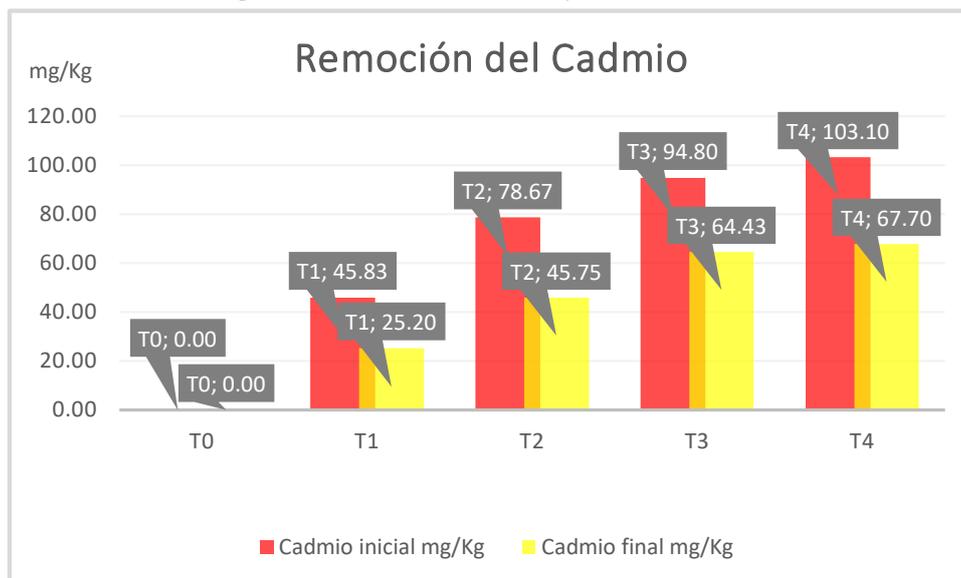
**4. La concentración final de cadmio en la remoción por tarwi acondicionado con la bacteria *Bradyrhizobium sp*.**

**Tabla 9. Cadmio inicial y final del suelo**

Análisis de Suelo	Cadmio inicial mg/Kg	Cadmio final mg/Kg
T0	0.00	0.00
T1	45.83	25.20
T2	78.67	45.75
T3	94.80	64.43
T4	103.10	67.70

**Fuente:** Propia

**Figura 10. Cadmio inicial y final del suelo**



**Fuente: Propia**

**Interpretación:** Se determinó la concentración final de Cd en el suelo por espectrofotometría de absorción atómica y se obtuvo para el tratamiento T1 (50mg CdCl<sub>2</sub>/L+1ml *Bradyrhizobium sp*) 25.20 mg/Kg, T2 (80mg CdCl<sub>2</sub>/L+1ml *Bradyrhizobium sp*) 45.75 mg/Kg, T3 (100 mg CdCl<sub>2</sub>/L+1ml *Bradyrhizobium sp*) 64.70 y para T4 (110 mg CdCl<sub>2</sub>/L+1ml *Bradyrhizobium sp*). (Ver anexo 7 y16)

Finalmente, para la determinación de la eficiencia de remoción, se utilizó la siguiente fórmula:

**Tabla 10. Ecuación del Porcentaje de remoción de cadmio en el suelo**

<p>FÓRMULA</p> $\%Remoción = \left( \frac{CI - CF}{CI} \right) \times 100$ <p>Dónde:</p> <p>CI: Concentración Inicial (mg/Kg)</p> <p>CF: Concentración Final (mg/Kg)</p>
--

**Tabla 11. Porcentaje de remoción de cadmio en el suelo**

Análisis de Suelo	% de Remoción
T0	0
T1	45
T2	42
T3	32
T4	34

**Fuente: Propia**

**Figura 11. Porcentaje de remoción de cadmio en el suelo**



**Fuente: Propia**

**Interpretación:** En el análisis por espectrofotometría de absorción atómica, para la remoción por tarwi asistido con la bacteria *Bradyrhizobium sp.* se obtuvo en el tratamiento T1 (50 mg CdCl<sub>2</sub>/L+1ml *Bradyrhizobium sp.*) una remoción de 45 % siendo el mayor de todos los tratamientos.

#### IV. DISCUSIÓN:

- ✓ El desarrollo del crecimiento del Tarwi "*Lupinus mutabilis*" asistido con *Bradyrhizobium sp.* dispuestos en macetas cada uno con diferentes dosis de cadmio, en el que se ha observado el crecimiento del tarwi que tuvo un desarrollo significativo, especialmente en T1. (Anexo. 5), en cuyo tratamiento hubo una concentración de 50 mg/kg, así mismo Fumagalli et al., 2014, señala que en una concentración inicial de 58 mg/Kg, hubo un desarrollo mayor en el crecimiento (40-50 cm) del lupinus blanco después de dos meses de su siembra, así mismo Chen et al., 2019, quien usó la planta *sorghum bicolor*, tuvo un mayor desarrollo de la planta (225 cm) en una concentración de 1 mg/Kg, a diferencia de su muestra control sin contaminante. Aunque Maguiña, (2017) señala que el *Lupinus mutabilis*, tuvo un mayor desarrollo en el crecimiento (41,2 cm) en su tratamiento inicial.
- ✓ Dentro de la evaluación general de la planta, en los 5 tratamientos utilizados 0, 50, 80, 100 y 110 mg CdCl<sub>2</sub>/L, se observó un crecimiento ascendente del tarwi partiendo del T0 (tratamiento si contaminante) hasta obtener un mínimo valor en el desarrollo longitudinal en el T4 (Anexo 5), por ello Bacaha et al., 2015 señala que el crecimiento del tarwi disminuye a medida que las concentraciones de cadmio han ido aumentando, los cuales fueron 100, 150 y 200 mg/Kg de Cd.
- ✓ Los resultados del tamaño de las hojas no fueron significativo, debido que en el T1 con (1,37) cm en 20 días, obtuvo un desarrollo mínimo en la longitud de las hojas comparado con T4 (3,9) cm en 20 días, por ello en el T1 (3,9 cm) en 80 días no obtuvo un desarrollo significativo al compararlo con T4 (3,03 cm) en 80 días. Por ello el crecimiento de las hojas no poseen tamaños altamente diferenciados durante el desarrollo de las plantas, dispuestas en diferentes concentraciones de Cd, los resultados fueron evaluado mediante el método estadístico T-student cuyo valor  $p > 0.05$  en el que se aceptó la Ha: las características físicas de la planta (tamaño de hojas) no producen cambio alguno al finalizar el proceso de absorción de Cd en los suelos contaminados. (Ver Anexo. 8)
- ✓ La longitud obtenida en el tallo fue mayor con respecto a los demás órganos de la planta, así la longitud que alcanzó el tallo en el T1 (17,57 cm) en 20 días, es mayor con respecto

a la longitud obtenida en el T4 (10.57 cm) en 20 días, Por ende el T1 (35.23 cm) en 80 días es mayor respecto a longitud obtenida en el T4 (13.30 cm) en 80 días finalizar el tratamiento los resultados fueron analizados mediante el método estadístico T-student cuyo valor  $P < 0.05$  aceptándose la  $H_0$ : las característica física de la planta (tallo) del tarwi tiene cambios significativo en cada uno de los tratamientos. (Ver Anexo 9)

- ✓ Los resultados de la longitud de la raíz en el T1 (5,1 cm) en 20 días fue mayor respecto a la longitud alcanzada en el T4 (2,17 cm). Así mismo la longitud de la raíz en T1 (7,90 cm) fue mayor respecto a la longitud alcanzada en T4 (3.50 cm) en 80 días, por lo tanto los resultados fueron significativos en el desarrollo de la longitud de la raíz, al finalizar el proceso de remediación, por lo tanto los resultados fueron analizados mediante la aplicación del método estadística T-student cuyo valor  $p < 0.05$ , en el que se aceptó la  $H_0$ : las característica física de la planta (raíz ) del tarwi tiene cambios significativo en cada uno de los tratamientos. (Ver Anexo 10)
- ✓ la concentración de Cd en la estructura radicular de la planta después del proceso de absorción por el tarwi, los resultados fueron para T1 9.37 mg/Kg(85.64%), T2 17.35 mg/Kg (84.55), T3 14.60 mg/Kg (76.43), y para T4 22.82 mg/Kg(64.70%) que son comparados con Maguiña, (2017) la misma planta con concentraciones crecientes:T1(4 mg de CdSO<sub>4</sub>/L )1.5 mg/Kg (83.79%), T2: (8 mg de CdSO<sub>4</sub>/L) 1.37 mg/Kg (86.44%) , T3: (12 mg de CdSO<sub>4</sub>/L) 1.15 mg/Kg (87.52%), T4: 16 mg de CdSO<sub>4</sub>/L 3.13 (91.79%) con estos resultados se afirma que al terminar el proceso de absorción la plántula llega almacenar Cd en su estructura radicular, evidenciándose más en el T4 64.7 % y T4 91.79% respectivamente para cada investigación. (Ver Anexo. 11). Así mismo Aafi et al., (2011) usó de *Lupinus Luteus*, inoculados con rizobacterias para tratar suelos con 2,2 mM de cd, después de 8 semanas, se analizó la raíces encontrándose 100 ppm de cadmio en la parte radicular de la planta.
- ✓ Por otro lado nuestro tratamiento 4 que fue el más alto (110 mg/L + 1ml de *Bradyrhizobium sp.*), que fue tratado con *Lupinus mutabilis* donde se obtuvo 22.82 mg/Kg que son comparados con Jara et al., (2014) que afirma que con el *Lupinus ballianus* se obtuvo una concetración de 287.3 mg Cd/Kg en las raíces de la plántula

con el tratamiento de 100% de relave de mina. Esto reafirma la capacidad acumuladora de este género de la planta para los metales pesados en especial para Cd. Además según Lei et al., (2019). Quien usó la planta *Moms alba L.* para tratar suelos contaminados con cadmio de una zona minera, el tratamiento duró 290 días, en el cual la concentración más alta hallada en las raíces de la planta *Moms alba L.* fue 0.7 mg/Kg de Cd, en comparación con los resultados del *Lupinus mutabilis* muestra una eficiencia mucho mayor en relación a esta especie. El resultado de este trabajo de investigación se demuestra al realizar la Prueba de Anova en el programa PSS donde las hipótesis son  $H_0$ : La mayor concentración de Cd en la estructura radicular se da en el tratamiento 4 y la  $H_a$ : La mayor concentración de Cd en la estructura radicular no se da en el tratamiento 4. La regla de decisión ha sido:  $\text{sig} > 0,05$ . Rechazamos la  $H_a$ . La significancia fue 0.169 por lo tanto rechazamos la alternativa y aceptamos la  $H_0$  decimos que la mayor concentración de Cd en la estructura radicular se da en el tratamiento 4. También se realizó la prueba de Tukey donde se rechazó la  $H_a$  para aceptar la  $H_0$ : Existe alguna significancia entre el tratamiento y el testigo. (Ver Anexo. 11)

- ✓ Para la estructura aérea ( tallo, hoja) de la planta después del proceso de absorción por el tarwi asistido con *Bradyrhizobium sp.* en los resultados fueron para el T1 1.57 mg/Kg (14.35%) , T2 3.17 mg/Kg (15.44%) , T3 4.50 mg/Kg (23.56%), y para T4 12.45 mg/Kg (35.9%) de Cd así que también se comparó con Magaña, (2017) ya que utiliza la plántula de la misma especie con concentraciones crecientes: T1(4 mg de CdSO<sub>4</sub>/L) 0.29 (16.2%), T2: (8 mg de CdSO<sub>4</sub>/L) 0.215 (13.57%), T3 (12 mg de CdSO<sub>4</sub>/L) 0.164 (12.48%), T4: 16 mg de CdSO<sub>4</sub>/L 0.28 (8.21%) al ser contrastados los resultados se evidencia la mayor acumulación de cadmio en T4 (35.29%) y T2(13.57) respectivamente para cada investigación. Así mismo Zornoza et al., (2010). Utilizó *Lupinus albus* para reducir 18 µM, cuyos resultados obtenidos en tallo fue 111 mg/ Kg y hojas 27.6 mg/Kg, el cual fue el más alto de todos los tratamientos usados después de 4 semanas de su cultivo. Además Por otro lado Navarro et al., (2019) utilizó tres tipos de plantas de la especie *Brassica rapa* para remediar suelos contaminados con 100 µM de CdCl<sub>2</sub>, con un periodo de 30 días, cuyos resultados para la parte aérea fue 0.46 g Dw planta<sup>-1</sup>, el cual fue el más alto analizado en esta investigación. Se demostró con la Prueba de Anova en SPSS donde  $H_0$ : La mayor concentración de Cd en la estructura aérea se da en el tratamiento y la  $H_a$ : La mayor concentración de Cd en la estructura

aérea no se da en el tratamiento 4 para ello se la siguiente Regla de decisión:  $\text{sig} < 0,05$ . Se rechaza la  $H_a$  Como resultado tenemos significancia de 0.012 por lo tanto aceptamos la  $H_0$  y decimos que la mayor concentración de Cd en la estructura aérea se da en el tratamiento 4. También se realizó la prueba de Tukey donde se rechazó la  $H_0$  para aceptar la  $H_a$ : NO existe alguna significancia entre el tratamiento y el testigo.(Ver Anexo. 12).

