



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Fitorremediación en suelos agrícolas contaminados por
plomo y cadmio utilizando *Helianthus annuus L.*

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero ambiental

AUTOR:

Calderon Guerrero, Luis Crhistofer (orcid.org/0000-0002-4405-900X)

ASESOR:

Dr. Monteza Arbulú, César Augusto (orcid.org/0000-0003-2052-6707)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

CHICLAYO - PERÚ

2022

Dedicatoria

Dedico principalmente a Dios por brindarme la vida, a mi pareja y mis padres por su gran apoyo incondicional, económico que me sirvió como impulso para poder lograr este gran trabajo de investigación y a todas las personas que colocaron un grano de arena para poder realizar esta tesis.

Luis Crhistofer

Agradecimiento

Agradezco principalmente a Dios por brindarme la vida y poder seguir logrando mis metas, a mi pareja mis padres por su gran apoyo incondicional que me sirvió de motivación y de apoyo para poder lograr este gran trabajo de investigación que tiene mucha dedicación y esfuerzo, también a mi asesor Dr. César Augusto, Monteza Arbulú por sus asesorías, consejos, conocimientos brindan dados para poder sacar adelante este estudio, a Dr. Ponce Ayala, José Elías por, orientación y apoyo así poder culminar esta tesis.

Luis Crhistofer

Índice de contenidos

Carátula.....	I
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA	11
3.1 Tipo y diseño de investigación	11
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimiento	13
3.6. Método de análisis de datos.....	18
3.7. Aspectos éticos	18
IV. RESULTADOS.....	19
V. DISCUSIÓN.....	31
VI. CONCLUSIONES.....	35
VII. RECOMENDACIONES	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: <i>Tipos de biorremediación</i>	7
Tabla 2: <i>Estándares de calidad ambiental de suelos en el Perú</i>	10
Tabla 3: <i>Valores iniciales de plomo y cadmio en suelo agrícola contaminado</i>	19
Tabla 4: <i>Resultados inicial de pH</i>	19
Tabla 5: <i>Resultados iniciales de conductividad</i>	20
Tabla 6: <i>Resultados concentración Pb y Cd día 07</i>	20
Tabla 7: <i>Resultados de Pb y Cd del día 14</i>	21
Tabla 8: <i>Resultados de pH y 14 días del tratamiento</i>	22
Tabla 9: <i>Resultados de la conductividad a los 14 días</i>	23
Tabla 10: <i>Resultados Pb y Cd del día 21</i>	23
Tabla 11: <i>Resultados de pH a los 21 días del tratamiento</i>	24
Tabla 12: <i>Resultados de conductividad a los 21 días del tratamiento</i>	24
Tabla 13: <i>Todos los resultados del tratamiento utilizando la planta de girasol</i>	25

Índice de figuras

Figura 1: Técnica de recolección de suelo. MINAN (2014)	14
Figura 2: Flujo del procedimiento	17
Figura 3: Resultados Pb y Cd día 7	21
Figura 4: Resultados Pb y Cd.....	22
Figura 5: Resultados de Pb y Cd.....	23
Figura 6: Resultados de Pb y Cd muestra testigo T0.	26
Figura 7: Resultados de Pb y Cd muestra testigo T2.	26
Figura 8 : Resultados de Pb y Cd muestra T4.....	27
Figura 9: Resultados de Pb y Cd muestra T6.....	27
Figura 10: Resultados de conductividad muestra (T0)	28
Figura 11: Resultados de conductividad muestra (T2)	28
Figura 12: Resultados de conductividad muestra (T4)	29
Figura 13: Resultados de conductividad muestra (T6)	29

Resumen

El propósito que tuvo esta investigación fue evaluar la eficiencia fitorremediadora del girasol (*Helianthus annuus L*) en suelos agrícolas contaminados por plomo y cadmio del sector Chambac del distrito de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. El presente estudio fue de tipo aplicada con un diseño cuasi-experimental, se tuvo como población 1000 m² de suelo agrícola del sector Chambac, teniendo como muestra 13 kg, utilizando 4 macetas conteniendo 3.25 kg con suelo contaminado cada una, los cuales se utilizaron 12 plantas de girasol (*Helianthus annuus L*) que fueron divididas 2, 4, 6 una muestra que sirvió de testigo sin ningún tratamiento, se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, todo el proceso se evaluó por un tiempo determinado de 21 días, 15 días adicionales para la etapa de germinación y trasplante donde, se obtuvieron resultados significativos para el tratamiento de la muestra T6 presentando una mayor eficiencia en todo el proceso teniendo como valores Pb 65,9 % ppm/kg y Cd 19.85 %, ppm/kg a diferencia de las demás muestras que presentaron niveles más bajos, podemos concluir que la planta *Helianthus annuus L* posee una capacidad para acumular metales en todo su sistema de biomasa sin ser afectada, demostrando una mayor absorción para Pb.

Palabras clave: Fitorremediación, Suelos agrícolas, *Helianthus annuus. L*, Plomo, Cadmio.

Abstract

The purpose of this research is to evaluate the phytoremediation efficiency of sunflower (*Helianthus annuus L*) in agricultural soils contaminated by lead and cadmium in the Chambac sector of the district of Santa Cruz, department of Cajamarca. The present study is of an applied type with a quasi-experimental design, the population was 1000 m² of agricultural soil in the Chambac sector, having 13 kg as a sample, using 4 pots containing 3.25 kg with contaminated soil each, which were used 12 times. sunflower plants (*Helianthus annuus L*) that were divided 2, 4, 6 a sample that served as a control without any treatment, a non-probabilistic sampling was used for convenience, the entire process was evaluated for a determined time of 21 days, 15 days additions for the stage of germination and transplantation where, significant results were obtained for the treatment of the T6 sample presenting a greater efficiency in the whole process having as values Pb 65.9% ppm/kg and Cd 19.85%, ppm/kg in difference From the other samples that presented lower levels, we can conclude that the *Helianthus annuus L* plant has the capacity to accumulate metals in its entire biomass system without being affected, demonstrating showing a higher absorption for Pb.

Keywords: Phytoremediation, Agricultural soils, *Helianthus annuus. L*, Lead, Cadmium.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad las distintas actividades antrópicas han generado alta concentración de contaminación en los suelos, originados por la mala gestión de sus residuos de construcción, minería, aguas residuales industriales o desechos que contengan metales pesados, así como también el mal uso de pesticidas, es un problema que debe ser estudiado en forma continua con la finalidad de brindar soluciones para generar una calidad ambiental adecuada. Para seleccionar buenas alternativas se debe gestionar tecnologías de remediación, preservar la estructura física y propiedades biológicas y tener siempre en cuenta con qué tipo de problema se está lidiando, ver las condiciones del suelo. Se ha planteado realizar la investigación relacionada, Fitorremediación teniendo como método el aprovechamiento con la utilización de plantas para disminuir la contaminación de los suelos que han ocasionado impactos negativos en el entorno y estas puedan ocasionar indirectamente daños a la salud humana, se ha convertido en un problema mundial.

El plomo provoca más problemas en la salud, por lo tanto, se ha incluido en la lista de las diez sustancias químicas altamente peligrosas por ende requieren la intervención de todos los países para salvaguardar a los niños y mujeres en edad fértil por lo que son más susceptibles a los daños en su salud. El cadmio es un metal pesado que, junto con el mercurio y el plomo, se considera uno de los elementos más tóxicos generando daños a la salud principalmente afectado al sistema respiratorio y riñones. A su vez, el hombre ha contribuido mucho a su distribución desde el comienzo de las operaciones de extracción y fundición de otros metales, y más tarde, cuando se descubrió la inmensa utilidad industrial para la fabricación de baterías. (OMS 2019, p. 2)

Se plantea una alternativa biológica la utilización de la planta de girasol, presentan buena adaptación suelos con altos niveles de agentes metálicos, que son tóxicos incluso para especies estrechamente relacionadas. Estas absorben en partes de su tejido (como raíces, tallos y hojas) de 10 a 100 veces la concentración normal(Vargas Muñoz 2017, p. 13)

La fitorremediación se define como una nueva tecnología simple, respetuosa y beneficiosa para nuestro medio ambiente que ayuda a reducir rápidamente los metales pesados tóxicos y otros contaminantes que puedan estar asociados con el suelo. Por ello según estudios realizados se identificó la efectividad del girasol (*Helianthus annuus.L.*) para extraer del suelo el plomo y cadmio. Los cuales mostraron que la concentración de metales en la raíz (575.µg) brotes (135.µg) lo cual demuestra que soporta y acumula grandes cantidades de plomo y cadmio, por lo cual la planta de girasol es resistente al estrés oxidativo. (Raico 2020, p. 9)

El tratamiento vegetal ha demostrado ser una técnica económica y respetuosa con el medio ambiente. Actualmente, debido a la presencia de ácidos húmicos, estos procesos son apoyados por el uso de microorganismos o facilitados por el uso de fertilizantes químicos y aditivos naturales que favorecen la bioacumulación de metales en los tejidos vegetales. En cuanto a la especie *Helianthus annuus .L.*(girasol), hay mucha investigación sobre su facilidad de uso en tratamientos de plantas porque estabiliza los metales almacenándose en los tejidos de las hojas y raíces.(Munive Cerrón et al. 2020, p. 2)

El cadmio y el plomo son metales pesados y forman un grupo muy importante, sin embargo, estos no son esenciales para las células, pueden ser tóxicos para los organismos en altas concentraciones. como humanos, organismos del suelo, plantas y animales por su gran facilidad de acumulación sin poder ser expulsados. (Flores 2019, p. 21)

A nivel nacional las investigaciones hechas, son escasos sobre el tema de fitorremediación. En la región de Junín también se determinó el potencial de las plantas conocidas como girasol y maíz con la utilización de materia orgánica para remoción de Pb para ambos casos las especies evaluadas arrojaron resultados positivamente en descontaminación de Pb hasta un 12%. Otras especies usadas para remediación son las especies alto andinas como la *Brassica r*, la *Solanum n*, que son plantas acumuladoras de los metales en sus raíces principalmente y en

menores proporciones en brotes, hojas, los resultados también fueron efectivos en cuanto a remoción de metales. (Vargas Garcia 2021, p. 9)

En el presente estudio tiene la finalidad de restablecer los suelos contaminados por metales pesados provenientes del desarrollo urbano, la minería, distintos tipos de desechos metálicos que son desechados al medio ambiente, la agricultura se ve afectada por la sobreexplotación de suelos en monocultivos y uso excesivo de pesticidas con alto grado de metales como Pb y Cd. Dicha investigación permite mitigar la contaminación por medio fitorremediación la cual se enfoca en el uso de girasol y la capacidad de ellas de absorber, acumular y tolerar altas concentraciones de sustancias contaminantes. Buscando disminuir el impacto causado por la población y la producción agrícola libre de contaminantes. Esta alternativa es ecológica, económica para tratar el suelo y muy amigable con el medio ambiente. De acuerdo a otros métodos habituales; En este estudio pretende realizar mejoras para la calidad suelo, por lo cual, así como aportes teóricos para futuras investigaciones. Se plantea la problemática con la siguiente pregunta ¿Qué tan eficiente es la aplicación de fitorremediación en suelos agrícolas contaminados por plomo y cadmio utilizando *Helianthus annuus L.*?

Por lo tanto, en esta investigación se plantea el siguiente objetivo general que es. Evaluar la eficiencia fitorremediadora del girasol (*Helianthus annuus L.*) en suelos agrícolas contaminados con plomo y cadmio. Asimismo, se plantea para los objetivos específicos determinar la concentración inicial de plomo y cadmio en suelo agrícola contaminado, tratar el suelo agrícola contaminado con la planta en diferentes cantidades de biomasa girasol (*Helianthus annuus.L.*). Por último, determinar la concentración de plomo y cadmio después del tratamiento fitorremediador del suelo agrícola contaminado. Como hipótesis de investigación se planteó lo siguiente, H0 Fitorremediación girasol (*Helianthus annuus.L.*) presentará niveles bajos de absorción en plomo y cadmio en suelos agrícolas contaminados como alternativa de solución. H1 Fitorremediación girasol (*Helianthus annuus*) presentara niveles altos de absorción en plomo y cadmio en suelos agrícolas contaminados como alternativa de solución.

