



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Remoción de Suelo Contaminado con Cadmio, mediante  
Fitorremediación con *Helianthus annuus* Y *Medicago sativa*,  
Lima, 2021**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

**AUTOR:**

Bendezú Berrocal, Smith Anderzon (ORCID: 0000-0001-6568-6515)

**ASESOR:**

Msc. Ordóñez Sánchez, Luis Alberto (ORCID: 0000-0003-3860-4224)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

## Dedicatoria

La presente investigación va dedicada a Dios, ya que me da mucha sabiduría y paciencia para seguir adelante ante cualquier dificultad.

A mis padres, que son el motivo a seguir adelante por todo el empeño y dedicación que pusieron para sacarme adelante.

## Agradecimiento

A Dios por regalarme la vida y guiarme en el camino de la vida

Agradecer al MSc. Luis Alberto Ordoñez Sánchez por la paciencia y el compromiso que tuvo en esta investigación.

De igual manera a los docentes de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo quienes inculcaron sus conocimientos necesarios para la realización de la tesis.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vi
ÍNDICE DE IMÁGENES .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRAC. ....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	3
III. METODOLOGÍA .....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	9
3.2. Variables y operacionalización .....	9
3.3. Población, muestra y muestreo .....	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	11
3.5. Procedimientos.....	12
3.6. Método de análisis de datos.....	23
3.7. Aspectos éticos .....	24
IV. RESULTADOS .....	24
V. DISCUSIÓN .....	36
VI. CONCLUSIONES .....	40
VII. RECOMENDACIONES.....	41
REFERENCIAS.....	42
ANEXOS	

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica en UTM .....	14
Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos analizados del suelo .....	17
Tabla 3. Diseño y construcción de los tratamientos .....	22
Tabla 4. Análisis textural del suelo obtenido en la localidad de Nievería.....	24
Tabla 5. Análisis de fertilidad del suelo de la localidad de Nievería,Huachipa...25	
Tabla 6. Presencia de Cd en suelo pre tratamiento, sector de Nievería,Huachipa, Lima 2021.....	25
Tabla 7. Presencia de Cd en suelo post tratamiento usando Girasol, a 40 días, Huachipa, Lima 2021.....	26
Tabla 8. Presencia de Cd en suelo post tratamiento usando Alfalfa, a 40 días, Huachipa, Lima 2021.....	26
Tabla 9. Presencia de Cd en suelo post tratamiento usando Girasol y Alfalfa, a 40 días, Huachipa, Lima 2021.....	27
Tabla 10.Análisis foliar promedio de las especies vegetales para Cd, 2021 .....	27
Tabla 11.Análisis foliar de plantas de Girasol para Cd, 2021.....	28
Tabla 12.Análisis foliar de plantas de Alfalfa para Cd, 2021.....	28
Tabla 13.Análisis foliar de plantas de Girasol y Alfalfa para Cd, 2021 .....	29
Tabla 14.Medidas biométricas promedio a los 20 y 40 días de <i>Helianthus annuus</i> .....	29
Tabla 15. Medidas biométricas promedio a los 20 y 40 días de <i>Medicago sativa</i> 30	
Tabla 16. Medidas biométricas promedio a los 20 y 40 días de <i>Helianthus annuus</i> y <i>Medicago sativa</i> .....	31
Tabla 17. Porcentaje de remoción de cadmio del suelo con tratamientos de girasol de la localidad de Nievería, Huachipa.....	33
Tabla 18. Porcentaje de remoción de cadmio del suelo con tratamientos de alfalfa de la localidad de Nievería, Huachipa .....	34
Tabla 19. Porcentaje de remoción de cadmio del suelo con tratamientos de girasol y Alfalfa de la localidad de Nievería, Huachipa.....	35
Tabla 20. Prueba T-Student .....	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Concentración de cadmio en las especies vegetales .....	28
Figura 2. Medidas biométricas <i>Helianthus annuus</i> .....	30
Figura 3. Medidas biométricas <i>Medicago sativa</i> .....	31
Figura 4. Medidas biométricas <i>Helianthus annuus</i> y <i>Medicago sativa</i> .....	32
Figura 5. Porcentaje de remoción de cadmio con Girasol .....	33
Figura 6. Porcentaje de remoción de cadmio con Alfalfa .....	34
Figura 7. Porcentaje de remoción de cadmio con Girasol y Alfalfa .....	35

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Ubicación de zona de muestreo .....	13
Imagen 2: Lugar de muestreo de suelo nieveria- huachipa, lima .....	13
Imagen 3: Representación de puntos de muestreo .....	14
Imagen 5: Muestra de suelo .....	16
Imagen 6: Selección de semillas de girasol y alfalfa .....	17
Imagen 7: Germinación de semillas de girasol y alfalfa .....	18
Imagen 8: Pesado del suelo .....	18
Imagen 9: Trasplante e inicio de tratamiento .....	19
Imagen 10: Pesado y adición de abono a macetas .....	19
Imagen 11: Primera evaluación de medidas biométricas a los 20 días altura de la planta, longitud de raíz y numero de hojas y color de hoja .....	20
Imagen 12: Segunda evaluación de medidas biométricas a los 40 días. ....	20
Imagen 13: Muestras de suelo post tratamiento .....	21
Imagen 14: Muestras de plantas post tratamiento .....	21

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo principal evaluar la remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021. La investigación fue realizada ex situ, este proceso tuvo una fase experimental durante 40 días, en los cuales se realizaron tomas de muestras y análisis de laboratorio, de pre y post prueba se tuvieron tres grupos experimentales con 2, 4 y 6 plantas de *Helianthus annuus*; 2, 4, y 6 plantas de *Medicago sativa* y 2, 4, y 6 plantas combinadas entre *H. annuus* y *M. sativa*, obteniendo valores de remoción de cadmio con (95 %) en el tratamiento con 2 plantas, mientras que el (97 %) con 4 plantas y (100%) con 6 plantas de *H. annuus*. Así mismo se removi6 con *M. sativa* en (92 %) con 2 plantas, con 4 plantas un (87 %) y con 6 plantas un (99%); en las plantas combinadas se obtuvieron valores de remoci6n en (86%) con 2 plantas, un (87 %) con 4 plantas y un (99 %) con 6 plantas, llegando a concluir que estas especies vegetales si participan en la remoci6n de cadmio del suelo siendo el m6s 6ptimo el *Helianthus annuus* con 6 plantas.

Palabras clave: fitorremediaci6n, cadmio, suelo contaminado

## ABSTRACT

The main objective of the present investigation is to evaluate the removal of soil contaminated with cadmium, through phytoremediation with *Helianthus annuus* and *Medicago sativa*, Lima, 2021. The investigation was carried out ex situ, this process had an experimental phase during 40 days, in which took samples and laboratory analysis, pre and post test, there were three experimental groups with 2, 4 and 6 plants of *Helianthus annuus*; 2, 4, and 6 *Medicago sativa* plants and 2, 4, and 6 plants combined between *H. annuus* and *M. sativa*, obtaining cadmium removal values with (95%) in the treatment with 2 plants, while the ( 97%) with 4 plants and (100%) with 6 *H. annuus* plants. Likewise, a (92%) with 2 plants was removed with *M. sativa*, with 4 plants (87%) and with 6 plants (99%); In the combined plants, removal values were obtained (86%) with 2 plants, (87%) with 4 plants and (99%) with 6 plants, reaching the conclusion that these plant species do participate in the removal of cadmium from the soil being the most optimal *Helianthus annuus* with 6 plants.

Keywords: phytoremediation, cadmium, contaminated soil



## I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día la contaminación de suelos por metales pesados es uno de los problemas ambientales muy serios, esto debido a las actividades humanas como la liberación de efluentes industriales, la actividad minera, refinamiento de productos mineros y las emisiones vehiculares. (Shah y Daverey, 2020, p.1) afirma que la “contaminación ambiental debido a metales pesados es una preocupación creciente en todo el mundo. Las actividades humanas como las descargas industriales, la minería, la fundición, la eliminación de residuos sólidos peligrosos, etc., aportan principalmente metales pesados al suelo”. Donde estos “metales pesados son tóxicos ambientales muy perjudiciales por su persistencia, biotransformación, bioacumulación y elevada toxicidad, el cual hace que se encuentre en el medio por periodos extensos”. (Rodríguez, 2017). “La contaminación del suelo es una de las grandes amenazas al suelo que afecta a este recurso y a los servicios ecosistémicos que brinda en el mundo”. (Rodríguez, 2019). Es por ello que se deben desarrollar soluciones para recuperar las condiciones del medio ambiente y de esta forma reducir las altas concentraciones de metales pesados en el suelo. Bajo ese contexto, en los últimos tiempos se han desarrollado tecnologías de limpieza de agua y suelo utilizando la técnica de fitorremediación para disminuir los problemas de contaminación presente en los suelos. Según (Díaz, *et al.* 2013). “La fitorremediación es una biotecnología ecológica inofensiva diseñada para limpiar suelos contaminados”. Asimismo, “la remediación ambiental se vuelve esencial para asegurar una mejor salud para la población; así como preservar el medio ambiente para las futuras generaciones”. (Cristaldi, *et al.* 2017). De la misma manera Ashraf, *et al.* (2019) indican que “la fitorremediación es una tecnología rentable, no intrusiva y estéticamente agradable en la que se utilizan plantas y árboles herbáceos para remediar y eliminar los contaminantes del suelo” Por ello la investigación plantea como **problema general**, lo siguiente, ¿Cuál es la remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021?, en los **problemas específicos** se desarrolla lo siguiente: ¿Cuál es la concentración de cadmio en el suelo pre y post de la

utilización de fitorremediadores *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima 2021?, ¿Cuál es el contenido de cadmio que tienen las plantas de *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima 2021? Y ¿Cuáles son las características físicas del *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima 2021? Continuando con la **justificación**, la presente investigación se lleva a cabo con el propósito de mejorar la calidad del suelo, ya que se ha visto a lo largo del tiempo que la contaminación de suelo con metales pesados trae consigo efectos nocivos, daño en la fertilidad del suelo y afectando directamente la pérdida de nutrientes. Por este motivo se ha implementado las técnicas de fitorremediación, las cuales desempeñan un rol muy importante para la remoción de suelos contaminados. Este tipo de técnicas es una alternativa económicamente posible y ambientalmente viable a diferencia de distintas técnicas convencionales; con este estudio se busca mejorar la calidad del suelo, así como dar un aporte teórico para estudios futuros. El presente estudio se plantea como **objetivo general**, evaluar la remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021; como **objetivos específicos**, Determinar la concentración de cadmio en el suelo pre y post de la utilización de fitorremediadores *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima 2021; medir el contenido de cadmio en las plantas *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima 2021 y evaluar las características físicas del *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima 2021. Se plantea como **hipótesis**, H0: Las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, no participan en la fitorremediación, para la remoción de suelo contaminado con cadmio, Lima. H1: Las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, participan en la fitorremediación, para la remoción de suelo contaminado con cadmio.

## II. MARCO TEÓRICO

Para el desarrollo de la siguiente investigación se realizó una amplia revisión de antecedentes a nivel internacional y nacional. A nivel internacional hallamos lo siguiente.

Coyago y Bonilla, (2019). En su investigación evaluó la cinética de absorción de metales pesados en las especies de amaranto, acelga y alfalfa donde mencionaron que si existe un mayor valor de biomasa tendrá una mayor absorción de plomo; debido a que el plomo cuenta con un mayor espacio para su deposición; por otro lado, las especies mostraron fases de desintoxicación cuando llegaron al límite de absorción. La especie de amaranto contó con una mayor biomasa la cual su fase de desintoxicación fue de 10 días aproximadamente con porcentajes de fitorremediación de un 90%, mientras tanto que las especies de alfalfa y acelga que tuvieron menor biomasa luego de los 70 días no pudieron recuperar su poder de absorción llegando hasta un máximo de 25%.

Según Alaboudi y Brodie (2018). En su artículo de investigación titulado “Fitorremediación de suelos contaminados con Pb y Cd mediante el uso de la planta de girasol (*Helianthus annuus*)”, tuvo como objetivo evaluar la capacidad de *H. annuus* para remediar los metales Pb y Cd impactados en los suelos y su efecto sobre la biomasa de girasol. Se realizaron experimentos en macetas para comparar la biomasa de la planta *Helianthus annuus* cultivada en suelos alterados con Pb y Cd para evaluar su eficacia en la eliminación de dichos metales. Los resultados obtenidos mostraron que a medida que aumentaba la concentración de metales pesados en el suelo, el crecimiento de la planta disminuye gradualmente y que la acumulación se registró en la raíz. El estudio concluye que la planta de *H. annuus* fue más favorable para la absorción de Cd en comparación con Pb, y sugerimos su capacidad para la remediación de suelos contaminados con Pb y Cd.

Según ZEHRA, Afsheen, *et al.* (2020). En su artículo de investigación titulada “Identificación de cultivares de girasol (*Helianthus annuus*) con alta acumulación de cadmio para la fitorremediación de un Oxisol y un Inceptisol”,

tuvo como objetivo evaluar los cultivos de girasol en dos tipos de suelos para reconocer su potencial remediación de tierras contaminadas con Cd y hacerlas productivas. Se seleccionaron 40 cultivos de semillas oleaginosas de girasol en dos tipos de suelo, donde el cultivo (Huanong 667) tuvo una mayor acumulación en ambos tipos de suelo. Se identificó una disimilitud en la fitoextracción de Cd en el oxisol (suelo ácido), mayor, que en el Inceptisol (suelo alcalino). Se concluye que las plantas cultivadas en suelos contaminados produjeron una biomasa considerable, así como una mayor absorción de Cd, se sugiere que algunos cultivares de girasol presentan una alta condición de fitorremediación.

Según Wang, MC, *et al.* (2020). En su investigación titulada “Fitorremediación de suelos contaminados con pireno enmendados con compost y plantados con raigrás y alfalfa”, tuvo como objetivo investigar la fitorremediación de pireno en arena de cuarzo con dos tipos de suelos mediante el uso de especies de plantas raigrás y alfalfa. Se plantaron en macetas durante 90 días con muestras de suelo aluvial (franco arenoso) y suelo rojo(arcilloso) para remediar arena de cuarzo contaminado con pireno. Teniendo como resultado que la mayor concentración de pireno en las dos especies de plantas se encontraron en las raíces a comparación de la parte aérea de la planta, el abono que agregaron en cada maceta ayudó en la disipación del pireno. Concluyendo que el raigrás y la alfalfa son plantas potenciales para la fitorremediación de suelos contaminados con pireno.