- ✓ La concentración de cadmio fue analizada por espectrofotometría de absorción atómica, obteniendo los resultados iniciales en 0 días y finales después de 80 días del proceso de absorción, Los resultados en 4 tratamiento de cadmio (50, 80, 100, 110 mg  $\text{CdCl}_2/\text{L} + 1$  ml de *Bradyrhizobium sp.*), tuvieron como resultados 25, 45.75, 64.43 67.70 mg/Kg de Cd de concentración final respectivamente. Así mismo Chen et al., 2019 menciona que el suelo inicialmente fue contaminado con 1,3,6 y 15 mg/ Kg de Cd respectivamente, aplicando tratamientos a través de la fitorremediación con la planta *sorghum bicolor* inoculado con distintas cepas microbianas, durante 140 días, obteniendo como resultado la concentración final 0.61 mg/Kg, 1.72 mg/Kg, 3.58 mg/Kg y 9.16 mg/Kg de Cd respectivamente. Así también Bacaha et al., 2015, cuyas concentraciones iniciales en la planta fueron (100, 150 y 200 mg/Kg de Cd), usando como fitoextractor a la planta *sorghum bicolor*, aplicado con 5mM de agente quelante EDTA, durante 6 semanas, cuyas concentraciones finales de Cd fueron indetectables en el espectro de absorción atómica. Según Jin et al., 2016 utilizó la planta *Simplicillium chinense* para remediar 10, 30 ,50, 100, 150 y 200 mg/Kg de Cd en el suelo, dicho tratamiento duro 3 meses y 10 día, la máxima reducción en la concentración mas alta (200 mg/Kg de Cd) fue de 13 mg/ Kg. Según Jia et al., 2016 se utilizó la planta *sorghum bicolor* para el tratamiento de suelos contaminados con cadmio, utilizando concentraciones hasta 100 uM en el suelo, durante 5 meses hallando así, la concentración final más alta fue 10 mg/Kg de cadmio en el suelo. Además Xiao et al., (2019) quien aplico un método combinado con fitorremediación y soluciones quelantes para la reducción de cadmio en el suelo con la finalidad de reducir concentraciones de cadmio (0.8 y 300 mg/Kg de cadmio) , con un periodo de aplicación de 50 días, cuyo resultado final en la concentración de cadmio es 11 mg/Kg de cadmio Aplicando el método estadístico t-student, se tomó la regla de decisión que si es  $\text{sig} < 0.05$  rechazamos la  $H_a$ . El P obtenido fueron menores de  $< 0.05$  entonces se acepta  $H_0$ : a mayor concentración de cadmio se produce una menor

remoción menor por tarwi acondicionado con la bacteria *Bradyrhizobium sp.* excepto en el par 2 que tiene 0.054. (Ver Anexo. 13)

## V. CONCLUSIONES:

- ✓ Hubo cambios significativos en las características físicas del tarwi, especialmente en el tallo y la raíz, cuyos valores fueron más óptimos en el T1. Así mismo los resultados fueron 7.90 cm raíz y 35.23 cm tallo en T1 respectivamente. Por otro lado en el T4 hubo deficiencia en el desarrollo de la planta, cuyos resultados fueron: 3.50 cm raíz, 13.30 tallo y 3.03 cm en las hojas, concluyéndose que a mayor concentración de cadmio menor es el desarrollo en el crecimiento del tarwi, también se ha podido observar que no hubo cambios significativos en la longitud de las hojas en todos los tratamientos aplicados, debido a las bajas concentraciones de cadmio analizadas en la parte aérea de la planta.
- ✓ Se logró determinar la concentración de Cd en la estructura radicular de la planta después del proceso de absorción por el tarwi y se obtuvo que en T1 9.37 mg/Kg, T2 17.35 mg/Kg, T3 14.60 mg/Kg, y para T4 22.82 mg/Kg donde se llega a conclusión que a más alta concentración Cd como es el T4, la plántula tuvo una mayor absorción en su estructura radicular.
- ✓ Se logró determinar la concentración de Cd en la estructura aérea de la planta en el proceso de absorción por el tarwi y se obtuvo el T1 1.57 mg/Kg, T2 3.17 mg/Kg, T3 4.50 mg/Kg, y para T4 12.45 mg/Kg donde se llega a la conclusión que la estructura aérea tiene menor concentración en cada uno sus tratamientos en comparación a su estructura radicular
- ✓ Las concentraciones finales de cadmio en el suelo en cada tratamiento son: Para el T1 25, T2 45.75, T3 64.43, T4 67.70 mg/Kg de Cd, cuyos porcentajes de remoción que son 45%, 42%, 32%, 34% respectivamente durante 80 días, en conclusión, se cumple que a mayor concentración de cadmio menor es el porcentaje de remoción, por lo tanto, se llega a evidenciarse que la aplicación del *Lupinus mutabilis* asistido con *Bradyrhizobium sp.* es eficiente en la remoción del cadmio en el suelo.

## **RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda realizar cortes histológicos en la planta, para analizar los efectos del cadmio en los tejidos del tarwi, de esta manera obtener más información sobre los cambios en las características físicas en el tarwi.
- Se recomienda establecer metodos para la recuperación del cadmio en la planta después del proceso de remediación, utilizando procesos electroquímicos para la recuperación de metales de la biomasa vegetal. (Delil et al., 2109).
- Se recomienda realizar el cultivo in situ en zonas contaminadas con condiciones climáticas adecuadas para obtener resultados más óptimos y evaluar los cambios significativos después del proceso de remediación en la zona afecta.

## REFERENCIAS:

- ✓ AAFI, N. El, et al. Rhizostabilization of metals in soils using *Lupinus luteus* inoculated with the metal resistant rhizobacterium *Serratia* sp. MSMC541. *International journal of phytoremediation*, 2012, vol. 14, no 3, p. 261-274. <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=18&sid=d2b2ea5c-67cf-4b27-bfbc-09fbc9d7c5d5%40sessionmgr4007&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGl2ZQ%3d%3d#AN=131855099&db=a9h>
- ✓ AVONTUUR, Juanita R., et al. Genome-informed Bradyrhizobium taxonomy: ¿where to from here? *Systematic and applied microbiology*, 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0723202019300475>
- ✓ BACAHA, Nafees, et al. Effect of heavy metal and EDTA application on plant growth and phyto-extraction potential of Sorghum (*Sorghum bicolor*). *Pakistan Journal of Botany*, 2015, vol. 47, no 5, p. 1679-1684.
- ✓ BADAWI, F. Sh F.; BIOMY, A. M. M.; DESOKY, A. H. Peanut plant growth and yield as influenced by co-inoculation with Bradyrhizobium and some rhizo-microorganisms under sandy loam soil conditions. *Annals of Agricultural Sciences*, 2011, vol. 56, no 1, p. 17-25. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178311000066>
- ✓ BÉCQUER, Carlos José, et al. Efecto de la inoculación de microorganismos benéficos y Quitomax® en *Cenchrus ciliaris* L., en condiciones de sequía agrícola. *Pastos y Forrajes*, 2019, vol. 42, no 1, p. 39-47. [http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942019000100039&script=sci\\_arttext&tlng=en](http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03942019000100039&script=sci_arttext&tlng=en)
- ✓ BUCHANAN, Bob B.; GRUISSEM, Wilhelm; JONES, Russell L. (ed.). *Biochemistry and molecular biology of plants*. John Wiley & Sons, 2015. [https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=yRIWCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=:+Buchanan+et+al.,+Biochemistry+and+Molecular+Biology+of+Plants,+2000.&ots=LO-sAv1PTc&sig=47gIMTVtxH36qBa-hx9B\\_nwgNt8#v=onepage&q=%3A%20Buchanan%20et%20al.%2C%20Biochemistry%20and%20Molecular%20Biology%20of%20Plants%2C%202000.&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=yRIWCgAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA2&dq=:+Buchanan+et+al.,+Biochemistry+and+Molecular+Biology+of+Plants,+2000.&ots=LO-sAv1PTc&sig=47gIMTVtxH36qBa-hx9B_nwgNt8#v=onepage&q=%3A%20Buchanan%20et%20al.%2C%20Biochemistry%20and%20Molecular%20Biology%20of%20Plants%2C%202000.&f=false)
- ✓ CAMPOS, David, et al. Bioactive potential of andean fruits, seeds, and tubers. *En Advances in food and nutrition research*. Academic Press, 2018. p. 287-343. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1043452617300499>

- ✓ CONTRERAS, Francisco, et al. Efecto de dos fuentes de carbonato de calcio (CaCO<sub>3</sub>) sobre la disponibilidad de cadmio para plantas de cacao (*Theobroma cacao* L.) en suelos de Barlovento, estado Miranda. *Venesuelos*, 2011, vol. 13, no 1, p. 52-63. [http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev\\_venes/article/view/979/0](http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/979/0)
- ✓ DHAR, Nikhilesh, et al. *Arabidopsis* defense mutant *ndr1-1* displays accelerated development and early flowering mediated by the hormone gibberellic acid. *Plant Science*, 2019, vol. 285, p. 200-213. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945219300421>
- ✓ Delil, AD et al. Recuperación de metales pesados de biomasa de canola (*Brassica napus*) y soja (*Glycine max*) mediante un proceso electroquímico. *Tecnología ambiental e innovación*, 2019 <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186418300075>
- ✓ CHAI, Minwei, et al. Interactive effects of cadmium and carbon nanotubes on the growth and metal accumulation in a halophyte *Spartina alterniflora* (Poaceae). *Plant growth regulation*, 2014, vol. 71, no 2, p. 171-179.
- ✓ CHEN, Can; WANG, Xu; WANG, Jianlong. Phytoremediation of cadmium-contaminated soil by *Sorghum bicolor* and the variation of microbial community. *Chemosphere*, 2019, vol. 235, p. 985-994. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519315085>
- ✓ CHENG, Kai; HEIDARI, Zoya. A new method for quantifying cation exchange capacity: Method verification and application to organic-rich Mudrock formations. *Applied Clay Science*, 2019, vol. 181, p. 105229. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016913171930287X>
- ✓ CHOQUE, Martin. Remoción de iones Cadmio (II), Plomo (II) y Níquel (II) de lodos sedimentados en la bahía interior de Puno-Lago Titicaca utilizando bioadsorbente acuoso de la semilla de tarwi (*Lupinus mutabilis*). 2017. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6209>
- ✓ DELGADILLO, Oscar, et al. Depuración de aguas residuales por medio de humedales artificiales. Nelson Antequera, 2010. [https://books.google.com.pe/books?id=1kO2J5aDljQC&dq=oximetro+para+laboratorio&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=1kO2J5aDljQC&dq=oximetro+para+laboratorio&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