II. MARCO TEÓRICO

Kluk , Steliga(2019) Suresh , Rajiv (2018);Alaboudi, Ahmed y Brodie (2018), ambos estudios, evaluaron la efectividad que tiene la plata de girasol (*Helianthus annuus.L*) para la fitoextracción en metales pesados (Pb, Cd, Cr, Ni) e hidrocarburos de petróleo. Entré los estudios se aplicó un muestreo aleatorio simple. Los instrumentos que se utilizaron para realizar los análisis químicos, físicos y toxicológicos son el medidor de pH (Elico modelo 107) y espectrofotómetro de absorción atómica para identificar las concentraciones de metales. La acumulación del primer estudio arrojó un promedio en Pb (72 mg/kg) Ni (44.410 mg/kg) cromo (18.3 mg/kg). En la segunda concentración total mostró de Cd (71,3 mg/kg) Pb (40.5 mg/kg) en el tercer estudio arrojó una cantidad Pb (318 mg/kg) TPH (2770 mg/kg) Cd (326 mg/kg). De esta manera se concluyó hubo cambios considerables en las propiedades fisicoquímicas del suelo y la investigación de sus muestras recolectadas de girasol (*Helianthus annuus.L.*) los análisis arrojaron que el cadmio presenta mayor facilidad de ser absorbido a diferencia del plomo dio a conocer una concentración más baja absorción, y con pruebas de hidrocarburos presenta mayor eliminación por medio de Fitoestimulación parte de las raíces.

Ma, Ying et al. (2019) Stoikou et al. (2017) Tariq y Ashraf (2016), en sus investigaciones indican la eficiencia que presenta insertar microorganismos en el proceso fitorremediador de suelos contaminados por metales y suelos salinos por medio del girasol . En las tres investigaciones se presentó de manera experimental utilizando 15 muestras del suelo contaminado por metales, suelos salinos de manera ex situ y se utilizaron semillas de centros locales, seleccionando *H. annuus L.* Para este estudio debido a su capacidad para generar biomasa en poco tiempo y acumular cantidades significativas de sustancias tóxicas, con ayuda de inoculación 10 unidades de hongos micorrizas y bacterias. Con apoyo de instrumentos Espectrómetro de Absorción. A, horno. Los tres resultados presentaron que planta de girasol y otras especies comparadas arrojó. El primer estudio incluyó que las concentraciones de Cr y Ni van desde 0 µg/l hasta 10 000 µg/l. En el segundo análisis la inoculación de *P. libanensis* sola o en combinación con *C. claroideum* para mejorar el crecimiento y cambiar la fisiología de la planta. Como tercer estudio mostró potencial de eliminación Pb (66,3 mg/kg) Cd (56,3

mg/kg). Se concluye que *H. annuus L.* en combinación con microorganismos presenta mayor adaptabilidad en cual alquiler tipo de suelo principalmente en suelos áridos (arcillosos, arenosos) además que asimile mejor los metales y nutrientes fortaleciendo a la planta. Bajo la influencia de metales y estrés salino, presenta beneficios para que la planta resista a temporadas secas.

Lu et al. (2021), Yazdanbakhsh et al. (2020), Munive et al. (2020), las investigaciones evaluaron el potencial que tienen los residuos orgánicos y ácidos orgánicos para mayor absorción de los metales pesados con la planta de girasol. Los estudios se llevaron a cabo de manera experimental con un diseño probabilístico simple al azar, estas dan a conocer la eficiencia de la planta *Helianthus annuus L.*(girasol) frente a la remoción de Pb, Cd, Zn y Ni. Los instrumentos que se utilizaron para análisis físico, químico se determinaron por el método hidrométrico. en el extracto saturado se midió el porcentaje de arena, arcilla, limo, cal, pH y conductividad para conocer la concentración de metales se utilizó el espectrofotómetro (ICP-OES) teniendo como valores ,sin utilización de material orgánico (cadmio 0,53 - Plomo 0,07 mg/kg) materia orgánica (Plomo 0,8 - Cadmio 1,2 mg/kg) humus de lombriz (plomo 1,2 - Cadmio 1,4 mg/kg) ácidos orgánicos (ácido málico 0,52 mg/kg) todos los datos obtenidos se concluye que la planta girasol tiene mayor acumulación de plomo y cadmio en su raíz, donde mostró diferencias significativas entre la acumulación del humus de lombriz tuvo mejores resultados ya que contribuye que la planta acumule grandes cantidades de biomasa de Pb y Cd del suelo, y al mismo tiempo contribuye a un mejor vigor de la planta.

Morales (2020) Suaña (2017) Vélez (2017), las investigaciones tienen como objetivo determinar la concentración de Pb, Cd por contaminantes de minería ilegal y fuentes industriales para conocer la acumulación de los metales en *Helianthus annuus. L.* (girasol. En los presentes estudios se realizaron por intermedio de un muestreo no probabilístico por conveniencia y muestreo probabilístico simple al azar. Con la finalidad de facilitar el acceso para la recolección de las muestras de suelos contaminados por metales, además las técnicas utilizadas para la recolección de datos por medio de análisis físico-químico, estadístico para los

respectivos análisis que permite la recolectar la información necesaria para la investigación por medio de un equipo avanzado Espectrometría de Absorción atómica ya que presenta una capacidad de identificar los metales. Los cuales los resultados mostraron una asimilación de contaminantes en varias partes de la planta de girasol, Cadmio raíces (5.7 mg/kg), tallo (1.2 mg/kg), hojas (0.56 mg/kg) plomo raíces (4.2 mg/kg) tallo (0.99 mg/kg) hojas (0.22 mg/kg) se concluye que los estudios dan a conocer que el cadmio presenta mejor acumulación por medio de la planta de girasol principalmente en las raíces a diferencia del plomo.

Berrocal et al. (2021) ,Flores (2019),Argomeda (2017), hacen mención, determinar la mayor resistencia de las tres especies girasol ,maíz y alfalfa como proceso remediador de suelos degradados por plomo y cadmio. Los estudios se realizaron de manera experimental fuera del lugar para mantener mejores cuidados de la planta y tener resultados óptimos teniendo un promedio de tiempo entre 40 a 65 días. Los instrumentos que utilizaron fueron análisis estadísticos, documental, parámetros físico-químicos. En el primer estudio se usaron 2 especies con girasol y alfalfa con pruebas de 2, 4,6 plantas, girasol con 2 plántulas (95%) con 4 plántulas (97%) con 6 plántulas (100%) y por otra parte con alfalfa con 2 plántulas (92%) con 4 plántulas (87%) con 6 plántulas (99%). En el segundo estudio mostró una absorción por ambas especies de plantas de maíz y girasol, Cd (11%) Pb (9.9%), tercer estudio mostró valores 3 tratamientos para determinar la concentración de plomo y cadmio prueba 1 humus +girasol +suelo c. (121,05 ppm) humus +suelo c. (98,30 ppm) girasol +suelo c. (70 ppm) como conclusión las plantas realmente contribuyen a la reducción de cadmio del suelo, la que mejor resultados dio a conocer es *Helianthus annuus* .L con mayor facilidad de adaptación y resistencia a suelos áridos contaminados .

La fitorremediación son el uso de plantas y sus microorganismos del suelo combinados para reducir las concentraciones o los efectos tóxicos de los contaminantes en el medio ambiente. Esta es una tecnología relativamente nueva, respetuosa con el medio ambiente, rentable y eficiente, y ha sido ampliamente aceptada por el público. El tratamiento de plantas es un área de investigación activa. Actualmente se están investigando nuevos super-acumuladores de metales

efectivos para la fitorremediación y la extracción de plantas. Las herramientas moleculares se utilizan para comprender mejor los mecanismos de absorción, translocación y tolerancia de metales en las plantas. (Ali, Khan y Sajad 2016, p. 7)

Los tipos de biorremediación incluyen seis procesos básicos mediante los cuales las plantas pueden ayudar a restaurar el suelo, los sedimentos y el agua contaminados. Dependiendo de la estrategia de recuperación, estos procesos contendrán o eliminarán los contaminantes del suelo. (Alonso 2017, p. 9)

Tabla 1: Tipos de biorremediación

Tipo	Procesamiento	Contaminación
Fitodegradación	Descomponen compuestos orgánicos para producir productos secundarios menos tóxicos o altamente tóxicos.	Compuestos como nitrobenzeno, nitrotolueno, antraceno, disolventes clorados. DDT, pesticidas fosfatados, y nitrilo, etc.
Fitovolatilización	Convierten metales pesados o compuestos orgánicos y los liberan a la atmósfera a través de la transpiración.	Mercurio, disolventes clorados (tetraclorometano y triclorometano)
Fitoestimulación	Se usan las secreciones de la raíz para promover la proliferación de los microorganismos	Hidrocarburos (HAPS) procedentes del petróleo como; tolueno, benceno, etc.
Fitoestabilización	Se utilizan para reducir su movimiento y evitar su transferencia al agua subterránea o al aire los metales.	Para tratamientos de aguas residuales, minería métodos sugeridos para compuestos fenólicos y compuestos clorados.
Rizofiltración	Concentra metales pesados de efluentes contaminados y descomponen compuestos orgánicos.	Cobalto, cadmio, cromo, níquel, mercurio, plomo, selenio y compuestos fenólicos
Fitoextracción	Concentrar metales pesados en partes cosechables (raíces, hojas, brotes, fruto)	Níquel, Cadmio, mercurio, plomo, selenio, zinc, cromo.

Fuente : (Alonso 2017, p. 11)

Planta de girasol (*Helianthus annuus.L.*) considerada nativa de América del Norte de países como México y oeste de EE. UU. Algunas de las características que la definen son las siguientes: pueden crecer hasta 1-3 metros de largo, las hojas son alternas, acorazonadas, ásperas. La dirección del girasol hacia el sol se debe al crecimiento de tallos abigarrados, la auxina es un regulador del crecimiento de la planta. El tallo se dobla al sol, las flores son de color amarillo, con interiores de la flor color café llegando a medir hasta 30 cm de diámetro. El girasol es que se cultiva para muchos propósitos diferentes: como semilla oleaginosa, para producir dulces y alpiste, finalmente como planta ornamental para el jardín del hogar. y temas ambientales que se han venido haciendo estudios del gran potencial que posee para acumular metales y sustancias tóxicas hasta un 25% del total que puede contener el suelo sin sufrir daños significativos .(Morales Meza 2020, p. 6)

Suelo es una porción natural que consta de capas, que consisten en minerales, materia orgánica, aire y agua que han sido meteorizados. El suelo es el producto final de los efectos del tiempo y está relacionado con el clima, la topografía, los organismos (plantas, animales y personas) y el material original (rocas base y minerales). El resultado es un suelo que difiere del material original en físicas, textura, color, consistencia, propiedades biológicas ,químicas y estructura.(FAO 2016, p. 2)

Las propiedades físicas que presenta el suelo son aquellas que por medio del tacto. Se puede medir por un tipo de escala como: el tamaño y las proporciones de las partículas minerales que componen el suelo: composición mecánica, estructura, porosidad y color. Dependiendo de la composición mecánica, las personas distinguen tres tipos de suelo: arenoso, arcilloso y aluvial. (Aguilar 2018, p. 28)

Materia orgánica es la descomposición de residuos orgánicos provenientes de plantas y animales que pasa por un proceso biológico sufriendo una transformación y reducción de la materia del volumen inicial, por intervención de microorganismos (hongos, bacterias, lombrices, insectos) los cuales su proceso de descomposición puede ser lento o rápido por acciones climáticas, lo cual crea una recirculación

hacia la atmósfera la cual puede ser aprovechada principalmente por las plantas y agentes que dependen de ella.

