



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AMBIENTAL

Fitoextracción con *Helianthus annuus L.* (girasol) para la reducción de  
cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORA

Sarah Berenger Labra Huamantalla

ASESOR:

Dr. José Eloy Cuellar Bautista

LINEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

Año 2018- I

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don (a) *Labra Huamantalla, Sarah Berenger*; cuyo título es: *"Fitoextracción con Helianthus Annuus L. (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018"*

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de: 15 (número) trece letras).

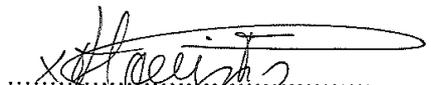
Lima Este (o Filial) 20 de julio del 2018.



.....  
EDUARDO RONALD ESPINOZA FARFAN  
PRESIDENTE



.....  
FERNANDO ANTONIO SERNAQUE AUCCAHUASI  
SECRETARIO



.....  
JOSE ELOY CUELLAR BAUTISTA  
VOCAL

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

## DEDICATORIA

A Dios por darme la vida, iluminarme en cada decisión tomada y permitirme llegar hasta este momento importante de mi formación profesional, a mis padres y novio con su apoyo incondicional.

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por darme la vida y las fuerzas para seguir adelante, por ser mi guía en el camino hacia mi meta y lograrla con éxito, asimismo por haberme bendecido con la familia que tengo. Agradezco a mis padres, Wilder Labra Alvarado y Marisol Huamantalla Villa por brindarme el amor, apoyo incondicional, enseñanzas, comprensión, y por formar a la persona que soy porque gracias a su apoyo y consejos he llegado a realizar una de mis grandes metas.

Agradezco a la Universidad César Vallejo sede Lima-Este por brindarme las herramientas necesarias para desarrollarme en mi formación profesional, a mi asesor el Dr. José Eloy Cuellar Bautista, por sus asesorías y sus sabios consejos, a Daniel Neciosup Gonzales por sus orientaciones y apoyo, asimismo agradezco al Dr. Antonio Delgado Arenas por su amistad, entusiasmo, que siempre me valdrán como aliento para ser mejor.

Agradezco a mis abuelos y a mi novio Joshua Vargas Montalva por sus consejos, apoyo moral y deseos de superación hacia mi persona.

Gracias a mi jefe de prácticas de E&E Perú S.A Ing. Martin Alvarado Flores, por las facilidades y comprensión que me dio para el término de esta investigación, asimismo al ing. Myke Salazar por el apoyo y consejos.

A mis amistades que me han brindado su apoyo en todos estos años.

Y a todas las personas que pusieron su granito de arena para la culminación de esta tesis, muchas gracias.

## DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo **Sarah Berenger Labra Huamantalla**, con DNI N° **48728822**, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes, consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

**Lima 20 de julio del 2018**

-----  
Sarah Berenger Labra Huamantalla  
DNI: 48728822

## PRESENTACION

Señores miembros del jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “Fitoextracción con *Helianthus annuus L.* (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018”, cuyo objetivo fue evaluar la capacidad de fitoextracción del *Helianthus annuus L.* (girasol) para reducir el cadmio en suelos contaminados que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniera Ambiental. La investigación consta de seis capítulos. En el primer capítulo se explica la realidad problemática, los trabajos previos, las teorías y conceptos, el problema, la justificación, las hipótesis y los objetivos; en el segundo capítulo se muestra el método estadístico, las variables, las técnicas e instrumento de recolección de datos, en el tercer capítulo se detalla los resultados obtenidos del presente trabajo de investigación. En el cuarto capítulo se explica las discusiones de acuerdo a los resultados obtenidos para la constatación de hipótesis con investigaciones que se tomaron como antecedentes en la investigación. En el quinto capítulo se presenta las conclusiones y por último en el sexto capítulo se detalla las recomendaciones.

## ÍNDICE

I. INTRODUCCION .....	1
1.1 Realidad problemática.....	1
1.2 Trabajos previos.....	3
1.2.1 Antecedentes internacionales .....	3
1.2.2 Antecedentes nacionales .....	5
1.3 Teorías Relacionadas al tema.....	7
1.3.1 Marco teórico.....	7
1.3.2 Marco conceptual .....	13
1.3.3 Marco legal.....	15
1.3.3.1 Resolución Ministerial N° 085-2014- MINAM Guía para muestreo de suelos.....	15
1.3.3.2 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. D.S. N° 011-2017-MINAM.....	15
1.4 Formulación del problema.....	16
1.4.1 Problema general .....	16
1.4.2 Problema específicos .....	17
1.5 Justificación del estudio .....	17
1.5.1 Justificación teórica .....	17
1.5.2 Justificación metodológica.....	18
1.5.3 Justificación tecnológica.....	18
1.5.4 Justificación económica.....	18
1.6 Hipótesis .....	19
1.6.1 Hipótesis general.....	19
1.6.2 Hipótesis específicas.....	19
1.7 Objetivos .....	20
1.7.1 Objetivo general .....	20
1.7.2 Objetivos específicos.....	20
II. METODO .....	1
2.1 Diseño de investigación .....	21
2.2 Variables, operacionalización.....	21
2.2.1 Variables .....	21
2.2.2 Operacionalización.....	22
2.2.3 Matriz de operacionalización de las variables .....	22

2.3	Población y muestra.....	24
2.3.1	Población.....	24
2.3.2	Muestra .....	24
2.3.3	Muestreo .....	24
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	24
2.4.1	Técnica de recolección de datos .....	24
2.4.2	Instrumento de recolección de datos.....	25
2.4.3	Validez y confiabilidad del instrumento.....	25
2.4.4	Descripción del procedimiento .....	25
2.4.4.1	Selección de la semilla de girasol ( <i>Helianthus annuus L.</i> ) .....	26
2.4.4.2	Prueba de germinación .....	26
2.4.4.3	Recolección de la muestra de suelo .....	26
2.4.4.4	Distribución de muestras para lo fitoextracción.....	28
2.4.4.5	Concentración de cadmio en suelo .....	28
2.4.4.6	Análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica .....	28
2.5	Métodos de análisis de datos.....	30
2.5.1	Recojo de datos .....	30
2.5.2	Proceso de análisis de datos.....	31
2.6	Aspectos Éticos.....	32
III.	RESULTADOS.....	33
3.1	Evaluación de la capacidad de fitoextracción del <i>Helianthus annuus L.</i> (girasol) para reducir el cadmio en suelos contaminados.....	35
3.2	Determinar las características morfológicas que favorecen la reducción de cadmio en suelos contaminados .....	36
3.2.1	Resultados iniciales en pH, conductividad y humedad.....	41
3.3	Resultados después de la fitoextracción .....	42
3.3.1	Resultados de las concentraciones Iniciales .....	45
3.4	Determinar la estructura de absorción para la reducción de cadmio en suelos contaminados .....	46
3.4.1	Análisis estadísticos .....	49
IV.	DISCUSION .....	35
V.	CONCLUSIONES.....	60
VI.	RECOMENDACIONES .....	62
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	62
VIII.	ANEXOS .....	62

## ÍNDICE DE TABLAS Y FIGURAS

### TABLAS

Tabla 1	Clasificación taxonómica ( <i>Helianthus annuus L</i> ) .....	9
Tabla 2	Estándares de calidad para suelo .....	15
Tabla 3	Operacionalización de variables.....	22
Tabla 4	Validez del instrumento .....	25
Tabla 5	Recojo de datos .....	31
Tabla 6	Estructura de absorción a nivel total .....	35
Tabla 7	Características morfológicas .....	36
Tabla 8	Tamaño de raíz del girasol.....	36
Tabla 9	Tamaño de la planta del girasol .....	38
Tabla 10	Longitud de hojas del girasol.....	39
Tabla 11	Unidades de hojas del girasol .....	40
Tabla 12	Evaluación de los parámetros físico-químicos .....	41
Tabla 13	Resultados después de la fitoextracción .....	42
Tabla 14	Promedio de resultados iniciales y finales de parámetros fisicoquímicos 43	
Tabla 15	Resultados iniciales y finales de cadmio .....	45
Tabla 16	Absorción de cadmio en girasol .....	47
Tabla 17	Resultados estadísticos de ANOVA para el pH.....	50
Tabla 17-1	Prueba tukey .....	50
Tabla 18	Resultados estadísticos de ANOVA para conductividad .....	51
Tabla 18-1	Prueba tukey .....	51
Tabla 19	Resultados estadísticos de ANOVA para humedad .....	51
Tabla 19-1	Prueba tukey .....	52
Tabla 20	Resultados estadísticos de ANOVA para tamaño de la planta.....	52

Tabla 20-1	Prueba tukey .....	52
Tabla 21	Resultados estadísticos de ANOVA para tamaño de raíz .....	53
Tabla 21-1	Prueba tukey .....	53
Tabla 22	Resultados estadísticos de ANOVA para número de hojas .....	54
Tabla 22-1	Prueba tukey .....	54
Tabla 23	Resultados estadísticos de ANOVA para longitud de hojas .....	55
Tabla 23-1	Prueba tukey .....	55
Tabla 24	Resultados estadísticos de ANOVA para cadmio absorbido en hojas 56	
Tabla 24-1	Prueba tukey .....	56
Tabla 25	Resultados estadísticos de ANOVA para cadmio absorbido en raíz.	57
Tabla 25-1	Prueba tukey .....	57

## **FIGURAS**

Figura 1	Proceso de fitoextracción .....	8
Figura 2	Localización de Puntos de Muestreo.....	27
Figura 3	Técnica del cuarteo .....	28
Figura 4	Estructura de absorción a nivel total .....	35
Figura 5	Promedio del tamaño de la raíz de las muestras de girasol.....	37
Figura 6	Tamaño de la planta del girasol .....	38
Figura 7	Longitud de las hojas de la muestras de girasol.....	39
Figura 8	Número de hojas del girasol.....	40
Figura 9	Atributos morfológicos del girasol.....	41
Figura 10	Promedio de pH inicial y final .....	43
Figura 11	Promedio de conductividad inicial y final.....	44
Figura 12	Promedio de humedad inicial y final.....	44

Figura 13	Concentración inicial de cadmio.....	45
Figura 14	Concentración inicial y final de cadmio .....	46
Figura 15	Absorción de cadmio en raíz y hojas.....	47
Figura 16	Concentración promedio de cadmio en el girasol.....	48
Figura 17	Concentración de cadmio en raíces del girasol.....	48
Figura 18	Concentración de cadmio en las hojas del girasol .....	49

## INDICE DE ANEXOS

ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	76
ANEXO 2 FICHA DE OBSERVACIÓN.....	79
ANEXO 3 FOTOGRAFÍA.....	81
ANEXO 4 RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN HOJA Y RAÍZ.....	89
ANEXO 5 RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN INICIAL Y FINAL EN SUELO.....	91
ANEXO 6 VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN.....	93
ANEXO 7 TURNITIN.....	98
ANEXO 8 AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	100
ANEXO 9 AUTORIZACION DE PUBLICACION DE TESIS.....	101

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo determinar la capacidad del *Helianthus annuus L.* (girasol) para la fitoextracción de cadmio en suelos contaminados a nivel de laboratorio, fue realizada con un diseño experimental y longitudinal, se desarrolló bajo las siguientes condiciones de trabajo: se colocaron 15 macetas conteniendo 1 kg de tierra cada uno y se experimentó con 5 tratamientos y 3 repeticiones incluyendo el testigo, estas fueron básicamente distintas concentraciones de cadmio (10, 20, 30, y 40 mg/l), se instalaron en el mes de marzo, en cada maceta se colocó 1 semilla del girasol, la temperatura ambiental oscilo entre 18 a 19 °C, se evaluó por un periodo de 2 meses y se determinó la captación en raíces y hojas, los resultados que se obtuvieron fueron que el *Helianthus annuus L.* (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 se pudo determinar que el girasol reporta un 15.62% de eficiencia en la absorción de cadmio de suelos contaminados mediante la fitoextracción y en la evaluación estadística dio un nivel de confianza del 95%.

**Palabras claves:** fitoextracción, *Helianthus annuus L.* (girasol), capacidad, absorción.

## ABSTRACT

The objective of this research is to determine the capacity of *Helianthus annuus* L. (sunflower) for the phytoextraction of cadmium in contaminated soils at laboratory level, it was carried out with an experimental and longitudinal design, it was developed under the following working conditions: they were placed 15 pots containing 1 kg of soil each and experimented with 5 treatments and 3 repetitions including the control, these were basically different concentrations of cadmium (10, 20, 30, and 40 mg / l), were installed in the month of March , in each pot was placed 1 seed of sunflower, the environmental temperature ranged from 18 to 19 ° C, was evaluated for a period of 2 months and the uptake was determined in roots and leaves, the results that were obtained were that *Helianthus annuus* L. (sunflower) managed to capture in its leaves an average of 17.12 mg/kg and in the roots an average of 21.29 mg/kg of cadmium, it was also possible to determine that the sunflower reports a 15.62% of efficiency. In the absorption of cadmium from contaminated soils by phytoextraction, the statistical evaluation gave a confidence level of 95%.

Keywords: phytoextraction, *Helianthus annuus* L. (sunflower), capacity, absorption.

# **I. INTRODUCCIÓN**

La contaminación ambiental es considerada como uno de los problemas más significativos que perjudican a la humanidad, la pérdida de los recursos naturales es una gran problemática que va incrementado con el pasar de los años. El ser humano ha provocado y sigue provocando cambios sobre el ambiente mediante distintas actividades como en la agricultura, industria, minería, construcción etc. (Reyes, Yulieth [et al.], 2016. p. 66)

Los metales pesados son persistentes y por ello estas no pueden ser degradados, estos entran en el suelo vía natural (mediante la roca madre) o por acciones antrópicas, asimismo se movilizan en el agua, aire y suelo. No obstante los metales pueden almacenarse en la zona exterior del suelo permaneciendo alcanzable al consumo de las raíces de los cultivos (Baird, 1999). Por otro lado, la inhalación e ingesta de alimentos, son causas más sobresalientes de contaminación, por ello, se han realizado investigaciones que evalúen la contaminación de metales pesados en alimentos como la carne y leche, además manifiestan que por el daño que causa en la salud la concentración deben ser muy bien evaluados y monitoreados. (Reyes, Yulieth [et al.], 2016. p. 68)

La elevación de contaminación que causa el cadmio en la superficie es perjudicial, por ello se debe realizar distintos métodos para poder reducir los niveles de concentración de este metal. Algunos estudios nos manifiestan que la fitoextracción es un tipo de fitorremediación que está basada en la capacidad de las plantas hiperacumuladoras para acumular contaminantes en sus raíces, tallos o follajes para la descontaminación de suelos. (Bernal, 2014. p.245)

Cabe mencionar que, se han reconocido cerca de 415 especies de plantas hiperacumuladoras y están divididas en 45 familias botánicas, asimismo estas tienen la capacidad de almacenar metales hasta 100 veces más que las plantas comunes no acumuladoras. (Boyd R. S, 2008.p.158).

### **1.1 Realidad Problemática**

La minería en el Perú ha alcanzado el séptimo lugar de los 10 principales países productores de minerales, asimismo tiene la ventaja de poseer diversificación en la producción de sus minerales como: cobre, oro, plata, zinc, estaño, cadmio,

mercurio, molibdeno, hierro, selenio e indio. (Industria Minera Guía de Negocios en el Perú, 2013, p.4). Por otro lado, el cadmio es un elemento escaso en la superficie sin embargo su acumulación ha aumentado con el pasar de los tiempos, la contaminación por este metal puede causar problemas a todos los seres vivos. (Revista ECOSISTEMAS, 2008).

El cadmio cuando ingresa al ser humano se deposita en el hígado y en los riñones hasta un 50 %, el tiempo de vida es entre 15 y 25 años, asimismo la expulsión se produce a través de la orina (Sabroso y Pastor, 2004, p.46). Los síntomas son parecidos a la gripe o fiebre por la inhalación de humos de minerales y aparecen entre 1 y 8 horas después de la exposición y se manifiestan de la siguiente forma: náuseas, vómitos, dolor abdominal. La eliminación de este metal es muy lenta, es por ello que con el pasar de los años esta se almacena en el organismo aumentando su concentración. Debido a ello y al peligro que presenta el cadmio en el medio ambiente, se han tomado medidas legislativas con el fin de moderar su uso. (Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, 2001, p.10).