- ✓ DELGADO, Yessenia Magaly. Efecto del cadmio en el crecimiento de plántulas de *lupinus mutabilis* “chocho”. Peru: Universidad Nacional de Trujillo, 2014, 52 pp. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4272>
- ✓ DHIMAN, Saurabh Sudha, et al. Phytoremediation of metal-contaminated soils by the hyperaccumulator canola (*Brassica napus* L.) and the use of its biomass for ethanol production. *Fuel*, 2016, vol. 183, p. 107-114. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0016236116304781>
- ✓ ESPINAR, D. Antonio Cueto; MEJÍA, D. Radhamés Hernández. Aspectos Toxicológicos y de Salud Pública. [http://cache.metaspacesportal.com/mtspublished\\_42238.pdf](http://cache.metaspacesportal.com/mtspublished_42238.pdf)
- ✓ EL-AASSAR, M. R., et al. Rhizofiltration system consists of chitosan and natural *Arundo donax* L. for removal of basic red dye. *International journal of biological macromolecules*, 2018, vol. 120, p. 1508-1514. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813018329052>
- ✓ FINDLAY, Alexander. *Química-física practica de Findlay*. Reverté, 1979. [https://books.google.com.pe/books?id=RU-DGFei4e8C&dq=agitador+magnetico&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=RU-DGFei4e8C&dq=agitador+magnetico&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- ✓ Flores-córdova M.A., Sánchez-chávez E., Balandrán-valladares M.I., Delicias C. Efectividad de tratamientos pre-germinativos en la ruptura de la dormancia en las semillas forrajeras y de malezas. *Especies evaluadas Recolección de germ.* 2016;3(9):427–32. <http://www.scielo.org.mx/pdf/era/v3n9/2007-901X-era-3-09-00427.pdf>
- ✓ FRANCHI, Elisabetta, et al. Phytoremediation of a multi contaminated soil: mercury and arsenic phytoextraction assisted by mobilizing agent and plant growth promoting bacteria. *Journal of soils and sediments*, 2017, vol. 17, no 5, p. 1224-1236. <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/5725481>
- ✓ FUMAGALLI, Pietro, et al. The rotation of white lupin (*Lupinus albus* L.) with metal-accumulating plant crops: a strategy to increase the benefits of soil phytoremediation. *Journal of environmental management*, 2014, vol. 145, p. 35-42. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479714002941>
- ✓ GERSBACH, Hans; SORGER, Gerhard; AMON, Christian. Hierarchical growth: Basic and applied research. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 2018, vol. 90, p. 434-459. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165188918300988>

- ✓ GIBSON, David J. *Methods in comparative plant population ecology*. Oxford University Press, 2015.
- ✓ GUTTMAN, David S.; MCHARDY, Alice C.; SCHULZE-LEFERT, Paul. Microbial genome-enabled insights into plant–microorganism interactions. *Nature Reviews Genetics*, 2014, vol. 15, no 12, p. 797. <https://www.nature.com/articles/nrg3748>
- ✓ HERNÁNDEZ, Roberto, et al. *Metodología de la investigación*. 2010. <https://cmappublic2.ihmc.us/rid=1M7BV0046-FSY1Y81PHY/Yarliz%20Mora.pdf>
- ✓ HESSINI, Kamel, et al. Interactive effects of salinity and nitrogen forms on plant growth, photosynthesis and osmotic adjustment in maize. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2019, vol. 139, p. 171-178. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0981942819300877>
- ✓ HU, Pengjie, et al. Assessment of phytoextraction using *Sedum plumbizincicola* and rice production in Cd-polluted acid paddy soils of south China: A field study. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2019, vol. 286, p. 106651. [sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880919302671](https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880919302671)
- ✓ ISLAM, S, et al. *Enciclopedia de Alimentos y Salud*. Academic Press, Oxford, 2016 págs. 579-585. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123849472004323>
- ✓ JARA-PENÑA, Enoc, et al. Capacidad fitorremediadora de cinco especies altoandinas de suelos contaminados con metales pesados. *Revista peruana de biología*, 2014, vol. 21, no 2, p. 145-154. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v21n2/a04v21n2.pdf>
- ✓ JEBARA, Salwa Harzalli, et al. Phytoremediation of Cadmium-Contaminated Soils by Using Legumes Inoculated by Efficient and Cadmium-Resistant Plant Growth-Promoting Bacteria. En *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants*. Academic Press, 2019. p. 479-493. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978012814864800019X>
- ✓ JASKULAK, Marta, et al. Bioaccumulation, antioxidative response, and metallothionein expression in *Lupinus luteus* L. exposed to heavy metals and silver nanoparticles. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, p. 1-13. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30968299>
- ✓ JIA, Weitao, et al. Morphophysiological characteristic analysis demonstrated the potential of sweet sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in the phytoremediation of

- cadmium-contaminated soils. *Environmental Science and Pollution Research*, 2016, vol. 23, no 18, p. 18823-18831. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27318481>
- ✓ JOHNSON, Stuart K., et al. Lupins: Their unique nutritional and health-promoting attributes. En *Gluten-Free Ancient Grains*. Woodhead Publishing, 2017. p. 179-221. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978008100866900008X>
  - ✓ JORDÁN A. *Manual de Edafología*. España; Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla; 2005. <http://files.infoagroconstanza.webnode.es/200000017c2dccc3d62/edafologia%20del%20suelo.pdf>
  - ✓ JIN, Z., et al. Aplicación de *Simplicillium chinense* para la biosorción de Cd y Pb y para mejorar la fitorremediación de metales pesados en suelos. *Science of The Total Environment*, (2019) p. 134148. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719341257>
  - ✓ JORNET, Alfredo; DAMÇA, Crina. Unit of analysis from an ecological perspective: Beyond the individual/social dichotomy. *Learning, Culture and Social Interaction*, 2019, p. 100329. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2210656118302319>
  - ✓ KONG, Zhaoyu; GLICK, Bernard R. The role of plant growth-promoting bacteria in metal phytoremediation. En *Advances in microbial physiology*. Academic Press, 2017. p. 97-132. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065291117300103>
  - ✓ LA VALLE, Ynocente, et al. Evaluación del riesgo toxicológico en personas expuestas a suelos con plomo (Pb) y cadmio (Cd) en los alrededores del Parque Industrial Infantas en Lima-Perú. 2018. <http://cybertesis.unmsm.edu.pe/handle/cybertesis/10050>
  - ✓ LIANG, Xia, et al. Growth and Cd accumulation of *Orychophragmus violaceus* as affected by inoculation of Cd-tolerant bacterial strains. *Pedosphere*, 2014, vol. 24, no 3, p. 322-329. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718309215>
  - ✓ MAGUIÑA, Luisa Fernanda. Determinación de la capacidad fitorremediadora de *Lupinus mutabilis* Sweet “chocho o tarwi” en suelos contaminados con cadmio (Cd). 2017. <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/910>
  - ✓ MANAHAN, Stanley E. *Introducción a la química ambiental*. Reverté, 2006. [https://books.google.com.pe/books?id=5NR8DIk1n68C&dq=espectrofotometria+atomica&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=5NR8DIk1n68C&dq=espectrofotometria+atomica&hl=es&source=gbs_navlinks_s)

- ✓ MARKOVIC, Jelena, et al. Cadmium retention and distribution in contaminated soil: effects and interactions of soil properties, contamination level, aging time and in situ immobilization agents. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2019, vol. 174, p. 305-314 <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651319302623>
- ✓ MILLER, Patricia Geraldine, et al. Impacto de la exportaciones en el Perú, de no ceñirse a la modificación del Reglamento Europeo N° 488/2014, que establece límites de cadmio para el chocolate y el cacao en polvo, apto para el consumo al por menor. 2017. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/621771>
- ✓ Ministerio del Ambiente [Internet]. Lima: Ministerio del Ambiente; [citado 01 JUN 2019] Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/disposiciones/decreto-supremo-n-011-2017-minam/>
- ✓ NAVARRO-LEÓN, Eloy, et al. Tolerance to cadmium toxicity and phytoremediation potential of three *Brassica rapa* CAX1a TILLING mutants. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2019, p. 109961. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651319312928>
- ✓ LEI, Ming, et al. Application of economic plant for remediation of cadmium contaminated soils: Three mulberry (*Moms alba* L.) varieties cultivated in two polluted fields. *Chemosphere*, 2019, vol. 236, p. 124379. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519316005>
- ✓ MUS, Florence, et al. Symbiotic nitrogen fixation and the challenges to its extension to nonlegumes. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2016, vol. 82, no 13, p. 3698-3710. <https://aem.asm.org/content/82/13/3698.short>
- ✓ NAMAKFOROOSH, Mohammad Naghi. Metodología de la investigación. Editorial Limusa, 2000. [https://books.google.com.pe/books?id=ZEJ70hmvhwC&dq=validez+de+instrumento&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=ZEJ70hmvhwC&dq=validez+de+instrumento&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- ✓ NECIOSUP, Wendy Roxana. Capacidad reductora de las hojas de *Pelargonium hortorum* LH BAILEY, *Eriobotrya japonica* (THUMB.) LINDL. y *Lupinus mutabilis* SWEET para la producción de nanopartículas de plata. 2015. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/8846>
- ✓ NÚÑEZ, R., et al. Fitorremediación: fundamentos y aplicaciones. *Ciencia*, julio-setiembre, 2004, p. 69-82. [https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55\\_3/Fitorremediacion.pdf](https://www.revistaciencia.amc.edu.mx/images/revista/55_3/Fitorremediacion.pdf)

- ✓ NÚÑEZ, M. Manual de técnicas agroecológicas (Serie Manuales de Educación y Capacitación Ambiental). México, df: pnuma, 2000.  
<http://www.pnuma.org/educamb/documentos/Nunez.pdf>
- ✓ ORTEGA-DAVID, Eduar, et al. Characterization properties of lupin (*Lupinus mutabilis*) seeds grown in the Colombian Andean region. *Acta Agronómica*, 2010, vol. 59, no 1, p. 111-118.o  
[www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/1699/169916223012/5](http://www.redalyc.org/service/redalyc/downloadPdf/1699/169916223012/5)
- ✓ PAITÁN, Humberto Ñaupas. Metodología de la investigación: cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. Ediciones de la U Ltda, 2014.
- ✓ PASTOR, Jesús, et al. Accumulating behaviour of *Lupinus albus* L. growing in a normal and a decalcified calcic luvisol polluted with Zn. *Journal of plant physiology*, 2003, vol. 160, no 12,p. 1457-1465.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S017616170470543X>
- ✓ PEREA-VÉLEZ, Y. S.; CARRILLO-GONZÁLEZ, R.; GONZÁLEZ-CHÁVEZ, M. C. A. Fitorremediación asistida por microorganismos: énfasis en bacterias promotoras del crecimiento de plantas. *Agroproductividad*, 2017, vol. 10, no 4.  
<https://web.a.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=01887394&AN=123370443&h=MRFGoKcJCC6oAm%2bCWht5cZJr%2bRKq6sPWR6SkBTUhsILOE7qlqrLqAOA5zUKawmwEnhF010c%2fUZHHkC1bBgCwg%3d%3d&crl=c&resultNs=AdminWebAuth&resultLocal=ErrCrINotAuth&crlhashurl=login.aspx%3fdirect%3dtrue%26profile%3dehost%26scope%3dsite%26authtype%3dcrawler%26jrnl%3d01887394%26AN%3d123370443>
- ✓ PRIETO, Judith, et al. Contaminación y fitotoxicidad en plantas por metales pesados provenientes de suelos y agua. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 2009, vol. 10, no 1. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93911243003.pdf>
- ✓ REYES, Yulieth, et al. Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+ D*, 2016, vol. 16, no 2, p. 66-77. <file:///C:/Users/user/Downloads/Dialnet-ContaminacionPorMetalesPesados-6096110.pdf>
- ✓ SÁNCHEZ, Adrián del Salvador Yaque. Operaciones auxiliares elementales en laboratorio y en procesos en la industria química y afines. QUIE0308. IC Editorial, 2014.