Suelo agrícola contaminado se generan cuando las propiedades del suelo se han visto afectadas negativamente por la presencia de sustancias químicas por la aplicación de fertilizantes inorgánicos y agroquímicos con presencia de metales que en concentraciones tales representan un riesgo inaceptable para la salud humana o el medio ambiente.(Rodríguez 2019, p. 3)

El cadmio se considera uno de los más peligrosos para los seres humanos debido a su naturaleza acumulativa, proviene principalmente de actividades industriales, minería, metalurgia, producción y aplicación de fertilizantes fosfatados e incineración de residuos municipales. (Universidad Complutense Madrid 2016, p. 3) La ingesta dietética diaria de cadmio en la mayoría de los países está en el rango de 15 ug/día, y la ingestión de 100 ug, además también causará síntomas gastrointestinales, mientras que más de 380 ug se considera grave para la salud de las personas. (MINSa 2020, p. 8)

El plomo es un elemento químico con símbolo Pb, con número atómico 82, y es uno de los cuatro metales que peores efectos tienen sobre la salud humana. Puede ingresar al cuerpo humano a través de los alimentos 65 %, el agua 20 % y el aire 15 %, porque el plomo no realiza ninguna función esencial en el cuerpo humano. Provoca varios efectos secundarios, interrupción de la biosíntesis de hemoglobina y anemia, daño renal, trastornos del sistema nervioso, daño cerebral, etc. Los ciclos causados por los procesos de producción humanos más comunes, como la quema de petróleo, los procesos industriales, la minería, la incineración de desechos sólidos y la contaminación por plomo pueden afectar el equilibrio global. Suelos perturbados por interferencia de plomo, especialmente cerca de carreteras y tierras de cultivo, donde pueden estar presentes concentraciones extremadamente altas. Los organismos del suelo también vulnerables a daños por el plomo .(IUPAC 2018, p. 2)

El Instituto (SES) estima que, en 2019, la exposición al plomo causó 900 000 muertes y la pérdida de 21,7 millones de años de vida saludable (años de vida ajustados por discapacidad) en el mundo debido a sus efectos a largo plazo en la salud. La peor parte recae sobre los hombros de los países de bajos y medianos ingresos. Además, el instituto estima que en 2019, la exposición al plomo fue responsable del 62 % de la carga mundial de dificultades cognitivas intelectual inexplicable, así como del 8,2 % de la CMM de cardiopatías de hipertensión, del 7 % de la CMM de cardiopatías isquémicas y el 5 % de la carga mundial de derrames cerebrales (OMS 2021, p. 2)

Asimismo, los estándares de calidad ambiental para suelos fueron aprobados bajo D.S. MINAM .2017-Nº011 Para suelo agrícola, industrial y Parques residenciales, mediante la fecha 02 de diciembre del 2017, por lo cual da a conocer en la tabla 2, el artículo 31. Hace mención que, para los ECA, los suelos deben presentar ciertos niveles de concentración, de sustancias o elementos químicos, biológicos y físicos presentes en el suelo que no generen daños a la salud de las personas o afecten al medio ambiente. Es considerado de obligatoria su aplicación en diseños o instrumentos de gestión ambiental (MINAM et al. 2017, p. 14)

Tabla 2: *Estándares de calidad ambiental de suelos en el Perú*

Parámetros	Uso de Suelo (mg/kg)		
	Agrícola	Parques residenciales	Industria
Orgánicos			
Cadmio	1,4	10	22
Plomo	70	140	1200

Fuente: MINAM.Nº011-2017.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo

La investigación es de tipo aplicada, Se tiene el propósito utilizar antecedentes teóricos de estudios ya realizados con la planta de girasol asimismo la finalidad de resolver el problema por la contaminación del suelo que contienen metales pesados cadmio y plomo. Hernández Sampieri, et .al (2014). Según el tipo de investigación aplicada, es la aplicación o aprovechamiento de los conocimientos teóricos adquiridos para ponerlos en práctica, teniendo en cuenta acciones útiles para: comparación, evaluación, interpretación, estableciendo precedentes para realizar aportes científicos. (p.42).

Diseño

El estudio experimental, está comprendida con enfoque cuantitativo con diseño de tipo cuasi-experimental por ello se evaluaron la capacidad de la planta *Helianthus annuus L.* para el proceso fitorremediador de cadmio y plomo proveniente de un suelo contaminado. Cabré (2009) Es el estudio que dispone de todos las bases de elementos de un experimento, en excepción de grupos no están asignados aleatoriamente. Consiste en seleccionar grupos, teniendo como prueba una variable, sin ningún modelo de idea, procesamiento de selección o preselección aleatoria. (p.3)

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: La biomasa de la especie (*Helianthus annuus.L.*)

Variable dependiente: Eficiencia Fitorremediadora.

La matriz de operacionalización se considerará en el **anexo 01**.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

La población estuvo comprendida por 1000 m² de suelo agrícola del sector Chambac del distrito de Santa Cruz, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca.

Criterios de inclusión

Características físicas de suelo, buena fertilidad con presencia arcilla, arena, limo.

Criterios de exclusión

Suelos que no pertenecen al sector donde se recopilaron la toma de muestras para estudios físico químicos realizados.

Muestra

Se tomaron muestras comprendidas de acuerdo al manual MINAN 2014 con un total 13 kg de suelo provenientes de la zona de Chambac alto del distrito de Santa Cruz, provincia de Santa Cruz, departamento de Cajamarca. Se utilizaron plantas de girasol los cuales se conformarán 12 girasoles (*Helianthus annuus L.*) elegidas para el proceso fitorremediador en el suelo contaminado.

Muestreo

El muestreo del proyecto de investigación es no probabilístico por conveniencia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica

La técnica que se utilizó fue por medio análisis documental que se recolectó información de la biblioteca virtual UCV de distintas base de datos como Web of Science , Scopus, Sciencedirect ;fuentes como revistas científicas, artículos científicos, libros, tesis cuasi-experimentales, trabajos de investigación, toda la información que se recolectó están referidas a la eficiencia fitorremediador en suelos contaminados por metales pesados por medio de la planta de girasol (*Helianthus annuus L.*) con la finalidad de poner en práctica la información recolectada en proceso experimental.

Es una herramienta contiene recursos para ayudar a realizar la investigación, con el uso de métodos de recopilación de datos, es la etapa en que la información es revisada y transformada para revelar información útil para la toma de decisiones.(Hernández Mendoza y Duana Avila 2020, p. 52)

3.5. Procedimiento

Procedimiento inicial

Se identificó del reconocimiento el área de muestreo donde se realizará el estudio por conveniencia.

Se seleccionaron la especie de planta que se utilizará en este estudio de investigación, girasol (*Helianthus annuus.L.*).

Se realizó la utilización del laboratorio de la universidad Cesar Vallejo (UCV) para análisis de pH, conductividad y para los análisis de metales pesados se enviaron a realizaron en laboratorio de Universidad Agraria de la Molina.

Adquisición de semillas de girasol del mercado central de la provincia de Santa Cruz departamento de Cajamarca.

Se identificaron los puntos de muestreo, para la recolección del suelo.

Se realizó un proceso por recolección de muestras mediante 5 puntos estratégicos del área escogida 1000 m² para la obtención de la muestra representativa. De acuerdo a la guía de muestreo del MINAM (2014).

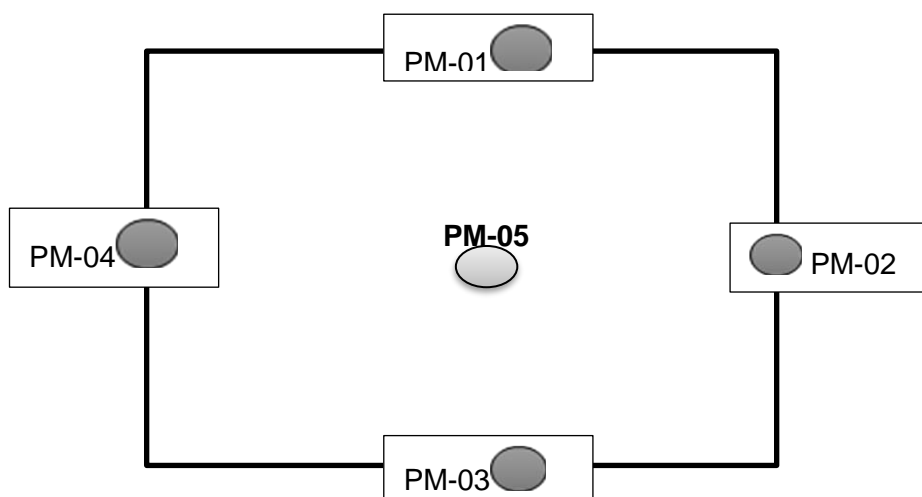


Figura 1: Técnica de recolección de suelo. MINAM (2014)

Fuente: Elaboración propia

Se realizaron la recolección de muestras en los cinco puntos de muestreo siguiendo la guía del MINAM 2014, de acuerdo a las indicaciones para suelo agrícola, teniendo profundidad específica es de 20 cm.

Se nombran, lugar y fecha se colocaron en sacos las muestras de los 5 puntos para luego trasladarlos y ubicarlos en maceteros y realizar los estudios continuos.

Descripción del tratamiento

Para el procedimiento se utilizó el método ISO 11047 de la edición de 1998, por lo cual se siguieron los siguientes pasos.

Se segregaron 350 g una muestra representativa de suelo, para los análisis de cadmio y plomo inicial, con ayuda del equipo espectrofotómetro Absorción atómica para observar las concentraciones que tiene cada muestra antes de la fitorremediación para dar a conocer si el suelo está contaminado.

Asimismo, se analizaron los parámetros fisicoquímicos como el pH, conductividad, además los valores obtenidos se compararon con los estándares de calidad ambiental (ECA (2017) para suelos de sector agrícola, debido a que la zona donde se obtuvo la muestra existe actividades agrícolas.

Toda la etapa del proyecto de investigación tuvo una duración de 21.

Para la prueba de germinación se colocaron 18 semillas de *Helianthus annuus* L. (girasol) en un papel filtro húmedo, seguidamente se colocaron en un ambiente fresco sin que le llegue, la luz solar ya que puede dañar la semilla, (18 Semillas germinaron /12 semillas se sembraron) $\times 100 = 72.2 \%$.

Se colocaron 4 macetas conteniendo 3.25 kilogramo de contenido, donde se utilizaron 4 tipos de tratamientos contando con la muestra testigo con una sola concentración (80, mg/l de cadmio y plomo), cada maceta se colocó 2,4,6 semilla de *Helianthus annuus* L. (girasol) en total fueron 12 semillas por tratamiento, asimismo las macetas se identificaron con un número y un sticker para tener un control y seguimiento de las plantas.

Se utilizaron una concentración de 80 mg de cadmio y plomo que se peso y se segrego en el laboratorio de la Universidad César Vallejo, luego se procederá a separar la concentración (80 mg/l) seguidamente se diluye en 1 litro de agua y finalmente hacer la mezcla con el suelo.

Las evaluaciones de medición se realizaron cada 7 días hasta completar las 3 semanas de desarrollo de la planta de girasol, en el que se evaluaron su eficiencia para descontaminar el suelo.

Se recolectaron la cantidad 350 g muestras del suelo fitorremediado para sus análisis en el laboratorio y medir el contenido de cadmio y plomo a medida que la planta *Helianthus annuus* L se ha ido desarrollándose.