Cabe mencionar que esta problemática sucede en distintos lugares de nuestro país como por ejemplo en los desechos de los relaves minero artesanal, ubicado en el Caserío de Zarumilla, Pataz- La Libertad donde se encontró 17.38 mg/kg de cadmio (Lizarbe. K y Rivera Y. 2013), asimismo en el Callao, Iquitos y Cerro de Pasco; refiriéndose a este último lugar, el ministerio de Salud (2017) mediante el D.S 020-2017-SA declara en estado de emergencia por 90 días a los distritos de Chaupimarca y Simón Bolívar, debido a que sufren contaminación por metales pesados, ya que estos minerales están presentes en el suelo y superan los estándares de calidad establecidos por el MINAM.

Se debe agregar que para el informe de atención médica de salud en ambiente asociados a minería y metalúrgica se realizó análisis de cabello, sangre y orina a 15 niños de Cerro de Pasco donde se detectó que los niños presentaban una exposición positiva para cadmio. (Muqui-Red de propuesta y acción, 2017). Por lo tanto, se puede decir que los niños del distrito de Chaupimarca y Simón Bolívar se encuentran intoxicados con cadmio a causa de las mineras.

## 1.2 Trabajos Previos

### 1.2.1 Antecedentes Internacionales

Vargas, G. (2013) en la tesis titulada “*Influencia de las Micorrizas Arbusculares en la Fitoextracción con Girasol en Suelos Contaminados por Pb y Cd*”. Tuvo como objetivo determinar la capacidad fitoextractora del *Helianthus annuus L.* asociada con micorrizas arbusculares en suelo contaminado por cadmio. En cuanto a la metodología el diseño fue experimental, se tamizó, limpió las semillas en una solución de hipoclorito de sodio al 10%. Después el suelo se contaminó artificialmente con cuatro dosis de Cadmio: 0 (testigo), 37, 60 y 120 mg/kg. Se sembraron 2 semillas de girasol y tuvieron 5 repeticiones; el sustrato fue preparado con una mezcla de suelo con agrolita 1:1, posteriormente se adicionó 10 mg de *Rhizophagus intraradices* para su inoculación y se agregaron las dosis de contaminantes Cd (NO<sub>3</sub>) en dosis única de 10 ml. Se obtuvo como resultado que el porcentaje de germinación de las semillas que se inocularon con *Rhizophagus intraradices* sin la adición de elementos (Cd) es del 68-72%, en la parte aérea de girasol no tiene capacidad de acumular Cd al adicionar micorrizas arbusculares, como la capacidad natural de la especie para la absorción. Tuvo como conclusión que la semilla del girasol puede desarrollarse en suelos contaminados con cadmio asimismo este presentó capacidad de absorber y acumular Cadmio en la flor del mismo.

Muso, J (2012) en la tesis titulada, “*Diseño de un vivero piloto en campo con el fin de determinar la capacidad fitorremediadora de especies que hay en el Oriente Ecuatoriano*”, se utilizaron 4 distintas dosis de Cadmio (0, 20, 40 y 60 ppm), en total se obtuvo 30 plantas, asimismo se analizaron la concentración de este metal en las hojas, raíz y suelo en el periodo de 60 y 120 días. Para el análisis de investigación se plantaron 5 variedades de planta (Camacho, cabezona, maíz, girasol y dalis). Cada cubeta estuvo expuesta a 15 ppm de suelo con cadmio. Se obtuvo como resultado una remoción de hasta 79,67 %, la planta que tuvo mayor capacidad de absorción fue el maíz, sobrepasando al camacho ya que tuvo un 55,170% de absorción. Según los resultados obtenidos nos muestran que estas especies es una posible alternativa para la recuperación de suelos contaminados con cadmio en el distrito Amazónico.

Gutiérrez, L *et. al.* (2011) en el artículo titulado “*Germinación del girasol silvestre (Helianthus annuus L) en presencia de diferentes concentraciones de metales*”, tuvo como objetivo determinar la capacidad de germinación de las semillas de girasol en suelos con altos niveles de concentración de metales. En cuanto a su metodología los niveles de tratamiento fueron soluciones acuosas a 0, 25, 50, 100, 200, y 400 mg/L de Cadmio (NO<sub>2</sub>)<sup>3</sup>, se pusieron 50 semillas por cada tratamiento (cada una tuvo cuatro repeticiones), estas fueron desinfectadas en alcohol al 70%, luego en hipoclorito de sodio al 10%, terminando con ocho enjuagues en agua destilada. Asimismo antes de colocar las semillas, éstas se humedecieron en la solución seleccionada del tratamiento, con el número total de semillas germinadas se calculó el porcentaje de germinación. Tuvo como resultados que no se observaron diferencias estadísticamente significativas (P >0,05). La germinación de la semilla de girasol fue 9.08%±0.78 durante la temporada de verano-otoño y 38.34%±3.0 durante la temporada de primavera. Por lo tanto, se concluyó que el girasol germinó a todos los niveles de concentración de los metales probados que no sólo los girasoles adultos pueden resistir a la contaminación por metales pesados, sino que también esta puede ser utilizado para su siembra en lugares contaminados.

Gonzales, I (2011) en la tesis titulado “*Fitoextracción de Metales Pesados de un Suelo Agrícola con Girasol Ornamental y Sustancias Húmicas*”. Tuvo como objetivo determinar la capacidad del *Helianthus annuus L.* “Sunbright” y “Alpaccino” con sustancias fulvicas de leonardita para fitoextraer zinc, cadmio y plomo. Su metodología fue experimental, en las muestras se agregaron 2 ml/L, 4ml/L, 6ml/L de ácidos fúlvicos y al testigo, se evaluaron la longitud, peso fresco y seco de la raíz, tallo, hoja, flor y la acumulación de metales. Como resultado en la raíz se encontró que en la flor “Sunbright” de 4 ml/l sobrepasó en 198.33 % de absorción al testigo, a comparación al testigo de flor “Alpaccino” tuvo 118.18 % más. En el tallo se halló que “Sunbright luego de agregar ácidos fúlvicos superó en 340% al tratamiento en donde se utilizó agua, con respecto a la flor “Alpaccino” tuvo un efecto altamente significativo, esta superó al testigo en 194.87%, en “Sunbright” donde el tratamiento de 2 ml L/L se superó en 1170.66 % al testigo y para “Alpaccino” se encontró que el tratamiento de 2 ml/L fue de mayor absorción. Se

llegó a la conclusión que el girasol puede ser utilizada como fitorremediadora en suelos contaminados por metales pesados, para el Cadmio la concentración que realizó el efecto más favorable en la potencialización de esta cualidad fue la de 4 ml/L de ácidos fúlvicos de leonardita y con la variedad “Sunbright”.

Hernández, E *et. al.* (2010) en el artículo titulado “*Acumulación de metales pesados en Helianthus annuus desarrollado en residuos de mina*”, tuvo como objetivo determinar el desarrollo y la capacidad de extracción del *Helianthus annuus L.* de metales pesados en residuos de mina. En cuanto a su metodología fue experimental, el suelo fue caracterizado física y químicamente, el jal fue utilizado como sustrato, se agregó dosis de composta, nitrógeno y fosforo, se cosecharon y secaron las plantas para adquirir muestras de raíz, tallo y hoja; se midió: pH, % materia orgánica, fósforo. El cadmio fue extraído con Ácido dietilen triamino pentaacético relación 1:4, finalmente el sustrato determinó las propiedades químicas y contenido de metales. Los resultados indica que el cadmio no supero los LMP y que en invernadero no se desarrolló debidamente, su mayor acumulación fue en el tallo y no se observó ningún efecto positivo para el desarrollo de la planta con la incorporación de composta y nutrimentos, el pH obtenido fue considerado fuertemente acido a medianamente alcalino, la materia orgánica fue baja y por último el contenido de fosforo fue medio. Se llegó a la conclusión que las propiedades físicas y químicas de los originaron un desarrollo defectuoso de la especie utilizada (*Helianthus annuus*). Sin embargo, a pesar de las condiciones, esta fue capaz de acumular los metales pesados en su tallo.

### **1.2.2 Antecedentes Nacionales**

Martínez, M (2014), en la tesis titulada “*Evaluación del uso de especies vegetales: Zea mays L. (Maíz) y Helianthus annus L. (Girasol) para la remoción de cadmio y plomo en suelos contaminados en el botadero Anden, escuela técnica superior P.N.P, Puente Piedra 2014*”. Tuvo como objetivo determinar la eficacia de las especies vegetales: *Zea mays L. (Maíz)* y *Helianthus annuus L (Girasol)* para la remoción de cadmio y plomo. En cuanto a su metodología fue experimental, se eligieron dos parcelas rectangulares, se desbrozo la superficie y se hizo surcos para el regadío de las plantas, luego se tomaron muestras para la determinación de

concentraciones iniciales, para el sembrado de girasol se realizó a una profundidad de 0.15 cm, luego de 48 días se realizó el primer muestreo de post test para determinar la capacidad de remoción de cadmio, el segundo muestreo de post test fue después de 59 días del sembrado para determinar la capacidad de remoción de metales pesados, el tercer muestreo post test fue después de 73 días del sembrado de las especies para determinar la capacidad de remoción. Se tuvo como resultado que el girasol tuvo una concentración de cadmio inicial de 6.56 mg/kg y una concentración final de 1.02 mg/kg, presentando una variación de 5.54 mg/kg. Se concluyó que el *Helianthus annuus* posee una gran capacidad de remoción de metales pesados en suelos contaminados.

Lizarbe, K. y Rivera, Y. (2013) en la tesis titulado “*Optimización del crecimiento de Helianthus annuus L. (Girasol) para la fitoextracción de plomo, zinc y Cadmio de relaves minero artesanal del caserío de Zarumilla, Pataz*”, tuvo como objetivo determinar el Crecimiento de *Helianthus annuus L.*(Girasol) para la fitoextracción de Pb, Zn y Cd que se encuentren en relaves minero artesanal. En cuanto a su metodología se tomaron 4 tratamientos de diferentes proporciones de relave (100 - 0%, 75 - 25%, 50 – 50%, 25 – 75% respectivamente), cada uno tuvo 6 repeticiones, para el tiempo se tuvo en cuenta 30, 60 y 90 días mediante dos métodos de siembra (directa y trasplante), asimismo se realizaron análisis fisicoquímicos a los tratamientos (pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, fósforo disponible y potasio disponible), además se registró el crecimiento del girasol (raíz, tallo, número de hojas y peso seco) y se determinó la concentración de Pb, Zn y Cd en el relave y en los órganos vegetales del girasol. Se tuvo como resultado que el girasol creció en los tratamientos utilizados y esta se acumuló en los tejidos Pb, Zn y Cd. Se llegó a la conclusión que la raíz es el órgano vegetal del *Helianthus annuus L.* con mayor capacidad bioacumuladora de Pb, Zn y Cd, además la siembra directa es el mejor método para la fitoextracción.

Chico, J. et. al. (2012), en el articulado titulado “*Capacidad remediadora de la raíz de girasol (Helianthus annuus), cuando es sometida a diferentes concentraciones de plomo*”, tuvo como objetivo determinar la capacidad de absorción en las raíces del *Helianthus annuus L.* “girasol”. En cuanto a su metodología fue experimental, se escogieron las plántulas de “girasol, luego se colocaron en macetas de 1.5 kg

de capacidad, seguidamente se colocaron 3 plantulas en cada maceta (fueron 20 plantas por tratamiento en total) Luego de 20 días del crecimiento del girasol fueron sujetas a los tratamientos a continuación: 100 mg/l, 200 mg/l, 300 mg/l, 400 mg/l, 500 mg/l , además tomaron medidas de longitud de raíz (en centímetros), tallo (en centímetros), peso fresco (en gramos) y peso seco (en gramos) de la raíz y el tallo. Se tuvo como resultado que la longitud de la raíz de girasol no se ve afectada cuando se aumenta la concentración de plomo. Se concluyó que la longitud de la raíz no se ve afectada, la mayor concentración se da en las raíces secundarias y son capaces de tolerar concentraciones de 500mg/l de plomo.

Peña, F y Beltran, M. (2012), en el artículo titulado “*Aplicación de la fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando Helianthus annuus L. en la estación experimental el Mantaro*”, tuvo como objetivo fitorremediar los suelos con presencia de metales pesados utilizando *Helianthus annuus L.* en la Estación Experimental “El Mantaro”. En cuanto a su metodología se utilizó el método analítico instrumental, fueron instalados en 03 lotes (A, B, y C) de la estación experimental El Mantaro, se tomaron muestras de suelos en tres etapas diferentes, antes del cultivo, en el cultivo y después de la cosecha; luego se instalaron 6 semillas en el suelo a 60 cm. En un mes se retiró las plantas pequeñas y se dejaron tres plantas, que tengan un buen tamaño, tallos gruesos y bien erguidos. Se tuvo como resultado que la concentración de cadmio en el lote “A” fue 4,28ppm, en el lote “B” 3,99 ppm, en el lote “C” 3,03 ppm, y luego de la cosecha de la planta los resultados fueron los siguientes Lote “A” 2,19 ppm, lote “B” 2,59 ppm y en el lote “C” 3,11 ppm. La concentración de cadmio fitoextraída predomina en la raíz y hojas, en las raíces se obtuvo 2.61 ppm y en la hoja, 1,72 ppm, asimismo en las semillas se reportó la concentración de cadmio con 0,228 ppm. Se concluyó que la Fitoextracción de metales pesados fue absorbida por las raíces seguidas de las hojas, tallos, flores y semillas.

### **1.3 Teorías Relacionadas al Tema**

#### **1.3.1 Marco Teórico**

Variable Independiente: Fitoextracción con *Helianthus annuus L.* (girasol)

Según Pulforti, D y Watson, C (1993) manifiesta que la fitoextracción puede considerarse como una tecnología a largo plazo, que esta puede requerir varios ciclos de cultivos para la reducción de la concentración de los contaminantes en el suelo. La limpieza de suelos contaminados dependerá de las condiciones y de la planta acumuladora. (p.529)

Según Mojiri A (2011) indica que no se trata de usar especies no conocidas, sino de usar cultivos que tienen facilidad de encontrarlas y usarlas, tal como es el caso del girasol (*Helianthus annuus L.*) que es capaz de absorber metales acumulados en el suelo. (p.17).

Según Rodríguez, Miguel *et.al* (2008). El cadmio en las plantas reduce las tasas de fotosíntesis, transpiración y rendimiento, asimismo se acumula en la planta afectando la cadena alimenticia. (p.62)

Durante el proceso de fitoextracción, el metal pesado debe encontrarse en el suelo para que luego la planta absorba por la raíz, la translocación del contaminante inicia en la raíz a los brotes de la planta, esto hace que el tejido puede ser cultivado de manera fácil, asimismo las plantas acumuladoras de metales pesados se siembran en el lugar contaminado y se cultivan con prácticas comunes.

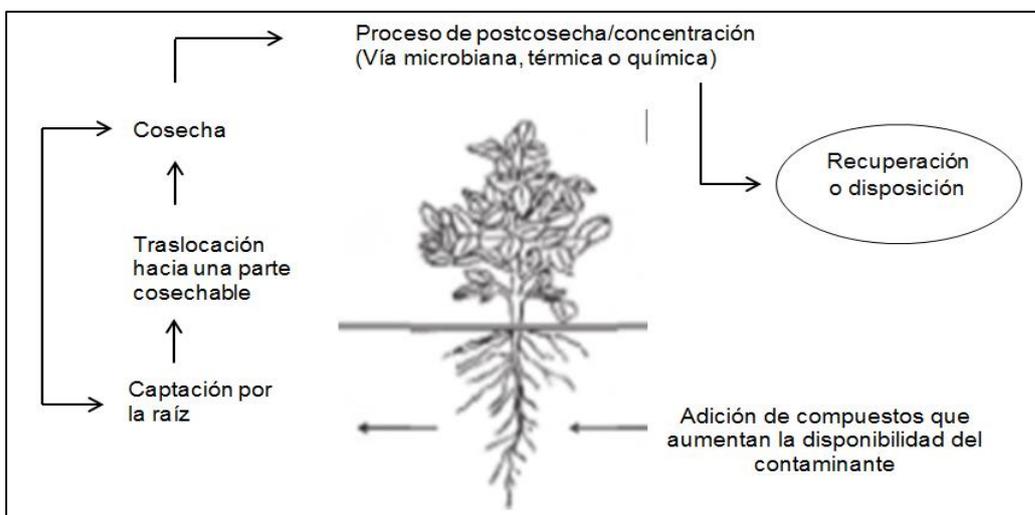


Figura 1 Proceso de Fitoextracción

Fuente: Cunningham y Ow 1996.