A nivel nacional encontramos los siguientes antecedentes:

Romero, Melissa (2017). En su investigación determinó la eficiencia de la alfalfa cultivada en enmiendas orgánicas con el propósito de minimizar las altas concentraciones de plomo en un suelo agrícola colindante a la minera Colquisiri donde se evidenció que la planta tuvo una mayor eficiencia al momento de adicionar el compost teniendo una concentración de absorción de 26,7 ppm.

Asmat *et al.* (2016). En su artículo evaluó el crecimiento del girasol agregando materiales orgánicos e inorgánicos a los relaves para Fitoextraer

plomo, zinc y cadmio. Realizaron cuatro tratamientos de distintas dosis de relaves – material con seis repeticiones cada uno, con tiempo de 30, 60 y 90 días para dos métodos de siembra. (directa y trasplante). Los resultados de esta investigación demuestran que el girasol crece con éxito en el tratamiento de agregar reguladores y acumula Pb, Zn y Cd en sus tejidos. Concluyen que la siembra directa es el método para obtener las mayores concentraciones de Pb, Zn y Cd, y la raíz es el órgano con mayor bioacumulación de estos metales.

González *et al.* (2018). En su investigación determinó la capacidad de fitorremediación de cuatro plantas; girasol, alfalfa, geranio e higuierilla; plantadas en un suelo de la campiña ubicado en la localidad de Moche, Trujillo; la cual fue contaminado de manera artificial con 278 mg/kg de sulfato de cobre, donde muestra que todas las especies vegetales disminuyen notablemente la concentración de cobre que se encontraba en el suelo, enfatizando la planta de alfalfa que alcanzó reducir la concentración de cobre de 278 mg/kg a 77 mg/kg, seguidamente del geranio que se redujo hasta un 89 mg/kg, la planta higuierilla a un 90 mg/kg y finalmente el girasol a 119 mg/kg.

González *et al.* (2018). En su investigación determinó el efecto de la alfalfa (*Medicago sativa*) en un suelo contaminado con dos distintos niveles de cobre, la muestra fue contaminada de manera artificial con 0.53 gr CuSO<sub>4</sub>/kg en un suelo franco arenoso; después de dos meses la concentración de cobre se redujo de de 278 ppm a 124 ppm; donde mostró que la mayor acumulación de cobre se encontró en la raíz considerando a la alfalfa una especie fitorremediadora indistinto de los niveles de cobre utilizado.

Munive, Rubén, *et al.* (2020). En su investigación: “En los suelos agrícolas de las localidades Muqui y Mantaro del valle del Mantaro utilizando el girasol como fitorremediadora donde indican que la planta de girasol absorbe el plomo y cadmio en mayor cantidad en las raíces, donde los factores de bioconcentración señalan un comportamiento estabilizador y el factor de

translocación indicó la habilidad de fitoextraer en un suelo con bajo contenido de metales pesados”.

Berenger, Sarah (2018). En su investigación determinó la capacidad de *Helianthus annuus* para la fitoextracción de cadmio en suelos contaminados; se colocaron 15 macetas conteniendo 1 kg de tierra cada uno con concentraciones de cadmio (10,20,30 y 40 mg/l); los resultados que se obtuvieron fueron que el girasol logró captar en sus hojas un promedio de 17.12 mg/kg y en las raíces un promedio de 21.29 mg/kg de cadmio.

Asimismo, para el desarrollo de la siguiente investigación es importante definir los términos que nos serán de útil a lo largo del proceso. Se lleva a cabo con la definición de suelos, Bernal, (2014) Define que “Es la capa superficial de la cubierta terrestre y uno de los bienes fundamentales para el ser humano, este es un recurso frágil del medio ambiente, no renovable, por su velocidad de formación y restablecimiento muy lenta”. **Suelos Contaminados**, es “cuando sus características químicas han sido alteradas de manera negativa por sustancias contaminantes contempladas por la actividad antropogénica”. (MINAM, 2014). Díaz (2016) menciona que “los suelos contaminados son por la concentración de uno o más agentes químicos presentes, lo que provoca efectos adversos en su calidad”.

Díaz (2016) define que, “la contaminación del suelo es un proceso o colección que reduce su potencial y capacidad de producción”. Navarro, Aguilar y López (2007) indican que, “la contaminación con metales pesados puede ser por dos factores; naturales como la actividad volcánica, terremotos, erosión de rocas, etc. y causas antropogénicas como la minería, industria, pesticidas, etc.”. Marrero (2012) indica que, “los metales pesados son un grupo de sustancias químicas las cuales presentan densidades relativamente altas”. “Estos poseen diferentes particularidades como biológicas, físicas y químicas, estos elementos pueden ser muy importantes para los organismos vivos, pero también pueden llegar a ocasionar efectos perjudiciales”. (MINAM 2016). “El cadmio (Cd) es un metal pesado considerado uno de los agentes contaminantes que causa gran preocupación en el medio ambiente debido a su toxicidad” (Huaraca, *et al.*,

2020) donde “la presencia de Cd en el suelo se produce tanto de fuentes naturales como antropogénicas” (Pan, *et al.*, 2016; Khan, *et al.*, 2017).

“La remoción de metales se realiza por medio de tratamientos, mediante procesos para reducir, separar o eliminar ciertos elementos tóxicos presentes en el suelo”. (Yagnentkovsky, N. 2011). Este estudio de investigación llevará a cabo a la fitorremediación, el cual está definido como “un proceso de biorremediación sostenible que utiliza plantas para reducir los contaminantes de metales pesados encontrados en suelos contaminados”. (Chiquan, *et al.* 2020). Por otro lado, Thalikulangarat, *et al.* (2021) y Ashraf, *et al.* (2019) afirman que “la fitorremediación es una tecnología rentable, no intrusiva y estéticamente agradable en la que se utilizan plantas y árboles herbáceos para remediar y eliminar los contaminantes del suelo”. Fabelo (2017) resalta que “se basa en la utilización de especies vegetales para la eliminación de contaminantes, haciendo uso de los sistemas radiculares de los árboles y plantas para la disminución y extracción de metales pesados y distintos contaminantes de aire, agua y suelo”. Técnicas de Fitorremediación son aquellas técnicas de descontaminación que se basa en el uso de especies vegetales donde pueden almacenar los metales mediante la transformación química a elementos estables entre ellos tenemos: Fitoextracción “se basa en la absorción y transferencia de metales pesados desde las raíces hacia la parte aérea de las especies vegetales”. (Rendina *et al.*,2014). La fitoestabilización consiste en la utilización de vegetales tolerantes a los metales pesados para paralizarlos a través de su absorción y ser almacenados en las raíces”. (Marrero,2012). La fitodegradación “es la ruptura de los contaminantes que absorben las especies vegetales a través de los procesos metabólicos de la planta y se utiliza para tratar hidrocarburos, plaguicidas”. (Bernal, 2014). La fitoinmovilización” se basa en el empleo del sistema radicular de las plantas para la inserción o paralización de los contaminantes en el suelo”. (Rendina *et al.*,2014). La fitovolatilización “consiste en la absorción y transpiración de un contaminante por la planta” (Bernal, 2014). Por otro lado, la fitorestauración trata sobre “la reforestación de superficies contaminadas con especies vegetales fuertes y de acelerado crecimiento”. (Cortez, 2019)

y Delgadillo *et al.* (2011), define a la rizofiltración como “la absorción en la raíz de los contaminantes que se encuentran en la zona que las rodea”. Chico *et al.* (2012). Indica que el *Helianthus annuus* (*Girasol*) forma parte de la familia de las Asteraceae, es fácil de cultivar y adaptarse a una amplia gama de cambios de temperatura. El tiempo de siembra es cambiante y depende de los factores climáticos de cada lugar”. Su clasificación taxonómica se basa según el sistema de información de los organismos. (SIOVM, 2008) “pertenece al reino: plantae; familia: magnolia; clase: magnolia; orden: asterales; familia: asteraceae; género: Helianthus L.1753 y especie: annuus L.1753”. El girasol tiene una fuerte capacidad para acumular metales pesados en sus tejidos, razón por la cual se utiliza para procesos de fitorremediación recicla y acumula estos metales sobrantes del suelo, proporcionando soluciones biológicas a los problemas ambientales. (Chico *et al.* 2012).

"La alfalfa es una especie que los productores pueden considerar en sus planes de producción por su calidad como alimento, alta producción y contribución a la conservación del suelo. La alfalfa fue considerada la mejor especie forrajera a principios del siglo pasado por su alta calidad y alto rendimiento". (Cangiano, 2001). "La alfalfa es una planta perenne con una raíz fuerte y altamente desarrollada; con una corona terminal en la parte alta de la raíz principal, un tallo herbáceo, y la base es delgada, ramificada, larga y puntiaguda en la base". (Grijalva, 1995). "La alfalfa crece en diversos tipos de suelo, suelo arenoso muy ligero y franco limoso. El pH óptimo de este cultivo es 7.5 muy sensible a la salinidad" (INFOAGRO, 2002). "*Medicago sativa* cuenta con una alta fuente natural de fibra, vitaminas, proteínas y minerales; su importancia como cultivo es incomparable a la hora de elegir forrajes de alta calidad. Además, este cultivo pertenece a la familia de las leguminosas; asimila nitrógeno atmosférico simbióticamente, reduciendo costos como la fertilización y mejorando la fertilidad química del recurso". (Oñate, 2019)

Zhang. *et al.* (2009) manifiesta que, “la alfalfa se utilizó en la remediación de suelos contaminados contenido de metales pesados debido a su fuerte



adaptabilidad a diversos ambientes con abundante biomasa y extensos sistemas de raíces”. “En los últimos años, muchas investigaciones han demostrado que la planta de alfalfa tiene. Cuando la planta es pequeña, puede afectar el agua y el suelo, ya que es la capacidad de absorber y acumular metales pesados como V, Pb, Cd, Cu, Ni, Zn”. (Yang, *et al.* 2011)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1. Tipo de investigación: Aplicada**

Para la presente investigación se consideró realizar un tipo de investigación aplicada, porque se utilizará los conocimientos investigados de las dos especies de plantas con el propósito de resolver el problema de la contaminación del suelo que contienen el metal pesado cadmio. “La investigación aplicada busca emplear los conocimientos alcanzados, a la vez que se obtiene de otros, después de ejecutar y estructurar la práctica basada en el estudio” (Vargas,2009, 159 pp)

##### **3.1.2. Diseño de investigación**

El presente trabajo tiene como diseño de investigación cuantitativo con un enfoque experimental debido a que se evalúa la capacidad de las plantas *Helianthus annuus* y *Medicago sativa* para la remoción de cadmio proveniente de un suelo contaminado.

“El diseño experimental es aquello donde el investigador tiene el control total sobre todas las variables y factores en estudio”. (Vallejo, 2002)

#### **3.2. Variables y operacionalización**

##### **3.2.1. Operacionalización de variables**

**3.2.1.1. Variable independiente:** Fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*

### **Definición conceptual**

“Se basa en la utilización de especies vegetales para la descontaminación mediante el uso de los sistemas radiculares de árboles y plantas para extraer metales pesados y distintos contaminantes de aire, agua y suelo”. (Fabelo, 2017)

### **Definición operacional**

Se cultivarán unidades de especie tanto girasol y alfalfa en macetas.

**Dimensiones:** Características físicas de *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*.

**Indicadores:** Mediciones de plantas

***Helianthus annuus* y *Medicago sativa*:** Longitud de la raíz, Altura de la planta, Número de hojas, Color de hojas, Concentración de metal pesado en las especies: Cd

**Escala de medición:** cm, cm, unidad, color, mg/kg

**3.2.1.2. Variable dependiente:** Remoción de suelo contaminado con cadmio

### **Definición conceptual:**

“La remoción de metales se realiza por medio de tratamientos, mediante procesos para minimizar, eliminar o separar ciertos elementos tóxicos presentes en el suelo”. (Yagnentkovsky, N. 2011)

### **Definición operacional**

Se calculará la concentración inicial y final del metal pesado

**Dimensiones:** Metal pesado en el suelo

**Indicadores:** Concentración de metal pesado: Cd

**Escala de medición:** mg/kg

### 3.3. Población, muestra y muestreo

#### **Población**

En el presente proyecto de investigación la población está comprendida de 36 unidades de plantas de girasol y alfalfa divididas en 9 macetas y los suelos agrícolas provenientes del sector Nievería de Huachipa, distrito Lurigancho, departamento de Lima. “Es un conjunto de individuos u objetos de los que se desea entender algo en una investigación” (López, 2004)

#### **Muestra**

Para el caso de la muestra, conforman 22 plantas elegidas de la población, entre *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*. Las muestras de suelo se tomaron de cinco puntos de muestreo, donde se tomó 1 kilogramo para análisis de laboratorio. Seguidamente se recolecto 45 kg de suelo para el proceso de fitorremediación en el sector Nieveria de Huachipa, distrito Lurigancho, departamento de Lima.

“Permite inferir y por ende generalizar los resultados que se observan a la población asequible” (Otzen Y Manterola, 2017).

#### **Muestreo**

El muestreo del proyecto de investigación es probabilístico. Otzen Y Manterola (2017) mencionan que, “este tipo de método permite entender la posibilidad que cada individuo tiene a ser comprendido en la muestra a través de una selección al azar”.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos**

Se aplicarán técnicas como:

Toma de muestras: Se tomarán muestras de suelo y plantas para su análisis y así determinar su capacidad de absorción del metal pesado.

Observación: Mediante ello se realizó las medidas biométricas de las plantas como el número de hojas, la altura de la planta, longitud de la raíz, color de hojas.

Análisis a nivel de laboratorio: Se analizaron la concentración del metal pesado en el suelo pre y post la utilización de fitorremediadores y el análisis de las plantas para observar la concentración de metal pesado en las especies vegetales.

#### **3.4.2 Instrumentos de recolección de datos**

Para el proyecto de investigación se emplea como instrumento la:

Ficha de muestreo de suelos

Ficha de registro de datos

#### **3.4.3 Validez y confiabilidad del instrumento**

La ficha de muestreo de suelos que se utilizó fue de la guía de muestreo de suelos, la cual fue validada por el MINAM en el 2014. Para la validez del instrumento ficha de registro de datos, que se atribuye al estudio será analizada mediante expertos en el tema de investigación. El análisis de concentración de metal pesado en el suelo al igual que las plantas, fueron realizadas en laboratorios acreditados por el INACAL.