Etapas final

Se recibieron los resultados de los análisis del laboratorio de la Universidad Nacional Agraria la Molina.

Se interpretaron los resultados obtenidos mediante el método de exámenes propuesto para desarrollar esta investigación por lo cual se compararon con los estándares de calidad ambiental (ECA) del suelo, Decreto Supremo N.º 011 MINAM (2017).

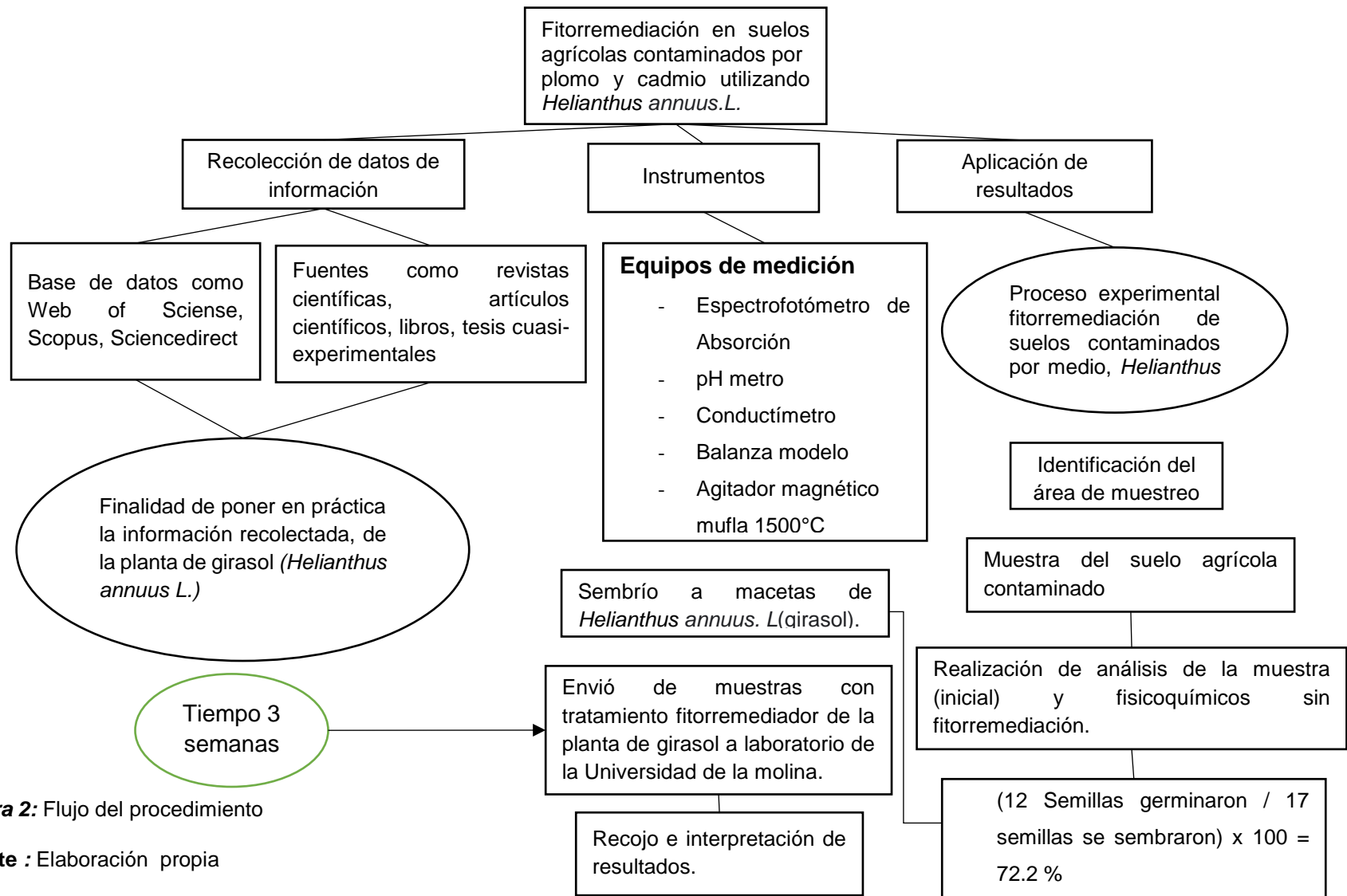


Figura 2: Flujo del procedimiento

Fuente : Elaboración propia

3.6. Método de análisis de datos

Todos los datos obtenidos fueron analizados por el método descriptivo, y para el procesamiento de datos de la investigación se utilizó el programa de Microsoft Excel, por ende, permite desarrollar y generar cálculos por medio de gráficas y tablas de acuerdo a la información de datos obtenidos del estudio. Por lo cual nos ayuda a determinar los porcentajes que tan eficiente puede ser el proceso fitorremediador de la planta de girasol para descontaminar suelos agrícolas contaminados por plomo y cadmio, además de comparar con los estándares de calidad ambiental (ECA) del suelo y ver si cumple los parámetros establecidos, del decreto supremo N°011 MINAN 2017.

3.7. Aspectos éticos

Todos los datos descritos en este trabajo de investigación es información correcta y se basa en fuentes confiables, cuenta principios éticos y con valores bien establecidos, hacer una contribución importante, con sustentabilidad, respeto por los recursos, autores e investigadores y justicia, respetando los derechos del autor siguiendo la norma internacional ISO 690. Para mayor confiabilidad se utilizó la herramienta Turnitin para proporcionar contenido valioso.

IV. RESULTADOS

Determinar la concentración inicial de plomo y cadmio en suelo agrícola contaminado.

Tabla 3: *Valores iniciales de plomo y cadmio en suelo agrícola contaminado*

Muestra		ECA	
Pb(ppm)	Cd(ppm)	Pb ppm/kg	Cd ppm/kg
18,00	6,70	70	1,4

Según se observa la tabla N° 03 la concentración inicial que arrojaron la primera muestra de 350 g suelo agrícola contaminado del sector Chambac del distrito de Santa Cruz dan a conocer la concentración de plomo es 18,00 ppm y por la parte de cadmio 6,70 ppm para así poder determinar con exactitud las cantidades de contaminante existentes para poder aplicar el proceso fitorremediador con la especie de planta girasol (*Helianthus annuus.L.*), haciendo la comparación con la norma del Decreto Supremo N°.011.2017 MINAM donde los parámetros del ECA sobrepasan para Cd en suelo agrícola contaminado.

Tabla 4 : *Resultados inicial de pH*

Parámetros	Unidades	SC	T0	T2	T4	T6
pH	—	6.99	6.56	6.78	6.50	6.71

En la tabla 04 el valor del pH inicial que presentó la muestra del suelo sin contaminar (S.C) está dentro del rango ideal para que una planta se pueda desarrollar con un pH 6.99 ya que es un suelo ligeramente ácido. Además, la muestra testigo sin planta de girasol (*Helianthus annuus. L*) T0 se observa que el pH se volvió moderadamente ácido, de igual manera en la muestra suelo agrícola contaminado utilizando como tratamiento

fitorremediador diferentes biomosas de planta de girasol (*Helianthus annuus. L*) T2, T4, T6 por Pb y Cd presentaron también una acidez moderada.

Tabla 5: Resultados iniciales de conductividad

Parámetros	Unidades	SC	T0	T2	T4	T6
Conductividad Eléctrica	μS/cm	1.48	840	846	835	843

Los valores que se observan en la tabla N° 05 en la muestra SC las concentraciones de sales fueron mínimas con un total 1.48 a diferencia de las otras muestras con tratamiento utilizando diferentes biomosas con la planta de girasol (*Helianthus annuus. L*) en suelo contaminado por Pb, Cd fueron altas.

Tratamiento del suelo agrícola contaminado con la planta en diferentes cantidades de biomosas girasol (*Helianthus annuus.L.*)

Para el proceso fitorremediador se utilizó diferentes biomosas, 2,4,6 plantas de girasol con un periodo de tratamiento total de 21 días. La toma de muestras fue cada 7 días, para la recopilación de datos como, representa en las siguientes tablas.

Tabla 6: Resultados concentración Pb y Cd día 07

MUESTRA	Tratamiento		ECA	
	Pb (ppm)	Cd(ppm)	Pb ppm/kg	Cd ppm/kg
Muestra T0	18,00	6,70		
Muestra T2,	15,15	4,73		
Muestra T4	14,76	4,20	70	1,4
Muestra T6	14,36	3,43		

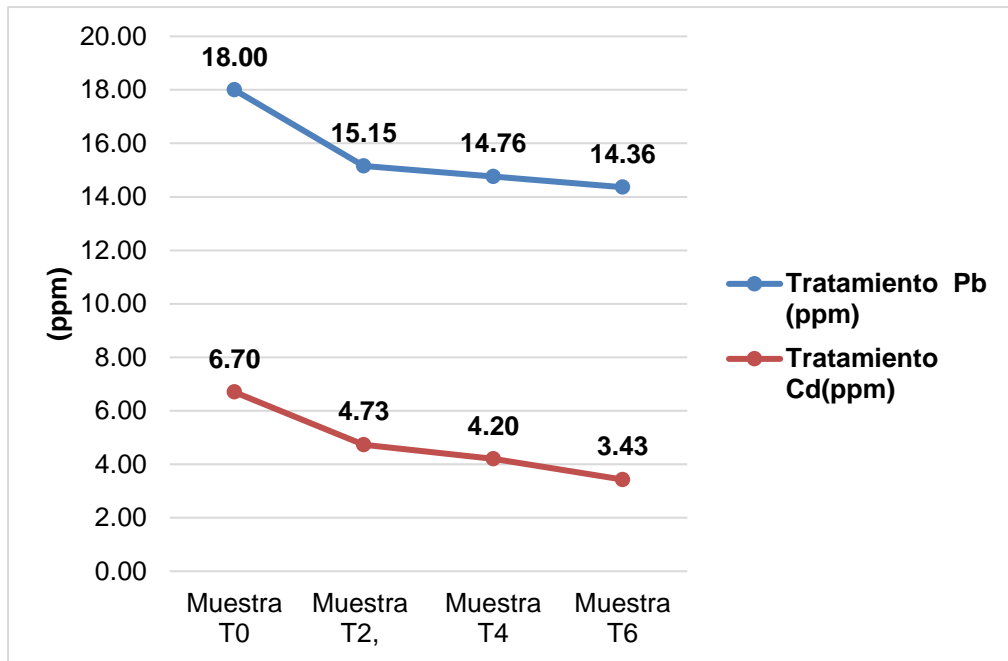


Figura 3: Resultados Pb y Cd día 7

Fuente: Elaboración propia

Se logra notar que en tabla N°06 que hay una disminución tomando como referencia el tratamiento T0, a diferencia de los otros tratamientos con diferentes plantas T2, T4, T6 donde se aprecia una descendencia en la figura N° 03 de los primeros 7 días que duró el primer tratamiento, lo cual la biorremediación del suelo tratado fue mucho mayor para la muestra T6 con una concentración de Pb 14,36 ppm y Cd 3,43 ppm.