- [https://books.google.com.pe/books?id=BKBmBAAAQBAJ&dq=definicion+de+phmetro+y+conductimetro&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=BKBmBAAAQBAJ&dq=definicion+de+phmetro+y+conductimetro&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
- ✓ SÁNCHEZ-PARDO, Beatriz; ZORNOZA, Pilar. Mitigation of Cu stress by legume–Rhizobium symbiosis in white lupin and soybean plants. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2014, vol. 102, p. 1-5. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651314000190>
  - ✓ SALDÍVAR-IGLESIAS, Pedro, et al. Ácido giberélico en la germinación de semillas de *Jaltomata procumbens* (Cav.) JL Gentry. *agronomía mesoamericana*, 2010, vol. 21, no 2, p. 327-331. <https://www.redalyc.org/pdf/437/43720093012.pdf>
  - ✓ SKOOG, Douglas Arvid; HOLLER, F. James; WEST, Donald M. *Química analítica*. McGraw-Hill Interamericana,, 1995. [https://books.google.com.pe/books?id=HYxVZIYkk-MC&dq=balanza+analitica&hl=es&source=gbs\\_navlinks\\_s](https://books.google.com.pe/books?id=HYxVZIYkk-MC&dq=balanza+analitica&hl=es&source=gbs_navlinks_s)
  - ✓ SHANKS, Graeme; BEKMAMEDOVA, Nargiza. Case study research in information systems. i *Research methods: information, systems, and contexts*, red: Williamson, Kirsty & Johanson, Graeme, Oxford: Chandos Publishing, 2018, p. 193-208. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081022207000078>
  - ✓ SHAMOO, Adil E.; RESNIK, David B. *Responsible conduct of research*. Oxford University Press, 2009. <https://philpapers.org/rec/ESHRCO>
  - ✓ SINGH, Mandeep, et al. Stabilization of soil carbon as influenced by clay mineralogy. En *Advances in agronomy*. Academic Press, 2018. p. 33-84. <https://www.sciencedirect.com/science/organic/article/pii/S006521131730086X>
  - ✓ SUNG, Yao-Ting, et al. The quality of experimental designs in mobile learning research: A systemic review and self-improvement tool. *Educational Research Review*, 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X18300757>
  - ✓ SVENSSON, O. Y NIKOLERIS, A. Estructura reconsiderada: hacia nuevos fundamentos de la teoría explicativa de las transiciones. *Política de investigación*, 2018. p. 47 (2), 462–473. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733317302135>
  - ✓ TAPIA, Mario y FRIES Ana. *Guia de campo de los cultivos andinos*. 1st ed. Fao; Anpe-Perú. FAO, Roma; ANPE, Lima: Junio 2007. [https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/54733217/GUIA\\_DE\\_CAMPO\\_DE\\_LOS\\_CULTIVOS\\_ANDINOS.pdf?response-content-](https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/54733217/GUIA_DE_CAMPO_DE_LOS_CULTIVOS_ANDINOS.pdf?response-content-)

disposition=inline%3B%20filename%3DGUIA\_DE\_CAMPO\_DE\_LOS\_CULTIVOS  
\_ANDINOS.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-  
Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191205%2Fus-east-  
1%2Fs3%2Faws4\_request&X-Amz-Date=20191205T232925Z&X-Amz-  
Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-  
Signature=ad1d316d16116520bbcd0c7155612c713750bccae0b823a20f4e79b4c4b39c  
bf

- ✓ TREJO, Nallely, et al. Cadmium phytoextraction capacity of white lupine (*Lupinus albus* L.) and narrow-leafed lupine (*Lupinus angustifolius* L.) in three contrasting agroclimatic conditions of Chile. *Chilean journal of agricultural research*, 2016, vol. 76, no 2, p. 228-235. [https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-58392016000200013&script=sci\\_arttext](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-58392016000200013&script=sci_arttext)
- ✓ VALVERDE, Franklin, et al. *Nutrición del cultivo de la mora de castilla*. 2016. <https://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/4065>
- ✓ VANDERLINDE, Elizabeth M.; HYNES, Michael F.; YOST, Christopher K. Homoserine catabolism by *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 3841 requires a plasmid-borne gene cluster that also affects competitiveness for nodulation. *Environmental microbiology*, 2014, vol. 16, no 1, p. 205-217. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1462-2920.12196>
- ✓ VARDHAN, Kilaru Harsha; KUMAR, Ponnusamy Senthil; PANDA, Rames C. A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives. *Journal of Molecular Liquids*, 2019, p. 111197. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167732219317684>
- ✓ VILLALAZ C. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Editorial Limusa, 2004. <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=Db2SQbBHVPQC&oi=fnd&pg=PA13&dq=%EF%83%BC%09VILLALAZ+C.+Mec%C3%A1nica+de+suelos+y+cimentaciones.+Editorial+Limusa,+2004.++&ots=alSQnVtQ1f&sig=L-LeyrY9s4LM-pnsH96VdrQt6ic#v=onepage&q=%EF%83%BC%09VILLALAZ%20C.%20Mec%C3%A1nica%20de%20suelos%20y%20cimentaciones.%20Editorial%20Limusa%2C%202004.&f=false>
- ✓ WICHE, Oliver, et al. Effects of intercropping of oat (*Avena sativa* L.) with white lupin (*Lupinus albus* L.) on the mobility of target elements for phytoremediation and phytomining in soil solution. *International journal of phytoremediation*, 2016, vol. 18,

no 9, p. 900-907.  
<http://content.ebscohost.com/ContentServer.asp?T=P&P=AN&K=116941659&S=R&D=a9h&EbscoContent=dGJyMMvl7ESep7U4yOvsOLCmr1Gep7dSsay4TLaWxWXS&ContentCustomer=dGJyMPGutk%2B2q7NOuePfgeyx43zx>

- ✓ XIAO, Ran, et al. Comparison of the feasibility of different washing solutions for combined soil washing and phytoremediation for the detoxification of cadmium (Cd) and zinc (Zn) in contaminated soil. *Chemosphere*, 2019, vol. 230, p. 510-518.
- ✓ XU, Danghui, et al. Interactive effects of nitrogen and silicon addition on growth of five common plant species and structure of plant community in alpine meadow. *Catena*, 2018, vol. 169, p. 80-89.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0341816218301838>
- ✓ XIYUAN, X. I. A. O., et al. Potential of *Pteris vittata* L. for phytoremediation of sites co-contaminated with cadmium and arsenic: The tolerance and accumulation. *Journal of Environmental Sciences*, 2008, vol. 20, no 1, p. 62-67.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18572524>
- ✓ ZAFRA, Manuel, et al. *Aprender a enseñar en la práctica: procesos de innovación y prácticas de formación en la educación secundaria*. Ministerio de Educación, 2010.  
[https://books.google.com.pe/books?id=MGFBAAQBAJ&pg=PA63&dq=importancia+de+las+sales+en+la+planta&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi92\\_Lv2Z7jAhWxtVkJHfXhABUQ6AEIKDAA#v=onepage&q=importancia%20de%20las%20sales%20en%20la%20planta&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=MGFBAAQBAJ&pg=PA63&dq=importancia+de+las+sales+en+la+planta&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi92_Lv2Z7jAhWxtVkJHfXhABUQ6AEIKDAA#v=onepage&q=importancia%20de%20las%20sales%20en%20la%20planta&f=false).
- ✓ ZHAO, Yanfang, et al. Subcellular distribution and chemical forms of cadmium in the edible seaweed, *Porphyra yezoensis*. *Food chemistry*, 2015, vol. 168, p. 48-54.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814614010875>
- ✓ ZORNOZA, Pilar; SÁNCHEZ-PARDO, Beatriz; CARPENA, Ramón O. Interaction and accumulation of manganese and cadmium in the manganese accumulator *Lupinus albus*. *Journal of plant physiology*, 2010, vol. 167, no 13, p. 1027-1032.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0176161710001239>