#### **Zona de estudio**

La investigación se llevó a cabo ex situ a una altura de 328 m.s.n.m., ubicada en el distrito de Santa Anita, en la provincia de Lima y departamento de Lima. Con coordenadas UTM Zona 18 WGS 84, Este 287522 - Norte 8668651.

### **3.5. Procedimientos**

Para llevar a cabo la investigación se realizó los siguientes procedimientos:

#### **Etapas iniciales**

- Se elaboró la ficha de registro para la recolección de datos.
- Se eligió las especies de plantas que se utilizaron en la investigación (*Helianthus annuus* y *Medicago sativa*).
- Se calcularon los costos de laboratorio para efectuar el análisis de las muestras de suelo.
- Se compraron las semillas en el mercado de flores-Rimac

- se realizó el reconocimiento de la zona de muestreo



Imagen 1: Ubicación de zona de muestreo

Fuente: google earth



Imagen 2: Lugar de muestreo de suelo Nieveria- Huachipa, Lima

Fuente: Propia autoría

### **Etapas de campo**

- Se identificó el punto de muestreo, para la recolección del suelo
- Se tomó muestras de suelo pretratamiento para su posterior análisis de presencia de cadmio.

La muestra fue obtenida mediante el muestreo de comprobación de la remediación en el que se considera el método para áreas de contaminación de forma regular menores a 1 000 m<sup>2</sup>, se obtendrá 5 puntos para la obtención de la muestra representativa. (MINAN, 2014).



Imagen 3: Representación de puntos de muestreo

Fuente: google earth

Tabla 1. Ubicación geográfica en UTM

Muestra	X: longitud	Y: Latitud	Z: altitud
PM- 01	290994	8673201	359 m.s.n.m
PM- 02	291004	8673203	359 m.s.n.m
PM- 03	291012	8673207	359 m.s.n.m
PM- 04	291001	8673208	359 m.s.n.m
PM- 05	291003	8673205	359 m.s.n.m

Fuente: elaboración propia

- De la zona delimitada se realizó la toma de muestras en los cinco puntos de muestreo siguiendo la guía de muestreo de suelos, donde según su uso es un suelo agrícola y profundidad específica es de 20 cm. De las cuales se homogenizo, para obtener una muestra representativa de 1 kilogramo y se precedió a rotular.





Imagen 4: Recolección de muestra de suelo  
Fuente: propia autoría

- Se envió al laboratorio una muestra con 1 kg de suelo para su análisis y verificación de los parámetros esenciales en la investigación, para el proceso de fitorremediación el suelo fue colocado en un saco (45 kg) y fue trasladado para ser colocados en las macetas.



Imagen 5: Muestra de suelo  
Fuente: propia autoría



Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos analizados del suelo

Determinación	Método
Análisis de metales pesados en el suelo	Method 200.7 Rev. 4.4 EMMC Versión (1994). Determination of Metals and trace Elements in Water and Wastes by Inductive Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.
potasio disponible	LQA-SAG-141 Determinación de bases en suelos
fosforo disponible	LQA-SAG-131 Determinación de fosforo disponible- OLSEN
Materia orgánica	LQA-SAG Determinación d carbono orgánico Walkley & Black
Salinidad (CE (1/1))	Conductivimetria- LQA-SAG-162 Determinación de la Conductividad Eléctrica
Carbonato de calcio	Volumetría - LQA-SAG-121 Determinación de Carbonatos y Caliza Activa en Suelo
pH del suelo	Potenciómetro LQA-SAG-162 determinación de pH

Fuente: Elaboración propia

- Se recolectaron 36 semillas para el estudio de investigación (*Helianthus annuus* y *Medicago sativa*)



Imagen 6: Selección de semillas de Girasol y Alfalfa

Fuente: Propia autoría

- Las semillas recolectadas fueron sembradas en una bandeja de germinación para su posterior trasplante a macetas.



Imagen 7: Germinación de semillas de Girasol y Alfalfa  
Fuente: Propia autoría

- Las semillas ya germinadas se trasplantaron a 9 macetas con capacidad de 5 kg c/u.



Imagen 8: Pesado del suelo  
Fuente: Propia autoría



Imagen 9: Trasplante e inicio de tratamiento

Fuente: Propia autoría

- En cada macetero se agregó 30 gr de abono (humus) para ayudar al desarrollo de las plantas.



Imagen 10: Pesado y adición de abono a macetas

Fuente: Propia autoría

- Los riegos se realizaron periódicamente de acuerdo al requerimiento del cultivo y manteniendo su capacidad de campo.
- La primera evaluación se realizó a los 20 días y la segunda a los 40 días de plantación, en el que se evaluaron las medidas biométricas como la longitud de la raíz, altura de la planta, el número de hojas, el color de hojas donde cada evaluación será anotada en la ficha de registro de datos.

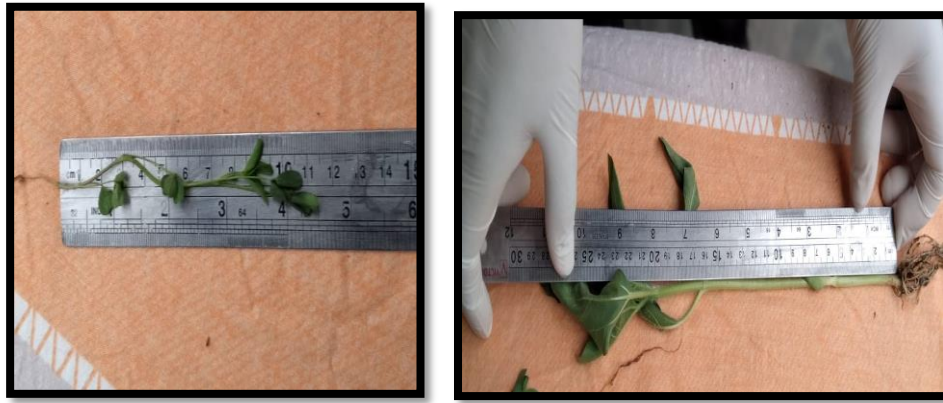


Imagen 11: Primera evaluación de medidas biométricas a los 20 días altura de la planta, longitud de raíz y número de hojas y color de hoja.

Fuente: Propia autoría



Imagen 12: segunda evaluación de medidas biométricas a los 40 días.

Fuente: Propia autoría

- Se tomó la muestra de suelo post tratamiento para su posterior análisis; este último se realizó después de los 40 días de haber realizado la siembra de *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*



Imagen 13: muestras de suelo post tratamiento

Fuente: Propia autoría

- Se tomó muestras de las plantas para su análisis en el laboratorio y medir el contenido de cadmio



Imagen 14: muestras de plantas post tratamiento

Fuente: Propia autoría

## Diseño y construcción de cultivo

Para el diseño y construcción del cultivo con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa* se contó con 36 plantas de *Helianthus annuus* (Girasol) y *Medicago sativa* (Alfalfa) en los tres tratamientos, donde fueron sembradas en 9 macetas de 5 kg de capacidad c/u.

Tabla 3. Diseño y construcción de los tratamientos

Especies	T1	T2	T3
<i>Helianthus annuus</i>	Maceta N°1 2 plantas	Maceta N°2 4 plantas	Maceta N°3 6 plantas
<i>Medicago sativa</i>	Maceta N°4 2 plantas	Maceta N°5 4 plantas	Maceta N°6 6 plantas
<i>H.annuus</i> y <i>M. sativa</i>	Maceta N°7 2 plantas (1 <i>H. annuus</i> ,1 <i>M. sativa</i> )	Maceta N°8 4 plantas (2 <i>H. annuus</i> ,2 <i>M. sativa</i> )	Maceta N°9 6 plantas (3 <i>H. annuus</i> , 3 <i>M. sativa</i> )

---

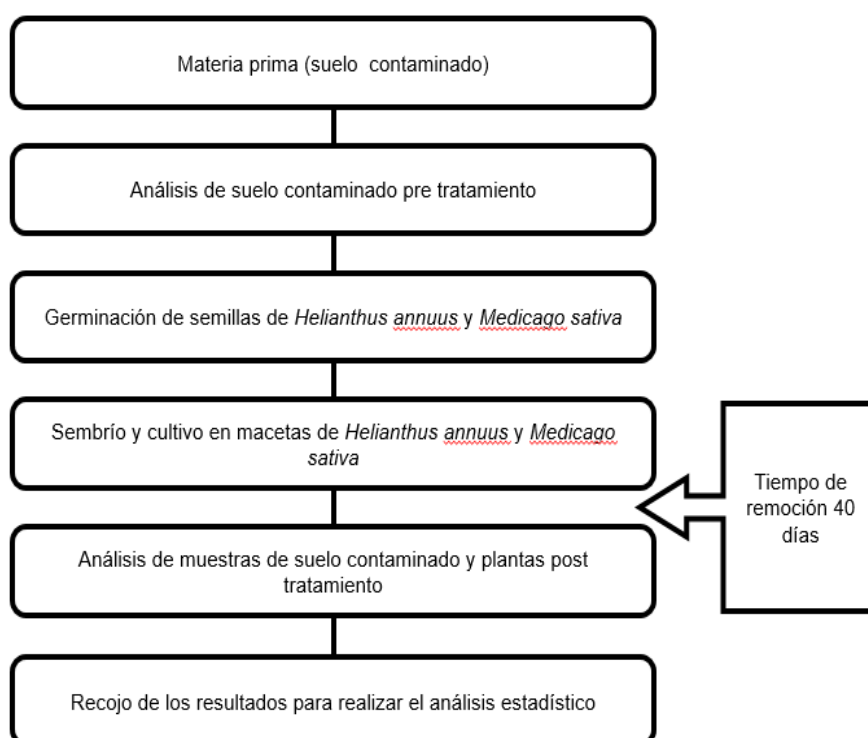
Fuente: Elaboración propia

Para el T1 en la primera maceta se sembraron dos plantas de *Helianthus annuus*, en el siguiente macetero dos plantas de *Medicago sativa* y en el tercer macetero una planta de *H. annuus* y una planta de *M. sativa*.

Para el T2 se sembraron cuatro plantas de *Helianthus annuus*, en el quinto macetero cuatro plantas de *Medicago sativa* y en el sexto macetero dos plantas de *H. annuus* y dos plantas de *M. sativa*.

Para el T3 se sembraron en el macetero seis plantas de *Helianthus annuus*, en el siguiente seis plantas de *Medicago sativa* y en el último macetero tres plantas de *H. annuus* y tres plantas de *M. sativa*.

## Diseño del experimento



Fuente: Elaboración propia

### **Etapas final**

-Se recibió los resultados del laboratorio.

-Se analizó e interpretó los resultados obtenidos mediante el método de análisis propuesto para desarrollar esta investigación y comparado con los estándares de calidad ambiental (ECA) del suelo, Decreto Supremo N° 011-2017 MINAM.

### 3.6. Método de análisis de datos

Con la adquisición de datos y resultados en la investigación se utilizó promedios mediante el Software de cálculo Microsoft Excel; en que se realizaron tablas y gráficos, software SPSS para realizar la prueba T-student. Así mismo se tomó el valor de cadmio en el estándar de calidad ambiental (ECA) del suelo. Decreto supremo N° 011-2017 MINAM.

### 3.7. Aspectos éticos

Durante el desarrollo del proyecto investigación se utilizará de manera adecuada e integra toda la información de los autores citándolas en las referencias; asimismo se respetará el formato establecido para los estudios de este tipo. Cabe mencionar, que los instrumentos utilizados serán verificados por personas expertas en el tema y el proceso experimental será realizado en laboratorios acreditados por el INACAL, de este modo los datos adquiridos serán veraces.

## IV. RESULTADOS

Después del trabajo de campo realizado se obtiene los siguientes resultados:

Los análisis realizados respecto a la textura del suelo, se califica como gruesa en el que nos muestra que el porcentaje de Arena es de 90, de limo es 6 y de arcilla 4, como resultado la textura del suelo es arenosa. (tabla 4)

Tabla 4. Analisis textural del suelo obtenido en la localidad de Nievería, Huachipa- Lima

N° muestra	porcentaje de partículas			textura (U.S.D.A.)
	arena	limo	arcilla	
1	90	6	4	Arenosa

Fuente: ANOBA LAB S.A.C. – Lima

El análisis de fertilidad de suelo, donde se muestra que el contenido de fosforo es alto con 21.87 ppm, el potasio es bajo con 33 ppm, también presenta contenido bajo de materia orgánica con 0,07 %, el pH es ligeramente alcalino con 7.55, la saturación del suelo es de 26.12 %, la conductividad eléctrica indica que el suelo es libre de sales con 0.17 y bajo carbonato de calcio con 0.05. (tabla 5)



Tabla 5. Análisis de fertilidad del suelo de la localidad de Nievería, Huachipa – Lima

N° MUESTRA	% M.O.	P ppm	K ppm	pH (1/1)	% SATURACIÓN	CE ds/m	CaCO <sub>3</sub>
1	0.07	21.87	33	7.55	26.12	0.17	0.05

Fuente: ANOBA LAB S.A.C. - Lima

### Concentración de cadmio en el suelo pre y post de la utilización de fitorremediadores *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima 2021

4.1. La concentración de cadmio en el suelo de la localidad de Nievería antes del tratamiento con especies vegetales presenta un valor de 1.58 mg/kg. (tabla 6)

Tabla 6. Presencia de Cd en suelo pre tratamiento, sector de Nievería, Huachipa, Lima 2021.

Metal	Unidad	Pre-tratamiento (S-01)	Eca Suelo D.S. 011 2017
Cadmio	mg/kg	1.58	1.4

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

**Interpretación:** el suelo del sector de Nievería - Huachipa supera el estándar de calidad ambiental de suelo agrícola en un 12,9 %.

4.2. El suelo del sector de Nievería - Huachipa, después de los 40 días de utilización del *Helianthus annuus*, con 2, 4, 6 plantas (en macetas), presenta valores de cadmio de 0,08; 0,04 y 0,00 mg/kg, respectivamente. (tabla 7)

Tabla 7. Presencia de Cd en suelo post tratamiento usando Girasol, a 40 días, Huachipa, Lima 2021.