Tabla 7: Resultados de Pb y Cd del día 14

Muestras	Tratamiento		ECA	
	Pb (ppm)	Cd(ppm)	Pb ppm/kg	Cd ppm/kg
Muestra T0	18,00	6,70		
Muestra T2,	14,39	3,51		
Muestra T4	13,22	3,14	70	1,4
Muestra T6	12,81	3,01		

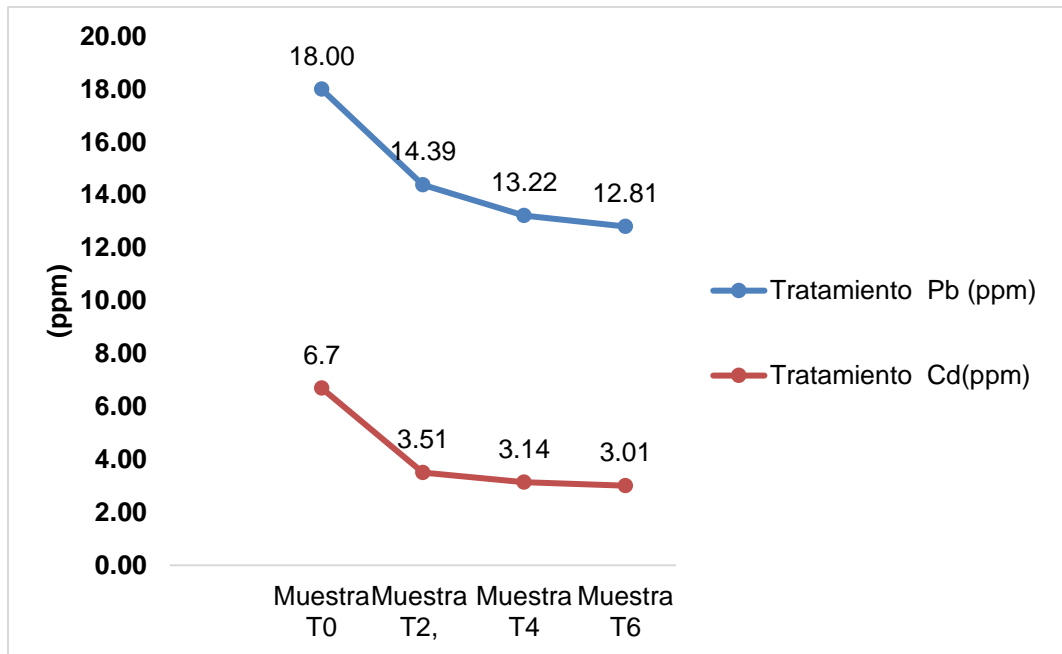


Figura 4: Resultados Pb y Cd

Fuente : Elaboración propia

Los resultados obtenidos a los 14 días, las muestras del suelo tratado por la planta de girasol (*Helianthus annuus.L.*) en la tabla N° 07 se evidencia una continua reducción desde el T2, T4, T6 a comparación de T0 que no se notó cambios considerables ya que es una muestra sin ningún tratamiento. La muestra con mejor resultados fue la T6 presentando una disminución 12,81 Pb (ppm) y 3,01 (ppm) Cd. en la figura N.º 04 se observa mejor, la gráfica disminución en cada tratamiento.

Tabla 8: Resultados de pH y 14 días del tratamiento

Parámetros	Unidades	T0	T2	T4	T6
pH	—	6.02	7.53	7.33	7.42

Dentro de la tabla N° 08 se dan a notar los resultados de pH, donde la muestra T0 el pH es moderadamente ácido, para T2, T4, T6 el pH se volvió ligeramente alcalino.

Tabla 9: Resultados de la conductividad a los 14 días

Parámetros	Unidades	T0	T2	T4	T6
Conductividad Eléctrica	μS/cm	760	650	625	615

En la tabla N.º 09 la muestra T0 las concentraciones de sales fueron mayores con un total 760 μS/cm a diferencia de las otras muestras existe una menor concentración de sales en T2, T4, T6 presentes en el suelo agrícola contaminado por Pb, Cd.

Tabla 10: Resultados Pb y Cd del día 21

Muestras	Tratamiento		ECA	
	Pb (ppm)	Cd(ppm)	Pb ppm/kg	Cd ppm/kg
Muestra T0	18,00	6,70		
Muestra T2,	13,29	3,12	70	1,4
Muestra T4	12,24	2,56		
Muestra T6	11,87	1,33		

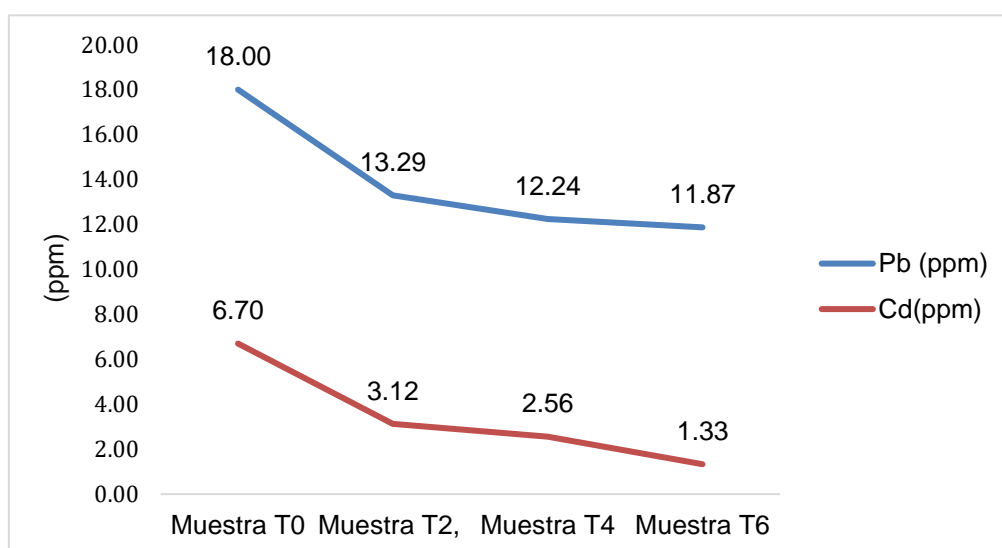


Figura 5: Resultados de Pb y Cd

Fuente : Elaboracion propia

Se puede apreciar en la tabla N°10 las muestras obtenidas después de los 21 días de tratamiento donde T0 los cambios no son significativos, en cambio para las otras muestras como son T2, T4, T6 en la figura N° 05 se logra observar una curva descendente lo cual el tratamiento más eficiente fue el de T6, se logró reducir considerablemente la contaminación existente en el suelo tratado por la planta de girasol (*Helianthus annuus.L.*), con una concentración total de 11.87 (ppm) Pb y 1,33 (ppm) Cd.

Tabla 11: Resultados de pH a los 21 días del tratamiento

Parámetros	Unidades	T0	T2	T4	T6
pH	–	6.29	7.19	7.32	7.42

La tabla N° 11 los resultados arrojaron que el pH de la muestra T0 sigue siendo moderadamente ácido, para T2, T4, T6 el pH se volvió alcalino.

Tabla 12: Resultados de conductividad a los 21 días del tratamiento

Parámetros	Unidades	T0	T2	T4	T6
Conductividad Eléctrica	μS/cm	749	150	100	90

La tabla N° 12 la muestra T0 las concentraciones de sales es alta con 749 μS/cm a diferencia de las otras muestras existe una menor concentración de sales en T2, T4, T6 presentes en el suelo agrícola contaminado por Pb, Cd.

Determinación la concentración de plomo y cadmio después del tratamiento fitorremediador del suelo agrícola contaminado.

Tabla 13: Todos los resultados del tratamiento utilizando la planta de girasol

Tiempo tratamiento		Pb	Cd
Días	Muestras	ppm	ppm
día 7	Muestra T0	18,00	6,70
	Muestra T2,	15,15	4,73
	Muestra T4	14,76	4,20
	Muestra T6	14,36	3,43
día 14	Muestra T0	17,99	6,48
	Muestra T2,	14,39	3,51
	Muestra T4	13,22	3,14
	Muestra T6	12,81	3,01
día 21	Muestra T0	17,65	6,39
	Muestra T2,	13,29	3,12
	Muestra T4	12,24	2,56
	Muestra T6	11,87	1,33

(Helianthus annuus L)

En la tabla N° 13 se muestran todos los resultados del tratamiento con la planta de Girasol (*Helianthus annuus L*) de los 21 días que duró el proceso fitorremediación los cuales se observa que T6 género mayor disminución comparando con las muestras testigo sin el tratamiento, también con las muestras T2, T4, presentaron resultados menores.

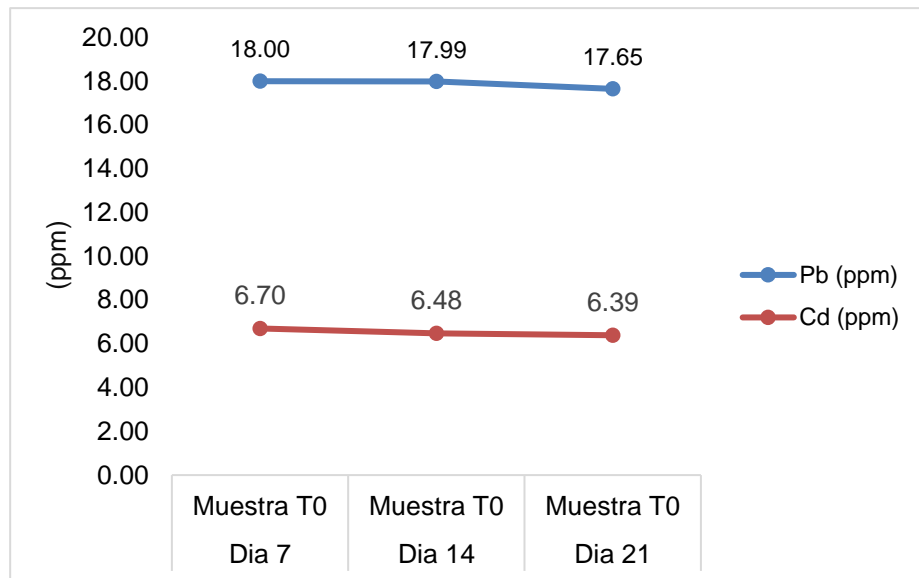


Figura 6: Resultados de Pb y Cd muestra testigo T0.

Fuente : Elaboración propia

Se puede apreciar en los resultados de la figura N°06 la disminución que presentó todas muestra T0 de suelo agrícola contaminado por Pb, Cd, donde el día 21 tuvo una concentración de Pb 17.65 ppm, y Cd 6,39.

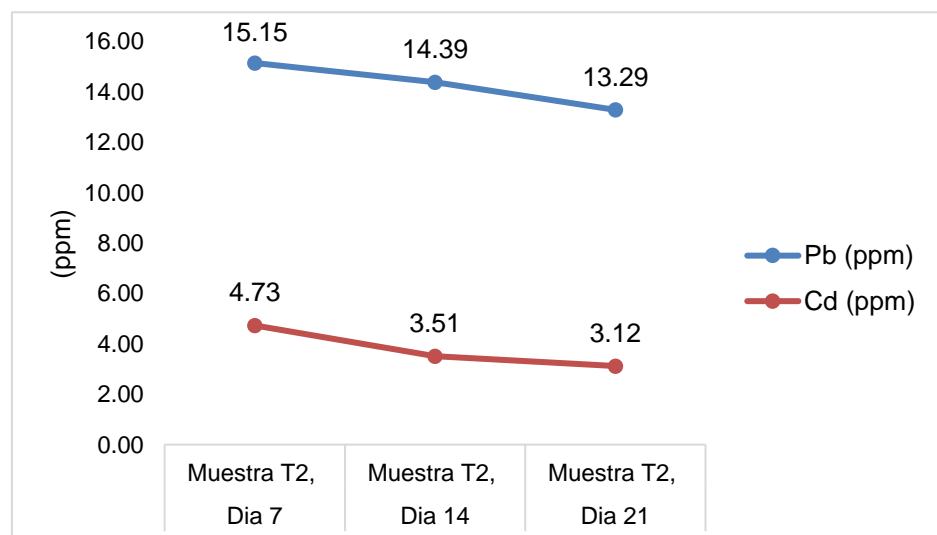


Figura 7: Resultados de Pb y Cd muestra testigo T2.