## ANEXOS

### Anexo 1. Fotos del Procedimiento

Foto 1: Cloruro de cadmio  $CdCl_2$



Fuente: Propia

Foto 2: Proceso para la preparación y contaminación del suelo con Cd



Fuente: Propia

**Foto 3: Pesaje y vertido de la tierra agrícola en macetas**



**Fuente:** Propia

**Foto 4: *Lupinus mutabilis* sumergido en ácido giberélico**



**Fuente:** Propia

**Foto 5: Uso de semillero para la obtención de plántulas de tarwi**



**Fuente:** Propia

**Foto 6: Replicado de plántulas de tarwi en macetas**



**Fuente: Propia**

**Foto 7: Acondicionamiento del terreno para la disposición de las macetas en diferentes tratamientos**



**Fuente: Propia**

**Foto 8: Crecimiento del tarwi en 20 días**



**Fuente: Propia**

**Foto 9: Crecimiento del tarwi en 40 días**



**Fuente:** Propia

**Foto 10: Crecimiento del tarwi en 60 días**



**Fuente:** Propia

**Foto 11: Crecimiento del tarwi en 80 días**



**Fuente:** Propia

**Foto 12: Procedimiento experimental en el laboratorio de biotecnología de la UCV-SJL**



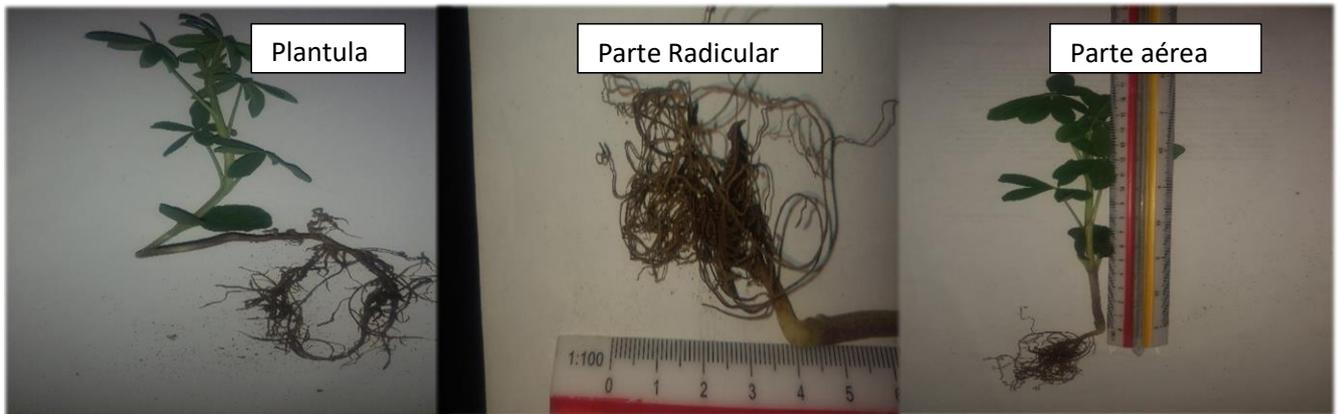
**Fuente:** Propia

**Foto 13: Características físicas del tarwi después de finalizar el proceso en la remediación del suelo**



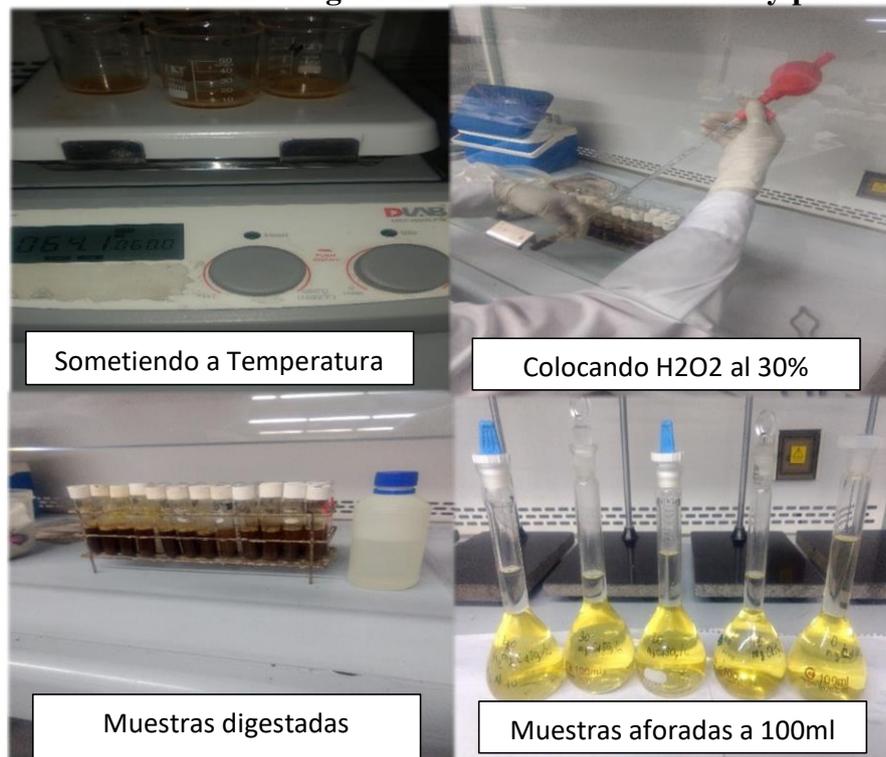
**Fuente:** Propia

**Foto 14: Medición de la longitud (cm) de la parte aérea y radicular**



**Fuente:** Propia

**Foto 15: Digestión de las muestras de suelo y planta**



**Fuente:** Propia

**Foto 16: Parámetros Físicoquímicos**



**Fuente:** Propia

### Anexo 3. Ficha de recolección de datos para la variable independiente

Variable Independiente	Tratamientos	Repeticiones	Cd absorbido en la parte aérea y radicular (PR y PA)	Tiempo				Características morfológicas			
				20 días	40 días	60 días	80 días	Cadmio final mg/kg	Longitud de la raíz (TR)	Longitud del tallo (TT)	Longitud de la hoja (TH)
VI: tarwi ( <i>lupinus mutabilis</i> ) acondicionado con <i>Bradyrhizobium s.p.</i>	T0 (0 mg/Kg)	Rep.1.	PR								
			PA								
		Rep.2.	PR								
			PA								
		Rep.3.	PR								
			PA								
	T1 (50 mg/Kg)	Rep.1.	PR								
			PA								
		Rep.2.	PR								
			PA								
		Rep.3.	PR								
			PA								
	T2 (80 mg/Kg)	Rep.1.	PR								
			PA								
		Rep.2.	PR								
			PA								
		Rep.3.	PR								
			PA								
	T3 (100 mg/Kg)	Rep.1.	PR								
			PA								
		Rep.2.	PR								
			PA								
		Rep.3.	PR								
			PA								
T4 (110 mg/Kg)	Rep.1.	PR									
		PA									
	Rep.2.	PR									
		PA									
	Rep.3.	PR									
		PA									

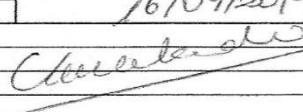
Fuente: Propia

#### Anexo 4. Ficha de recolección de datos para la variable dependiente

Variable Dependiente	Muestra	Repeticiones	Cadmio inicial mg/Kg	Tiempo					Cadmio final mg/kg
				0 días	20 días	40 días	60 días	80días	
VD: Absorción de cadmio en suelos contaminados	T0	Rep.1.	-----						
		Rep 2.							
		Rep.3.							
	T1	Rep.1.	50 mg/L						
		Rep 2.							
		Rep.3.							
	T2	Rep.1.	80 mg/L						
		Rep 2.							
		Rep.3.							
	T3	Rep.1.	100 mg/L						
		Rep 2.							
		Rep.3.							
	T4	Rep.1.	110 mg/L						
		Rep 2.							
		Rep.3.							

Fuente: Propia

Anexo 5. Formato de validación para la bacteria *Bradyrhizobium* sp.

		<b>UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA</b> Laboratorio de Ecología Microbiana y Biotecnología Marino Tabusso			
<b>SOLICITUD DE INOCULANTES</b>				N° <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 50px; height: 20px; vertical-align: middle;"></span>	
<b>1. SOLICITANTE</b>					
SOLICITANTE: <i>ESCOBAR ANCAZI SIMON DANIEL.</i>					
R.U.C.:					
Dirección Legal:					
Teléfono: <i>991728921</i>			Referencia:		
E-mail: <i>daniel.escozar2727@gmail.com</i>			Fax:		
Fecha y Hora de Solicitud: <i>12/09/2019</i>					
<b>2. DESCRIPCIÓN DEL INOCULANTE</b>					
CULTIVO: <i>ESTARNI</i>			LOCALIDAD DE SIEMBRA:		
HECTAREAS:			FECHA DE SIEMBRA:		
PRESENTACIÓN			FECHA DE ENTREGA		
SÓLIDO		LÍQUIDO	<i>16/09/2019</i>		
CEPA: <i>BRADIRIZOBUM</i>					
CANTIDAD: <i>100 ml.</i>					
COSTO: <i>50 soles.</i>					
					
					

Fuente: Universidad Nacional Agraria La Molina

### Anexo 8. Cuadro de los cambios físicos en la longitud de la planta en 4 tiempos

Tratamientos	Repeticiones	Estructura De Planta	Longitud cm 20 días	Longitud cm 40 días	Longitud cm 60 días	Longitud cm 80 días
<b>T0 (0 mg/Kg)</b>	Rep 1.	Hoja	1.7	3	3.9	35
		Tallo	25.1	26.4	43.5	42.9
		Raíz	17	15	33	36
<b>T0 (0 mg/Kg)</b>	Rep 2.	Hoja	1.9	2.8	3.5	3.8
		Tallo	24.2	24.9	44.2	43.2
		Raíz	15.7	16.4	34	32
<b>T0(0 mg&amp;/Kg)</b>	Rep 3.	Hoja	1.8	2.6	3.2	4
		Tallo	23.8	25.5	41.2	45.6
		Raíz	15.5	17.3	31	34
<b>T1(50 mg&amp;/Kg)</b>	Rep 1.	Hoja	1	2.3	3.2	3.8
		Tallo	17.8	25.6	34	36.1
		Raíz	4.9	6.3	7	8.5
<b>T1 (50 mg/kg)</b>	Rep 2.	Hoja	1.5	2	3.5	4
		Tallo	16.4	24.5	33	34.2
		Raíz	5.4	5.1	6.8	8.2
<b>T1 (50 mg/kg)</b>	Rep 3.	Hoja	1.6	2.4	3.4	3.9
		Tallo	18.5	25.5	31	35.4
		Raíz	5.1	5.24	6.6	7
<b>T2 (80 mg/Kg)</b>	Rep 1.	Hoja	1.8	2	2.8	4.1
		Tallo	17	16.3	24.3	32.5
		Raíz	4.1	3.5	5	5.5
<b>T2 (80 mg/Kg)</b>	Rep 2.	Hoja	1.6	2.1	2.5	4.1
		Tallo	17.2	16.3	22.8	32.1
		Raíz	3.2	3	4.7	5
<b>T2 (80 mg/ Kg)</b>	Rep 3.	Hoja	1.4	2.3	2.9	3.8
		Tallo	16.7	18.2	22.7	31
		Raíz	3	3.7	4.6	5.2
<b>T3 (100 mg/ Kg)</b>	Rep 1.	Hoja	1.9	2	2.9	3.5
		Tallo	13.9	13.8	20.3	25.1
		Raíz	3.2	3.5	4.3	4.6
<b>T3 (100 mg/Kg)</b>	Rep 2.	Hoja	2.3	2.3	2.6	3.2
		Tallo	15.1	14.1	18.5	22.3
		Raíz	3.6	3.2	3.8	3.8
<b>T3 (100 mg/Kg)</b>	Rep 3.	Hoja	2.1	2.5	2.9	3.2
		Tallo	14.3	14.6	19.3	24.6
		Raíz	3.4	3.3	4	4.4
<b>T4(110 mg/Kg)</b>	Rep 1.	Hoja	2.5	2.5	2.5	2.9
		Tallo	12.1	11	10.9	14.3
		Raíz	2.6	2.2	3.4	3.4
<b>T4 (110 mg/Kg)</b>	Rep 2.	Hoja	2	2.3	3.1	3
		Tallo	9.5	10.1	13.1	12.5
		Raíz	1.8	2	3.8	3.4
<b>T4 (110 mg/kg)</b>	Rep 3.	Hoja	2.2	2.5	2.9	3.2
		Tallo	10.1	11.7	12	13.1
		Raíz	2.1	2.3	3.5	3.7

Fuente: Propia

Anexo 9. Cuadro de la concentración de Cd en la estructura aérea

Variable Independiente	Tratamientos	Repeticiones	Cd en parte radicular y aérea (PR y PA)	20 días	40 días	60 días	80 días
Tarwi ( <i>lupinus mutabilis</i> ) acondicionado con Bradyrhizobium s.p.	T0 (0 mg/Kg)	Rep. 1	PR	0	0	0	0
			PA	0	0	0	0
	T0 (0 mg/Kg)	Rep. 2	PR	0	0	0	0
			PA	0	0	0	0
	T0 (0 mg/Kg)	Rep. 3	PR	0	0	0	0
			PA	0	0	0	0
	T1(50 mg/Kg)	Rep. 1	PR	2.8	6	15.55	7.05
			PA	4.95	0.7	10.25	10.8
	T1(50 mg/Kg)	Rep. 2	PR	1.2	1.2	10.5	10.25
			PA	0.15	0.7	10.25	0.7
	T1(50 mg/Kg)	Rep. 3	PR	0.15	1.75	11.6	2
			PA	0.45	3.9	6.25	2
	T2 (80 mg/kg)	Rep. 1	PR	3.35	5.45	15.85	14.25
			PA	3.1	4.15	16.9	20.1
	T2 (80 mg/kg)	Rep. 2	PR	5.45	5.2	20.1	17.7
			PA	3.9	4.4	0.95	1.75
	T2 (80 mg/kg)	Rep. 3	PR	0.45	1.75	6.8	1.75
			PA	5.75	1.2	3.9	6
	T3 (100 mg/Kg)	Rep. 1	PR	2.3	11.6	17.15	17.7
			PA	3.35	6.55	16.9	14.25
	T3 (100 mg/Kg)	Rep. 2	PR	4.95	7.85	11.6	11.85
			PA	0.7	1.5	9.7	2.3
	T3 (100 mg/Kg)	Rep. 3	PR	3.9	4.95	3.9	2
			PA	0.15	6.8	3.1	8.15
T4 (110 mg/ Kg)	Rep. 1	PR	14.5	17.95	23	19.55	
		PA	12.4	18.2	18.5	20.6	
T4 (110 mg/ Kg)	Rep. 2	PR	12.9	19.8	25.9	28.3	
		PA	7.35	12.4	7.05	11.3	
T4 (110 mg/ Kg)	Rep. 3	PR	3.6	8.9	7.05	9.7	
		PA	3.35	9.2	10	16.35	