Metal	Unidad	Post - Tratamiento		
		Girasol		
		Tratamiento 1 (S-HA-2P)	Tratamiento 2 (S-HA-4P)	Tratamiento 3 (S-HA-6P)
Cadmio	mg/kg	0.08	0.04	0.00

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

4.3. El suelo del sector de Nievería - Huachipa, después de los 40 días de utilización del *Medicago sativa*, con 2, 4, 6 plantas (en macetas), presenta valores de cadmio de 0,12; 0,2 y 0,02 mg/kg, respectivamente. (tabla 8)

Tabla 8. Presencia de Cd en suelo post tratamiento usando Alfalfa, a 40 días, Huachipa, Lima 2021.

Metal	Unidad	Post - Tratamiento		
		Alfalfa		
		Tratamiento 1 (S-MS-2P)	Tratamiento 2 (S-MS-4P)	Tratamiento 3 (S-MS-6P)
Cadmio	mg/kg	0.12	0.20	0.02

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

4.4. El suelo del sector de Nieveria - Huachipa, después de los 40 días de utilización de *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, con 2, 4, 6 plantas (en macetas), presenta valores de cadmio de 0,22; 0,21 y 0,01 mg/kg, respectivamente. (tabla 9)

Tabla 9. Presencia de Cd en suelo post tratamiento usando Girasol y Alfalfa, a 40 días, Huachipa, Lima 2021.

Metal	Unidad	Post - Tratamiento girasol y Alfalfa		
		Tratamiento 1 (S-HAYMS- 2P)	Tratamiento 2 (S-HAYMS- 4P)	Tratamiento 3 (S-HAYMS- 6P)
Cadmio	mg/kg	0.22	0.21	0.01

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

**Contenido cadmio en las plantas *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima 2021**

4.5. La planta de girasol presenta valores de cadmio en promedio de todos los tratamientos 0.86 mg/kg, la planta de Alfalfa un promedio de 0.61 mg/kg y con el tratamiento con las dos especies juntas presentan valores en promedio de 0.77 mg/kg. (tabla 10, 11,12,13; figura 1)

Tabla 10. Análisis foliar promedio de las especies vegetales para Cd, 2021

	Cadmio (mg/kg)
<i>Helianthus annuus</i>	0.86
<i>Medicago sativa</i>	0.61
<i>Helianthus annuus</i> y <i>Medicago sativa</i>	0.77

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

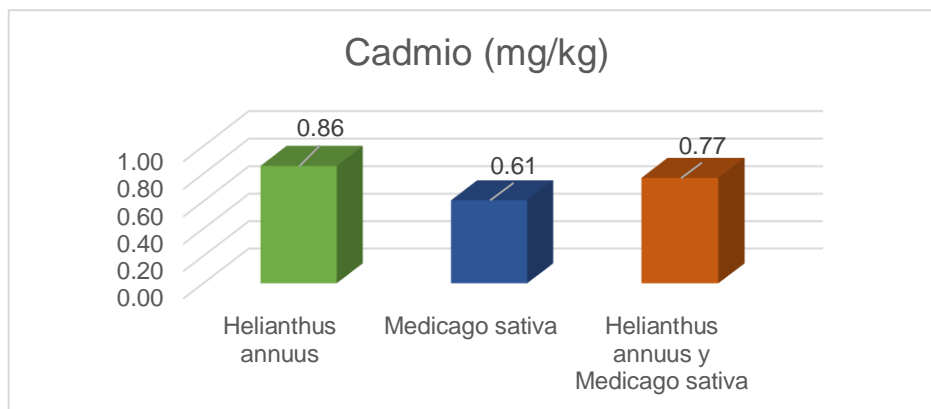


Figura 1. Concentración de cadmio en las especies vegetales

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

**Interpretación:** La planta de Girasol presenta mayores valores de absorción de cadmio en un 29 % más que la planta de Alfalfa y un 10 % más que las dos especies juntas.

Tabla 11. Análisis foliar de plantas de Girasol para Cd, 2021.

		Cadmio (mg/kg)
<i>Helianthus annuus</i>	Tratamiento 1- (P-HA-2P)	0.85
	Tratamiento 2- (P-HA-4P)	0.76
	Tratamiento 3- (P-HA-6P)	0.96

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

Tabla 12. Análisis foliar de plantas de Alfalfa para Cd, 2021.

		Cadmio (mg/kg)
<i>Medicago sativa</i>	Tratamiento 1- (P-MS-2P)	0.74
	Tratamiento 2- (P-MS-4P)	0.54
	Tratamiento 3- (P-MS-6P)	0.54

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

Tabla 13. Analisis foliar de plantas de Girasol y Alfalfa para Cd, 2021

		Cadmio (mg/kg)
<i>Helianthus annuus</i> y <i>Medicago sativa</i>	Tratamiento 1- (P-HAYMS-2P)	0.79
	Tratamiento 2- (P-HAYMS-4P)	0.63
	Tratamiento 3- (P-HAYMS-6P)	0.89

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

### Características físicas del *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima 2021

4.6. La especie *Helianthus annuus* a los 20 días presenta medidas biométricas en promedio 11.7 cm de longitud de raíz, 19.8 cm de altura de la planta, 10 unidades de hojas y un color de hoja verde; y, a los 40 días, la especie *Helianthus annuus* midió 18.2 cm en longitud de raíz promedio, altura de la planta promedio de 47 cm, 11 unidades de hojas promedio y color de hojas verde. (tabla 14, figura 2)

Tabla 14. Medidas biométricas promedio a los 20 y 40 días de *Helianthus annuus*

medidas biometricas		20 días	40 días
<i>Helianthus annuus</i>	Longitud de la raíz (cm)	11.7	18.2
	Altura de la planta (cm)	19.8	47.0
	Número de hojas	10	11
	Color de hojas	verde	verde

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

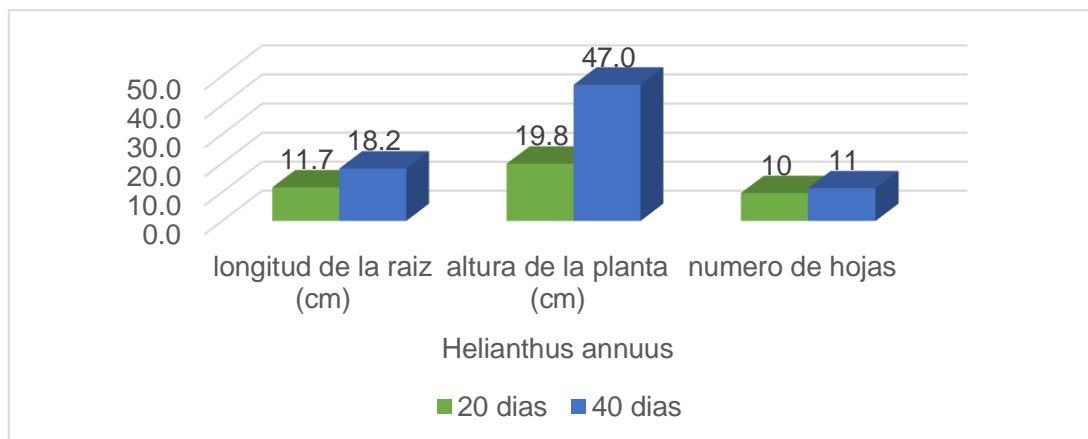


Figura 2. Medidas biométricas *Helianthus annuus*

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

**Interpretación:** La especie *Helianthus annuus* en la evaluación a los 40 días después de la primera evaluación la longitud de las raíces aumentó en un 55.56 %; en altura a los 20 días incremento su tamaño el 137,37 %; la cantidad de hojas solo el 10%.

4.7. La especie *Medicago sativa* a los 20 días presenta medidas biométricas en promedio 9.7 cm de longitud de raíz, 12.2 cm de altura de la planta, 18 unidades de hojas y un color de hoja verde; y, a los 40 días, la especie *Medicago sativa* midió 14.3 cm en longitud de raíz promedio, altura de la planta promedio de 35.5 cm, 38 unidades de hojas promedio y color de hojas verde. (tabla 15, figura 3)

Tabla 15. Medidas biométricas promedio a los 20 y 40 días de *Medicago sativa*

Medidas biométricas		20 días	40 días
<i>Medicago sativa</i>	Longitud de la raíz (cm)	9.7	14.3
	Altura de la planta (cm)	12.2	35.5
	Numero de hojas	18	38
	Color de hojas	verde	verde

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

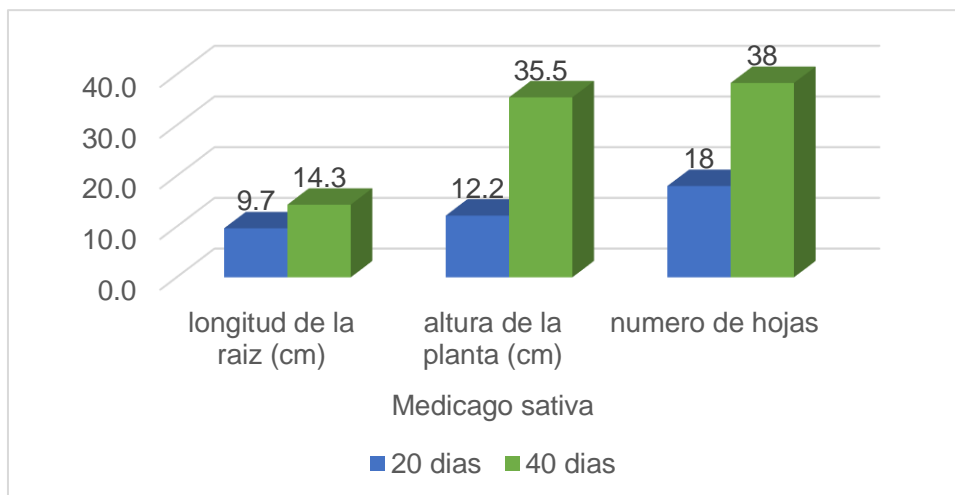


Figura 3. Medidas biométricas *Medicago sativa*

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

**Interpretación:** La especie *Medicago sativa* en la evaluación a los 40 días después de la primera evaluación la longitud de las raíces aumento en un 47,42 %; en altura en 20 días incremento su tamaño el 190,98 %; la cantidad de hojas aumentaron en 111.11 %

4.8. Las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa* a los 20 días presenta medidas biométricas en promedio 11.7 cm de longitud de raíz, 15.6 cm de altura de la planta, 12 unidades de hojas y un color de hojas verde; y, a los 40 días, las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa* midió 14.8 cm en longitud de raíz promedio, altura de la planta promedio de 34 cm, 24 unidades de hojas promedio y color de hojas verde. (tabla 16, figura 4)

Tabla 16. Medidas biométricas promedio a los 20 y 40 días de *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*

Medidas biométricas		20 días	40 días
Girasol y Alfalfa	Longitud de la raíz (cm)	11.7	14.8
	Altura de la planta (cm)	15.6	34.0
	Número de hojas	12	24
	Color de hojas	verde	verde

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

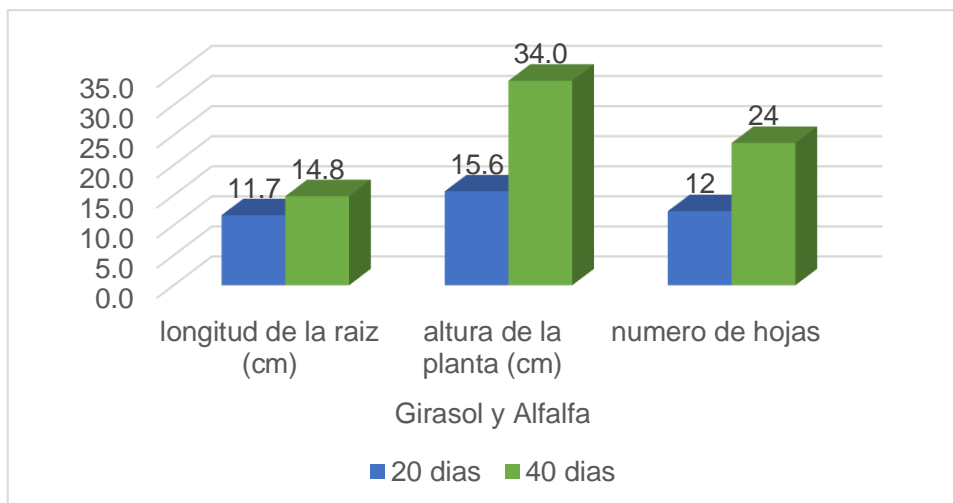


Figura 4. Medidas biométricas *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

**Interpretación:** Las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa* en la evaluación a los 40 días después de la primera evaluación, la longitud de las raíces aumentó en un 26,5 %; la altura en 20 días incrementó su tamaño el 117,95 %; la cantidad de hojas aumentaron en un 100 %.

**Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima,2021**

Se obtuvo el porcentaje de remoción mediante la siguiente fórmula en el proceso:

$$\text{Remoción (\%)} = x (\%) = \frac{C_{inicial} - C_{final}}{C_{inicial}} * 100$$

La misma fórmula se aplica para todos los tratamientos.