Fuente : Elaboración propia

Se observan los resultados de la figura N°07 la disminución que presentó curva todas muestra T2 de suelo agrícola contaminado por Pb, Cd, donde el día 21 tuvo una mayor biorremediación de Pb 13.29 ppm, y Cd 3,12.

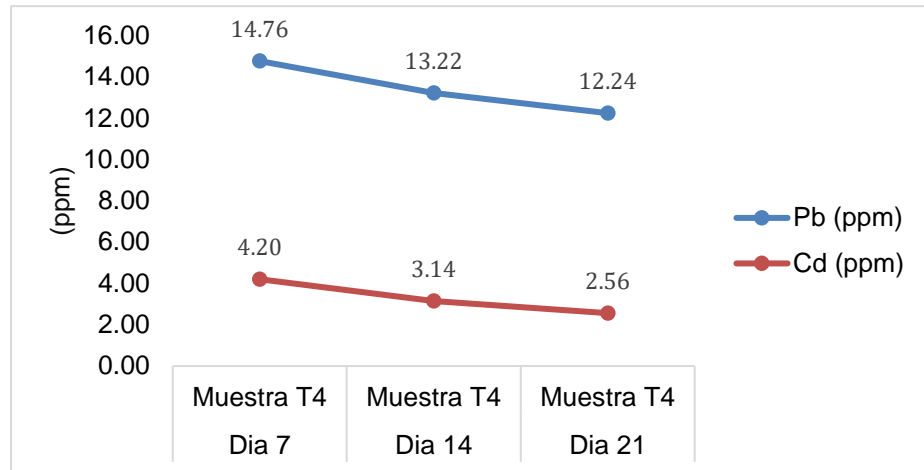


Figura 8 : Resultados de Pb y Cd muestra T4.

Fuente : Elaboración propia

En la figura N°08 las muestra T4 de suelo agrícola contaminado por Pb, Cd, se observa la descendencia de la curva, donde día 21 tuvo una mayor remoción de Pb 12.24 ppm, y Cd 2,56.

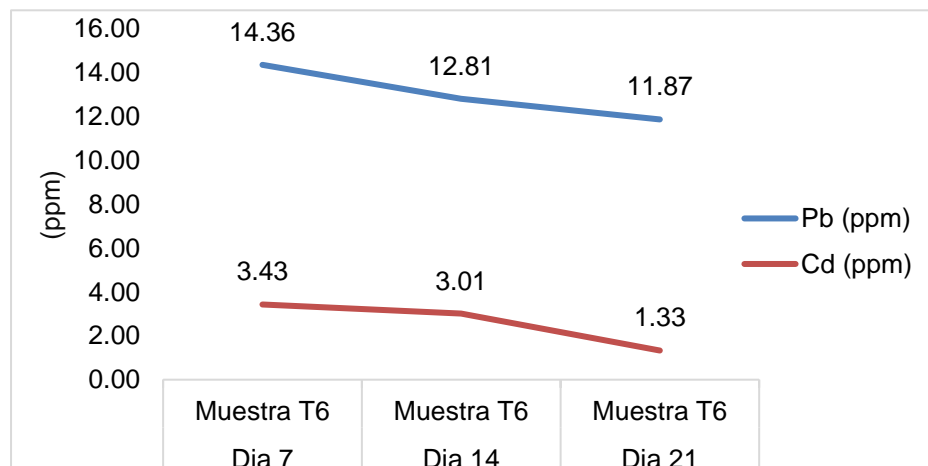


Figura 9: Resultados de Pb y Cd muestra T6

Fuente : Elaboración propia

En la figura N°09 las muestra T6 de suelo agrícola contaminado por Pb, Cd, se observa una descendencia a medida de todo el tratamiento, donde el día 21 la remoción fue mayor para Pb 12.24 ppm, y Cd 2,56.

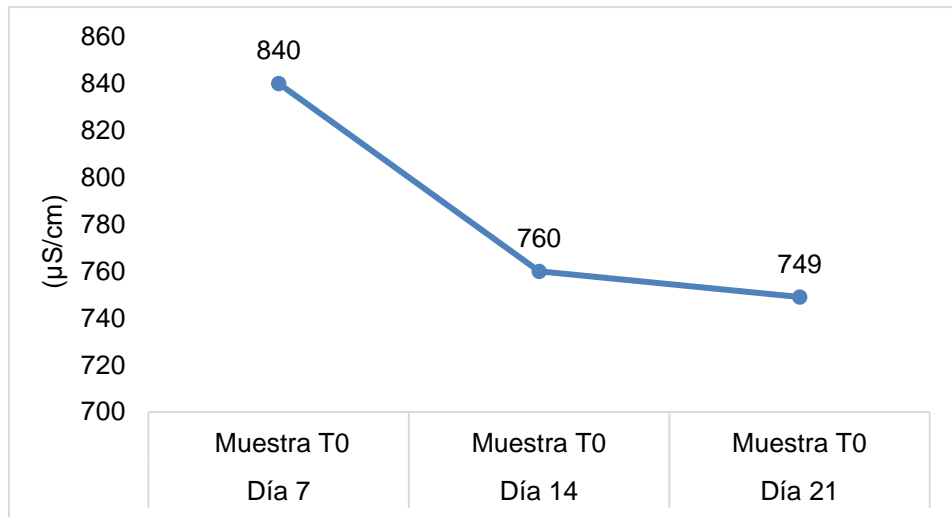


Figura 10: Resultados de conductividad muestra (T0)

Fuente :Elaboración propia

En la figura N°10 se observan que el tratamiento de la muestra (T0) desde el día 7 hubo descendencia en de sales poco significativa, hasta el día 21 que duro el proceso fitorremediador.

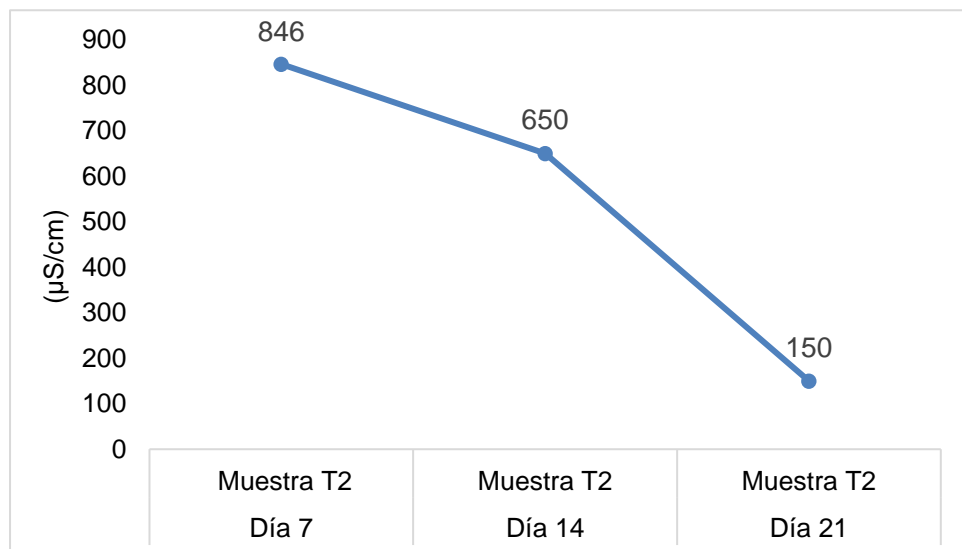


Figura 11:Resultados de conductividad muestra (T2)

Fuente : Elaboración propia.

En la figura N°11 se observan que el tratamiento de la muestra (T2) desde el día 7 hubo descendencia en de sales significativa, hasta el día 21 donde fue mucho menor la cantidad sales.

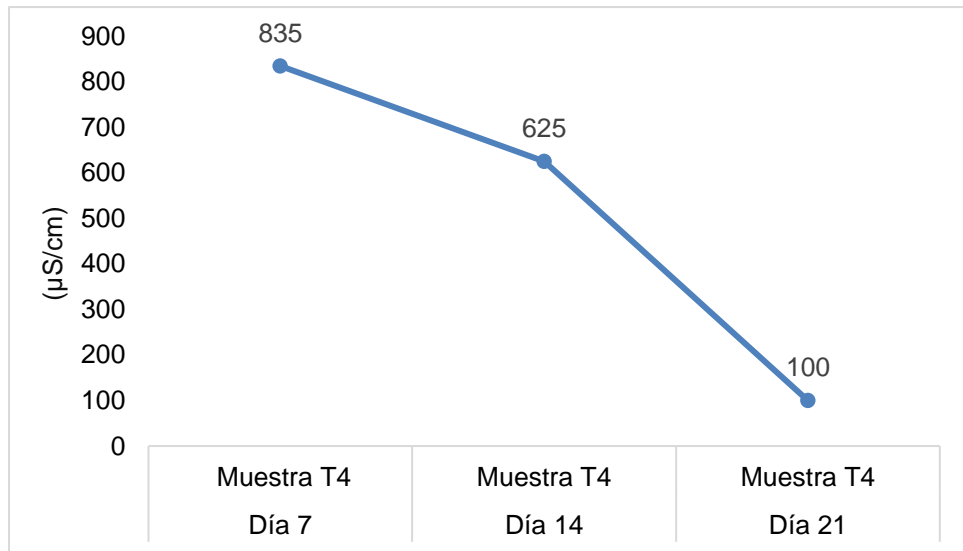


Figura 12: Resultados de conductividad muestra (T4)

Fuente : Elaboración propia

En la figura N°12 se observan que el tratamiento de la muestra (T4) desde el día 7 hubo descendencia en de sales significativa, hasta el día 21 donde fue mucho mayor la cantidad sales.

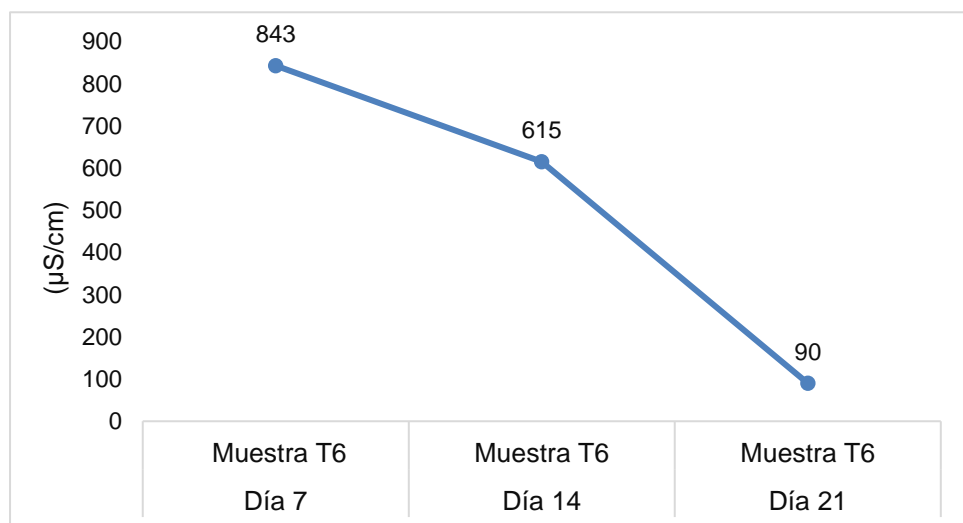


Figura 13: Resultados de conductividad muestra (T6)

Fuente : Elaboración propia

En la figura N°13 se observan que el tratamiento de la muestra (T6) desde el día 7 hubo descendencia en de sales significativa, hasta el día 21 donde fue mucho mayor la cantidad sales.