Según Salt *et al* (1998) indica que existen 2 estrategias básicas:

-Fitoextracción por quelantes: Consiste en la adición de agentes quelantes que favorecerán en la acumulación de contaminantes en partes cultivables de la planta, asimismo este agente incrementaran la solubilidad de los metales presentes en el suelo.

-Fitoextracción a largo plazo: Son procesos fisiológicos que permitirá la acumulación de los metales durante el periodo del crecimiento de la planta, la velocidad de remoción dependerá de la biomasa captada durante la cosecha, la fitoextracción depende de la capacidad de la planta (para la acumulación de metales) y la capacidad de reducir cantidades de biomasa.

Según Pérez E. *et.al* indica que las plantas hiperacumuladoras son capaces de acumular elevadas concentraciones de metales en sus tejidos, asimismo la planta debe tener la capacidad de extraer grandes cantidades de metales en sus raíces, además deberá de trasladar eficazmente el metal al tallo para poder acumular el metal en sus hojas de tal manera que este no impida su crecimiento. Además Watanabe (1997) manifiesta que las plantas hiperacumuladoras por definición son capaces de absorber hasta 100 µg/g (0.01 % peso seco) de cadmio.

Según Vásquez (2001) manifiesta que el girasol cuyo nombre científico es *Helianthus annuus L.* es origen de Estados Unidos de América, su tiempo de crecimiento tiene un aproximado de 80 a 120 días, su tallo es áspero y veloso, la altura esta entre 60 y 220 cm (Guerrero, 1999, p.472) además es macizo, cilíndrico, en su extremidad se halla la inflorescencia (tiene alrededor de 2000 flores) (Luro Pedro, 1982, p.1), pertenece a la familia Asteraceae, cuenta con un crecimiento activo en sus estructuras, asimismo en esta especie existen tipos cultivadas como forrajeras, ornamentales y oleaginosas.

**Tabla 1** Clasificación Taxonómica (*Helianthus annuus L.*)

Reino	Vegetal
División	Tracheophyta
Sub-división	Pteropsida

Clase	Angiosperma
Sub-clase	Dicotiledoneas
Orden	Synandreae
Familia	Compositae
Sub-familia	Tubiflorae
Tribu	Heliantheae
Especie	annuus
Género	Helianthus
Nombre científico	<i>Helianthus annuus</i>

Fuente: Vásquez Joel. (2001)

Según Lin, (2003) manifiesta que el *Helianthus annuus* L. (girasol) es capaz de almacenar las concentraciones de cadmio y uranio en sus tejidos mayormente son acumulados en la raíz y tallo, es por ello que el girasol es utilizado como planta fitorremediadora acumulando y reciclando los metales pesados que se encuentren en el suelo o agua. Además el girasol crece mejor en climas cálidos, de 18 °C a 25 °C de temperatura el máximo es de 35 °C, estas necesitan mucho sol, son susceptibles a las heladas, con un pH del suelo de 6-7 (p. 151-155). Cabe mencionar que el girasol es una planta que aprovecha el agua en condiciones de escasez, su sistema radicular extrae el agua del suelo a una profundidad a la que otras especies no pueden acceder, además adapta muy bien su superficie foliar a la disponibilidad de agua en el medio. (Manejo Técnico para el cultivo de girasol. 2014). Por ultimo el regadío no es necesario si la forma del capítulo aún no se forma. El riego se comienza a realizar cuando el capítulo tenga un diámetro de hasta 5 cm. (ABC AGRO.2018).

Según Alva (1990) manifiesta que el girasol necesita al menos 5°C durante 24 horas para que pueda germinar, en cuanto más alta sea su temperatura esta germinara rápidamente, si la temperatura es menos de 4°C no germinara. Asimismo cuando el girasol haya germinado se adaptara a distintos márgenes de temperatura que son de 25-30 a 13-17°C (en este caso este sufriría retraso en la floración), cabe mencionar que para la germinación optima del girasol oscila entre 21 y 24°C. Por otro lado la planta podría sufrir situaciones de estrés debido a su variación del

régimen de temperaturas que esta haya soportado durante la etapa de floración. Según los aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas (1991) manifiesta que para la siembra del girasol tiene que tener una profundidad de 5 cm.(p. 2), además la luz influye positivamente en el crecimiento y desarrollo de la planta, asimismo el girasol es considerado como planta inclinada a la luz. (p. 2)

Según los aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas (1991) manifiesta que el agua es un factor importante para la producción de girasoles, cabe mencionar que, si esta es utilizada de manera excesiva perjudica la cosecha y provocaría la incidencia de enfermedades. (p.50)

Según Gómez (1988) indica que el girasol se beneficia con los elementos nutritivos que haya en el suelo, extrae cantidades importantes como el nitrógeno, fósforo y potasio. Asimismo Alva (1990) indica que el girasol no es riguroso en cuanto se refiere a calidad del suelo, esta crece en distintos tipos de texturas (aunque es mejor en suelo arcilloso – arenoso), además no es tolerante en cuanto a su salinidad su rango es de 2 y 4 mmhos/cm, cabe mencionar que, cuando se refiere a la alcalinidad puede originar problemas de deficiencia de hierro aunque este problema no es frecuentemente. (p.35)

Según Maqueda (2003) indica que las raíces del *Helianthus annuus L.* (girasol) detienen al cadmio y estas se internan en el medio celular mediante el sistema de transporte de los canales iónicos y transportadores. Estos sistemas de transporte son estimulados por bombas de protones secundarias, por ello el cadmio dentro de las células son quelatados por ácidos orgánicos, asimismo la vacuola (pequeñas vesículas de las células) permite el almacenamiento del cadmio, donde se formara un proceso de óxido-reducción y estas cambiaran el estado del reactivo del cadmio transformándola a una manera menos tóxica. Además, la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido porque son menos fuertemente adsorbidos, excepto As, Mo, Se y Cr, que son más móviles a pH alcalino. Cabe mencionar que, las sales normalmente dan pH alcalino. (Galán, Emilio y Romero Antonio, 2008, p.52). Así pues, el pH es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alcalino se produce la precipitación como hidróxidos. Sin embargo, en medios muy alcalinos

estos hidróxidos pueden pasar de nuevo a la solución como hidroxicomplejos. Por otra parte, algunos metales como Se, V, As y Cr pueden estar en la disolución del suelo en forma de aniones solubles. (InfoAgro.2012). Además, el girasol tiene una tolerancia media a la salinidad. Céccoli, Gabriel (2013) manifiesta que el daño por salinidad se acumula en las hojas en transpiración a niveles excesivos, excediendo la habilidad de las células de compartimentizar estos iones en la vacuola. (Feuchter, Fernando p.18). Por otro lado, sus excesivas cantidades de sal entran a la planta y pueden alcanzar niveles tóxicos en las hojas más viejas, causando la reducción del área foliar fotosintéticamente activa a niveles que no pueden soportar el crecimiento.

Variable Dependiente: Reducción de cadmio en suelos contaminados

Según el Modulo de Sensibilización Ambiental (2003) indica que el suelo contaminado es aquel cuya calidad ha sido alterada debido a los vertidos directo o indirectamente de residuos peligrosos, a consecuencia, el suelo pierde sus capacidades para la actividad ganadera o de agricultura, las características físicas, químicas o biológicas han sido alteradas negativamente por los componentes peligrosos originados por el ser humano, siendo este un riesgo para la salud o el medio ambiente, de acuerdo a los estándares de calidad. (Ley de Residuos, 1998, p.6), además los insecticidas y herbicidas es una de las causas de la contaminación que existe en estos suelos para luego trasladarse en las aguas subterráneas. (p.23)

Según ATILIO, Eduardo manifiesta que existen distintos tipos de contaminación de suelos como:

- Los contaminantes no degradables: Estas consisten en que los materiales como los recipientes de aluminio y los venenos como el DDT tardan en degradarse, asimismo por el momento no se ha avanzado con el proceso de tratamiento para de una u otra manera compensar el daño que se hace al ecosistema.
- Los contaminantes degradables: Se le denomina contaminantes degradables a aquellos que se descomponen de manera rápida, como por ejemplo las aguas negras domesticas estas se descompondrán rápidamente debido a los

procesos naturales o por una planta de tratamiento.(p.4)

Según Ramírez, Augusto (2002) El cadmio es el subproducto del tratamiento metalúrgico del zinc y del plomo, a partir de sulfuro de cadmio; en el proceso hay formación de óxido de cadmio, compuesto muy tóxico. El tiempo de duración del cadmio en el suelo es de hasta 300 años y el 90% permanece sin transformarse. El cadmio llega al suelo agrícola por deposición aérea (41%), con los fertilizantes fosfatados (54%), por aplicación de abono de estiércol (5%), se ha encontrado que, en suelos contaminados la concentración de cadmio alcanza valores de hasta 1 mg de Cd/g y el agua en ríos contaminados puede contener hasta 0,14 mg/l de cadmio. (p.52).

Según Navarro J. *et.al* (2007) El cadmio puede ocasionar enfermedades como bronquitis; infertilidad; cáncer de próstata; alteraciones neurológicas; hipertensión; enfermedades vasculares y óseas, asimismo es considerado como uno de los elementos más peligrosos para el consumo humano, especialmente por su carácter acumulativo. Por otro lado en el cadmio en el ambiente es peligroso debido a que muchas plantas lo absorben y lo concentran dentro de sus tejidos, en los animales se acumula en los riñones, el hígado y los órganos reproductores. (p.5).

### **1.3.2 Marco Conceptual**

#### ***Helianthus annuus L. (girasol)***

Es una planta que llega a alcanzar más de 3 metros de altura, asimismo es una planta poco ramificada y el tallo es erecto, grueso y macizo. (Botanical.2018). La temperatura para el crecimiento y floración está en el rango de 20 y 25°C pero mantiene un nivel de producción óptimo a temperaturas superiores a 25°C aunque no mayores de 30°C. (Aspectos Técnicos Sobre Cuarenta y Cinco Cultivos Agrícolas.1991)

#### **Raíz**

La raíz generalmente crece más veloz que en las partes aéreas, asimismo tiene de 4 a 8 cm de largo y 6 a 10 raicillas. Además llega a una profundidad de 50 a 70 cm. (Guerrero, 1999, p.471)

## **Hojas**

Las hojas tienen gran volumen y son pecioladas, la base son de dos o tres y son opuestas, a partir del tercer par son alternas, la cantidad de hojas es de 12 a 40 y dependerá de las condiciones de cultivo, el color varía de verde oscuro a verde amarillento, asimismo son adaptables al viento debido al peciolo largo y elástico. (Guerrero, 1999, p.472)

## **Cadmio almacenado en raíces y hojas**

La mayor captación de metales pesados es mediante las raíces de la planta y su acumulación en tallos y hojas, asimismo para la aceleración del proceso se adiciona agentes quelantes (sustancia que forma complejos con iones de metales pesados). (Salinas Javier. *et.al*, 2015, p.224)

## **Cadmio**

El nombre de cadmio es derivado de la palabra griega óxido de cinc, el cadmio es de color blanco de plata, brillante, maleable y muy dúctil, sus minerales son casi siempre asociados a los del cinc, el cadmio está presente en distintos tipos de rocas, carbones, petróleos. (Repetto Manuel, 1995, p. 394) La contaminación por cadmio genera problemas en la salud a los seres vivos debido a que este es tóxico para el ser humano. (Rodríguez, Miguel *et.al*, 2008, p.62).

## **pH**

El pH es el factor principal de control de la disponibilidad de los metales para las plantas. Asimismo la mayoría de los metales están más disponibles en pH ácido, ya que al producirse un descenso del mismo se mejora tanto la solubilidad de los metales como su absorción por las raíces de las plantas. (ECURED, 2018).

## **Conductividad Eléctrica**

La salinidad del suelo tiene un efecto muy importante, el aumento de sales complica la capacidad de las raíces para absorber agua, lo que conduce a un progresivo decrecimiento en el desarrollo y rendimiento de la planta. Los principales efectos de la salinidad se deben a un desbalance de toxicidad, oxidación y por último la muerte celular. (Jaramillo Viviana, Venancio Arahana y Torres María de Lourdes, 2014, p.44-50)

## **Humedad**

El girasol durante la etapa de crecimiento y en el proceso de formación, la semilla consume importantes cantidades de agua, este será máximo durante el periodo de formación del capítulo, ya que el girasol toma casi la mitad de la cantidad total de agua necesaria. (InfoAgro.2012).

### **1.3.3 Marco Legal**

#### **1.3.3.1 Resolución Ministerial N° 085-2014- MINAM Guía para muestreo de suelos**

La guía para muestreo de suelos determina si existe contaminación en el suelo, la dimensión (Extensión horizontal y vertical) de la contaminación en el suelo, la concentración de nivel de fondo y por ultimo determina si las acciones que se realizó para la remediación de suelo tuvo un buen resultado de reducción de contaminantes.

#### **1.3.3.2 Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para suelo. D.S. N° 011-2017-MINAM**

El Decreto Supremo N° 011–2017–MINAM, establece los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Suelos, esto se aplica a todo proyecto o actividad, cuyo desarrollo dentro del territorio nacional genere o pueda generar riesgos de contaminación del suelo en su emplazamiento y áreas de influencia.

**Tabla 2** *Estándares de Calidad para Suelo*

Parámetros en mg/kg PS <sup>(2)</sup>	Usos del Suelo <sup>(1)</sup>			Métodos de ensayo <sup>(7) y (8)</sup>
	Suelo Agrícola <sup>(3)</sup>	Suelo Residencial/ Parques <sup>(4)</sup>	Suelo Comercial <sup>(5)</sup> / Industrial/ Extractivo <sup>(6)</sup>	
<b>ORGÁNICOS</b>				
<b>Hidrocarburos aromáticos volátiles</b>				
Benceno	0,03	0,03	0,03	EPA 8260 <sup>(9)</sup> EPA 8021
Tolueno	0,37	0,37	0,37	EPA 8260 EPA 8021
Etilbenceno	0,082	0,082	0,082	EPA 8260 EPA 8021
Xilenos <sup>(10)</sup>	11	11	11	EPA 8260 EPA 8021
<b>Hidrocarburos poliaromáticos</b>				
Naftaleno	0,1	0,6	22	EPA 8260 EPA 8021 EPA 8270
Benzo(a) pireno	0,1	0,7	0,7	EPA 8270
<b>Hidrocarburos de Petróleo</b>				
Fracción de hidrocarburos F1 <sup>(11)</sup> (C6-C10)	200	200	500	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F2 <sup>(12)</sup> (>C10-C28)	1200	1200	5000	EPA 8015
Fracción de hidrocarburos F3 <sup>(13)</sup> (>C28-C40)	3000	3000	6000	EPA 8015
<b>Compuestos Organoclorados</b>				
Bifenilos policlorados - PCB <sup>(14)</sup>	0,5	1,3	33	EPA 8082 EPA 8270
Tetracloroetileno	0,1	0,2	0,5	EPA 8260
Tricloroetileno	0,01	0,01	0,01	EPA 8260
<b>INORGÁNICOS</b>				
Arsénico	50	50	140	EPA 3050 EPA 3051
Bario total <sup>(15)</sup>	750	500	2 000	EPA 3050 EPA 3051
Cadmio	1,4	10	22	EPA 3050 EPA 3051
Cromo total	**	400	1 000	EPA 3050 EPA 3051
Cromo VI	0,4	0,4	1,4	EPA 3060/ EPA 7199 ó DIN EN 15192 <sup>(16)</sup>
Mercurio	6,6	6,6	24	EPA 7471 EPA 6020 ó 200.8
Plomo	70	140	800	EPA 3050 EPA 3051
Cianuro Libre	0,9	0,9	8	EPA 9013 SEMWW-AWWA-WEF 4500 CN F o ASTM D7237 y/o ISO 17690:2015

Fuente: MINAM (2017)

## 1.4 Formulación del Problema

### 1.4.1 Problema General

¿Cuál es la capacidad de fitoextracción del *Helianthus annuus L.* (girasol) para reducir el cadmio en suelos contaminados?