4.9. La remoción de cadmio del suelo utilizando la especie de girasol disminuyó con el tratamiento de 2 plantas en 95 %, con el tratamiento de 4 plantas en 97 % y con 6 plantas en un 100 % en comparación al resultado antes del tratamiento. (tabla 17, figura 5)



Tabla 17. Porcentaje de remoción de cadmio del suelo con tratamientos de girasol de la localidad de Nievería, Huachipa

Metal	Unidad	T0	<i>Helianthus annuus</i>					
			Tratamiento 1-2P	% remoción 2P	Tratamiento 2-4P	% remoción 4P	Tratamiento 3-6P	% remoción 6P
Cadmio	mg/kg	1.58	0.08	95%	0.04	97%	0	100%

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

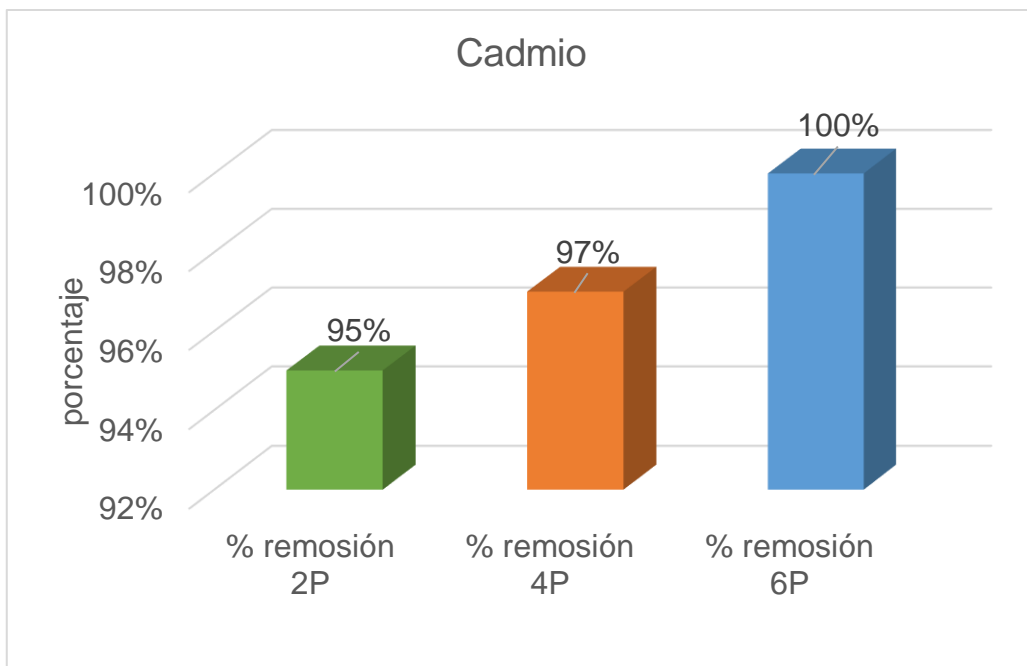


Figura 5. Porcentaje de remoción de cadmio con Girasol

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

4.10. La remoción de cadmio del suelo utilizando la especie de Alfalfa disminuyó con el tratamiento de 2 plantas en 92 %, con el tratamiento de 4 plantas en 87 % y con 6 plantas en un 99 % en comparación al resultado antes del tratamiento. (tabla 18, figura 6)

Tabla 18. Porcentaje de remoción de cadmio del suelo con tratamientos de alfalfa de la localidad de Nievería, Huachipa

Metal	Unidad	T0	<i>Medicago sativa</i>					
			Tratamiento 1-2P	% remoción 2P	Tratamiento 2-4P	% remoción 4P	Tratamiento 3-6P	% remoción 6P
Cadmio	mg/kg	1.58	0.12	92%	0.2	87%	0.02	99%

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

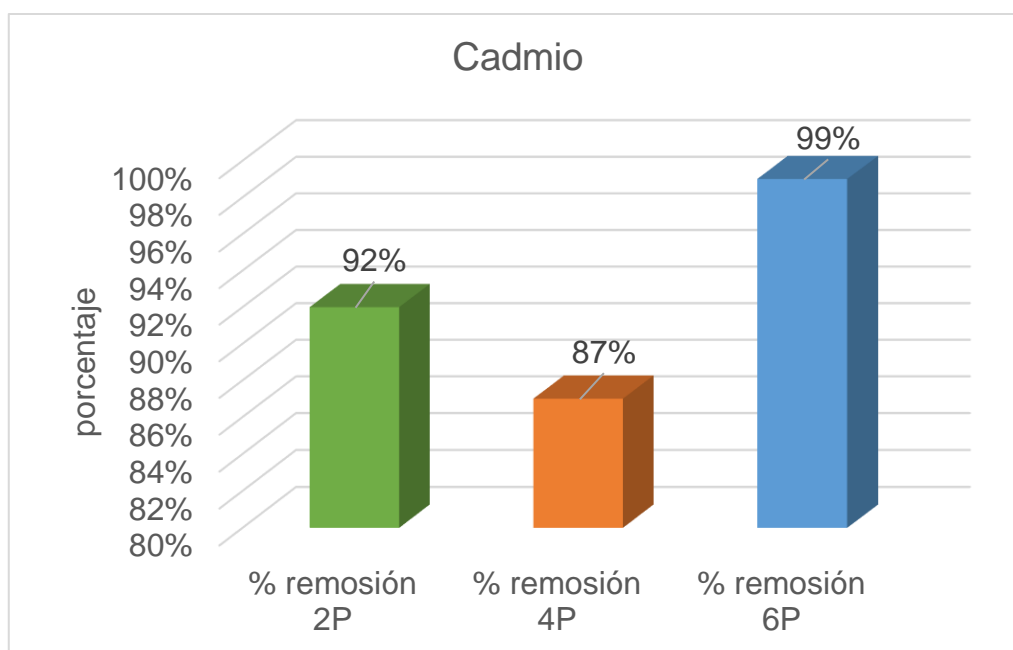


Figura 6. Porcentaje de remoción de cadmio con Alfalfa

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

4.11. La remoción de cadmio del suelo utilizando la especie de Girasol y Alfalfa disminuyó con el tratamiento de 2 plantas en 86 %, con el tratamiento de 4 plantas en 87 % y con 6 plantas en un 99 % en comparación al resultado antes del tratamiento (tabla 19, figura 7)

Tabla 19. Porcentaje de remoción de cadmio del suelo con tratamientos de girasol y Alfalfa de la localidad de Nievería, Huachipa

Metal	Unidad	T0	<i>Helianthus annuus</i> y <i>Medicago sativa</i>					
			Tratamiento 1-2P	% remoción 2P	Tratamiento 2-4P	% remoción 4P	Tratamiento 3-6P	% remoción 6P
Cadmio	mg/kg	1.58	0.22	86%	0.21	87%	0.01	99%

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

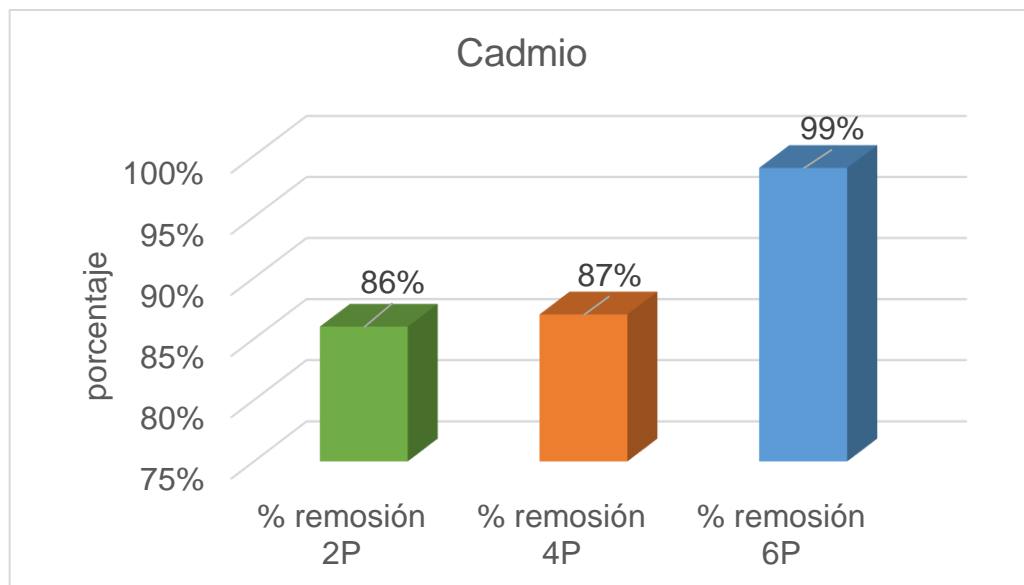


Figura 7. Porcentaje de remoción de cadmio con Girasol y Alfalfa

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

### Análisis estadístico

#### Contraste de hipótesis:

H0: las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, NO participan en la fitorremediación, para la remoción de suelo contaminado con cadmio.

H1: las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, participan en la fitorremediación, para la remoción de suelo contaminado con cadmio.

Tabla 20. Prueba T-Student

		Prueba de muestras emparejadas							
		Diferencias emparejadas			95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	Inferior	Superior			
Par 1	cadmio_ini_G - cadmio_fin_G	154,000	,04000	,02309	144,063	163,937	66,684	2	,000
Par 2	cadmio_ini_A - cadmio_fin_A	146,667	,09018	,05207	124,263	169,070	28,168	2	,001
Par 3	cadmio_ini_GA - cadmio_fin_GA	143,333	,11846	,06839	113,906	172,761	20,957	2	,002

Fuente: Remoción de suelo contaminado con cadmio, mediante fitorremediación con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, Lima, 2021

p-valor  $0,00 < \alpha = 0,05$

p-valor  $0,01 < \alpha = 0,05$

p-valor  $0,02 < \alpha = 0,05$

Interpretación: según la prueba T- Student al finalizar los tratamientos y procesarla en el software, se obtiene un valor de significancia menor al 5 %. Donde se concluye que las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, participan en la remoción de cadmio del suelo.

## V. DISCUSIÓN

Según el análisis realizado antes del tratamiento de suelo del sector de Nievería-Huachipa, provincia de Lima se puede mostrar que hay presencia de metal pesado en el suelo con 1,58 mg/kg de cadmio, el cual supera los estándares de calidad ambiental de un suelo agrícola. Al respecto Munive *et al.* (2020) indica en su investigación la concentración de 6,76 mg/kg de cadmio en la localidad de Mantaro y 8,26 mg/kg en la localidad de Muqui respectivamente antes del tratamiento, por lo que menciona que la contaminación de suelos agrícolas por metales pesados se da por irrigación con aguas residuales contaminadas y desechos de minas. Asimismo, Prasetia *et al.*, (2017) menciona que, la contaminación de suelos por cadmio se debe a los procesos industriales como el transporte, la generación de residuos sólidos, derrames.

El suelo del sector de Nievería - Huachipa, después de los 40 días de utilización del *Helianthus annuus*, con 2, 4, 6 plantas (en macetas), presenta valores de cadmio de 0,08; 0,04 y 0,00 mg/kg, respectivamente. Munive *et al.*, (2020) menciona que la planta de Girasol puede usarse para el proceso de fitorremediación, ya que puede estabilizar a los metales almacenándolas en sus raíces y tejidos foliares. Por otra parte, Gonzales *et al.*, (2018) en su investigación manifiestan que la planta de alfalfa después de dos meses en su desarrollo disminuyó notablemente los niveles de cobre del suelo, a su vez Olivares, Susana *et al.*, (2013), en su investigación con girasol menta y alfalfa a distintas concentraciones de cadmio por 45 días, se analizó la reducción del metal, disminuyendo de 10 ppm a 6,4 ppm en 30 días. Del mismo modo en la investigación utilizando *Medicago sativa* presenta valores de 1,58 mg/kg de cadmio disminuyendo con el tratamiento con 2 plantas a 0.12 mg/kg, para el tratamiento con 4 plantas a 0.20 mg/kg y con 6 plantas a 0.02 mg/kg.

En la concentración de cadmio en las especies vegetales, la planta de girasol presenta mejores valores de cadmio en promedio de todos los tratamientos 0.86 mg/kg, la planta de Alfalfa un promedio de 0.61 mg/kg y con el tratamiento con las dos especies juntas presentan valores en promedio de 0.77 mg/kg. Munive *et al.*, (2020), manifiesta en su investigación realizada en 90 días que el Girasol tuvo una absorción de 3,5 a 4,5 mg/kg. Por otro lado, Berenger, Sarah (2018) determinó la capacidad de *Helianthus annuus* para la fitoextracción de cadmio en suelos contaminados; colocando 15 macetas conteniendo 1 kg de tierra cada uno con concentraciones de cadmio (10,20,30 y 40 mg/l); los resultados que se obtuvo fue que el girasol logró captar en sus hojas un promedio de 17.12 mg/kg y en las raíces un promedio de 21.29 mg/kg de cadmio. Con respecto al *Medicago sativa*, Giraldez (2019) Manifiesta que la concentración de cadmio en cinco meses la planta tuvo 2,15; 1,22 y 1,97 mg/kg según a la densidad poblacional, así mismo declara que la alfalfa es una especie excluyente de los elementos cadmio, plomo y níquel por lo que presenta valores menores a 1 de factor de bioconcentración, indicando que no traslada eficazmente los metales

a la parte aérea y considerando que es una planta fitoestabilizadora por la bioacumulación de metales en sus raíces.

La especie *Helianthus annuus* a los 20 días presenta medidas biométricas en promedio 11.7 cm de longitud de raíz, 19.8 cm de altura de la planta, 10 unidades de hojas y un color de hoja verde; y, a los 40 días, la especie *Helianthus annuus* midió 18.2 cm en longitud de raíz promedio, altura de la planta promedio de 47 cm, 11 unidades de hojas promedio y color de hojas verde. (tabla 8). Con respecto a las características físicas en la que se realizó las medidas biométricas Munive *et al.*, (2020) mencionan que el crecimiento del girasol en un mes presenta alturas en promedio 48 cm y durante los 23 días posteriores obtuvo un crecimiento promedio de 74 cm. Por otro lado, Zhao *et al.*, (2019) demostraron que la tasa de crecimiento inicial de los girasoles es alta y alcanza tasas de crecimiento máximas alrededor de 45 a 60 días, cuando la planta está expuesta al cadmio y plomo en el suelo, el cadmio resulta ser más tóxico que el plomo. En la investigación se puede evidenciar que la especie *Helianthus annuus* en la evaluación a los 40 días después de la primera evaluación la longitud de las raíces aumentó en un 55.56 %; en altura a los 20 días incremento su tamaño el 137,37 %; la cantidad de hojas en el 10%. Por otro lado, Alaboudi y Brodie (2018). En su artículo de investigación mencionan que, a medida que aumentaba la concentración de metales pesados en el suelo, el crecimiento de la planta disminuye gradualmente.

La especie *Medicago sativa* a los 20 días presenta medidas biométricas en promedio 9.7 cm de longitud de raíz, 12.2 cm de altura de la planta, 18 unidades de hojas y un color de hoja verde; y, a los 40 días, la especie *Medicago sativa* midió 14.3 cm en longitud de raíz promedio, altura de la planta promedio de 35.5 cm, 38 unidades de hojas promedio y color de hojas verde. Así mismo Mendoza, María, (2020) Indica que, la altura de las plantas de alfalfa a los 45 días varía de 48 a 50,33 cm, como a los 90 días (57,6 a 63,0 cm), también fueron variables entre los tratamientos estudiados, donde no se encontraron diferencias estadísticas, pero sí diferencias numéricas. A su vez la especie *Medicago sativa* en la evaluación a los 40 días después de la primera evaluación la longitud de

las raíces aumento en un 47,42 %; en altura en 20 días incrementó su tamaño el 190,98 %; la cantidad de hojas aumentaron en un 111.11 %.