V. DISCUSIÓN

Para esta investigación se ha podido identificar las concentraciones iniciales de plomo y cadmio en suelo agrícola contaminado provenientes del sector chambac del distrito de Santa Cruz departamento de Cajamarca, de acuerdo a los resultados de análisis iniciales sin aplicar el tratamiento fitorremediador estas fueron enviados a laboratorio de la Universidad Nacional Agraria de la Molina mostraron una concentración Pb 18,00 ppm, Cd 6,70 ppm. En su investigación Chamaya, (2020), guarda relación con los resultados iniciales de mi investigación haciendo mención de la utilización del girasol (*Helianthus annuus.L*) como proceso fitorremediador para descontaminar en el suelo de cultivo de cacao del distrito Yántalo, donde obtuvo como resultados iniciales 1.70ppm los cuales hace comparación con los ECA D.S.Nº011.2017 MINAM los cuales estos sobrepasan los parámetros permisibles para suelo agrícola ya que son un alto riesgo para las personas al consumir alimentos contaminados por metales pesados y para el medio ambiente,

asimismo Alaboudi, et. al, (2018), nos menciona que la planta de girasol (*Helianthus annuus.L*) que fue utilizada para su estudio por su alta tasa de crecimiento y adaptación a climas áridos ya que no es una planta muy exigente en cuanto suelos con alta concentración de materia orgánica , poca absorción de agua y la capacidad de absorber metales como Pb ,Cd. Para realización de su estudio utilizaron suelo de área del jardín contaminado de la universidad Burnely, Australia, donde sus resultados obtenidos inicialmente en brotes y hojas, arrojaron 20 mg Cd brotes ,28 mg Cd raíces en cuanto al Pb 16 mg brotes ,21mg Pb raíces en los primeros 2 semanas de tratamiento con la planta de girasol, es por ello que hace reconocimiento a la planta de girasol como eficiente para por la facilidad de absorción en distintas partes de su biomasa. Este estudio está relacionado por su proceso fitorremediador utilizando la planta de girasol (*Helianthus annuus L*) para descontaminar el suelo por Pb, Cd. con diferencias que miden las concentraciones de los metales en distintas partes de la planta.

En los resultados del tratamiento fitorremediador utilizando girasol (*Helianthus annuus.L.*), tuvo una duración de 21 días de proceso descontaminación más 15 días adicionales para el proceso de germinación, trasplante donde jugará el papel Fitoextractora para absorber metales como el plomo y cadmio, además agregó 200 g de compostaje lo cual ayudó que la planta tenga un mejor desarrollo y puede acumular con facilidad los metales, las muestras T4 y T6 arrojaron mayor eficiencia para descontaminar el suelo agrícola, en estudio (Chauhan y Mathur 2020), hace mención la eficiencia hiperacumuladora que tiene la planta de girasol (*Helianthus annuus.L.*) para remediar suelos contaminados por industrias textiles ,plástico y papel en espacios de Jaipur (India), es así que los resultados arrojaron la absorción de Cd, Pb, Zn, Fe, Cu (59 mg/kg,158mg/Kg, 166 mg/kg, 53mg/kg, 101mg/kg) con ayuda del instrumento espectrofotómetro de absorción atómica, siendo los datos dieron a conocer la importancia que tiene esta planta para descontaminar el suelo con gran facilidad y lo amigable con el ambiente a la hora de utilizar como tratamiento fitorremediador. En esta investigación guarda relación con mis resultados ya que se asemejan por descontaminación Pb, Cd utilizando la planta de girasol (*Helianthus a.L.*) como proceso fitorremediador, además de dar a conocer la eficiencia que tiene para absorber con facilidad otros metales.

De igual manera la investigación (Ma et al. 2019), comparte su preocupación frente a la contaminación del suelo agrícola afectados por agentes metálicos ocasionas por actividades antrópicas, es por ello implementa la agregación de compost e inoculación de agentes microbianos beneficiosos en la planta de girasol (*Helianthus annuus.L.*), tales como *Pseudomonas libanensis* y *Claroideoglomulos claroideum* ,los cuales presentó resultados beneficiosos para acumular Pb ,Cd por ende estos microorganismos se asocian con la planta para absorber agua, nutrientes y agentes contaminantes a cambio de recibir azúcares que recibe la planta por medio de la fotosíntesis, ayudando así la planta de girasol tenga un desarrollo óptimo y se mantenga vigorosa presentado excelente adaptación a climas cálidos .Se asemejan con mi investigación a la hora de aplicar compost para ayudar que la planta de girasol (*Helianthus annuus L*) pueda acumular con mayor facilidad los contaminantes como Pb, Cd del suelo.

Además, el autor da como alternativa adicionar microorganismos beneficios adicionales que pueda tener el compost.

Los resultados obtenidos de cada muestra también se midieron parámetros de conductividad como también se analizó cómo la concentración de metales Pb, Cd y sales se redujo considerablemente al transcurso de las 3 semanas del tratamiento, comparando con el autor (Mojdehi et al. 2021), manifiesta que la utilización de un tipo planta herbácea conocida comúnmente como planta de girasol para su experimento de descontaminar Pb y Cd, utilizando un tipo de diseño completamente al azar, utilizando 3 concentraciones de compost 0,15,30 kg m² con concentraciones de Cd (0,15, 30) ppm y Pb (0,400, 600) ppm ,dando como resultados que sin aplicación de compost la planta de girasol (*Helianthus a.L*) 15 % plomo ,13% Cd a comparación agregando compost + girasol 20% Pb, 17% Cd gracias ello logró mayor eficiencia agregando materia orgánica para estimular a la planta absorbe en mayor porcentaje los metales. Los resultados guardan se similitud con mi investigación ya que logrón, determinar la eficiencia que tiene la planta de girasol (*Helianthus annuus L*) para biorremediar el suelo con mayor efectividad el plomo a comparacion del cadmio que presento valores más bajos.

A semeja con la investigación (Argomeda y Alfredo 2017), hace referencia de la utilización *Helianthus a.L (girasol)* para fitorremediar suelos con Pb, Cd. Los cuales se tomaron 50 kg de suelo contaminado del distrito huaripampea del departamento de Junín, además se adiciono compost para mejorar la absorción de los metales, porque se utilizó 6 métodos con compost,2 de testigo sin aplicar nada teniendo 3 repeticiones cada un método, el proceso fitorremediador duró 64 días dando como resultados promedio de remoción del suelo contaminado un 11% Cd, 9.5% .Por lo se guarda similitud con mi investigación que tuvo resultados eficientes para tratar suelos contaminados utilizando la planta de girasol (*Helianthus annuus L*)

La remoción de Pb, Cd por medio del girasol (*Helianthus a.L*) fueron satisfactorios con más descontaminación del suelo fue la muestra T6 presentando para Pb 11,55 ppm y Cd 1,33 ppm, lo cual la planta de girasol se recomienda como un tratamiento de bajo costo y buena adaptabilidad en climas áridos.

VI. CONCLUSIONES

1. Los resultados iniciales encontrados en la muestra testigo (T0) del suelo agrícola contaminado del sector Chambac del distrito de Santa Cruz, departamento de Cajamarca, mostraron una concentración plomo 18,00 (ppm) y cadmio 6,70 (ppm), donde Cd sobrepasan los parámetros permisibles de la norma del Decreto Supremo N°011.2017 MINAM, por lo cual se utilizó el tratamiento fitorremediador para determinar la eficiencia de la planta de girasol (*Helianthus annuus L.*).
2. El proceso fitorremediador el suelo agrícola contaminado utilizando diferentes cantidades de biomasa de girasol (*Helianthus annuus L.*), donde hubo una muestra testigo (T0) sin agregar ninguna planta a diferencia de otras muestras que si se agregaron distintas biomasa de girasol (*Helianthus annuus L.*) 2,4,6 con una duración de 21 días que duró el proceso fitorremediador.
3. La fitorremediación suelo agrícola contaminado, fue posible gracias a la planta de girasol (*Helianthus annuus L.*) en todos los tratamientos T2, T4, T6 con diferencias significativas en cada muestra al finalizar el proceso fitorremediador se logró observar que T6 mostró valores más altos biorremediados a los 21 días, donde Pb 65.9 % y Cd 19,8% donde la absorción de plomo fue mayor.
4. La técnica fitorremediador utilizando *Helianthus annuus. L.* (girasol) es un tratamiento muy eficiente así lo demuestra esta investigación además se tener un bajo costo, amigable con medio ambiente lo cual se acepta la hipótesis alternativa (H1) ya que presentó niveles altos de absorción en plomo y cadmio en suelos agrícolas contaminados como alternativa de solución.

VII. RECOMENDACIONES

1. A los productores del sector agrario de pequeña, mediana, grande escala utilizar la planta de girasol (*Helianthus annuus L*) para fitorremediar los suelos agrícolas por plomo y cadmio para poder obtener una producción libre de estos contaminantes.
2. Tener siempre en cuenta a la hora de manipular suelo contaminado por metales tener, todos los equipos de bioseguridad ya que estos son relativamente tóxicos y tienen a acumularse en nuestro cuerpo generando daños a en la salud graves y evitar desechar a medio natural lo mejor sería incinerar de esta manera los compuestos quedarán inactivos.

REFERENCIAS

AGUILAR, A.E.V., 2018. "Reducción de la disponibilidad de cadmio hacia la planta utilizando sustancias húmicas en suelos agrícolas contaminados". , pp. 105. disponible :<https://hdl.handle.net/20.500.12990/4635>

ALABOUDI, K.A., AHMED, B. y BRODIE, G., 2018a. Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. *Annals of Agricultural Sciences*, vol. 63, no. 1, pp. 123-127. ISSN 0570-1783. DOI 10.1016/j.aosas.2018.05.007.

ALABOUDI, K.A., AHMED, B. y BRODIE, G., 2018b. Phytoremediation of Pb and Cd contaminated soils by using sunflower (*Helianthus annuus*) plant. *Annals of Agricultural Sciences*, vol. 63, no. 1, pp. 123-127. ISSN 0570-1783. DOI 10.1016/j.aosas.2018.05.007.

ALI, H., KHAN, E. y SAJAD, M.A., 2016. Phytoremediation of heavy metals- Concepts and applications. *Chemosphere*, vol. 91, no. 7, pp. 869-881. DOI 10.1016/j.chemosphere.2013.01.075. Scopus

ALONSO, R.A., 2017. "Fabricación y uso de nanopartículas metálicas con sistemas productivos agrícolas". , pp. 58. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/473/1/Roberto%20Arteaga%20Alonso.pdf>

ARGOMEDA, G. y ALFREDO, M.G., 2017a. Remoción de cadmio y plomo en suelos a orillas del río Mantaro, Junín, mediante fitorremediación con girasol (*Helianthus annuus*) y maíz (*Zea mays*) usando enmiendas". , pp. 101. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3537/Grandez_AMG A.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ALFREDO, M.J., 2016b. "Remoción de cadmio y plomo en suelos a orillas del río Mantaro, Junín, mediante fitorremediación con girasol (*Helianthus annuus*) y maíz (*Zea mays*) usando enmiendas". , pp. 101. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/3537/Grandez_AMG A.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BERROCAL, B., ANDERZON, S., SÁNCHEZ, O. y ALBERTO, L., 2021. Remoción de Suelo Contaminado con Cadmio, mediante Fitorremediación con *Helianthus annuus* Y *Medicago sativa*, Lima, 2021. , pp. 77 <https://hdl.handle.net/20.500.12692/84275>.

CABRÉ, R.B., 2019. Diseños cuasi-experimentales y longitudinales. , pp. 86. <http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/30783/1/D.%20cuasi%20y%20longitudinales>

CHAMAYA, R., MORENO, M.C. y ELEASIL, D., 2020. Fitoextracción de cadmio en suelos de cultivo de cacao con *helianthus annuus*, Moyobamba 2020. , pp. 66. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/56167/Rojas_CH-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CHAUHAN, P. y MATHUR, J., 2020. Phytoremediation efficiency of *Helianthus annuus* L. for reclamation of heavy metals-contaminated industrial soil. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 27, no. 24, pp. 29954-29966. ISSN 1614-7499. DOI 10.1007/s11356-020-09233-x.