#### **1.4.2 Problema Específicos**

- ¿En qué medida las características morfológicas de la planta influyen en la reducción de cadmio en suelos contaminados?
- ¿En qué medida la estructura de absorción influyen en la reducción de cadmio en suelos contaminados?

#### **1.5 Justificación del Estudio**

Lo que me motivo a realizar la presente investigación es la contaminación ambiental que existe en la actualidad, puesto que este es considerado como uno de los problemas más significativos que afectan a la población, la pérdida de los recursos naturales es un gran problema que con el pasar del tiempo va incrementando. (Reyes, Yulieth [*et al.*], 2016. p. 66)

Debido a la contaminación existente en distintos puntos de nuestro país como son en los distritos de Chaupimarca y Simón Bolívar ubicados en Cerro de Pasco, el Ministerio de Salud (2017) manifiesta que estos distritos están contaminados por metales como arsénico, mercurio y cadmio en el suelo, de tal modo que afecta la salud de las poblaciones.

Ante esta realidad el presente estudio se justifica, ya que permitirá evaluar la capacidad del *Helianthus annuus L.* (girasol) en diferentes niveles de toxicidad para la fitoextracción de suelos contaminados con cadmio en los distintos lugares en el Perú, con ello se busca mejorar los suelos contaminados con dicho metal para beneficiar ambientalmente a la población.

##### **1.5.1 Justificación teórica**

La fitorremediación consiste en el uso de plantas tolerantes a altas concentraciones de metales pesados, también tienen la capacidad de acumular, absorber o volatilizar contaminantes que se encuentren en la superficie. (Chaney, 1997, p. 30)

Según Trejo Ricardo *et al.* (2015) Manifiesta que el uso de plantas en suelos contaminados tiene como objetivo degradar y/o asimilar los metales pesados que

se encuentran en el suelo, debido a que esta tiene muchas ventajas con respecto a otros métodos que se realizan en sitios contaminados. (p.92)

Cabe mencionar, que la fitorremediación es un proceso que utiliza plantas para remover, transferir, estabilizar, concentrar y/o destruir contaminantes (orgánicos e inorgánicos) en la superficie, lodos y sedimentos, y puede aplicarse tanto *in situ* como *ex situ*.

### **1.5.2 Justificación metodológica**

La fitorremediación en el suelo es una de las soluciones más eficientes ya que con el uso de plantas tolerantes a altos niveles de metales pesados son capaces de minimizar la concentración de contaminantes. (Chaney, 1997, p. 32)

La fitoextracción se puede repetir de manera indeterminada hasta que la concentración de metales disminuya en el suelo y este se encuentre dentro de los límites considerados en los Estándares de Calidad Ambiental (ECA). (Delgadillo, Angélica *et al*, 2011, p. 601)

### **1.5.3 Justificación tecnológica**

Según Delgadillo, Angélica *et al* (2011) Manifiesta que la fitorremediación es una tecnología que tiene como objetivo principal la eliminación de metales tóxicos y contaminantes orgánicos (en suelo, aire, agua y sedimentos) que afectan a los seres vivos. (p.605)

Según Pulforti, D y Watson, C (1993) indica que la fitoextracción puede considerarse como una tecnología a largo plazo, ya que esta puede requerir varios ciclos de cultivos para la reducción de la concentración de los contaminantes en el suelo. (p.529)

### **1.5.4 Justificación económica**

La fitorremediación representa una alternativa de bajo presupuesto para el mejoramiento de ambientes afectados por contaminantes naturales y antropogénicos. (Singh *et al*, 2008, p.24)

Según Núñez, Roberto *et al* (2004) Manifiesta que la fitorremediación es una técnica de bajo costo, ya que no requiere de infraestructura sofisticada. En general, es una tecnología barata, simple, sustentable, compatible con el ambiente y estéticamente más agradable que las tecnologías convencionales. (p. 81)

## **1.6 Hipótesis**

### **1.6.1 Hipótesis General**

- La Fitoextracción con *Helianthus annuus L.* (girasol) es eficiente para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018

La fitoextracción es una de las técnicas que ha recibido cada vez mayor atención de los investigadores como una tecnología para remediar suelos contaminados con metales pesados (Robinson *et al.*, 2009, 52). Por otro lado, el girasol (*Helianthus annuus L.*) es una planta que ha sido identificada como una de las especies que tiene un gran potencial como fitoextractor debido al hecho de que produce grandes cantidades de biomasa (Francis E, 2017, p. 1751). Así pues Al-Dhaiban, A. *et al* (2013), Manifiesta que las plantas como el girasol (*Helianthus annuus L.*) tienen una alta tolerancia a los metales pesados, es por ello que son usados en estudios de fitorremediación. (p.888)

### **1.6.2 Hipótesis Específicas**

- Las características morfológicas favorecen significativamente para la reducción de cadmio en suelos contaminados

El girasol (*Helianthus annuus L.*) es una planta que produce grandes cantidades de biomasa capaz de hiperacumular metales pesados en su partes cosechables y también esta crece con rapidez. (Francis E, 2017, p 1751). Asimismo, su acumulación en las plantas se reporta en el tallo, hojas, raíces y semillas (Singh R *et al*, 1998, p.399). Además debido al que el cadmio es bastante inmóvil, su acumulación en los suelos puede volverse fuertemente fitotóxico y acumularse en diversos tejidos vegetales, principalmente en raíces. (Vitoria Ángela, Lea Peter y Azevedo Ricardo, 2001, p. 701-710).

- La capacidad de absorción de las hojas es menor que las raíces para la reducción de cadmio en suelos contaminados

El girasol (*Helianthus annuus L.*), es un cultivo que tiene una tolerancia razonable en metales pesados, también tiene una alta absorción de raíz de metales, pero muestra baja eficiencia en su translocación de raíz a brote. (Saxena et al., 1999 p. 305-329; Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25; Lin et al., 2003, p. 151-155).

## **1.7 Objetivos**

### **1.7.1 Objetivo General**

Evaluar la capacidad de fitoextracción del *Helianthus annuus L.* (girasol) para reducir el cadmio en suelos contaminados.

### **1.7.2 Objetivos Específicos**

- Determinar las características morfológicas que favorecen la reducción de cadmio en suelos contaminados.
- Determinar la estructura de absorción para la reducción de cadmio en suelos contaminados.

## **II. METODO**

## 2.1 Diseño de Investigación

Esta investigación es de tipo explicativo con un diseño de investigación experimental.

El tipo de estudio es explicativo, ya que se explicó las causas que se den en la reducción de cadmio en suelos contaminados utilizando *Helianthus annuus L.* (girasol) para la fitoextracción. Es por ello que, Hernández, Fernández y Baptista (2010) manifiesta que un estudio explicativo indica el por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se da. (p. 102)

Hernández Sampieri, Fernández y Baptista (2010) afirma que el diseño experimental es la manipulación de una o más variables independientes, para después analizar los resultados sobre una o más variables dependientes. (p. 122)

Según su prolongación en el tiempo es longitudinal, debido a que existe un registro y comparación de los datos observados antes y después de la reducción de cadmio en suelos contaminados.

El presente trabajo de investigación es de diseño experimental, debido a que se operara dos variables una independiente (Fitoextracción con *Helianthus annuus L.* (girasol) y una dependiente (Reducción de cadmio en suelos contaminados), por otro lado se manipulo intencionalmente la variable independiente para luego realizar la medición de la variable dependiente, luego se avaluara el antes y después del suelo contaminado con cadmio y los parámetros físico-químicos de la muestra del suelo.( Hernández Sampieri, Fernández y Baptista, p. 119).

## 2.2 Variables, operacionalización

### 2.2.1 Variables

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

- Variable Independiente (**VI**): Fitoextracción con *Helianthus annuus L.* (girasol).
- Variable Dependiente (**VD**): Reducción de cadmio en suelos contaminados.

## 2.2.2 Operacionalización

## 2.2.3 Matriz de operacionalización de las variables

**Tabla 3.** Operacionalización de variables

FITOEXTRACCIÓN CON <i>Helianthus annuus</i> L. (girasol) PARA LA REDUCCION DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS, A NIVEL LABORATORIO 2018						
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO
V.I: Fitoextracción con <i>Helianthus annuus</i> L. (girasol) (Francis E, 2017, p. 1751) (Dhaiban, A et al, 2013, P.888) (2013)	Fitoextracción es la estrategia que explota la capacidad de las plantas para acumular contaminantes (metales pesados) en sus raíces, tallos o follaje. (Núñez, Roberto et al, 2004, p. 69).	Se colocara 01 semilla de girasol en cada macetero de suelo contaminado con cadmio, luego se determinara la acumulación en sus hojas y raíces.	Características Morfológicas  (Francis E, 2017, p 1751) (Singh R et al, 1998, p.399)	Tamaño de la planta (Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25) (Lin et al., 2003, p. 151-155).	cm	Fichas de Observación
				Tamaño de raíz (Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25) (Lin et al., 2003, p. 151-155).	cm	
				Numero de hojas (Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25) (Lin et al., 2003, p. 151-155).	Unidad	
				Longitud de hojas (Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25) (Lin et al., 2003, p. 151-155).	cm	
			Estructura de Absorción  (Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Francis E, 2017, p 1751)	Cadmio absorbido en raíces  (Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25) (Lin et al., 2003, p. 151-155).	mg/kg	Fichas de Observación
				Cadmio absorbido en hojas  (Francis E, 2017, p 1751) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25)	mg/kg	

FITOEXTRACCIÓN CON <i>Helianthus annuus</i> L. (girasol) PARA LA REDUCCION DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS, A NIVEL LABORATORIO 2018							
VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN	INSTRUMENTO	
				(Lin et al., 2003, p. 151-155).			
V.D Reducción de cadmio en suelos contaminados (Robinson <i>et al.</i> , 2009, 52) (Mojiri A ,2011, p.17)	El suelo contaminado es un proceso que reduce su potencial para originar bienes, este presenta características físicas, químicas y biológicas desfavorables debido a los residuos que son vertidos.(Díaz Walter, 2016, p.104)	Se utilizara un aproximado de 15 kg de suelo agrícola, de este se seleccionara 03 kg para el testigo y el resto será contaminado con 04 distintas concentraciones de cadmio.	Concentración	Cadmio Inicial (Rodríguez, Miguel <i>et.al</i> , 2008, p.62).	mg/kg	Fichas de Observación	
			(Rodríguez, Miguel <i>et.al</i> , 2008, p.62).	Cadmio Final (Rodríguez, Miguel <i>et.al</i> , 2008, p.62).	mg/kg		
			Parámetros Físicoquímicos (Jaramillo Viviana, Venancio Arahana y Torres María de Lourdes, 2014, p.44-50) (Galán, Emilio y Romero Antonio, 2008,p.52)	Conductividad	(Jaramillo Viviana, Venancio Arahana y Torres María de Lourdes, 2014, p.44-50) (Feuchter,Fernando) (Céccoli, Gabriel ,2013,p.18)	dS/cm	Fichas de Observación
				pH	(Ecured, 2018) (InfoAgro.2012) (Galán, Emilio y Romero Antonio, 2008,p.52)	6,5-7,5	
Humedad	(InfoAgro.2012) (Manejo Técnico para el cultivo de girasol. 2014) (ABC AGRO.2018)	%					

Fuente: Elaboración Propia

## **2.3 Población y muestra**

### **2.3.1 Población**

La población será los suelos contaminados con cadmio a nivel laboratorio.

### **2.3.2 Muestra**

La muestra es de tipo censal, fue de 15 kilogramos de suelo contaminado con cadmio, en la que se utilizaron palas y bolsas ziploc para su recolección, asimismo se utilizó 15 *Helianthus annuus L.* (girasol) que fueron escogidas al azar.

### **2.3.3 Muestreo**

El muestreo es no probabilístico, puesto que, la muestra fue tomada de acuerdo a las posibilidades del investigador; para Hernández, Fernández y Baptista (2010), es considerado muestreo no probabilístico a que la elección de los sujetos no depende precisamente de que todos tengan la misma posibilidad de ser escogidos, sino es la decisión del investigador. (p. 190).

## **Unidad de Análisis**

La unidad de análisis que se utilizó fueron los 15 *Helianthus annuus L.* (girasol), que posteriormente fue medido y también sus partes como (raíz y hojas) para determinar si es eficiente para la fitoextracción en suelos contaminados.

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

### **2.4.1 Técnica de recolección de datos**

La técnica utilizada en el presente estudio será la observación para evaluar la capacidad de fitoextracción con *Helianthus annuus L.* (girasol) para suelos contaminados con cadmio, la razón por la que se utilizó esta técnica fue porque es una investigación experimental en la que la recolección de datos estuvo controlada por el investigador, ya que este puede manipular las variables.

Hernández, Fernández y Baptista (2010) manifiesta que la observación consiste en el registro sistemático, confiable y válido de los comportamientos que manifiesta el

estudio. (p.316). Consecuentemente, se observó el comportamiento y los cambios que se presenten *Helianthus annuus L.* (girasol) en el testigo y en los diferentes tratamientos de los suelos contaminados con cadmio.

#### 2.4.2 Instrumento de recolección de datos

El instrumento de recolección de datos que se utilizó fueron las fichas de observación (Ver anexo 2), estas sirvieron como guía para observar los cambios que se generen en las variables.

#### 2.4.3 Validez y confiabilidad del instrumento

Según Yuni y Urbano (2006) nos indican que la validez de un instrumento procura dar credibilidad a las observaciones y mediciones del trabajo de campo y de la situación real como se observa.

La validez del instrumento se dio mediante la validación de los especialistas, que mediante su experiencia evaluarán el presente trabajo y darán las observaciones que sean necesarias. (Ver anexo 5).

**Tabla 4** Validez del instrumento

Nombre del Evaluador	Grado	Puntaje de Evaluación
Alvites Suarez Alejandro	Doctor	81 %
Tullume Chavesta Milton Cesar	Doctor	90 %
Valdiviezo Gonzales Lorgio	Doctor	90 %
Sernaque Auccahuasi Fernando	Magister	85 %
Delgado Arenas Antonio Leonardo	Doctor	85 %
Promedio de validación (%)		86 %

Fuente: Elaboración propia

#### 2.4.4 Descripción del procedimiento

Se tomó una muestra representativa de suelo, luego se analizó el cadmio inicial y final por el método de absorción atómica en el equipo espectrofotómetro para observar las concentraciones que tiene cada muestra antes de la fitoextracción,

asimismo se analizó los parámetros fisicoquímicos como el pH, conductividad, y humedad, además los valores obtenidos fueron comparados 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.

Los valores fueron tomados luego del periodo de tratamiento, el cual tuvo una duración de 2 meses (08 de marzo y finalizó el 08 de mayo del 2018).

#### **2.4.4.1 Selección de la semilla de girasol (*Helianthus annuus L.*)**

Para la elección de la semilla *Helianthus annuus L.* (girasol) tuvieron que estar libres de tierra y/u otro impureza, asimismo no debieron estar dañadas ni quebradas y por último ser homogéneas es decir del mismo tamaño y forma.

#### **2.4.4.2 Prueba de germinación**

Para la prueba de germinación se colocaron 20 semillas del *Helianthus annuus L.* (girasol) en un papel toalla húmeda, seguidamente se colocó en un ambiente fresco sin que le llegue rayos solares.