Con respecto a la remoción de cadmio del suelo utilizando la especie de girasol disminuyó con el tratamiento de 2 plantas en 95 %, con el tratamiento de 4 plantas en 97 % y con 6 plantas un 100 % en comparación al resultado antes del tratamiento. Del mismo modo Berenger, Sarah (2018) utilizo la planta de girasol en la que obtuvo una absorción de cadmio de 192.08 mg/kg y con una eficiencia de extracción de 15.62%. Asimismo, Álvarez Y Sánchez (2019) Utilizaron la planta de Girasol la cual tuvo una eficiencia de 60 % cuando se encontraba en su fase final de crecimiento.

La remoción de cadmio del suelo utilizando la especie de Alfalfa disminuyo con el tratamiento de 2 plantas en 92 %, con el tratamiento de 4 plantas en 87 % y con 6 plantas en un 99 % en comparación al resultado antes del tratamiento. A su vez utilizando la especie de Girasol y Alfalfa disminuyo con el tratamiento de 2 plantas un 86 %, con el tratamiento de 4 plantas un 87 % y con 6 plantas un 99 % de acuerdo al resultado antes del tratamiento. Giraldez (2019) evaluó la capacidad fitorremediadora de *Medicago sativa* a diferentes densidades de siembra donde logro extraer metales pesados del suelo en 3 parcelas, P1: plomo 20.65%, níquel (23,78%) y cadmio (25.92%). En el lote P2: plomo (5.49%), níquel (13.03%) y cadmio (11.56%). En el lote 3 p3: plomo (25.93%), níquel (16.11%) y cadmio (34.03%), mencionando que esta planta se comporta como una planta exclusora y estabilizadora. Por otro lado, Peixoto, Enzo (2018) menciona que, las especies vegetales como la alfalfa y la coliflor disminuyeron el valor del metal plomo de 78 % y 85 % respectivamente, y en cadmio hasta un 49% y 47%, indicando que la reducción del plomo fue mayor con la coliflor y el cadmio la especie que redujo más la alfalfa.

## VI. CONCLUSIONES

Los resultados encontrados pre test (T0) del suelo agrícola de la localidad de Nievería, Huachipa, evidencian una concentración elevada de cadmio donde sobre pasa lo establecido en la norma nacional vigente (D. S. N° 011-2017-MINAM). Pero, después de la utilización de fitorremediadores, las concentraciones de cadmio en el suelo disminuyeron notablemente. Entonces, el tratamiento del suelo contaminado con estas especies vegetales resulta eficiente.

Se midió diferentes niveles de concentración de cadmio en los tratamientos con *Helianthus annuus* y *Medicago sativa* donde se observó que hay mayor acumulación de cadmio en las plantas de Girasol, el cual tiene valores de absorción en un 29 % más que la planta de Alfalfa y con un 10 % más que el tratamiento con las dos plantas juntas. Es decir, la planta de Girasol es más favorable para la captación de cadmio que la planta de Alfalfa.

Las características físicas en el que se realizaron medidas biométricas de las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa* con los tratamientos realizados demuestran que tuvieron un correcto desarrollo ya que tuvieron un incremento en las medidas realizadas como la longitud de la raíz, altura de la planta, número de hojas y el color de hojas, esto quiere decir que el contenido de cadmio en el suelo no afecta en el desarrollo de las plantas.

La remoción de cadmio del suelo es posible mediante la utilización de especies vegetales como el *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, basado en resultados obtenidos mediante los 3 tratamientos se pudo reducir la concentración de cadmio en un 95 %, 97% y 100% con Girasol; 92%, 87% y 99% con Alfalfa y un 86%, 87% y un 99% usando Girasol y Alfalfa, aceptando la hipótesis alterna (H1) donde las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, participan en la fitorremediación, para la remoción de suelo contaminado con cadmio, Lima; y se rechaza la hipótesis nula (H0) donde las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa*, no participan en la fitorremediación, para la remoción de suelo contaminado con cadmio.



## VII. RECOMENDACIONES

A las futuras investigaciones, seguir realizando estudios de remoción de metales pesados como el plomo, zinc, etc., con las especies *Helianthus annuus* y *Medicago sativa* y verificar si estas especies tienen la capacidad de remover otros metales.

A los investigadores, el tratamiento del suelo con estas plantas tuviera un periodo de tiempo más largo, para contar con el periodo de maduración y el desarrollo necesario de las plantas para obtener quizá mejores resultados.

A los productores agrarios, se recomienda realizar el proceso de fitorremediación en mayor escala, realizarlo en parcelas de gran tamaño, para así obtener valores de gran importancia de la zona de estudio.

## REFERENCIAS

ALABOUDI, Khalid; Ahmed, Berhan; Brodie, Graham. Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. Junio 2018. [Accessed 18 May 2021]. Available from:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0570178318300174>

ÁLVAREZ Pérez, I., & Sánchez Farfán, R. A. Prueba piloto para la fito extracción de cadmio usando *Helianthus annuus* en un suelo proveniente de la vereda El Zaden – Mesitas del Colegio. 2019. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_ambiental\\_sanitaria/1158](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria/1158)

APRENDE a prevenir los efectos del mercurio. Minam, 2016.

Disponibile en: <https://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-1.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-1-1.pdf>

ASFAT, Katherine, *et al.* Fitoextracción De Plomo, Zinc y Cadmio de Relaves Mineros Utilizando *Helianthus annuus* L. (Girasol). *Infinitum* [en línea]. 2016, 6 (2). [Fecha de consulta 18 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://revistas.unjfsc.edu.pe/index.php/INFINITUM/article/view/38/37>

ASHRAF, Sana, *et al.* Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. Junio 2019. [Accessed 26 April 2021]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651319302271>

BERENGER, Sarah. Fitoextracción con *Helianthus annuus* L. (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima-Perú: Universidad César Vallejo. 2018. 120pp

BERNAL, Andrea. Fitorremediación en la recuperación de suelos: una visión general/Phyto-remediation in soils restoration: a general visión/Fitorremediação na remediação do solo: uma visão geral. *Revista De Investigación Agraria y Ambiental* [online]. 2014, vol. 5, no. 2, s. 245-258. ISSN 21456097.

<https://search.proquest.com/docview/1802725918/fulltextPDF/2EB872E0B62441EFPQ/1?accountid=37408>

CANGIANO, C. Alfalfa la reina de las forrajeras.2001 Disponible en

<http://www.inta.gov.ar/balcarce/info/documentos/ganaderia/forrajes/alfalfa/alfalfa2.htm>.

CHIQUAN, Hen, *et al.* Phytoremediation of soil heavy metals (Cd and Zn) by castor seedlings: Tolerance, accumulation and subcellular distribution. Agosto 2020. [Accessed 27 April 2021]. Available from:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653520306640>

CHICO, Julio, *et al.* Capacidad remediadora de la raíz de girasol, *Helianthus annuus*, cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo. *Rebiol* 32(2):13 -19. 2012. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Julio-Chico/publication/327212302\\_Remedial\\_capacity\\_of\\_sunflower\\_root\\_when\\_submitted\\_to\\_different\\_concentrations\\_of\\_lead/links/5b806493a6fdcc5f8b647d80/Remedial-capacity-of-sunflower-root-when-submitted-to-different-concentrations-of-lead.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Julio-Chico/publication/327212302_Remedial_capacity_of_sunflower_root_when_submitted_to_different_concentrations_of_lead/links/5b806493a6fdcc5f8b647d80/Remedial-capacity-of-sunflower-root-when-submitted-to-different-concentrations-of-lead.pdf)

CORTEZ, Diandra. Técnicas de fitorremediación para solucionar la contaminación de suelos por actividad minera. Tesis (Bachiller en Ingeniería Ambiental) Cajamarca-Perú: Universidad Privada del Norte .2019.18pp

CRISTALDI, Antonio, *et al.* Phytoremediation of contaminated soils by heavy metals and PAHs. A brief review. Noviembre 2017. [Accessed 26 April 2021]. Available from:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186417300330>

COYAGO, Elena y Bonilla, Sara. Cinética de absorción de plomo en especies vegetativas previo a procesos de fitorremediación de suelos altamente contaminados [en línea]. Vol. 3, Nro. 7, Enero –Abril 2019. [fecha de consulta 20 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v3i7.54>

ISSN: 2664 –0902

DELGADILLO, Evelin, *et al.* Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación. [en línea]. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14: 597- 612, 2011. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/tsa/v14n2/v14n2a2.pdf>

DÍAZ, María, *et al.* Crecimiento de *Casuarina equisetifolia* (Casuarinaceae) en suelo con diésel, y aplicación de bioestimulación y bioaumentación. [en línea]. 2013, vol. 61, n.3 [fecha de Consulta 26 de abril de 2021]. Disponible en: [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442013000400005](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442013000400005) . ISSN 0034-7744.

DIAZ, Walter. Estrategia de gestión integrada de suelos contaminados en el Perú. *Revista del instituto de investigación, figmmg-UNMSM* [en línea]. Vol. 19, N° 38, pp. 103 – 110, 2016. [fecha de consulta: 25 de abril de 2021]. Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/13575/11986>

FABELLO, José. Propuesta de metodología para la recuperación de suelos contaminados. *cen. az.* [online]. 2017, vol.44, n.1 [citado 2021-04-18], pp.53-60. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2223-48612017000100006&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612017000100006&lng=es&nrm=iso). ISSN 0253-5777.

GIRALDEZ, Lucy. Evaluación de la capacidad fitoextractora de la alfalfa (*Medicago sativa*) en la remediación de suelos degradados por fertilización sintética en la E.E.A El Mantaro. Tesis (Maestra en ingeniería ambiental). Huancayo- Perú: UNCP. 2019. 66pp

GONZALES, Janet. *et al.* Fitorremediación de un suelo con exceso de cobre utilizando cuatro especies vegetales; girasol, alfalfa, geranio e higuera. [en línea]. Vol. 1 Núm. 1, *Searching-science*, 2018. Disponible en: <https://revista.uct.edu.pe/index.php/science/article/view/28/15>

GONZALES, Janet. *et al.* Fitorremediación de un suelo contaminado con dos niveles de cobre, mediante el uso del cultivo de la alfalfa *Medicago sativa*. [en línea].

Vol. 1 Núm. 1, Searching-science,2018. Disponible en:  
<https://revista.uct.edu.pe/index.php/science/article/view/31/18>

GUÍA de muestreo de suelos. Minam, 2014.

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

GRIJALVA, Producción y utilización de pastizales en la región interandina del Ecuador. Quito-Ecuador.1995.540pp.

Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/jspui/handle/41000/824>

HUARACA-FERNANDEZ, Jhon N.; PEREZ-SOSA, Lourdes; BUSTINZA-CABALA, Leonor S. y PAMPA-QUISPE, Noé B.. Enmiendas orgánicas en la inmovilización de cadmio en suelos agrícolas contaminados: una revisión. *Inf. tecnol.* [online]. 2020, vol.31, n.4 [citado 2021-04-25], pp.139-152. Disponible en: <[http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-07642020000400139&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642020000400139&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000400139>.

INFOAGRO. El cultivo de alfalfa.2002 Disponible en: <http://www.infoagro.com/herbáceos/forrajes/alfalfa.htm>.

Khan, M.A., Khan, S., Khan, A., y Alam, M., Soil Contamination with Cadmium, Consequences and Remediation using Organic Amendments. *Science of The Total Environment*, 601-602, 1591-1605 (2017). Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.06.030>,

LOPEZ, Pedro. Población, muestra y muestreo. [en línea]. 2004.vol.9 n.8 Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1815-02762004000100012#:~:text=a\)%20Poblaci%C3%B3n.,los%20accidentes%20viales%20entre%20otros%22](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012#:~:text=a)%20Poblaci%C3%B3n.,los%20accidentes%20viales%20entre%20otros%22).

MARRERO, Coto, Jeannette, Amores-Sánchez, Isis, Coto-Pérez, Orquídea Fitorremediación, una tecnología que involucra a plantas y microorganismos en el saneamiento ambiental. ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar [en línea]. 2012, 46(3), 52-61[Fecha de consulta 24 de abril 2021]. ISSN: 0138-6204. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223124988007>

MENDOZA, María. Capacidad fitorremediadora de la “alfalfa” *Medicago sativa* L. en suelos contaminados con plomo evaluada en dos etapas de crecimiento, Végueta, Huaura. Tesis (ingeniería ambiental). Huaura- Perú: Universidad católica sedes sapientiae. 2020. 115pp.

MUNIVE, Rubén, *et al.* Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado, remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost. *Scientia Agropecuaria* [online]. 2020, vol.11, n.2 [citado 2021-05-18], pp.177-186. Disponible en: [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S207799172020000200177&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S207799172020000200177&lng=es&nrm=iso).ISSN2077-9917.  
<http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.02.04>.

NAVARRO Aviñó, J.P.; Aguilar Alonso, I.; López-Moya, J.R. Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. *Ecosistemas* [en línea]. vol. 16, núm. 2, 2007, pp. 1-17. [fecha de consulta: 25 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54016203>  
ISSN: 1132-6344

OLIVARES, Susana, *et al.* Niveles de cadmio, plomo, cobre y zinc en hortalizas cultivadas en una zona altamente urbanizada de la ciudad de la Habana, CUBA. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 29 (4) 285-294, 2013.

OÑATE, Wilson. Fenología, composición química y manejo de las variedades de alfalfa en el Cantón Riobamba. Tesis (Doctor philosophiae en ciencia animal). Lima-Perú. Universidad Nacional Agraria a Molina.2019.216pp.

OTZEN, Tamara & Manterola, Carlos. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. [online]. 2017, vol. 35, n.1. Disponible en: [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-95022017000100037](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037)

PAN, L., Ma, J., Wang, X. y Hou, H., Heavy Metals in Soils from a Typical County in Shanxi Province, China: Levels, Sources and Spatial Distribution. *Chemosphere*, 148, 248-254 (2016).

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2015.12.049>,

PEIROXO, Enzo. Rizofiltración de Alfalfa (*Medicago sativa* L.) y Coliflor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis*), para Tratamiento de suelos contaminados con cadmio y plomo, en San José de Parac (Huarochiri – Lima) 2018-1. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo.2018. 94 pp

PRASETIA, H.; Sakakibara, M.; Takehara, A.; *et al.* Heavy metals accumulation by *Athyrium yokoscence* in a mine area, Southwestern Japan. In Conf. Series: Earth and Environmental Science 71: 012025. (2017) Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/71/1/012025/pdf>

RENDINA, Alicia Elena, et al. Uso de ligandos orgánicos en la fitoextracción de plomo por ricino (*Ricinus Communis* L.). *AUGMDOMUS* 6 (online), 66-80, 2014. Disponible en: <https://revistas.unlp.edu.ar/domus/article/view/677>.