EMILY, S. y FLORES, F., 2019. “Remediación de suelos contaminados con plomo (pb) mediante el empleo de girasol (*helianthus annuus*) y estiércol de lombriz roja (*eisenia foetida*) en condiciones controladas”. , pp. 102. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12074>

FAO, 2016. Definiciones | Portal de Suelos de la FAO | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [en línea]. [Consulta: 19 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>.

FLORES, F., 2019. “Remediación de suelos contaminados con plomo (pb) mediante el empleo de girasol (*helianthus annuus*) y estiércol de lombriz roja (*eisenia foetida*) en condiciones controladas”., pp. 102. <http://hdl.handle.net/20.500.12773/12074>

HERNANDEZ MENDOZA, S. y DUANA AVILA, D., 2020. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA, vol. 9, no. 17, pp. 51-53. ISSN 2007-4913. DOI 10.29057/icea.v9i17.6019.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ COLLADO, C. y BAPTISTA LUCIO, P., 2014. Metodología de la investigación [en línea]. S.l.: s.n. ISBN 978-1-4562-2396-0. Disponible en: <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>.

IUPAC, 2018. Plomo (Pb) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente. [en línea]. [Consulta: 13 junio 2022]. Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/pb.htm>.

KLUK, D. y STELIGA, T., 2019. Potential of Helianthus annuus for phytoremediation of lead, zinc, total petroleum hydrocarbons (TPH) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) contaminated soil. Nafta-Gaz, vol. 75, no. 7, pp. 379-387. ISSN 08678871. DOI 10.18668/NG.2019.07.01.

LU, H., QIAO, D., HAN, Y., ZHAO, Y., BAI, F. y WANG, Y., 2021. Low Molecular Weight Organic Acids Increase Cd Accumulation in Sunflowers through Increasing Cd Bioavailability and Reducing Cd Toxicity to Plants. Minerals, vol. 11, no. 3, pp. 243. ISSN 2075-163X. DOI 10.3390/min11030243.

MA, Y., RAJKUMAR, M., OLIVEIRA, R.S., ZHANG, C. y FREITAS, H., 2019a. Potential of plant beneficial bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of metal-contaminated saline soils. Journal of Hazardous Materials, vol. 379, pp. 120813. ISSN 0304-3894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2019.120813.

MA, Y., RAJKUMAR, M., OLIVEIRA, R.S., ZHANG, C. y FREITAS, H., 2019b. Potential of plant beneficial bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi in phytoremediation of metal-contaminated saline soils. Journal of Hazardous Materials, vol. 379, pp. 120813. ISSN 0304-3894. DOI 10.1016/j.jhazmat.2019.120813.

MINAN, J.M.H., CONTRERAS, E.G., GAZZANI, C.A. y CALDERÓN, P.O.Á., 2017. Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM. , pp. 4.

MINSA, 2020. Guía de Práctica Clínica para el Diagnóstico y Tratamiento de la Intoxicación por Cadmio [en línea]. 2020. S.l.: s.n. [Consulta: 10 junio 2022]. Disponible en: <http://bvs.minsa.gob.pe/local/MINSA/3244.pdf>.

MOJDEHI, F., TAGHIZADEH, M., BAGHAIE, A.H., CHANGIZI, M. y KHAGHANI, S., 2021. Role of antioxidant enzymes and plant performances towards heavy metal stress in ornamental sunflower by vermicompost implementation. *European Journal of Horticultural Science*, vol. 86, no. 1, pp. 69-77. ISSN 1611-4426. DOI 10.17660/eJHS.2021/86.1.8.

MORALES MEZA, M.J., 2020. Capacidad de absorción del girasol (*Helianthus annuus*) en suelos contaminados a diferentes concentraciones de plomo nivel laboratorio. En: Accepted: 2020-08-25T14:41:45Z, Universidad Peruana Unión [en línea], [Consulta: 18 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3188>.

MORRAR SÁNCHEZ, G., MUNIVE YACHACHI, Y., 2020. Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado, remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost. *Scientia Agropecuaria*, vol. 11, no. 2, pp. 177-186. ISSN 2077-9917. DOI 10.17268/sci.agropecu.2020.02.04.

MUNIVE, R., GAMARRA, G., MUNIVE, Y., PUERTAS, F., VALDIVIEZO, L. y CABELLO, R., 2020. Absorción de plomo y cadmio por girasol de un suelo contaminado y remediado con enmiendas orgánicas en forma de compost y vermicompost. *Scientia Agropecuaria*, vol. 11, no. 2, pp. 177-186. ISSN 2306-6741. DOI 10.17268/sci.agropecu.2020.02.04.

OMS, 2021. Plomo - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. [en línea]. [Consulta: 10 junio 2022]. Disponible en: <https://www.paho.org/es/temas/seguridad-quimica/plomo>.

OMS, V., 2019. Salud y metales pesados - Medio ambiente - Portal del Gobierno de La Rioja. [en línea]. Disponible en: <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/calidad-aire-cambio-climatico/calidad-aire/red-biomonitorizacion-metales-pesados-rioja/salud-metales-pesados>.

RAICO, Q., 2020. "Eficiencia de *helianthus annuus* (l.) y *chromolaena odorata* (l.) para la fitorremediación de suelos contaminados por metales pesados". , pp. 42.

RODRÍGUEZ, V., 2019. Metodologías para establecer valores de referencia de metales pesados en suelos agrícolas: perspectivas para Colombia. [en línea]. [Consulta: 22 mayo 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122011000300001.

STOIKOU, V., ANDRIANOS, V., STASINOS, S., KOSTAKIS, M.G., ATTITI, S., THOMAIDIS, N.S. y ZABETAKIS, I., 2017. Metal Uptake by Sunflower (*Helianthus annuus*) Irrigated with Water Polluted with Chromium and Nickel. *Foods*, vol. 6, no. 7, pp. 51. ISSN 2304-8158. DOI 10.3390/foods6070051.

SUAÑA QUISPE, M.E., 2017. Capacidad del girasol (*Helianthus annuus* L.) para absorber cadmio de suelos contaminados en ambiente controlado-Puno. En: Accepted: 2018-04-25T18:18:52Z, Universidad Nacional del Altiplano [en línea], [Consulta: 18 mayo 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/6779>.

SURESH, M.J. y RAJIV, P., 2018. Phytoremediation of Chromium from Electroplating Effluent Treatment Plant (Etp) Sludge Using *Helianthus annuus* L. *Oriental Journal of Chemistry*, vol. 34, no. 6, pp. 2977-2982.

TARIQ, S.R. y ASHRAF, A., 2016. Comparative evaluation of phytoremediation of metal contaminated soil of firing range by four different plant species. *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 9, no. 6, pp. 806-814. ISSN 1878-5352. DOI 10.1016/j.arabjc.2013.09.024.

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE MADRID, 2016. Ecotoxicología del cadmio riesgo para la salud de la utilización de suelos ricos en cadmio - E-Prints Complutense. [en línea]. [Consulta: 13 junio 2022]. Disponible en: <https://eprints.ucm.es/id/eprint/50902/>.

VARGAS GARCIA, Lady, 2021. "Fitorremediación de suelos contaminados con plomo en zonas mineras de Perú". [en línea]. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1890/TB-Vargas%20L-Ext.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

VARGAS MUÑOZ, A., 2017. Influencia de las micorrizas arbusculares en la fitoextracción con girasol en suelos contaminados por pb y cd. [en línea]. [Consulta: 27 abril 2022]. Disponible en: https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_vargas_munoz.pdf.

VÉLEZ, V., CABANILLAS, M.R. y LUIS, J., 2017. Fitorremediación por *Helianthus annuus*. I en la disminución de cobre en los suelos mineros de cuculí para uso agrícola. , pp. 54.

YAZDANBAKHS, A., ALAVI, S.N., VALADABADI, S.A., KARIMI, F. y KARIMI, Z., 2020. Absorción de metales pesados de suelos salados por girasol ornamental, utilizando estiércol de vaca y biosólidos: un estudio de caso en la ciudad de Alborz, Irán. *Air, Soil and Water Research*, vol. 13, pp. 1178622119898460. ISSN 1178-6221. DOI 10.1177/1178622119898460

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidades de medida	Escala de medición
VD. Eficiencia Fitorremediadora	La fitorremediación por medio de la especie <i>Helianthus annuus.L.</i> consiste en el uso de plantas para remediar in-situ suelos, se define como una nueva tecnología simple, respetuosa y beneficiosa para nuestro medio ambiente que ayuda a reducir rápidamente los metales pesados tóxicos y otros contaminantes que puedan estar asociados con el suelo. Raico y Deberlyn (2020)	Medir las concentraciones iniciales y finales por plomo, cadmio para determinar la eficiencia de la planta de girasol. (<i>Helianthus annuus.L.</i>)	Eficiencia Fitorremediación Pb . Eficiencia Fitorremediación Cd	Porcentaje de fitorremediación		Razón
VI. Biomasa de la especie <i>Helianthus annuus.L.</i>	El crecimiento de la planta de girasol presenta buena absorción de sustancias tóxicas por metales tales como el Cd y Pb en su biomasa resistiendo altas concentraciones sin recibir daños a la planta o retrasar su desarrollo óptimo. Gómez et al., (2018).	Medir diferentes biomasas de <i>Helianthus annuus. L.</i>		Biomasa	kg	Razón

Anexo 02: Fotografías

Reconocimiento y recolección ex-situ del suelo agrícola contaminado.



Implementación de invernadero para mejor desarrollo óptimo de la planta de girasol



Etapa de germinación, crecimiento de la planta de girasol (*Helianthus annuus* L.)



**Cloruro de cadmio y plomo
plomo y cadmio**



Pesado de los contaminantes



Contaminación de suelo agrícola con plomo y cadmio



Sembrado y desarrollo de la planta de girasol (*Helianthus annuus L.*) con suelo contaminado



Recolección de muestras de suelo para análisis fisicoquímico



Instrumentos utilizados en análisis de pH y conductividad



Anexo Nº 03 Resultados de concentración de plomo y cadmio en suelo agrícola contaminado



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




INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN SUELO

SOLICITANTE : LUIS CRISTOPHER CALDERON GUERRERO
PROCEDENCIA : CAJAMARCA/ SANTA CRUZ/ SANTA CRUZ
REFERENCIA : H.R. 78184
BOLETA : 5442
FECHA : 22/11/2022

Número Muestra		Pb	Cd
Lab	Claves	ppm	ppm
2681	Muestra T0, 16-10-22	17,99	6,48
2682	Muestra T2, 16-10-22	14,39	3,51
2683	Muestra T4, 16-10-22	13,22	3,14
2684	Muestra T6, 16-10-22	12,81	3,01
2685	Muestra T0, 23-10-22	17,65	6,39
2686	Muestra T2, 23-10-22	13,29	3,12
2687	Muestra T4, 23-10-22	12,24	2,56
2688	Muestra T6, 23-10-22	11,87	1,33
2689	Muestra T0, 09-10-22	18,00	6,70
2690	Muestra T2, 09-10-22	15,15	4,73
2691	Muestra T4, 09-10-22	14,76	4,20
2692	Muestra T6, 09-10-22	14,36	3,43




Constantino Calderón Mendoza
Jefe del Laboratorio



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MONTEZA ARBULÚ CÉSAR AUGUSTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Fitorremediación en suelos agrícolas contaminados por plomo y cadmio utilizando Helianthus annuus L

", cuyo autor es CALDERON GUERRERO LUIS CRHISTOFER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 30 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MONTEZA ARBULÚ CÉSAR AUGUSTO DNI: 16681280 ORCID: 0000-0003-2052-6707	Firmado electrónicamente por: MARBULUCA el 12- 12-2022 09:52:17

Código documento Trilce: TRI - 0463131