Luego de 9 días se observó que algunas semillas comenzaban a germinar, asimismo se pudo observar de las 20 semillas plantadas solo germinaron 14 esto puede ser que las semillas estuvieron muy maduras o muertas, y con este resultado se obtuvo el porcentaje de germinación.

$$(14 \text{ Semillas germinaron} / 20 \text{ semillas se sembraron}) \times 100 = 70 \%$$

#### **2.4.4.3 Recolección de la muestra de suelo**

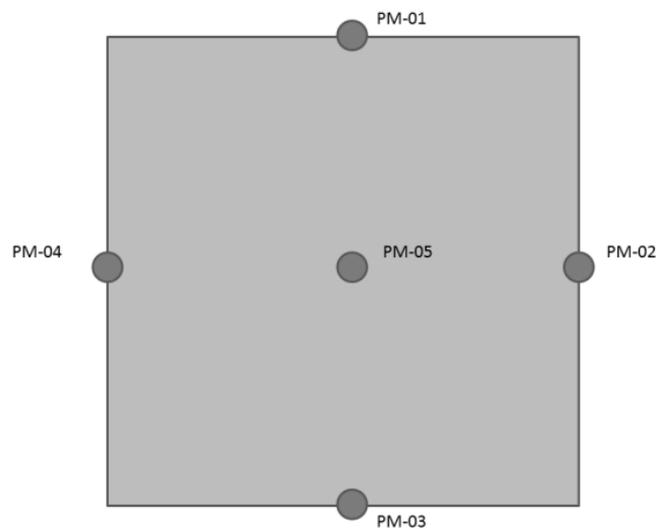
Para la recolección de la muestra del suelo se utilizó la guía para muestra de suelos D.S N° 002-2013-MIMAM, luego se delimitó la zona donde se realizó 05 calicatas con una profundidad de 30 cm. (Ver figura 1).

Seguidamente de realizar las 05 calicatas estas se agruparon y se retiraron las piedras y/o otro material que se encuentren en las muestras, posteriormente se ejecutó la técnica del cuarteo (Ver Figura 2), después se obtuvo la muestra testigo

de 1 kilogramo con 3 repeticiones donde se colocaron en bolsas ziploc y para poder identificarlo se colocó sticker donde se escribió el nombre, lugar y fecha. Finalmente las muestras restantes aproximadamente se colocaron en sacos para luego trasladarlos y ubicarlos en maceteros.

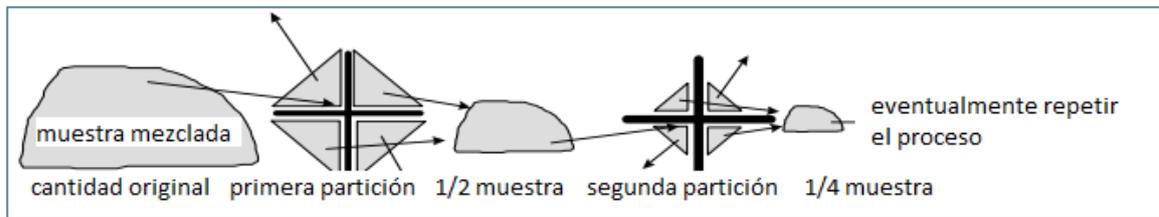
Materiales que se utilizó:

- Pico
- Pala
- Wincha
- Guantes
- Bolsas ziploc
- Costales
- marcador
- tamizador
- Sticker



**Figura 2.** Localización de Puntos de Muestreo

Fuente: MINAM (2014)



**Figura 3. Técnica del cuarteo**

Fuente: Guía para muestreo de suelos (2014)

#### **2.4.4.4 Distribución de muestras para lo fitoextracción**

Se colocaron 15 macetas que tuvieron 1 kilogramo de contenido, cabe mencionar que se utilizó 5 tipos de tratamientos contando con un testigo y distintas concentraciones (10, 20, 30, y 40 mg/l de cadmio), y cada uno tuvo 3 repeticiones, luego en cada maceta se colocó 1 semilla del *Helianthus annuus L.* (girasol) en total fueron 3 semillas por tratamiento, asimismo las macetas fueron identificadas con un sticker donde indicaba que tratamiento y numero corresponde.

#### **2.4.4.5 Concentración de cadmio en suelo**

Se preparó la concentración de 1000 mg/l de cadmio en el laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, luego se procedió a separar las concentraciones (10 mg/l, 20 mg/l, 30 mg/l y 40 mg/l), finalmente fueron sumergidas en 1 litro de agua para luego ser mezclada con el suelo.

#### **2.4.4.6 Análisis en el espectrofotómetro de absorción atómica**

- Se toma 100 g de muestra, y se colocó en una luna de cristal.
- Posteriormente se colocó la muestra en la estufa a 150 °C por 30', para que la muestra este seca completamente.
- Luego se trituro la muestra en el mortero para obtener una muestra fina. Asimismo se pesó un gramo, y se colocó en un tubo de ensayo.
- Después se agrega un 1 ml de ácido clorhídrico y un 3 ml de ácido nítrico al tubo de ensayo con la muestra. Y se coloca en un agitador magnético con calefacción.

- Seguidamente se preparan los estándares iniciales para las muestras, de 10 mg/l, 20 mg/l, 30 mg/l y 40 mg/l, esto se prepara a partir de una concentración inicial de 1000 mg/l de cadmio y una concentración patrón de 100 ppm, con un volumen de 50 ml. Y para saber cuál es la concentración a utilizar se necesitara realizar la siguiente ecuación:

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

Entonces las concentraciones necesitarían:

Mg/l	Alícuotas
0	0
0.5	0.25
1	0.5
2	1

- Luego se pasa la muestra que se encuentra en el tubo de ensayo al papel filtro y se agrega agua destilada para pasarlo al filtrado y colocarlo en una fiola de 100 ml, se enraza hasta el límite, para luego pasarlo al espectrofotómetro.
- Se enciende el espectrofotómetro por un tiempo promedio de 30 minutos para que se caliente y funcione correctamente, seguidamente se coloca el cátodo hueco de cadmio, para detección esto a través del programa computarizado que se maneja conjuntamente con el espectrofotómetro.
- Seguidamente se enciende la llama (se realiza con los comandos de la computadora), la absorción de aire se realiza a través de un tubo muy delgado que es la que absorbe la muestra y pasa al interior de la máquina y cuando la llama interna volatiliza el metal es un indicador de la presencia de metales.
- Finalmente se empieza con la detección de la muestra testigo, luego todas las muestras tendrán un orden para luego analizar la cantidad de cadmio existente en la fiola.

- Este proceso se realiza para analizar la muestra de cadmio inicial y final con distintas concentraciones y tres repeticiones.

## **2.5 Métodos de análisis de datos**

### **2.5.1 Recojo de datos**

Para el recojo de datos se tomó en cuenta lo siguiente:

#### **Criterios de inclusión y exclusión de la muestra**

##### a. Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión que formaron parte del estudio serán:

- Parámetros fisicoquímicos como:
  - Hojas de color verde
  - La raíz principal de gran vigor deberá estar rodeada por una cabellera de raíces laterales
  - Las hojas deben tener el margen entero
  - Girasoles con tamaño similar
- Las diferentes dosis que se añadieron en cada tipo de tratamiento

##### b. Criterios de exclusión

Los criterios de exclusión que no formaron parte del estudio serán:

- Hojas secas
- Hojas amarillentas
- Girasol podrido
- Hojas blanquecinas
- Girasol de aspecto débil

Se midió las características morfológicas y los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio de biotecnología de la Universidad Cesar Vallejo diariamente por 5 días. (Ver Tabla 5)

**Tabla 5** *Recojo de Datos*

Recojo de Datos	Hora	Fecha	Lugar	Se incluye	Se excluye
<ul style="list-style-type: none"> <li>• pH</li> <li>• Humedad</li> <li>• Conductividad Eléctrica</li> </ul>	10:00 am – 4:00 pm	05-03-18 / 09-03-18  15-05-18 / 19-05-05-18	Laboratorio de biotecnología	Todas las muestras	-
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tamaño de la planta</li> <li>• Tamaño de raíz</li> <li>• Número de hojas</li> <li>• Longitud de Hojas</li> </ul>	11:00 am – 1:00 pm	05-06-18 / 08-06-18	SJL	Girasoles con tamaño similar	Girasoles podridos

Fuente: Elaboración Propia

### 2.5.2 Proceso de análisis de datos

La presente investigación se realizó mediante un diseño completamente al Azar con un solo factor, con un total de 5 tratamientos con 3 repeticiones cada uno, en el que se seleccionó el más eficiente.

Modelo Estadístico:  $y_{ij} = \mu + \tau_i + u_{ij}$ ,  $i = 1, 2 \dots, t$   $j = 1, \dots, n_i$

Dónde:

$Y_{ij}$ = es la respuesta (variable de interés o variable medida)

$\mu$ = media general del experimento

$\tau_i$  = efecto del tratamiento

$i$ = tratamientos

Eij= error aleatorio asociado a la respuesta Yij          j= repeticiones

Para el análisis estadísticos de los datos del presente estudio se el software SAS, en la que se utilizó la prueba estadística ANOVA, y como prueba de contraste se utilizó la Prueba de Tukey para medir, comparar las medias de los tratamientos.

Asimismo, se utilizó el software Microsoft Excel para la representación de datos mediante: tablas y gráficos de barras que muestren la eficiencia de la fitoextracción con *Helianthus annuus L.* (girasol) en suelos contaminados con cadmio.

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

$$\% \text{ Remoción} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

Dónde:

Ci: Concentración inicial (mg/kg)

Cf: Concentración final (mg/kg)

## 2.6 Aspectos éticos

Según Arguello (2001) manifiesta que la ética ambiental considera la relación entre el hombre y el medio ambiente, por ello, tiene un rol importante en la formación de la conciencia ambiental, esta se encargara que el ser humano tenga acciones positivas y valores hacia el medio ambiente.(p.46)

Por lo tanto, la ética ambiental es importante para el ser humano debido a que este es el responsable de la contaminación que existe en el medio ambiente, como en la contaminación del suelo por metales pesados que se encuentran en las minas y son varados al aire libre contaminando el ambiente. En pocas palabras la ética ambiental involucra al ser humano y al medio ambiente para tomar conciencia de las acciones que se realice.

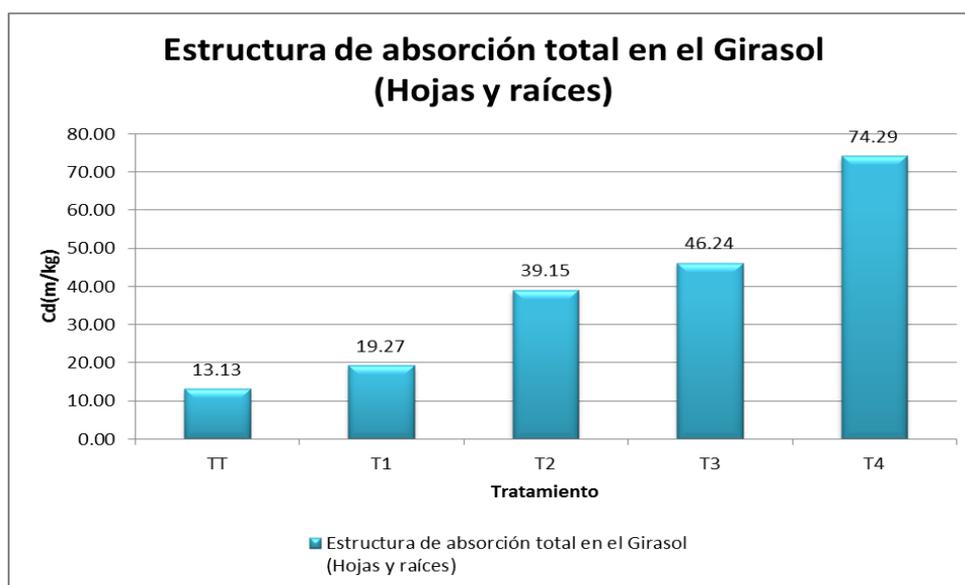
### **III. RESULTADOS**

### 3.1 Evaluación de la capacidad de fitoextracción del *Helianthus annuus* L. (girasol) para reducir el cadmio en suelos contaminados

**Tabla 6** Estructura de absorción a nivel total

Tratamiento	Repeticiones	Cadmio absorbido en raíz	Cadmio absorbido en hojas	Estructura de absorción total en el girasol (hojas y raíces)
Muestra (testigo)	Rep. 1	6.20 mg/kg	6.93 mg/kg	13.13 mg/kg
	Rep. 2			
	Rep. 3			
T1	Rep. 1	9.25 mg/kg	10.02 mg/kg	19.27 mg/kg
	Rep. 2			
	Rep. 3			
T2	Rep. 1	22.50 mg/kg	16.65 mg/kg	39.15 mg/kg
	Rep. 2			
	Rep. 3			
T3	Rep. 1	28.23 mg/kg	18.01 mg/kg	46.24 mg/kg
	Rep. 2			
	Rep. 3			
T4	Rep. 1	40.28 mg/kg	34.01 mg/kg	74.29 mg/kg
	Rep. 2			
	Rep. 3			

Fuente: Elaboración propia



**Figura 4** Estructura de absorción a nivel total

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 4 muestra la estructura de absorción total en el girasol luego del tratamiento de fitoextracción de 2 meses, se observa que, el TT dio un total de 13.13 mg/kg de absorción siendo el de menor absorción y la máxima es el T4 con una absorción de 74.29 mg/kg de cadmio.

### 3.2 Determinar las características morfológicas que favorecen la reducción de cadmio en suelos contaminados

**Tabla 7** Características morfológicas

Variable Independiente	Muestra	Repeticiones	Características Morfológicas			
			Tamaño de la planta (cm)	Tamaño de la raíz cm	Numero de hojas (Unidad)	Longitud de hojas (cm)
Fitoextracción con <i>Helianthus annuus</i> L. (girasol)	Muestra (testigo)	Rep 1	38.08	4.16	12	5.06
		Rep 2	37.04	4.14	11	7.04
		Rep 3	36.16	4.16	13	6.02
	T1	Rep 1	39.01	4.84	14	7.04
		Rep 2	40.05	5.14	13	6.08
		Rep 3	39.07	5.10	12	6.06
	T2	Rep 1	38.07	5.36	13	6.03
		Rep 2	39.03	5.53	11	7.06
		Rep 3	38.05	5.44	13	6.02
	T3	Rep 1	40.08	6.22	14	5.48
		Rep 2	38.05	6.28	14	5.51
		Rep 3	40.03	6.24	13	7.43
	T4	Rep 1	37.64	8.24	16	6.96
		Rep 2	43.71	8.32	15	6.88
		Rep 3	39.76	8.26	16	8.48

Fuente: Elaboración Propia

En la Tabla 7, se muestra el tamaño de la planta, raíces, hojas y número de hojas luego del tratamiento que tuvo un periodo de 2 meses de crecimiento.