RODRIGUEZ, Dunia. Intoxicación ocupacional por metales pesados. *Medisan* [online]. 2017, vol.21, n.12, pp.3372-3385. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1029-30192017001200012&lng=es&nrm=iso](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1029-30192017001200012&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 1029-3019.

RODRIGUEZ, Natalia; McLaughlin, Michael y Pennock, Daniel. La contaminación del suelo: una realidad oculta. Roma, FAO, 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/3/I9183ES/i9183es.pdf>

ROMERO, Melissa. Eficacia de la alfalfa asociada a enmiendas orgánicas para la reducción de diferentes concentraciones de plomo en la mina Colquisiri. Tesis (Ingeniería Ambiental). Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo.2017.110pp

Sistema de Información de Organismos Vivos Modificados (SIOVM). Helianthus annuus, Proyecto Gef- Cibogem /Conabio. 2008. Disponible en: [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21459\\_sg7.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/bioseguridad/pdf/21459_sg7.pdf)

SHAH, Vijendra y Daverey, Achlesh. Phytoremediation: A multidisciplinary approach to clean up heavy metal contaminated soil. Mayo 2020. [Accessed 27 April 2021]. Available from:<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186419308107>

THALIKULANGARA, Minisha., *et al.* Application of Aztec Marigold (*Tagetes erecta* L.) for phytoremediation of heavy metal polluted lateritic soil.2021. [Accessed 26 April 2021]. Available from:<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259018262030031X>

VALLEJO, Maite. El diseño de investigación: una breve revisión metodológica. [online].2002, vol.72, n.1. Disponible en: [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1405-99402002000100002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-99402002000100002)

VARGAS, Zoila. La investigación aplicada: una forma de conocer las realidades con evidencia científica. [online].2009, vol.33, n.1 pp.155-165. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf>

WANG, Mc. *et al.* Phytoremediation of pyrene contaminated soils amended with compost and planted with ryegrass and alfalfa. Abril 2020. [Accessed 18 May 2021]. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653511014445>

YAGNENTKOVSKY, N. Aplicación de técnicas de biorremediación para el tratamiento de residuos industriales con alto contenido de metales pesados. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. 2011.



YANG, *et al.* Cadmium tolerance and hyperaccumulation in a new Zn-hyperaccumulating plant species (*Sedum alfredii* Hance).181-189.2011. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/225309136\\_Cadmium\\_Tolerance\\_and\\_Hyperaccumulation\\_in\\_a\\_New\\_Zn-Hyperaccumulating\\_Plant\\_Species\\_Sedum\\_alfredii\\_Hance](https://www.researchgate.net/publication/225309136_Cadmium_Tolerance_and_Hyperaccumulation_in_a_New_Zn-Hyperaccumulating_Plant_Species_Sedum_alfredii_Hance)

ZHANG, *et al.* 2007. Primary study on phytodegradation of Bisphenol A by *Elodea nuttallii* and *Medicago Sativa*. Wuhan University Journal of Natural Sciences.1118-1124.2009. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/225659939\\_Primary\\_study\\_on\\_phytodegradation\\_of\\_Bisphenol\\_A\\_by\\_Elodea\\_nuttallii](https://www.researchgate.net/publication/225659939_Primary_study_on_phytodegradation_of_Bisphenol_A_by_Elodea_nuttallii)

ZEHRA, Afsheen, *et al.* Identification of high cadmium-accumulating oilseed sunflower (*Helianthus annuus*) cultivars for phytoremediation of an Oxisol and an Inceptisol. Enero 2020[Accessed 18 May 2021]. Available f <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014765131931188>

## ANEXOS

- Operacionalización de variables

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Fitorremediación con <i>Helianthus annuus</i> y <i>Medicago sativa</i>	“Consiste en el uso de plantas para la descontaminación, haciendo uso de los sistemas radiculares de plantas y árboles para la extracción de metales pesados y otros contaminantes de suelo, agua y aire”. (FALCÓN, 2017)	Se cultivará unidades de especie tanto girasol y alfalfa en maceteros	Características físicas de <i>Helianthus annuus</i> y <i>Medicago sativa</i>	Longitud de la raíz	cm
				Altura de planta	cm
				Número de hojas	Unidad
				Color de hojas	Verde Verde/Amarillo
			Metal pesado	Concentración del metal pesado: Cd	mg/kg

<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
Remoción de suelo contaminado con cadmio	“La remoción de metales se lleva a cabo por medio de tratamientos, mediante procesos para disminuir, separar o eliminar ciertos elementos tóxicos presentes en el suelo.” (YAGNENTKOVSKY, N. 2011)	Se medirá la concentración inicial y final del cadmio	Metal pesado	Concentración de metal pesado: Cd	mg/kg

- **Determinación de la muestra**

$$n = \frac{(Z)^2(N)(p)(q)}{(e)^2(N - 1) + z^2(p)(q)}$$

Donde:

n: es el tamaño de la muestra  
N: es el tamaño de la población  
Z: es el nivel de confianza  
p: es la variabilidad positiva  
q: es la variabilidad negativa  
e: es la precisión o el erro

Entonces:

n= Tamaño de la muestra  
N= N° de plantas 36  
Z= 90%  
p= 0.6  
q= 0.4  
e= 10%

$$n = \frac{1.65^2 \times 36 \times 0.6 \times 0.4}{(0.1)^2(36-1) + (1.65)^2(0.6)(0.4)}$$

$$n = \mathbf{22 \text{ plantas}}$$

Elaboración propia



- Validación de instrumento



**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Mg. Karla Luz Mendoza López  
 Institución donde labora: Universidad Cesar Vallejo  
 Especialidad: Magister en ecología  
 Instrumento de evaluación: Ficha de registro de datos  
 Autor del instrumento: Bendezu Berrocal, Smith Anderzon

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a las variables: <b>Remoción de suelo contaminado con cadmio y Fitorremediación con Helianthus annuus y Medicago sativa.</b>				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variables de estudio: <b>Remoción de suelo contaminado con cadmio y Fitorremediación con Helianthus annuus y Medicago sativa.</b>					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables: <b>Remoción de suelo contaminado con cadmio y Fitorremediación con Helianthus annuus y Medicago sativa.</b>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**

*Es aplicable*

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

47

Tarapoto 04 de octubre de 2021

  
 Karla Luz Mendoza López  
 ING. AMBI. TAL

**INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA**

**I. DATOS GENERALES**

Apellidos y nombres del experto: Mg. Lindsay Montilla Pérez  
 Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo  
 Especialidad : Magister  
 Instrumento de evaluación : Ficha de registro de datos  
 Autor del instrumento : Bendezu Berrocal, Smith Anderzon

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN**

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable, en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a las variables: <b>Remoción de suelo contaminado con cadmio y Fitorremediación con <i>Helianthus annuus</i> y <i>Medicago sativa</i>.</b>				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variables de estudio: <b>Remoción de suelo contaminado con cadmio y Fitorremediación con <i>Helianthus annuus</i> y <i>Medicago sativa</i>.</b>					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de las variables: <b>Remoción de suelo contaminado con cadmio y Fitorremediación con <i>Helianthus annuus</i> y <i>Medicago sativa</i>.</b>					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>		46				

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41 "Excelente"; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

**III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD**


La presente ficha cumple con los parámetros de evaluación y registro de información

Es aplicable

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

46

Tarapoto 04 de octubre de 2021



**FICHA DE MUESTREO DE SUELOS**
**Datos generales**

Nombre del sitio de estudio: Huachipa	Departamento: Lima
Razon social: Independiente	Provincia: Lima
Uso principal: Agricultura	Direccion del predio: Nieveria

**Datos del punto de muestreo**

Nombre del punto de mustreo: PM-01	Descripción de la superficie: suelo con escaza vegetación
Temperatura (°C):	Instrumentos usados: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 pala, tina, regla</li> <li>• Tapa boca y guantes</li> <li>• Agua desionizada</li> <li>• Bolsas de polietileno con cierre hermetico</li> </ul>
Precipitación: No	
Profundidad final: 20 cm	
Relleno del agujero despues del muestreo: si	

**Datos de las muestras**

Clave de la muestra:	S-01
Fecha:	07/10/2021
Hora:	16:40
Profundidad desde:	0 cm
Profundidad hasta:	20 cm
Color:	Blanquecina
Olor:	-
Textura:	Arenoso
Compactacion/consistencia:	-
Cantidad de la muestra:	45 kg
Medidas de conservación:	Refrigeración 5°C
Tipo de muestra:	Compuesta



- Resultados de análisis de caracterización del suelo



## INFORME DE ENSAYO IESA1221

PROYECTO: REMOCION DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS MEDIANTE FITORREMEDIACIÓN CON HELIANTHUS ANNUUS Y MEDICAGO SATIVO, LIMA 2021

### INFORMACION GENERAL

CLIENTE	Smith Bendezu Berrocal	CULTIVO	-
DIRECCION	Nieveria- Huachipa	LUGAR / ZONA	Lima
RUC	-	FECHA DE MUESTREO	7/10/2021
ENSAYOS SOLICITADOS	Caracterización + Salinidad	FECHA DE INICIO	11/10/2021
PROPIETARIO	Smith Bendezu Berrocal	FIN DE ENSAYO	20/10/2021
ID ANOBA	SA211221	ID CLIENTE	S-01

### RESULTADO DE ANALISIS

PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO	ANALISIS GRAFICO				
			Muy bajo	Bajo	Medio	Alto	Muy Alto
<b>FISOQUIMICOS</b>							
Arena	%	90.00					
Arcilla	%	4.00					
Limo	%	6.00					
Clase textural	-	Arena					
pH (1/1)	-	7.55	< 5.5	5 - 6.5	6.5 - 7.5	7.5 - 8.5	> 8.5
CE (1/1)	dS/m	0.17	< 1	1 - 2	2 - 4	4 - 8	> 8
Carbonatos	%CaCO <sub>3</sub>	< 0.05	< 0.5	0.5 - 2	2 - 15	15 - 40	> 40
Materia Organica Oxidable	%	0.07	< 0.5	0.5 - 1.5	1.5 - 3.5	3.5 - 8	> 8
Acidez Intercambiable	meq/100g	< 0.05	< 0.1	0.1 - 0.3	0.3 - 0.6	0.6 - 1	> 1
<b>BASES INTERCAMBIABLES</b>							
Calcio de Cambio	meq/100g	3.11	< 2	2 - 5	5 - 9	9 - 15	> 15
Magnesio de Cambio	meq/100g	0.25	< 0.25	0.25 - 0.5	0.5 - 1	1 - 2	> 2
Sodio de Cambio	meq/100g	0.05	< 0.15	0.15 - 0.20	0.20 - 0.30	0.30 - 0.50	> 0.5
Potasio de Cambio	meq/100g	0.05	< 0.12	0.12 - 0.25	0.25 - 0.50	0.50 - 0.85	> 0.85
<b>BASES DISPONIBLES</b>							
Potasio Disponible	mg/Kg	33	< 75	75 - 160	160 - 220	220 - 280	> 280
<b>MACRONUTRIENTES</b>							
Fosforo Disponible	mg/Kg	21.87	< 3	3 - 7	7 - 20	20 - 30	> 30
<b>OTROS</b>							
CICE	meq/100g	3.46	< 5	5 - 15	15 - 25	25 - 40	> 40
PSI	%	1.45	< 7	7 - 15	15 - 20	20 - 30	> 30
Capacidad de Campo	(%V/V)	12.61					

Tel: 01 504 0554  
 info@anoba.com.pe www.anoba.com.pe  
 Jr. San Isidro Nro. 384 Urb. San Carlos - Lima 07



Comprometidos con la agricultura y el medio ambiente

1/2

IESA1221



• **Resultados de análisis de laboratorio**



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



**INFORME DE ENSAYO N° 155747 - 2021 CON VALOR OFICIAL**

**RAZÓN SOCIAL** : BENDEZÚ BERROCAL SMITH ANDERZON  
**DOMICILIO LEGAL** : SANTA ANITA - LIMA - LIMA  
**SOLICITADO POR** : BENDEZÚ BERROCAL SMITH ANDERZON  
**REFERENCIA** : REMOCIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS CON METALES PESADOS, MEDIANTE FITORREMEDIACIÓN CON HELIANTHUS ANNUUS Y MEDICAGO SATIVA, LIMA, 2021  
**PROCEDENCIA** : NIEVERIA, HUACHIPA - LIMA  
**FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS** : 2021-10-11  
**FECHA(S) DE ANÁLISIS** : 2021-10-11 AL 2021-10-18  
**FECHA(S) DE MUESTREO** : 2021-10-07  
**MUESTREADO POR** : EL CLIENTE  
**CONDICIÓN DE LA MUESTRA** : LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS SE APLICAN A LA MUESTRA(S) TAL COMO SE RECIBIÓ.

**I. METODOLOGÍA DE ENSAYO:**

Ensayo	Método	L.C	Unidades
Metales: Cadmio, Plomo, Mercurio.	Method 200.7 Rev. 4.4 EMMC Version (1994). Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry.	---	mg/kg

L.C.: límite de cuantificación.

**II. RESULTADOS:**

Producto declarado	Suelo		
Matriz analizada	Suelo		
Fecha de muestreo	2021-10-07		
Hora de inicio de muestreo (h)	16:40		
Condiciones de la muestra	Conservada		
Código del Cliente	S-01		
Código del Laboratorio	21100644		
Ensayo	L.D.M.	Unidades	Resultados
<b>Metales</b>			
Cadmio (Cd)	0.05	mg/kg	1.58
Mercurio (Hg)	0.1	mg/kg	<0.1
Plomo (Pb)	0.05	mg/kg	5.44

L.D.M.: límite de detección del método.

Resultados de Suelo reportados en base seca.

Lima, 20 de Octubre del 2021.

*[Firma]*  
 Ing. Mario Tello Paucar  
 Director Técnico  
 C.I.P. N° 219624  
 Servicios Analíticos Generales S.A.C.