Fuente: Propia

**Anexo 10. Cuadro de la concentración de Cd en la estructura radicular**

Variable dependiente	Muestra	Uso de concentraciones inicial de cadmio en el suelo (mg/Kg)	Repeticiones	Cadmio en suelo inicial analizado en equipo de absorción atómica(mg/Kg)	Cadmio en suelo final analizado en equipo de absorción atómica(mg/Kg)
VD: La absorcion de cadmio en suelos contaminados	T0	0	Rep. 1	0	0
			Rep. 2	0	0
			Rep. 3	0	0
	T1	50	Rep. 1	41.85	25.65
			Rep. 2	47.95	29.35
			Rep. 3	47.7	20.6
	T2	80	Rep. 1	72.65	44.8
			Rep. 2	71.05	48.75
			Rep. 3	92.3	43.7
	T3	100	Rep. 1	95.5	62.05
			Rep. 2	95.25	66.8
			Rep. 3	93.65	64.45
	T4	110	Rep. 1	103.45	71.35
			Rep. 2	101.6	70.25
			Rep. 3	104.25	61.5

Fuente: Propia

## Anexo 11. Hipótesis 1: Hoja

### HOJAS

**Tabla 12. Prueba de normalidad Hojas**

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTOS	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TAMAÑO_HOJAS	1	,269	3	.	,949	3	,567
	2	,292	3	.	,923	3	,463
	3	,292	3	.	,923	3	,463
	4	,175	3	.	1,000	3	1,000
a. Corrección de significación de Lilliefors							

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Los datos proceden de una distribución normal

**H1:** Los datos no proceden de una distribución normal

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la **H1**:

**c) Resultado /Conclusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **Ho** Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 13. Homogeneidad de varianzas hojas**

Prueba de homogeneidad de varianzas			
TAMAÑO_HOJAS			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
2,081	3	8	,181

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Se asumen que las varianzas son iguales

**Ha:** Se asumen que las varianzas no son iguales

**b) Regla de decisión**

$\text{sig} < 0,05$ . Rechazamos la  $H_0$ :

**c) Resultado /Conclusión**

**P** valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>a</sub>** Se asumen que las varianzas no son iguales.

**Tabla 14. T-student hoja.**

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	T0 - T1	,625000	,486698	,280995	-,584025	1,834025	2,224	2	,156
Par 2	T0 - T2	,725000	,585769	,338194	-,730130	2,180130	2,144	2	,165
Par 3	T0 - T3	,725000	,520216	,300347	-,567289	2,017289	2,414	2	,137
Par 4	T0 - T4	,691667	,526980	,304252	-,617425	2,000759	2,273	2	,151

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

$H_0$ : Se producen cambios en las características físicas (Tamaño de hojas) del Tarwi después de finalizar el proceso de absorción de Cd en los suelos contaminados.

$H_a$ : No se producen cambios en las características físicas (Tamaño de hojas) del Tarwi después de finalizar el proceso de absorción de Cd en los suelos contaminados.

**b) Regla de decisión**

$\text{sig} > 0,05$ . Rechazamos la **H<sub>0</sub>**:

**c) Resultado /Conclusión**

El p valor obtenido, mediante la prueba de T-Student es mayor de 0,05, entonces rechazamos la **H<sub>0</sub>**. Aceptamos la **H<sub>a</sub>** la característica física de la planta (tamaño de hojas) no producen cambio alguno al finalizar el proceso de absorción de Cd en los suelos contaminados.

## Anexo 12. Hipótesis: Tallo

### TALLO

**Tabla 15. Prueba de normalidad tallo**

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIEN OS	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TALL O	T1	,206	3	.	,993	3	,837
	T2	,346	3	.	,837	3	,206
	T3	,354	3	.	,822	3	,168
	T4	,192	3	.	,997	3	,893
a. Corrección de significación de Lilliefors							

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Los datos proceden de una distribución normal

**H1:** Los datos no proceden de una distribución normal

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la **H1:**

**c) Resultado /Conclusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **Ho** Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 16. Homogeneidad de varianzas tallo**

Prueba de homogeneidad de varianzas			
TALLO			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
,936	3	8	,467

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Se asumen que las varianzas son iguales

**Ha:** Se asumen que las varianzas no son iguales

**b) Regla de decisión**

sig > 0,05. Rechazamos la **Ha:**

**c) Resultado /Conclusión**

**P** valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>** Se asumen que las varianzas son iguales.

**Tabla 17. T-student tallo.**

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	T0 - T1	6,541667	,510106	,294510	5,274493	7,808841	22,212	2	,002
Par 2	T0 - T2	11,950000	,075000	,043301	11,763690	12,136310	275,973	2	,000
Par 3	T0 - T3	16,216667	,400260	,231090	15,222365	17,210968	70,175	2	,000
Par 4	T0 - T4	22,508333	,278762	,160943	21,815850	23,200817	139,852	2	,000

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Se producen cambios en las características físicas (Tallo) del Tarwi después de finalizar el proceso de absorción de Cd en los suelos contaminados.

**H<sub>a</sub>:** No se producen cambios en las características físicas (Tallo) del Tarwi después de finalizar el proceso de absorción de Cd en los suelos contaminados.

**b) Regla de decisión**

sig < 0,05. Rechazamos la **H<sub>a</sub>**:

**c) Resultado /Conclusión**

El P valor obtenido, mediante la prueba de T-Student es menor de 0,05, entonces rechazamos la **H<sub>a</sub>**. Aceptamos la **H<sub>0</sub>** la característica física de la planta (tallo) del tarwi tiene cambios significativos en cada uno de los tratamientos.

## Anexo 13. Hipótesis 1: Raíz

### RAIZ

**Tabla 18. Prueba de normalidad raíz**

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTO	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
TALLO	T1	,201	3	.	,994	3	,856
	T2	,282	3	.	,936	3	,510
	T3	,211	3	.	,991	3	,817
	T4	,385	3	.	,750	3	,554
a. Corrección de significación de Lilliefors							

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Los datos proceden de una distribución normal

**H1:** Los datos no proceden de una distribución normal

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la **H1**:

**c) Resultado /Conclusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **Ho** Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 19. Homogeneidad de varianzas raíz**

Prueba de homogeneidad de varianzas			
TALLO			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,524	3	8	,281

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Se asumen que las varianzas son iguales

**Ha:** Se asumen que las varianzas no son iguales

**b) Regla de decisión**

sig > 0,05. Rechazamos la **Ha**:

**c) Resultado /Conclusión**

**P** valor menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>** Se asumen que las varianzas son iguales.

**Tabla 20. T-student raíz.**

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	T0 - T1	18,396667	,220586	,127356	17,848700	18,944634	144,451	2	,000
Par 2	T0 - T2	20,533333	,200520	,115770	20,035214	21,031453	177,363	2	,000
Par 3	T0 - T3	20,983333	,341260	,197027	20,135597	21,831070	106,500	2	,000
Par 4	T0 - T4	21,891667	,412563	,238193	20,866803	22,916530	91,907	2	,000

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** Se producen cambios en las características físicas (raíz principal) del tarwi después de finalizar el proceso de absorción de Cd en los suelos contaminados.

**H<sub>a</sub>:** No se producen cambios en las características físicas (raíz principal) del tarwi después de finalizar el proceso de absorción de Cd en los suelos contaminados.

**b) Regla de decisión**

sig < 0,05. Rechazamos la **H<sub>a</sub>**:

**c) Resultado /Conclusión**

P valor obtenido, mediante la prueba de T-Student es menor de 0,05, entonces rechazamos la **H<sub>a</sub>**. Aceptamos la **H<sub>0</sub>** la característica física de la planta (Raíz) del tarwi tiene cambios significativos en cada uno de los tratamientos.

## Anexo 14. Hipótesis 2: Estructura Radicular

### ESTRUCTURA RADICULAR

**Tabla 21. Prueba de normalidad estructura radicular**

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIENTO	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd_PR	T1	,362	3	.	,805	3	,126
	T2	,333	3	.	,862	3	,274
	T3	,236	3	.	,977	3	,710
	T4	,368	3	.	,791	3	,093
a. Cd_PR es constante cuando TRATAMIENTOS = T0. Se ha omitido.							
b. Corrección de significación de Lilliefors							

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Los datos proceden de una distribución normal

**H1:** Los datos no proceden de una distribución normal

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la **H1**:

**c) Resultado /Conclusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **Ho** Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 22. Homogeneidad de varianzas estructura radicular**

Prueba de homogeneidad de varianzas			
Cd_PR			
Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
3,733	4	10	,041

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Se asumen que las varianzas son iguales

**H1:** Se asumen que las varianzas no son iguales

**b) Regla de decisión**

$\text{sig} < 0,05$ . Rechazamos la  $H_0$ :

**c) Resultado /Conclusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1** Se asumen que las varianzas no son iguales.

**Tabla 23. Prueba de anova estructura radicular**

ANOVA					
Cd_PR					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	11707,789	4	2926,947	2,008	,169
Dentro de grupos	14573,174	10	1457,317		
Total	26280,964	14			

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**H<sub>0</sub>:** La mayor concentración de Cd en la estructura radicular se da en el tratamiento 4

**H<sub>a</sub>:** La mayor concentración de Cd en la estructura radicular no se da en el tratamiento 4

**b) Regla de decisión**

$\text{sig} > 0,05$ . Rechazamos la  $H_a$ :

**c) Resultado /discusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces rechazamos la **H<sub>a</sub>**. Aceptamos la hipótesis  $H_0$  la mayor concentración de Cd radicular se da en el tratamiento 4 por que la prueba nos arroja que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

**Tabla 24. Prueba de tukey estructura radicular.**

Comparaciones múltiples								
Variable dependiente		(I) TRATAMIENTOS	(J) TRATAMIENTOS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
Cd_PR	HS	T0	T1	-	3,72994	,54	-	6,43806
	D			5,837500	73	8	18,1130	3
				0			63	

Tuk ey		T2	- 8,175000 0	3,72994 73	,25 7	- 20,4505 63	4,10056 3
		T3	- 8,312500 0	3,72994 73	,24 5	- 20,5880 63	3,96306 3
		T4	- 15,92916 67*	3,72994 73	,01 1	- 28,2047 30	- 3,65360 4
	T1	T0	5,837500 0	3,72994 73	,54 8	- 6,43806 3	18,1130 63
		T2	- 2,337500 0	3,72994 73	,96 7	- 14,6130 63	9,93806 3
		T3	- 2,475000 0	3,72994 73	,96 0	- 14,7505 63	9,80056 3
		T4	- 10,09166 67	3,72994 73	,12 3	- 22,3672 30	2,18389 6
	T2	T0	8,175000 0	3,72994 73	,25 7	- 4,10056 3	20,4505 63
		T1	2,337500 0	3,72994 73	,96 7	- 9,93806 3	14,6130 63
		T3	- ,1375000	3,72994 73	1,0 00	- 12,4130 63	12,1380 63
		T4	- 7,754166 7	3,72994 73	,29 9	- 20,0297 30	4,52139 6
	T3	T0	8,312500 0	3,72994 73	,24 5	- 3,96306 3	20,5880 63
		T1	2,475000 0	3,72994 73	,96 0	- 9,80056 3	14,7505 63
		T2	,1375000	3,72994 73	1,0 00	- 12,1380 63	12,4130 63

		T4	- 7,616666 7	3,72994 73	,31 4	- 19,8922 30	4,65889 6
	T4	T0	15,92916 67*	3,72994 73	,01 1	3,65360 4	28,2047 30
		T1	10,09166 67	3,72994 73	,12 3	- 2,18389 6	22,3672 30
		T2	7,754166 7	3,72994 73	,29 9	- 4,52139 6	20,0297 30
		T3	7,616666 7	3,72994 73	,31 4	- 4,65889 6	19,8922 30
*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.							