**Tabla 8** Tamaño de raíz del girasol

Muestra	Repeticiones	Tamaño de la raíz (cm)	Promedio
Muestra (testigo)	Rep 1	4.16	4.15
	Rep 2	4.14	
	Rep 3	4.16	
T1	Rep 1	4.84	5.03
	Rep 2	5.14	
	Rep 3	5.10	
T2	Rep 1	5.36	5.44
	Rep 2	5.53	
	Rep 3	5.44	

Muestra	Repeticiones	Tamaño de la raíz (cm)	Promedio
T3	Rep 1	6.22	6.25
	Rep 2	6.28	
	Rep 3	6.24	
T4	Rep 1	8.24	8.27
	Rep 2	8.32	
	Rep 3	8.26	

Fuente: Elaboración propia

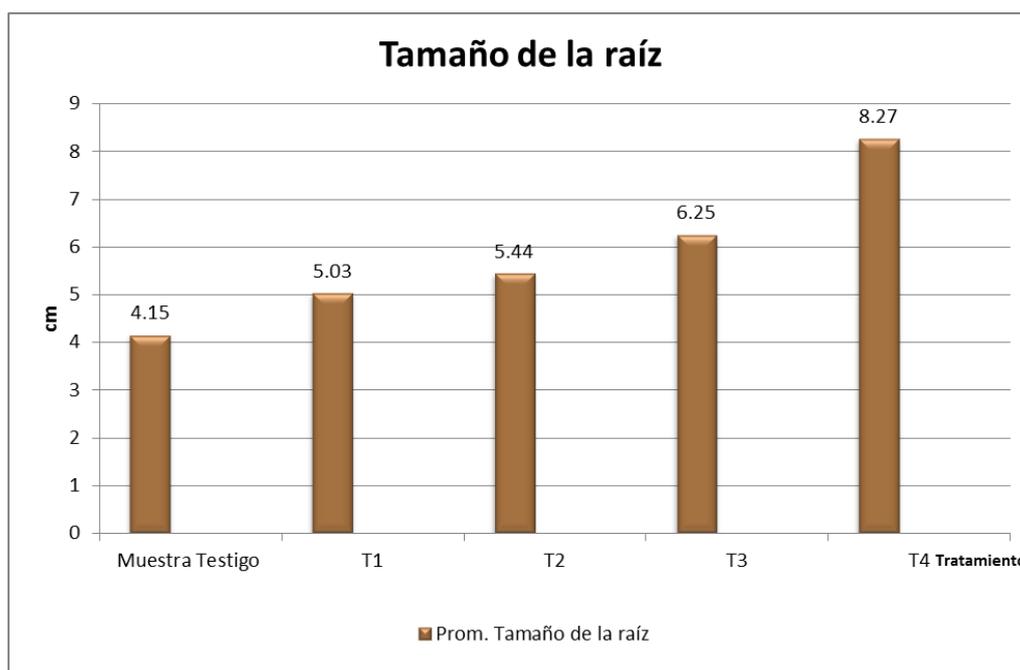


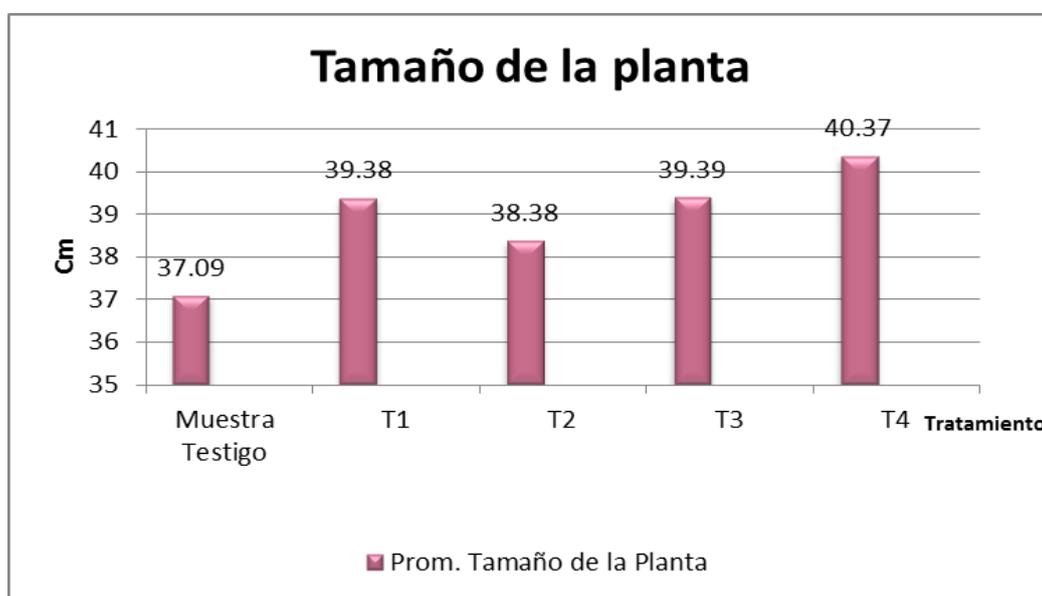
Figura 5 Promedio del tamaño de la raíz de las muestras de girasol  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 5, podemos observar el crecimiento de la raíz del girasol después del periodo del tratamiento de fitoextracción, se muestra en el tratamiento 4 que obtuvo un mayor crecimiento con 8.27 cm; asimismo el tamaño de las raíces en las muestras Testigo, T1, T2, y T3, tienen un rango de crecimiento de 4.15- 6.25 cm. Cabe mencionar que esta información concuerda con Guerrero (1999) en donde manifiesta que las raíces del Girasol tienen de 4 a 8 cm de largo. Asimismo Callirgos (2014) manifiesta que la absorción de metales se inicia por la raíz, y a la vez dependerá de su profundidad.

**Tabla 9** *Tamaño de la planta del girasol*

Muestra	Repeticiones	Tamaño de la planta cm	Promedio
Muestra (testigo)	Rep 1	38.08	37.09
	Rep 2	37.04	
	Rep 3	36.16	
T1	Rep 1	39.01	39.38
	Rep 2	40.05	
	Rep 3	39.07	
T2	Rep 1	38.07	38.38
	Rep 2	39.03	
	Rep 3	38.05	
T3	Rep 1	40.08	39.39
	Rep 2	38.05	
	Rep 3	40.03	
T4	Rep 1	37.64	40.37
	Rep 2	43.71	
	Rep 3	39.76	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 6** *Tamaño de la planta del girasol*

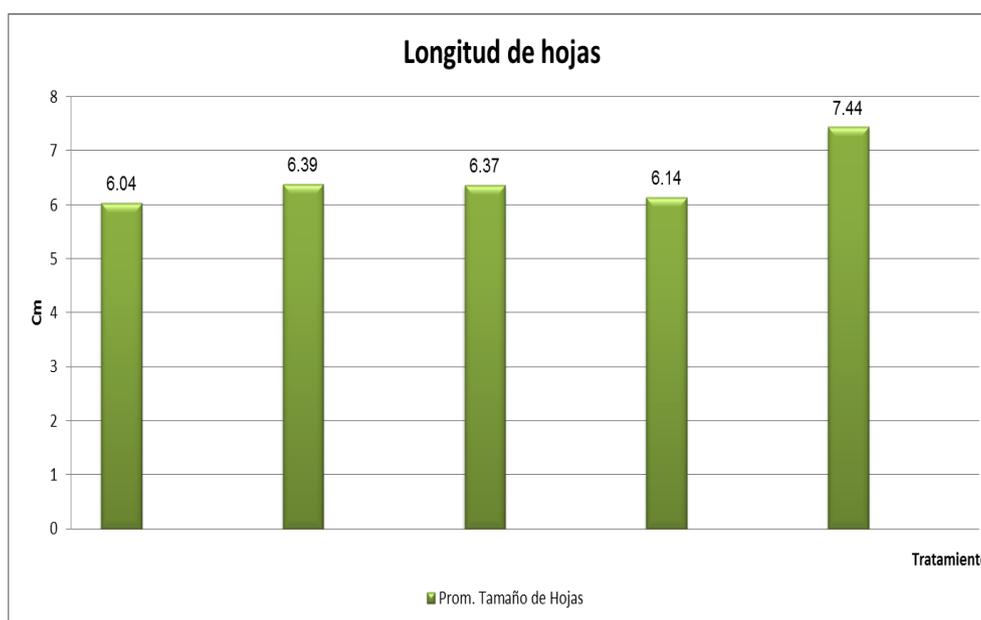
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 6, podemos observar el crecimiento de la planta *Helianthus annuus L.* (girasol) luego del periodo del tratamiento de fitoextracción, se muestra que el mayor crecimiento se encuentra en el Tratamiento 4.

**Tabla 10** Longitud de hojas del girasol

Muestra	Repeticiones	Longitud de hojas cm	Promedio
Muestra (testigo)	Rep. 1	5.06	6.04
	Rep. 2	7.04	
	Rep. 3	6.02	
T1	Rep. 1	7.04	6.39
	Rep. 2	6.08	
	Rep. 3	6.06	
T2	Rep. 1	6.03	6.37
	Rep. 2	7.06	
	Rep. 3	6.02	
T3	Rep. 1	5.48	6.14
	Rep. 2	5.51	
	Rep. 3	7.43	
T4	Rep. 1	6.96	7.44
	Rep. 2	6.88	
	Rep. 3	8.48	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 7** Longitud de las hojas de las muestras de girasol

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 7, se muestra como las hojas tuvieron un crecimiento durante el proceso de fitoextracción, se muestra que el mayor crecimiento se encuentra en el Tratamiento 4 que llegó a un promedio de crecimiento de 7.44 cm.

**Tabla 11** Unidades de hojas del girasol

Muestra	Repeticiones	Unidades de hojas	Promedio
Muestra (testigo)	Rep. 1	12	12
	Rep. 2	11	
	Rep. 3	13	
T1	Rep. 1	14	13
	Rep. 2	13	
	Rep. 3	12	
T2	Rep. 1	13	12
	Rep. 2	11	
	Rep. 3	13	
T3	Rep. 1	14	14
	Rep. 2	14	
	Rep. 3	13	
T4	Rep. 1	16	16
	Rep. 2	15	
	Rep. 3	16	

Fuente: Elaboración propia



**Figura 8** Número de hojas del girasol

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 8, se muestra la cantidad de hojas que se obtuvieron en el *Helianthus annuus L.* (girasol), el T4 obtuvo la mayor cantidad de hojas con 16 unidades y la muestra testigo y T2 obtuvieron 12 hojas.

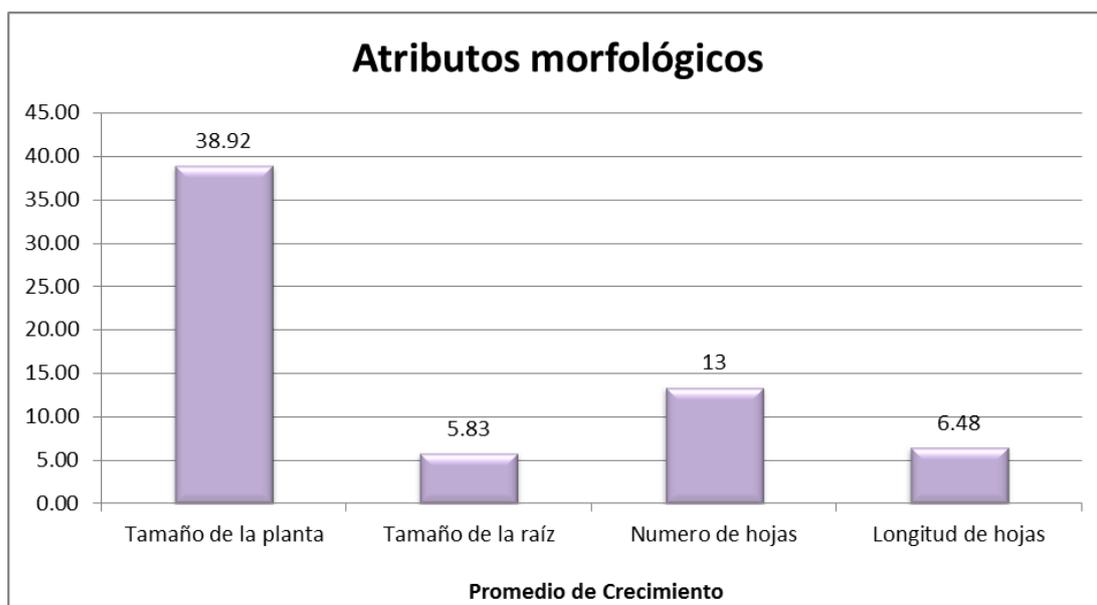


Figura 9 Atributos morfológicos del girasol

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 9, se muestra el promedio de crecimiento completo del girasol (tamaño de la planta, raíz, longitud de hojas y número de hojas) durante el proceso de fitoextracción en suelos contaminados con cadmio.

### 3.2.1 Resultados iniciales en pH, Conductividad y Humedad

Los parámetros que se indican en el siguiente cuadro se obtuvieron antes de la fitoextracción.

Tabla 12 Evaluación de los parámetros Físico-químicos

Suelos contaminados con cadmio							
Parámetros Físico-químicos	Repeticiones	Muestra Testigo mg/kg	T1 mg/kg	T2 mg/kg	T3 mg/kg	T4 mg/kg	Canadian Environmental Quality Guidelines (Concentration mg/kg dry weight)
pH	Rep1	5.30	5.12	5.08	4.84	4.40	6-8
	Rep 2	5.45	5.18	5.10	4.72	4.56	
	Rep3	5.36	5.22	5.10	4.64	4.48	
<b>Promedio</b>		5.37	5.17	5.09	4.73	4.48	4.97
Conductividad (dS/cm)	Rep1	4.61	3.30	2.80	4.35	4.76	2 dS/m
	Rep 2	4.24	3.43	2.76	4.25	4.64	
	Rep3	4.40	3.77	2.63	4.10	4.56	

Suelos contaminados con cadmio							
Parámetros Físico-químicos	Repeticiones	Muestra Testigo mg/kg	T1 mg/kg	T2 mg/kg	T3 mg/kg	T4 mg/kg	Canadian Environmental Quality Guidelines (Concentration mg/kg dry weight)
Promedio		4.42	3.50	2.73	4.23	4.65	3.91
Humedad	Rep 1	10.09	10.07	9.64	10.81	10.85	%
	Rep 2	10.66	10.78	10.52	11.03	10.42	
	Rep 3	10.07	11.57	9.69	10.57	10.94	
Promedio		10.27	10.81	9.95	10.80	10.74	10.51

Fuente: Elaboración propia

En el cuadro N° 11 se observa los valores iniciales de los parámetros evaluados en el laboratorio de la UCV.

### 3.3 Resultados después de la fitoextracción

**Tabla 13** Resultados después de la fitoextracción

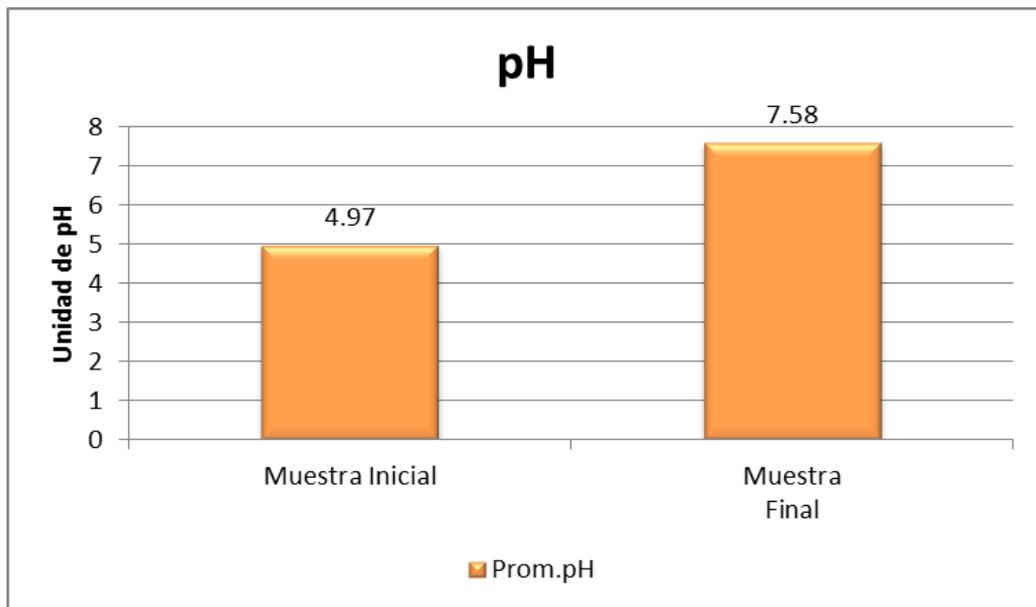
Parámetros Físico-químicos	Repeticiones	Muestra Testigo	Muestra 10 mg/kg	Muestra 20 mg/kg	Muestra 30 mg/kg	Muestra 40 mg/kg	Canadian Environmental Quality Guidelines (Concentration mg/kg dry weight)
pH	Rep1	7.14	7.45	7.85	7.74	7.54	6-8
	Rep 2	7.40	7.51	7.68	7.76	7.63	
	Rep3	7.48	7.48	7.75	7.77	7.56	
Promedio		7.34	7.48	7.76	7.76	7.58	7.58
Conductividad (dS/cm)	Rep1	1.98	1.82	1.67	1.72	1.95	2 dS/m
	Rep 2	1.81	1.83	1.79	1.66	1.86	
	Rep3	1.73	1.76	1.70	1.74	1.82	
Promedio		1.84	1.80	1.72	1.71	1.88	1.79
Humedad	Rep1	12.52	11.56	11.42	11.86	11.84	%
	Rep 2	12.36	11.85	11.70	12.14	11.58	
	Rep3	12.44	11.77	11.72	11.98	11.67	
Promedio		12.44	11.73	11.61	11.99	11.70	11.89

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 14** Promedio de resultados iniciales y finales de parámetros fisicoquímicos

Muestra	pH	Conductividad	Humedad
Inicial	4.97	3.91	10.51
Final	7.58	1.79	11.89
Canadian Environmental Quality Guidelines (Concentration mg/kg dry weight)	6-8	2 dS/m	-

Fuente: Elaboración propia



**Figura 10** Promedio de pH inicial y final

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 10 el valor del pH inicial es de 4.97 a comparación con la muestra final es menor ya que esta cuenta con 7.58, esto es un indicador que el proceso de acidez ha ido disminuyendo con el pasar del periodo de la fecha de experimentación, la estabilidad al nivel óptimo de pH según Suaña (2018) debe ser entre 6 a 7, asimismo Ecured indica que el nivel de El pH es el principal factor de control de la disponibilidad de los metales para las plantas. (2018).