**EXPERTS WORKING FOR YOU**

Cod. FI.002 / Versión 09/ F.E.: 09/2020

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

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

Laboratorio Av. Naciones Unidas N° 1565 Urb. Chacra Ríos Norte - Lima • Oficinas Administrativas Pasaje Clorinda Matto de Turner N° 2079 - Lima  
 • Central Telefónica (511) 425-6885 • Web: www.sagperu.com • Contacto Electrónico sagperu@sagperu.com

Página 1 de 1

- Resultados de análisis de laboratorio post tratamiento

### INFORME DE ENSAYO N° 2111271S

Código de Laboratorio		2111271S-01	2111271S-02	2111271S-03	2111271S-04	2111271S-05
Identificación de la Muestra		S-HA-2P	S-HA-4P	S-HA-6P	S-MS-2P	S-MS-4P
I <sup>1</sup> ) Descripción del Punto de Muestreo		No indica	No indica	No indica	No indica	No indica
I <sup>2</sup> ) Fecha y hora de muestreo		23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)
I <sup>3</sup> ) Ubicación Geográfica (WGS-84)		N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522
Tipo de Matriz y/o Producto		SUELO				
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	LD.M.	Resultados		
Cadmio	mg/Kg	1,0	0,3	<0,3	<0,3	<0,3
	mg/Kg	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A

Código de Laboratorio		2111271S-06	2111271S-07	2111271S-08	2111271S-09
Identificación de la Muestra		S-MS-6P	S-HAYMS-2P	S-HAYMS-4P	S-HAYMS-6P
I <sup>1</sup> ) Descripción del Punto de Muestreo		No indica	No indica	No indica	No indica
I <sup>2</sup> ) Fecha y hora de muestreo		23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)
I <sup>3</sup> ) Ubicación Geográfica (WGS-84)		N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522
Tipo de Matriz y/o Producto		SUELO			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	LD.M.	Resultados	
Cadmio	mg/Kg	1,0	0,3	<0,3	<0,3
	mg/Kg	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A

Notas:

- ✓ Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s). Las muestras llegaron íntegras al laboratorio.
- ✓ La (s) muestra(s) llegaron en bolsa hermética cerrada.
- ✓ La (s) muestra (s) se mantendrá guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- ✓ L.C.M. Límite de cuantificación del método; LD.M. Límite de detección del método.
- ✓ N/A: No Aplica, por ser resultados menores al límite de detección.
- ✓ Los resultados se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
- ✓ I<sup>1</sup>) Datos proporcionados por el cliente.
- ✓ Los resultados están expresados en Masa Seca (MS)
- ✓ El resultado de Cadmio en la muestra: 2111271S-01 es 0,08 mg/Kg, 2111271S-02 es 0,04 mg/Kg, 2111271S-03 es 0,00 mg/Kg, 2111271S-04 es 0,12 mg/Kg, 2111271S-05 es 0,20 mg/Kg, 2111271S-06 es 0,02 mg/Kg, 2111271S-07 es 0,22 mg/Kg, 2111271S-08 es 0,21 mg/Kg y en la muestra 2111271S-09 es 0,01 mg/Kg. Los cuales se reportan a solicitud del cliente, ya que por ser resultados menores al límite de cuantificación no puede reportarse el resultado.

## INFORME DE ENSAYO N° 21112920

Código de Laboratorio				21112920-01	21112920-02	21112920-03	21112920-04	21112920-05
Identificación de la Muestra				P-HA-2P	P-HA-4P	P-HA-6P	P-MS-2P	P-MS-4P
<sup>1)</sup> Descripción del Punto de Muestreo				Raíz, tallo y hojas	Raíz, tallo y hojas	Raíz, tallo y hojas	Raíz, tallo y hojas	Raíz, tallo y hojas
<sup>2)</sup> Fecha y hora de muestreo				23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)
<sup>3)</sup> Ubicación Geográfica (WGS-84)				N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522
Tipo de Matriz y/o Producto				PLANTAS				
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.	Resultados				
Cadmio	mg/Kg	1,0	0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
	mg/Kg	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

Código de Laboratorio				21112920-06	21112920-07	21112920-08	21112920-09
Identificación de la Muestra				P-MS-6P	P-HAYMS-2P	P-HAYMS-4P	P-HAYMS-6P
<sup>1)</sup> Descripción del Punto de Muestreo				Raíz, tallo y hojas	Raíz, tallo y hojas	Raíz, tallo y hojas	Raíz, tallo y hojas
<sup>2)</sup> Fecha y hora de muestreo				23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)	23-11-2021 (12:30)
<sup>3)</sup> Ubicación Geográfica (WGS-84)				N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522	N: 8668651 E: 287522
Tipo de Matriz y/o Producto				PLANTAS			
Tipo de Ensayo	Unidad	L.C.M.	L.D.M.	Resultados			
Cadmio	mg/Kg	1,0	0,3	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
	mg/Kg	Incertidumbre de la Medición ±		N/A	N/A	N/A	N/A

**Notas:**

- ✓ Condición y estado de la Muestra (s) Ensayada (s): Las muestras llegaron íntegras al laboratorio.
- ✓ La (s) muestra(s) llegaron en bolsa hermética cerrada.
- ✓ La (s) muestra (s) se mantendrán guardadas en condiciones controladas por un periodo de 10 días calendario luego que haya sido entregado el Informe de Ensayo a excepción de las muestras perecibles.
- ✓ L.C.M: Límite de cuantificación del método; L.D.M: Límite de detección del método.
- ✓ N/A: No Aplica, por ser resultados menores al límite de detección.
- ✓ Los resultados se aplican a las muestras como se recibió, habiendo sido suministradas por el cliente.
- ✓ <sup>1)</sup> Datos proporcionados por el cliente.
- ✓ Los resultados están expresados en Masa Seca (MS).
- ✓ El resultado de Cadmio en la muestra: 21112920-01 es 0,85 mg/Kg, 21112920-02 es 0,76 mg/Kg, 21112920-03 es 0,96 mg/Kg, 21112920-04 es 0,74 mg/Kg, 21112920-05 es 0,54 mg/Kg, 21112920-06 es 0,54 mg/Kg, 21112920-07 es 0,79 mg/Kg, 21112920-08 es 0,63 mg/Kg y en la muestra 21112920-09 es 0,89 mg/Kg; los cuales se reportan a solicitud del cliente, ya que por ser resultados menores al límite de cuantificación no puede reportarse el resultado.

• Cadenas de custodia

E-RTM-GA  
Revisión: 05  
Fecha: 22-01-2021  
Página: 1 de 1

### CADENA DE CUSTODIA

Cliente: <b>Smith Bendezu Berrocal</b> Dirección del Cliente: <b>Av. Huancayo 1245 Santa Anita</b> RUC: <b>986147123</b> Atención a: <b>Smith Bendezu Berrocal</b> Usuario: <b>Smith Bendezu Berrocal</b> Muestra realizado por: <b>Smith Bendezu Berrocal</b> Lugar de Muestreo: <b>Santa Anita - Lima</b>		N° Cadena de custodia: <b>21112715</b> N° Plan de Muestreo: <b>Preservativo</b> Tipo de Frasco / envase: (2) Envase (B) Solicitado (B)	
Datos del Cliente y Facturación Teléfono: <b>986147123</b> Correo: <b>smibendeb@comunicacion.pe</b> N° de Oficio de Trabajo: <b>144046</b> Análisis de Campo:		Emplazo: <b>Santa Anita</b> Teléfono: <b>986147123</b> Como: <b>SOLO PARA COORDINADOR DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS</b> TIPO DE MATRIZ Y/O PRODUCTO MUESTREO (1) ESTADO DE CONSERV. (2)	
Procedimiento del Muestreo: Contacto R-LAB: <b>Victor Davila</b> IDENTIFICACION DE LA MUESTRA: <b>S-HA-2P</b>		Hora de Muestreo (H:MM) (34100) Hora de Muestreo (H:MM) (34100)	
Observación: Devolución de Items de Emplazo: <b>N: 8668 651 B: 2835 22</b>		CONFORMIDAD DEL SERVIDOR POR EL CLIENTE (EN CAMPO) NOMBRE: <b>Smith Bendezu Berrocal</b> CARGO: FIRMA: <b>X Smith Bendezu B.</b>	

CONDICIÓN DE RECEPCIÓN DE MUESTRAS	En buen estado:	Recipiente apropiado:	Dentro del tiempo de conservación:	Comentarios presentados:	CONFORME	NO CONFORME
En buen estado:	SI	SI	SI		X	
Recipiente apropiado:	SI	SI	SI		X	
Dentro del tiempo de conservación:	SI	SI	SI		X	
Comentarios presentados:	SI	SI	SI		X	

Sede en Lima: Calle Irena N°100, Urb Portales de Javier Prado, La Estapa-Ate / Av. De Venera Cruz de Motupe, N° 8, L. La Villa al Salvador / Teléfono: 6776533 / E-mail: rlab@rlab.com / Visiten en: www.rlab.com



- **Guía de clasificación para interpretación de análisis de suelos**

1. Textura del suelo<sub>1</sub>

Grupo Textural	Clase Textural
<b>Gruesa</b>	Arena
	Arena Franca
<b>Moderadamente gruesa</b>	Franco Arenoso
	Franco
	Franco Limoso
<b>Media</b>	Limoso
	Franco Arcilloso
	Franco Arcillo Limoso
<b>Moderadamente Fina</b>	Franco Arcillo Arenoso
	Arcillo Arenoso
	Arcillo Limoso
<b>Fina</b>	Arcilloso

2. Reacción del suelo (pH)<sub>1</sub>

Rangos	Clases
<3,5	Ultra acido
3,6 - 4,4	Extremadamente acido
4,5 - 5,0	Muy fuertemente acido
5,1 - 5,5	Fuertemente acido
5,6 - 6,0	Moderadamente acido
6,1 - 6,5	Ligeramente acido
6,6 - 7,3	Neutro
7,4 - 7,8	Ligeramente alcalino
7,9 - 8,4	Moderadamente alcalino
8,5 - 9,0	Fuertemente alcalino
> 9,0	Muy fuertemente alcalino

3. Salinidad y/o sodicidad<sub>1</sub>

simbolo	Descripcion
0	<b>Libres a muy ligeramente afectados de exceso de sales y sodio</b> Prácticamente ningún cultivo se encuentra inhibido en su crecimiento o muestra daños provocados por exceso de sales o sodio. Los suelos muestran conductividad eléctrica inferior a 4 dS/m. El porcentaje de sodio es menor del 4 %
1	<b>Ligeramente afectados por sales y sodio</b> El crecimiento de las especies sensibles está inhibido, pero las plantas tolerantes pueden subsistir. La conductividad eléctrica varía de 4 a 8 dS/m. El porcentaje de sodio es de 4 a 8 %
2	<b>Moderadamente afectados por sales y sodio</b> El crecimiento de los cultivos está inhibido y muy pocas plantas pueden desarrollar adecuadamente. La conductividad eléctrica varía de 8 a 16 dS/m. El porcentaje de sodio está entre 8 y 15 %.
3	<b>Fuertemente afectados por sales y sodio</b> No se puede cultivar económicamente. La conductividad eléctrica es mayor de 16 dS/m. El porcentaje de sodio sobrepasa el 15 %.

4. Materia orgánica<sup>1</sup>

<b>Nivel</b>	<b>Materia organica (%)</b>
<b>Bajo</b>	<2
<b>Medio</b>	2 a 4
<b>Alto</b>	> 4

5. Fosforo disponible<sup>1</sup>

<b>Nivel</b>	<b>P disponible (mg/kg)</b>
<b>Bajo</b>	< 7
<b>Medio</b>	7 a 14
<b>Alto</b>	> 14

6. Potasio disponible<sup>1</sup>

<b>Nivel</b>	<b>K disponible (mg/kg)</b>
<b>Bajo</b>	< 100
<b>Medio</b>	100 a 240
<b>Alto</b>	> 240

7. Carbonato de calcio<sup>2</sup>

<b>Nivel</b>	<b>CaCO3 (%)</b>
<b>Bajo</b>	< 1
<b>Medio</b>	1 a 5
<b>Alto</b>	5 a 15
<b>Muy alto</b>	>15

Fuente: <sup>1</sup> MINAGRI-DGAAA. (2009). Reglamento de clasificación de tierras según su capacidad de uso mayor. Lima, Perú.

<sup>2</sup> Departamento de Suelos y Fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina, 2002.



Imagen 01: Bandeja de germinación



Imagen 02: Semillas de Girasol y Alfalfa



Imagen 03: Germinación a los 10 días

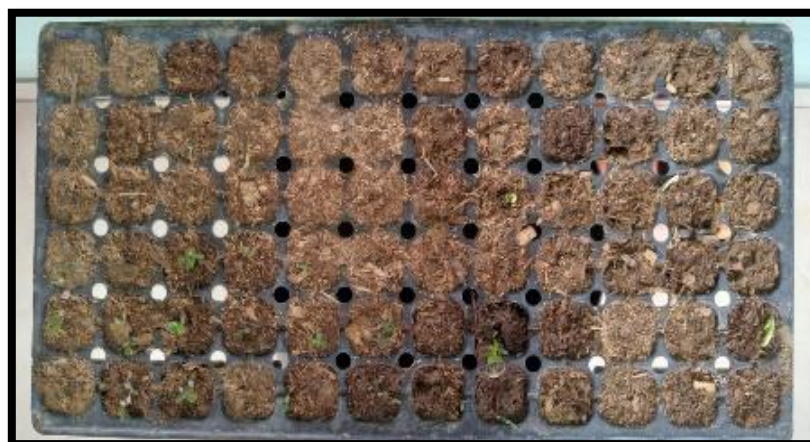


Imagen 04: primera semana después del trasplante



Imagen 5: evaluación a los 20 días



Imagen 6: primera evaluación Medición de raíces





Imagen 7: Evaluación a los 40 días

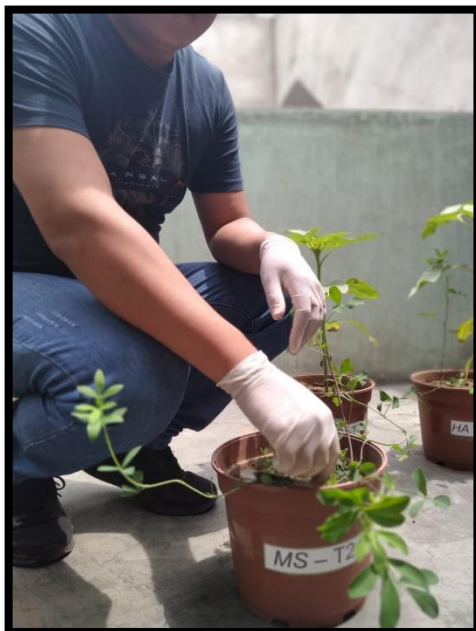


Imagen 8: muestras para análisis de suelo y plantas