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**H0:** Existe alguna significancia entre los tratamientos y el testigo

**Ha:** No existe alguna significancia entre los tratamientos y el testigo

**b) Regla de decisión**

sig < 0,05. Rechazamos la Ha:

**c) Resultado /discusión**

Aceptamos la Ho, entonces, existe alguna significancia entre los tratamientos y el testigo (T4 con T1)

## Anexo 15. Hipótesis 2: Estructura Aérea

### ESTRUCTURA AEREA

**Tabla 25. Prueba de normalidad estructura aérea**

Pruebas de normalidad <sup>a, c</sup>							
	TRATAMIENTOS	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cd_P A	T1	,368	3	.	,790	3	,091
	T2	,324	3	.	,877	3	,316
	T3	,334	3	.	,859	3	,265
	T4	,346	3	.	,836	3	,205
a. Cd_PR es constante cuando TRATAMIENTOS = T0. Se ha omitido.							
b. Corrección de significación de Lilliefors							
c. Cd_PA es constante cuando TRATAMIENTOS = T0. Se ha omitido.							

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Los datos proceden de una distribución normal

**H1:** Los datos no proceden de una distribución normal

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la **H1**:

**c) Resultado /Conclusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **Ho** Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 26. Homogeneidad de varianzas estructura aérea**

Prueba de homogeneidad de varianzas				
	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Cd_P A	4,246	4	10	,029

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Se asumen que las varianzas son iguales

**H1:** Se asumen que las varianzas no son iguales

**b) Regla de decisión**

sig < 0,05. Rechazamos la Ho:

**c) Resultado /Conclusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1** Se asumen que las varianzas no son iguales.

**Tabla 27. Prueba de anova estructura aérea**

ANOVA						
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Cd_P A	Entre grupos	246,869	4	61,717	5,619	,012
	Dentro de grupos	109,844	10	10,984		
	Total	356,713	14			

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** La mayor concentración de Cd en la estructura aérea se da en el tratamiento 4

**Ha:** La mayor concentración de Cd en la estructura aérea no se da en el tratamiento 4

**b) Regla de decisión**

sig < 0,05. Rechazamos la Ha:

**c) Resultado /discusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H<sub>0</sub>** la concentración aérea no se da en el tratamiento 4 por que la prueba nos arroja que no hay diferencia significativa entre los tratamientos.

**Tabla 28. Prueba de tukey estructura aérea**

Comparaciones múltiples								
Variable dependiente	(I) TRATAMIENTOS	(J) TRATAMIENTOS	Diferencia de medias (I-J)	Error estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%		
						Límite inferior	Límite superior	
Cd_PA	Games-Howell	T0	T1	-4,2583333	1,2097119	,208	-	5,049324
			T2	-6,0083333	2,5621070	,388	-	13,704803
			T3	-6,1208333	2,0908572	,280	-	9,966455
			T4	-	2,4305921	,105	-	6,109579
				12,5916667			31,292913	
		T1	T0	4,2583333	1,2097119	,208	-5,049324	13,565991
	T2		-1,7500000	2,8333364	,962	-	13,863811	
	T3		-1,8625000	2,4155924	,925	-	10,379516	
	T4		-8,3333333	2,7149918	,196	-	6,305359	
							22,972026	
		T2	T0	6,0083333	2,5621070	,388	-	25,721470
	T1		1,7500000	2,8333364	,962	-	17,363811	
	T3		-,1125000	3,3069739	1,000	-	14,900230	
	T4		-6,5833333	3,5315960	,451	-	9,139372	
							22,306038	
		T3	T0	6,1208333	2,0908572	,280	-9,966455	22,208122
	T1		1,8625000	2,4155924	,925	-	14,104516	
							10,379516	

		T2	,1125000	3,3069739	1,000	-	15,125230
		T4	-6,4708333	3,2061600	,396	-	7,949131
	T4	T0	12,5916667	2,4305921	,105	-6,109579	31,292913
		T1	8,3333333	2,7149918	,196	-6,305359	22,972026
		T2	6,5833333	3,5315960	,451	-9,139372	22,306038
		T3	6,4708333	3,2061600	,396	-7,949131	20,890797

\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Existe alguna significancia entre los tratamientos y el testigo.

**Ha:** No existe alguna significancia entre los tratamientos y el testigo.

**b) Regla de decisión**

sig >0,05. Rechazamos la Ho:

**c) Resultado /discusión**

Aceptamos el Ha, entonces, No existe alguna significancia entre el tratamiento y el testigo además que los tratamientos.

## Anexo 16. Hipótesis 2: Suelo

### SUELO

**Tabla 29. Prueba de normalidad suelo**

Pruebas de normalidad							
	TRATAMIEN	Kolmogórov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	OS	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
T0	T1	,207	3	.	,992	3	,830
	T2	,306	3	.	,904	3	,398
	T3	,176	3	.	1,000	3	,988
	T4	,348	3	.	,833	3	,195

a. Corrección de significación de Lilliefors

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Los datos proceden de una distribución normal

**H1:** Los datos no proceden de una distribución normal

**b) Regla de decisión**

sig. > 0,05. Rechazamos la **H1**:

**c) Resultado /Conclusión**

**P valor** mayor de **0,05** entonces aceptamos la **Ho** Los datos proceden de una distribución normal.

**Tabla 30. Homogeneidad de varianzas suelo**

Prueba de homogeneidad de varianzas			
T0			
Estadístico de Levene	g1	g12	Sig.
1,350	3	8	,325

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

**Ho:** Se asumen que las varianzas son iguales

**H1:** Se asumen que las varianzas no son iguales

**b) Regla de decisión**

sig < 0,05. Rechazamos la Ho:

**c) Resultado /Conclusión**

**P valor** menor de **0,05** entonces aceptamos la **H1** Se asumen que las varianzas no son iguales.

**Tabla 31. T-student suel**

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	INICIAL_Cd - FINAL_Cd	20,63333	5,72742	3,30673	6,40563	34,86103	6,240	2	,025
Par 2	INICIAL_Cd - FINAL_Cd	32,91667	13,86275	8,00366	-1,52031	67,35365	4,113	2	,054
Par 3	INICIAL_Cd - FINAL_Cd	30,36667	2,69645	1,55680	23,66832	37,06502	19,506	2	,003
Par 4	INICIAL_Cd - FINAL_Cd	35,40000	6,37632	3,68137	19,56033	51,23967	9,616	2	,011

**Fuente:** Propia

**a) Prueba de hipótesis**

Ho: A mayor concentración de cadmio se produce una menor remoción por tarwi acondicionado con la bacteria *Bradyrhizobium sp.*

Ha: A menor concentración de cadmio se produce una mayor remoción por tarwi acondicionado con la bacteria *Bradhizobium sp.*

**b) Regla de decisión**

sig <0,05. Rechazamos la **Ha**:

**c) Resultado /Conclusión**

El p valor obtenido, mediante la prueba de T-Student es menor de 0,05, entonces rechazamos la **Ha**. Aceptamos la **Ho** a mayor concentración de cadmio en el suelo el Tarwi produce una menor remoción menor. Pero no obstante en el par 2 tiene una significancia mayor a 0.05 por ende en este caso decimos que la mejor comparación es esta para la remoción de cadmio en suelo.

## Anexo 17. Resultados de la concentración inicial y final del Cd

### INFORME DE ENSAYO N° 011-25112019- EAA

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

#### ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

Tesista : DIAZ SANCHEZ JOSE MANUEL  
 ESCOBAR ANCCASI SIMON DANIEL  
 Tipo de ensayos: Análisis de metales pesados  
 Tipo de muestra: Solución de digestión del suelo  
 Descripción de la muestra: Agua de digestión  
 Fecha de ingreso de muestra: 22 de noviembre 2019  
 Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Biotecnología – UCV Lima Este  
 Fecha de realización de ensayos: 22 de noviembre 2019

Muestra proporcionada por el estudiante

MATRIZ : Solución de digestión de suelo		ANÁLISIS	
Código De	Identificación de la Muestra	Cadmio Total	
		mg/Kg	
1	Sample SI-T0-Rep1	ND	
2	Sample SI-T0-Rep2	ND	
3	Sample SI-T0-Rep3	ND	
4	Sample SI-T1-Rep1	41.85	
5	Sample SI-T1-Rep2	47.95	
6	Sample SI-T1-Rep3	47.7	
7	Sample SI-T2-Rep1	72.65	
8	Sample SI-T2-Rep2	71.05	
9	Sample SI-T2-Rep3	92.3	
10	Sample SI-T3-Rep1	95.5	
11	Sample SI-T3-Rep2	95.25	
12	Sample SI-T3-Rep3	93.65	
13	Sample SI-T4-Rep1	103.45	
14	Sample SI-T4-Rep2	101.6	
15	Sample SI-T4-Rep3	104.25	
16	Sample SF-T0-Rep1	ND	
17	Sample SF-T0-Rep2	ND	
18	Sample SF-T0-Rep3	ND	
19	Sample SF-T1-Rep1	25.65	
20	Sample SF-T1-Rep2	29.35	
21	Sample SF-T1-Rep3	20.6	
22	Sample SF-T2-Rep1	44.8	
23	Sample SF-T2-Rep2	48.75	



*Daniel Neciosup*  
 Daniel Neciosup Gonzales  
 Asistente Del Laboratorio  
 De Biotecnología



*Dr. Fernando B. ...*  
 Dr. Fernando B. ...  
 Director de Ingeniería Ambiental

# INFORME DE ENSAYO N° 011-25112019- EAA

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

24	Sample	SF-T2-Rep3	43.7
25	Sample	SF-T3-Rep1	62.05
26	Sample	SF-T3-Rep2	66.8
27	Sample	SF-T3-Rep3	64.45
28	Sample	SF-T4-Rep1	71.35
29	Sample	SF-T4-Rep2	70.25
30	Sample	SF-T4-Rep3	61.5

\*los resultados emitidos válidos para desarrollo académico

**Método de Referencia:** SMEWW-AWWA-WEF 3030 E, 3111 B Direct. air-acetylene flame  
Method 3050b Acid Digestion of Sediments, Sludges, And Soils

**Leyenda:**

<b>ND:</b>	<b>No Detectado</b>
<b>SI:</b>	<b>Suelo Inicial</b>
<b>SF:</b>	<b>Suelo Final</b>
<b>T(0,1,2,3,4):</b>	<b>Tratamiento (0,1,2,3,4)</b>
<b>Rep(1,2,3)</b>	<b>Repetición(1,2,3)</b>



*Daniel Neciosup Gonzales*  
Daniel Neciosup Gonzales  
Asistente Del Laboratorio  
De Biotecnología



*Gerardo Espinoza Farfán*  
Gerardo Espinoza Farfán  
Director de Ingeniería Ambiental

## Anexo 18. Resultados de la concentración de Cd en la parte aérea y radicular

### INFORME DE ENSAYO N° 012-25112019- EAA

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

#### ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

Tesista : DIAZ SANCHEZ JOSE MANUEL  
 ESCOBAR ANCCASI SIMON DANIEL  
 Tipo de ensayos: Análisis de metales pesados  
 Tipo de muestra: Solución de digestión de la planta "*Lupinus mutabilis*"  
 PR(parte radicular) y PA (parte aérea)  
 Descripción de la muestra: Agua de digestión  
 Fecha de ingreso de muestra: 23 de noviembre 2019  
 Lugar que se realizó el ensayo: Laboratorio de Biotecnología – UCV Lima Este  
 Fecha de realización de ensayos: 23 de noviembre 2019