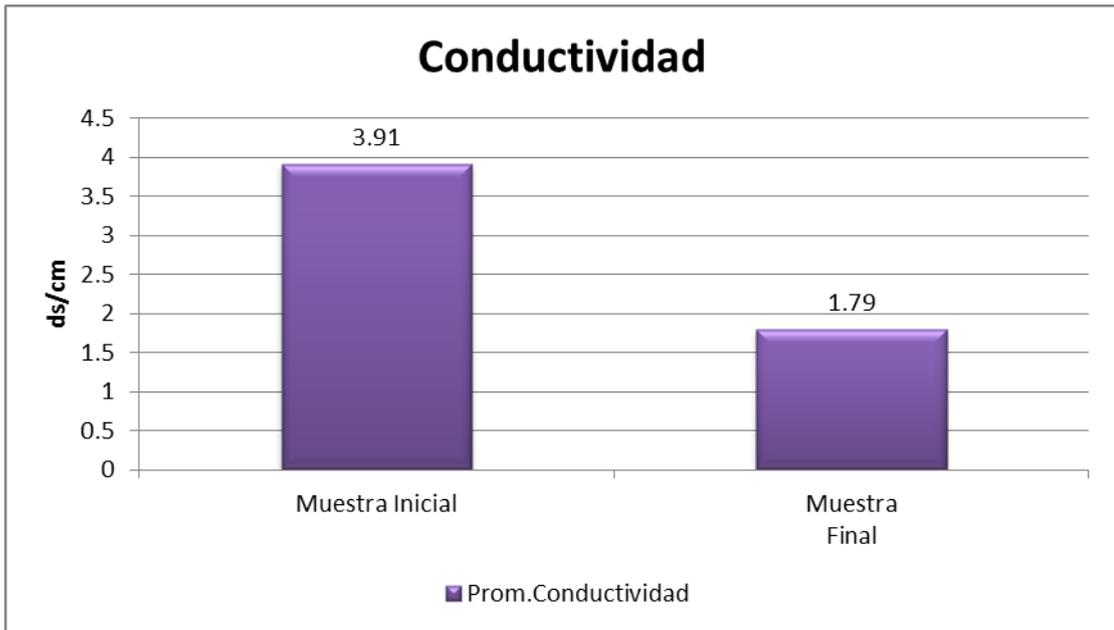


Figura 11 Promedio de Conductividad inicial y final  
Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la concentración de conductividad según Fostner, indica que es la cantidad de sales disueltas en una solución, tal como indica en la tabla la muestra inicial cuenta con 3.91 dS/cm y en la muestra final 1.79 dS/cm obteniendo así una óptima concentración según CEQG de 2 dS/m.

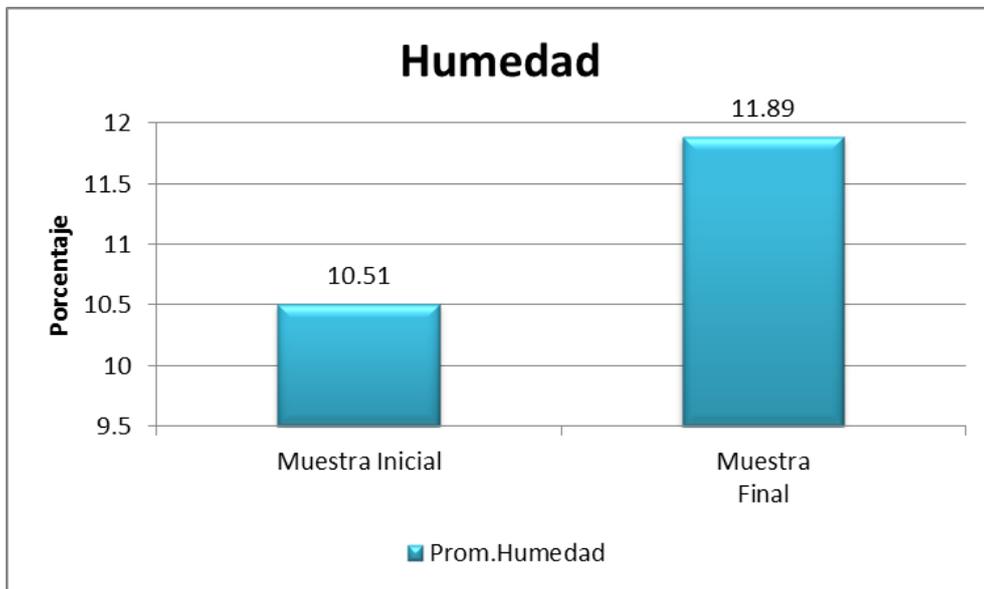


Figura 12 Promedio de Humedad inicial y final  
Fuente: Elaboración propia

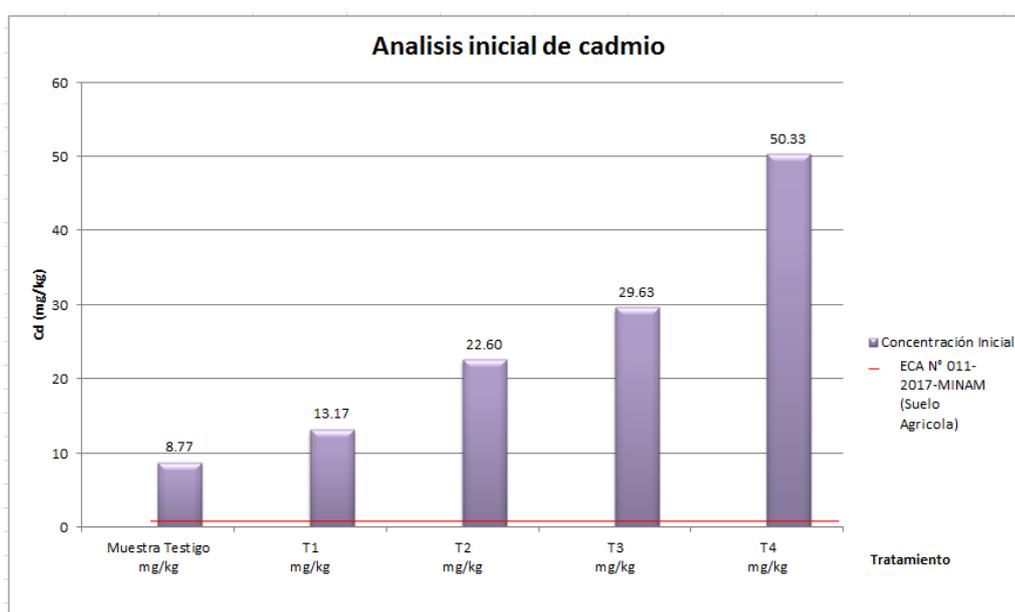
En la Figura 12 se muestra el promedio de humedad, se puede observar que los valores de la muestra del suelo inicial y final son constantes.

### 3.3.1 Resultados de las concentraciones iniciales

**Tabla 15** Resultados iniciales y finales de cadmio

Análisis de muestra en espectrofotómetro	Cadmio inicial mg/kg	Cadmio final mg/kg
Muestra Testigo	8.77	7.70
T1 mg/kg	13.17	12.70
T2 mg/kg	22.60	15.77
T3 mg/kg	29.63	25.17
T4 mg/kg	50.33	43.73
ECA Suelo Agrícola	1.4	1.4

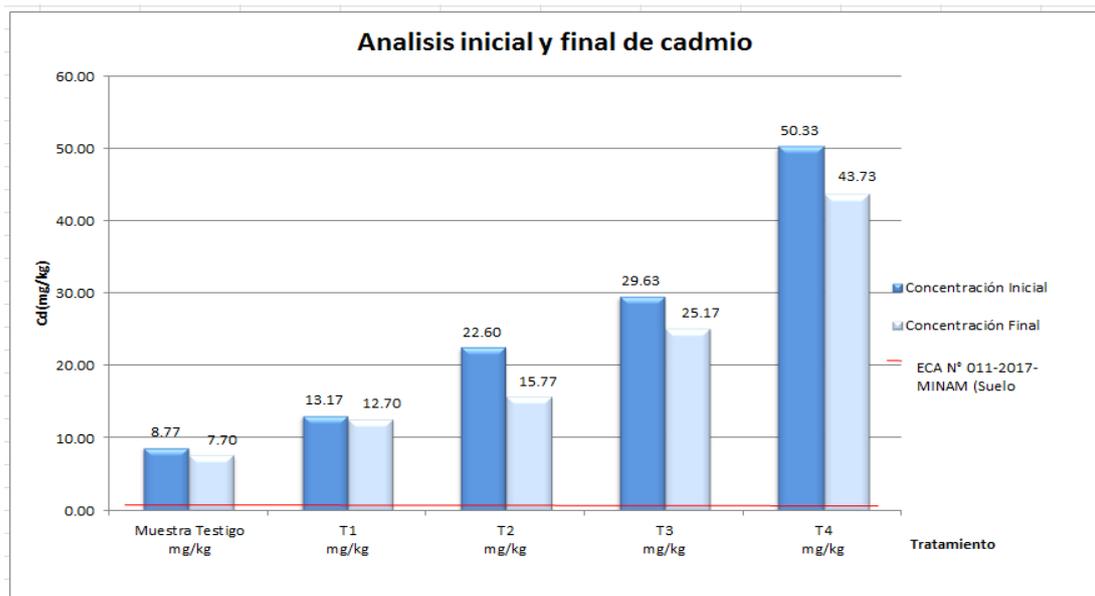
Fuente: Elaboración propia



**Figura 13** Concentración inicial de cadmio

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la Figura 13 los valores del parámetro evaluado (cadmio) en el laboratorio sobrepasan lo establecido en el Decreto Supremo N° 011-2017-MINAM (Suelo Agrícola).



**Figura 14** Concentración inicial y final de cadmio  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14 podemos observar que la cantidad de cadmio ha disminuido después de la fitoextracción, asimismo esta disminución aún no se encuentran debajo de los estándares de calidad para suelo del sector agrícola que indica un valor máximo de 1.4 mg/kg.

### 3.4 **Determinar la estructura de absorción para la reducción de cadmio en suelos contaminados**

#### **Porcentaje de Eficiencia**

$$EF (\%) = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100$$

$$EF (\%) = \frac{24.90 - 21.01}{24.90} \times 100$$

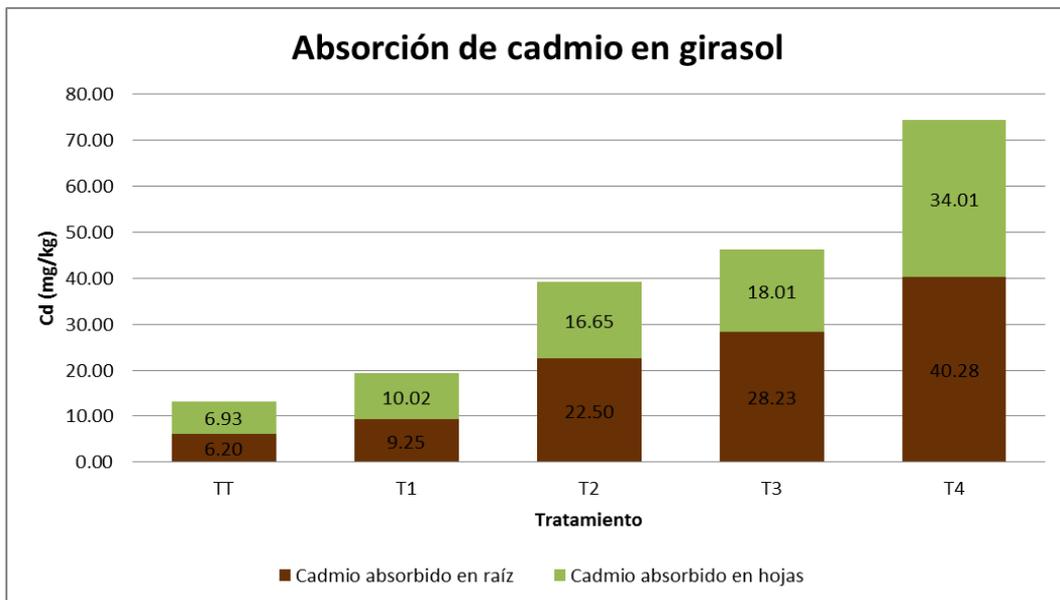
$$EF (\%) = 15.62\%$$

A través de la fórmula de eficiencia, observamos que el girasol tiene una eficiencia final del 15.62% en el tratamiento de suelos contaminados con cadmio luego de un periodo de 2 meses de fitoextracción, según el resultado obtenido podemos indicar que esta planta tiene la capacidad de acumular este metal.