Muestra proporcionada por el estudiante

		MATRIZ : Solución de digestión de planta		ANÁLISIS
Código De Laboratorio		Identificación de la Muestra		Cadmio Total mg/Kg
31	Sample	20d PR-T0-Rep1		ND
32	Sample	20d PR-T0-Rep2		ND
33	Sample	20d PR-T0-Rep3		ND
34	Sample	20d PA-T0-Rep1		ND
35	Sample	20d PA-T0-Rep2		ND
36	Sample	20d PA-T0-Rep3		ND
37	Sample	20d PR-T1-Rep1		2.8
38	Sample	20d PR-T1-Rep2		4.95
39	Sample	20d PR-T1-Rep3		1.2
40	Sample	20d PA-T1-Rep1		0.15
41	Sample	20d PA-T1-Rep2		0.15
42	Sample	20d PA-T1-Rep3		0.45
43	Sample	20d PR-T2-Rep1		3.35
44	Sample	20d PR-T2-Rep2		3.1
45	Sample	20d PR-T2-Rep3		5.45
46	Sample	20d PA-T2-Rep1		3.9
47	Sample	20d PA-T2-Rep2		0.45
48	Sample	20d PA-T2-Rep3		5.75



Daniel Neciosup Gonzales  
 Asistente Del Laboratorio  
 De Biotecnología



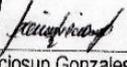
V.B. Dr. Eduardo Esnozaza Pajón  
 Director de Ingeniería Ambiental

# INFORME DE ENSAYO N° 012-25112019- EAA

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA - UCV

49	Sample	20d PR-T3-Rep1	2.3
50	Sample	20d PR-T3-Rep2	3.35
51	Sample	20d PR-T3-Rep3	4.95
52	Sample	20d PA-T3-Rep1	0.7
53	Sample	20d PA-T3-Rep2	3.9
54	Sample	20d PA-T3-Rep3	0.15
55	Sample	20d PR-T4-Rep1	14.5
56	Sample	20d PR-T4-Rep2	12.4
57	Sample	20d PR-T4-Rep3	12.9
58	Sample	20d PA-T4-Rep1	7.35
59	Sample	20d PA-T4-Rep2	3.6
60	Sample	20d PA-T4-Rep3	3.35
61	Sample	40d PR-T0-Rep1	ND
62	Sample	40d PR-T0-Rep2	ND
63	Sample	40d PR-T0-Rep3	ND
64	Sample	40d PA-T0-Rep1	ND
65	Sample	40d PA-T0-Rep2	ND
66	Sample	40d PA-T0-Rep3	ND
67	Sample	40d PR-T1-Rep1	6
68	Sample	40d PR-T1-Rep2	0.7
69	Sample	40d PR-T1-Rep3	1.2
70	Sample	40d PA-T1-Rep1	0.7
71	Sample	40d PA-T1-Rep2	1.75
72	Sample	40d PA-T1-Rep3	3.9
73	Sample	40d PR-T2-Rep1	5.45
74	Sample	40d PR-T2-Rep2	4.15
75	Sample	40d PR-T2-Rep3	5.2
76	Sample	40d PA-T2-Rep1	4.4
77	Sample	40d PA-T2-Rep2	1.75
78	Sample	40d PA-T2-Rep3	1.2
79	Sample	40d PR-T3-Rep1	11.6
80	Sample	40d PR-T3-Rep2	6.55
81	Sample	40d PR-T3-Rep3	7.85
82	Sample	40d PA-T3-Rep1	1.5



  
 Daniel Neciosup Gonzales  
 Asistente Del Laboratorio  
 De Biotecnología



  
 V. B° Sr. Eduardo Espinoza Parian  
 Director de Ingeniería Ambiental

# INFORME DE ENSAYO N° 012-25112019- EAA

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA - UCV

83	Sample	40d PA-T3-Rep2	4.95
84	Sample	40d PA-T3-Rep3	6.8
85	Sample	40d PR-T4-Rep1	17.95
86	Sample	40d PR-T4-Rep2	18.2
87	Sample	40d PR-T4-Rep3	19.8
88	Sample	40d PA-T4-Rep1	12.4
89	Sample	40d PA-T4-Rep2	8.9
90	Sample	40d PA-T4-Rep3	9.2
91	Sample	60d PR-T0-Rep1	ND
92	Sample	60d PR-T0-Rep2	ND
93	Sample	60d PR-T0-Rep3	ND
94	Sample	60d PA-T0-Rep1	ND
95	Sample	60d PA-T0-Rep2	ND
96	Sample	60d PA-T0-Rep3	ND
97	Sample	60d PR-T1-Rep1	15.55
98	Sample	60d PR-T1-Rep2	10.25
99	Sample	60d PR-T1-Rep3	10.5
100	Sample	60d PA-T1-Rep1	10.25
101	Sample	60d PA-T1-Rep2	11.6
102	Sample	60d PA-T1-Rep3	6.25
103	Sample	60d PR-T2-Rep1	15.85
104	Sample	60d PR-T2-Rep2	16.9
105	Sample	60d PR-T2-Rep3	20.1
106	Sample	60d PA-T2-Rep1	0.95
107	Sample	60d PA-T2-Rep2	6.8
108	Sample	60d PA-T2-Rep3	3.9
109	Sample	60d PR-T3-Rep1	17.15
110	Sample	60d PR-T3-Rep2	16.9
111	Sample	60d PR-T3-Rep3	11.6
112	Sample	60d PA-T3-Rep1	9.7
113	Sample	60d PA-T3-Rep2	3.9
114	Sample	60d PA-T3-Rep3	3.1
115	Sample	60d PR-T4-Rep1	23



*Daniel Neciosup Gonzales*  
 Daniel Neciosup Gonzales  
 Asistente Del Laboratorio  
 De Biotecnología



*Dr. Eduardo Espinoza Parra*  
 Dr. Eduardo Espinoza Parra  
 Director de Ingeniería Ambiental

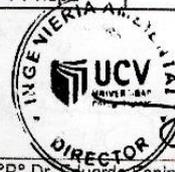
# INFORME DE ENSAYO N° 012-25112019- EAA

## LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA - UCV

116	Sample	60d PR-T4-Rep2	18.5
117	Sample	60d PR-T4-Rep3	25.9
118	Sample	60d PA-T4-Rep1	7.05
119	Sample	60d PA-T4-Rep2	7.05
120	Sample	60d PA-T4-Rep3	10
121	Sample	80d PR-T0-Rep1	ND
122	Sample	80d PR-T0-Rep2	ND
123	Sample	80d PR-T0-Rep3	ND
124	Sample	80d PA-T0-Rep1	ND
125	Sample	80d PA-T0-Rep2	ND
126	Sample	80d PA-T0-Rep3	ND
127	Sample	80d PR-T1-Rep1	7.05
128	Sample	80d PR-T1-Rep2	10.8
129	Sample	80d PR-T1-Rep3	10.25
130	Sample	80d PA-T1-Rep1	0.7
131	Sample	80d PA-T1-Rep2	2
132	Sample	80d PA-T1-Rep3	2
133	Sample	80d PR-T2-Rep1	14.25
134	Sample	80d PR-T2-Rep2	20.1
135	Sample	80d PR-T2-Rep3	17.7
136	Sample	80d PA-T2-Rep1	1.75
137	Sample	80d PA-T2-Rep2	1.75
138	Sample	80d PA-T2-Rep3	6
139	Sample	80d PR-T3-Rep1	17.7
140	Sample	80d PR-T3-Rep2	14.25
141	Sample	80d PR-T3-Rep3	11.85
142	Sample	80d PA-T3-Rep1	2.3
143	Sample	80d PA-T3-Rep2	2
144	Sample	80d PA-T3-Rep3	8.15
145	Sample	80d-PR-T4-Rep1	19.55
146	Sample	80d-PR-T4-Rep2	20.6
147	Sample	80d-PR-T4-Rep3	28.3
148	Sample	80d-PA-T4-Rep1	11.3



*Daniel Neciosup*  
 Daniel Neciosup Gonzales  
 Asistente Del Laboratorio  
 De Biotecnología



*V.ºB.º Dr. Eduardo Espinoza Parfian*  
 V.ºB.º Dr. Eduardo Espinoza Parfian  
 Director de Ingeniería Ambiental

# INFORME DE ENSAYO N° 012-25112019- EAA

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV

149	Sample	80d-PA-T4-Rep2	9.7
150	Sample	80d-PA-T4-Rep3	16.35

\*los resultados emitidos válidos para desarrollo académico

Método de Referencia: SMEWW-AWWA-WEF 3030 E ,3111 B Direct air-acetylene flame  
Método 3050b Acid Digestion De Sedimentos, Lodos Y Suelos

**Leyenda:**  
**ND:** No Detectado  
**PR:** Parte Radicular (raiz)  
**PA:** Parte Aerea (tallo, hojas)  
**T (0,1,2,3,4):** Tratamiento (0,1,2,3,4)  
**Rep. (1,2,3):** Repetición (1,2,3)



*[Signature]*  
Daniel Neciosup Gonzales  
Asistente Del Laboratorio  
De Biotecnología



*[Signature]*  
Eduardo Espinoza Parfán  
Director de Ingeniería Ambiental

## Anexo 19. Parámetros Físicoquímicos

### INFORME DE ENSAYO N° 04-27112019-2

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV  
ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

<b>Tesis</b>	“Eficiencia del tarwi ( <i>lupinus mutabilis</i> ) asistido con <i>bradyrhizobium sp.</i> para la absorción de cadmio en suelos contaminados – lima 2019”
<b>Teísta</b>	:JOSE MANUEL DIAZ SANCHEZ (0000-0003-0105-4193) SIMON DANIEL ESCOBAR ANCCASI (0000-0002-0622-1010)
<b>Descripción de la muestra</b>	:Determinar la concentración de metales Cd
<b>Lugar que se realizó el ensayo</b>	:Laboratorio de biotecnología -UCV Lima Este
<b>Muestra proporcionada por el estudiante</b>	

PARÁMETRO	UNIDADES	MÉTODO	RESULTADO			
			Tratamiento	Repetición 1	Repetición 2	Repetición 3
Conductividad eléctrica	dS/m	ISO 11265: 1994	T0	2.50	2.61	2.94
			T1	2.80	3.52	1.85
			T2	1.14	2.34	1.66
			T3	1.70	1.04	1.59
			T4	0.37	1.16	1.77
pH	1-14	ISO 14254: 2001	T0	7.05	6.04	6.84
			T1	7.08	7.87	8.1
			T2	7.94	7.94	7.94
			T3	8.51	8.06	8.17
			T4	8.64	8.08	7.99
Humedad	%	Gravimetría	T0	13.12	15.70	14.20
			T1	15.34	17.70	16.10
			T2	12.11	16.80	17.23
			T3	16.01	17.45	15.04
			T4	14.29	15.06	14.63
Materia Orgánica	%	ISO 1423: 2001	T0	5.69	6.35	6.91
			T1	5.92	6.37	5.22
			T2	6.32	7.43	7.52
			T3	7.55	6.93	7.02
			T4	7.01	7.23	6.04
Capacidad de Intercambio catiónico (CIC)	Meq/100	Acetato de Amonio 1M; Volumetría y cloruro de amonio 1M	T0	14.02	14.08	14.15
			T1	17.06	16.01	15.34
			T2	16.6	16.31	17.20
			T3	18.32	16.10	17.17
			T4	15.08	16.13	17.40

\*Los resultados obtenidos son válidos solo para uso de investigación -académico



Daniel Neciosup Gonzales  
Jefatura de laboratorios



Eduardo Estinoza Parlan  
Director