**Tabla 16** Absorción de cadmio en girasol

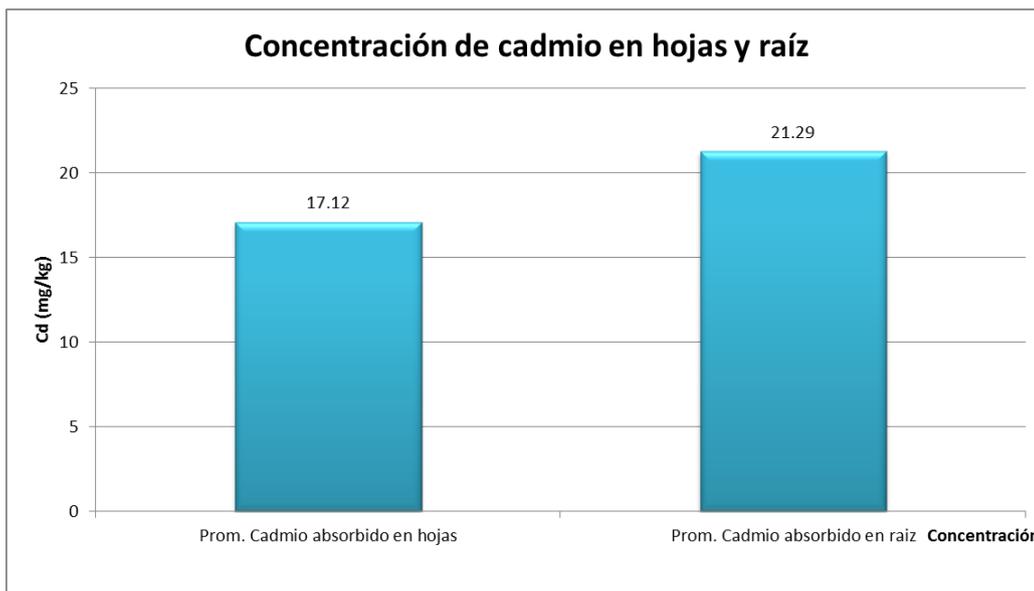
Muestra	Concentración	
	Cadmio absorbido en raíz	Cadmio absorbido en hojas
Muestra (testigo)	6.20 mg/kg	6.93 mg/kg
T1	9.25 mg/kg	10.02 mg/kg
T2	22.50 mg/kg	16.65 mg/kg
T3	28.23 mg/kg	18.01 mg/kg
T4	40.28 mg/kg	34.01 mg/kg

Fuente: Elaboración propia



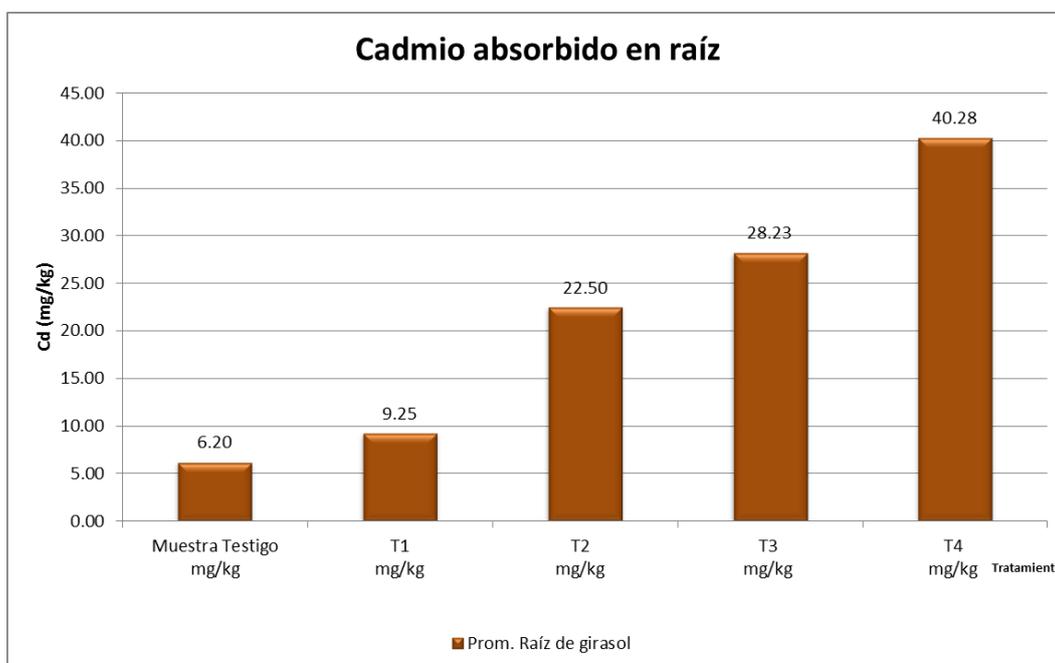
**Figura 15** Absorción de cadmio en raíz y hojas

Fuente: Elaboración propia



*Figura 16* Concentración promedio de cadmio en el girasol  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 16, muestra el promedio de absorción que tuvieron los 5 tratamientos, como en raíces y en hojas. Obteniendo un promedio de 17.12 mg/kg en las hojas y 21.29 mg/kg en las raíces. Los datos indicados en la Figura N° 16 concuerdan con lo manifestado por Lin (2003) donde indica que mayormente el cadmio es acumulado en la raíz.



*Figura 17* Concentración de Cadmio en raíces del Girasol  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 17 muestra la concentración de cadmio en raíces del Girasol luego del tratamiento de fitoextracción de 2 meses, se observa que, la Muestra Testigo logro un total de 6.20 mg/kg siendo el de menor absorción en raíces y la máxima es el T4 con una concentración de 40.28 mg/kg.

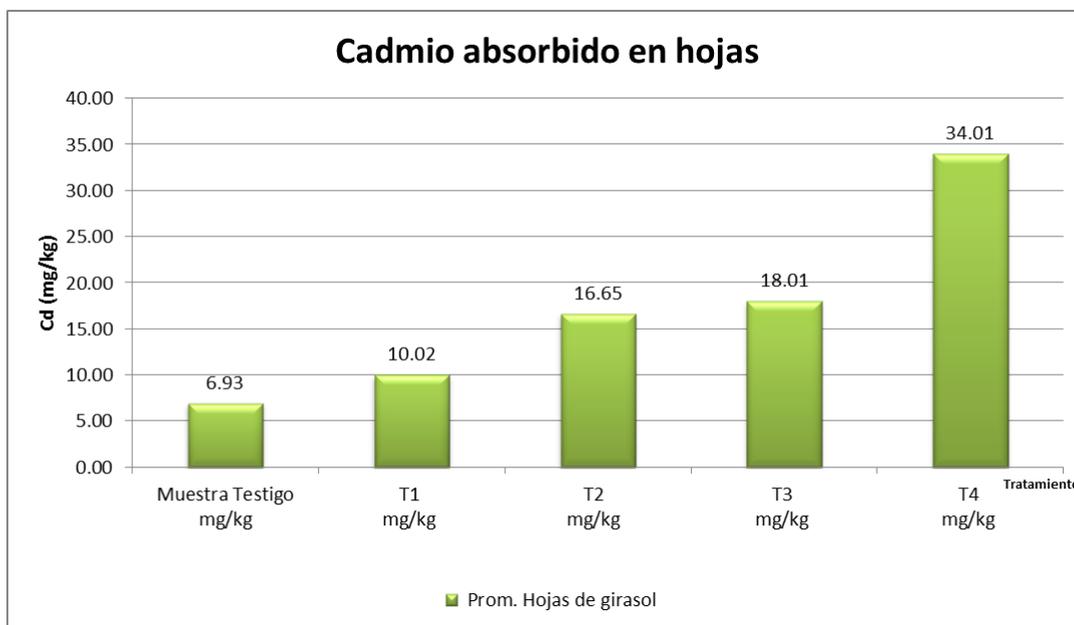


Figura 18 Concentración de cadmio en las hojas del girasol  
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 18, nos muestra la absorción de cadmio en el *Helianthus annuus L.* (girasol) luego de la fitoextracción, donde se obtuvo como valor máximo de absorción en el T4 con 34.01 mg/kg de absorción, y como mínimo en la Muestra Testigo con 6.93 mg/kg de absorción, con ello se puede indicar que la concentración mayor se encuentra en las raíces que en las hojas.

### 3.4.1 Análisis Estadísticos

#### Prueba de ANOVA de un solo factor

Hipótesis nula (Ho):  $U_0 > 0.05$  = La fitoextracción con *Helianthus annuus L.* (girasol) no es eficiente para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018.

Hipótesis Alternativa (H1):  $U_A < 0.05$  = La fitoextracción con *Helianthus annuus L.* (girasol) es eficiente para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018.

**Confiabilidad Alfa: 0.05= 5%**

**Tabla 17 Resultados estadísticos de ANOVA para el pH**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	4	0.39356	0.098390	11.64	0.001
Error	10	0.08453	0.008453		
Total	14	0.47809			

**Fuente: Elaboración propia**

R-Cuadrado	Coef. Var	Raiz MSE	VR Media
0.0919420	82.32%	75.25%	60.22%

De la Tabla 17, el análisis de varianza para el pH obtenido después de los tratamientos nos dio un valor de significancia ( $Pr > F$ ) menor de 0.05, es decir, las medias presentaron diferencia significativa entre los tratamientos; lo que indica que, en al menos uno de los tratamientos la media del pH fue diferente y las variables están relacionadas. Para conocer la media que presenta diferencia significativa, se sometió a la prueba de contraste de Tukey.

**Tabla 17-1 Prueba Tukey**

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
3	3	7.7600	A
4	3	7.75667	A
5	3	7.5767	A B
2	3	7.4800	B
1	3	7.340	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.  
Nivel de significancia  $\alpha = 0.05$

**Fuente: Elaboración propia**

Respecto a la Tabla 17-1, se observa que en los cinco tratamientos se obtuvo un pH distinto, siendo T3 el mejor tratamiento.

**Tabla 18 Resultados estadísticos de ANOVA para conductividad**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	4	0.06609	0.016523	2.97	0.074
Error	10	0.05560	0.005560		
Total	14	0.12169			

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 18 el análisis de varianza para la conductividad obtenido después de los tratamientos nos dio un valor de significancia ( $Pr > F$ ) mayor de 0.05, lo que indica que la conductividad de todos los tratamientos son iguales. Para conocer la media que presenta diferencia significativa, se sometió a la prueba de contraste de Tukey.

**Tabla 18-1 Prueba Tukey**

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
5	3	1.8767	A
1	3	1.8400	A
2	3	1.8033	A
3	3	1.7200	A
4	3	1.7067	A

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de Tukey, se puede observar que en los cinco tratamientos tienen la conductividad similar.

**Tabla 19 Resultados estadísticos de ANOVA para humedad**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	4	1.3611	0.34027	18.07	0.000
Error	10	0.1883	0.01883		
Total	14	1.5494			

Fuente: Elaboración propia

R-Cuadrado	Coef. Var	Raiz MSE	VR Media
87.85%	0.137210	82.99%	72.66%

De la Tabla 19, el análisis de varianza para la humedad obtenido después de los tratamientos nos dio un valor de significancia ( $Pr > F$ ) menor de 0.05, es decir, las

medias presentaron diferencia significativa entre los tratamientos; lo que indica que, en al menos uno de los tratamientos de humedad fue diferente. Para conocer la media que presenta diferencia significativa, se sometió a la prueba de contraste de Tukey.

**Tabla 19-1:** Prueba Tukey

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
1	3	12.4400	A
4	3	11.9933	B
2	3	11.7267	B C
5	3	11.6967	B C
3	3	11.6133	C

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de Tukey, se puede observar que en los tratamientos T2, T5 tienen una humedad similar, mientras que en T3 tiene una humedad mucho menor que los demás tratamientos, siendo el T1 el mejor de los tratamientos.

**Tabla 20** Resultados estadísticos de ANOVA para tamaño de la planta

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	4	18.46	4.615	1.86	0.194
Error	10	24.82	2.482		
Total	14	43.28			

Fuente: Elaboración propia

R-Cuadrado	Coef. Var	Raiz MSE	VR Media
42.65%	1.57539	19.72%	0.00%

De la Tabla 20 el análisis de varianza para el tamaño de la planta obtenido después de los tratamientos nos dio un valor de significancia ( $Pr > F$ ) mayor de 0.05, lo que indica que el tamaño de la planta en todos los tratamientos son iguales. Para conocer la media que presenta diferencia significativa, se sometió a la prueba de contraste de TUKEY.

**Tabla 20-1** Prueba Tukey

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
5	3	40.37	A
4	3	39.387	A
2	3	39.377	A
3	3	38.383	A
1	3	37.093	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de Tukey, se puede observar que en los cinco tratamientos tienen el tamaño de la planta es similar.

**Tabla 21** Resultados estadísticos de ANOVA para tamaño de raíz

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	4	29.2486	7.31216	999.84	0.000
Error	10	0.0731	0.00731		
Total	14	29.3218			

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 21, el análisis de varianza para el tamaño de raíz nos dio un valor donde no hay significancia ( $Pr > F$ ) menor de 0.05, lo que indica que el tamaño en todos los tratamientos son diferentes. Para conocer la media que tuviera diferencia significativa, se sometió a la prueba de contraste de Tukey

R-Cuadrado	Coef. Var	Raíz MSE	VR Media
99.75%	0.0855180	99.65%	99.44%

**Tabla 21-1** Prueba Tukey

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
5	3	8.2733	A
4	3	6.2467	B

3	3	5.4433	C
2	3	5.0267	D
1	3	4.15333	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de Tukey, el tamaño de la raíz obtenido después de los tratamientos nos dio un valor de significancia ( $Pr > F$ ) menor de 0.05 se puede observar que en los cinco tratamientos son diferentes .

**Tabla 22** Resultados estadísticos de ANOVA para número de hojas

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	4	25.333	6.3333	7.92	0.004
Error	10	8.000	0.8000		
Total	14	33.333			

Fuente: Elaboración propia

R-Cuadrado	Coef. Var	Raiz MSE	VR Media
76.00%	0.894427	66.40%	46.00%

De la Tabla 22, el análisis de varianza para el número de hojas en los tratamientos nos dio un valor altamente significativa ( $Pr > F$ ) menor de 0.05, lo que indica que al menos en uno de los tratamientos el número de hojas es diferente. Para conocer la media que presenta diferencia significativa, se sometió a la prueba de contraste de Tukey.

**Tabla 22-1** Prueba Tukey

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
5	3	15.667	A

4	3	13.667	A B
2	3	13.000	B
3	3	12.333	B
1	3	12.000	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de Tukey, nos dio un valor altamente significativa ( $Pr > F$ ) menor de 0.05, lo que indica que al menos en uno de los tratamientos el número de hojas del *Helianthus annuus* L. (girasol) es diferente, en los tratamientos T1, T2 y T3 tienen cantidades de hojas similares, siendo el T5 que cuenta con mayor cantidad.

**Tabla 23. Resultados estadísticos de ANOVA para longitud de hojas**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	4	3.751	0.9378	1.26	0.347
Error	10	7.425	0.7425		
Total	14	11.176			

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 23, el análisis de varianza la longitud de hojas obtenido después de los tratamientos nos dio un valor de significancia ( $Pr > F$ ) mayor de 0.05, lo que indica que el tamaño de la planta en todos los tratamientos son iguales. Para conocer la media que presenta diferencia significativa, se sometió a la prueba de contraste de Tukey.

R-Cuadrado	Coef. Var	Raiz MSE	VR Media
33.56%	0.861665	6.99%	0.00%

**Tabla 23-1. Prueba Tukey**

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
5	3	7.440	A

2	3	6.393	A
3	3	6.370	A
4	3	6.140	A
1	3	6.040	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de Tukey nos dio un valor donde no hay significancia ( $Pr > F$ ) mayor de 0.05, lo que indica que la longitud de hojas del *Helianthus annuus L.* (girasol) en todos los tratamientos son iguales.

**Tabla 24** Resultados estadísticos de ANOVA para cadmio absorbido en hojas

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	4	1321.4	330.35	4.89	0.019
Error	10	675.7	67.57		
Total	14	1997.1			

Fuente: Elaboración propia

R-Cuadrado	Coef. Var	Raiz MSE	VR Media
66.17%	8.22011	52.63%	23.87%

De la Tabla 24, el análisis de varianza para el cadmio absorbido en hojas obtenido después de los tratamientos nos dio un valor de significancia ( $Pr > F$ ) mayor de 0.05, lo que indica que la absorción en las hojas de todos los tratamientos son iguales.

**Tabla 24-1. Prueba Tukey**

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
5	3	34.01	A
4	3	18.01	AB
3	3	16.65	AB
2	3	10.02	B
1	3	6.93	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de Tukey, el cadmio absorbido en hojas dio un valor donde se puede observar que en los tratamientos T4, T3 tienen una concentración similar, en el T2 y T1 tienen una menor concentración a comparación de los demás tratamientos, siendo el T5 el mejor tratamiento.

**Tabla 25. Resultados estadísticos de ANOVA para cadmio absorbido en raíz**

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados medios	F Value	Pr > F
Entre tratamientos	4	2347.99	586.998	15545.51	0.000
Error	10	0.38	0.038		
Total	14	2348.37			

Fuente: Elaboración propia

De la Tabla 25, el análisis de varianza el cadmio absorbido en raíz obtenido después de los tratamientos nos dio un valor de significancia ( $Pr > F$ ) menor de 0.05, es decir, las medidas presentaron diferencia significativa entre los tratamientos; lo que indica que, en al menos uno de los tratamientos de cadmio absorbido en raíz fue diferente.

R-Cuadrado	Coef. Var	Raiz MSE	VR Media
99.98%	0.194319	99.98%	99.96%

**Tabla 25-1 Prueba Tukey**

TRATAMIENTO	N	Media	Agrupación
5	3	40.2767	A
4	3	28.2267	B
3	3	22.500	C
2	3	9.2533	D
1	3	6.200	E

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a la prueba de Tukey, en la Tabla 25-1, se observa que los cinco tratamientos obtuvieron una absorción de concentración de cadmio diferente, siendo T5 el mejor tratamiento.

Con los resultados obtenidos en las Tablas 17, 19, 21, 22 y 25 con un nivel de significancia ( $Pr > F$ ) < 0,05, se rechaza la H0: La fitoextracción con *Helianthus annuus* L. (girasol) no es eficiente en la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018 y se acepta la H1: La fitoextracción con *Helianthus annuus* L. (girasol) es eficiente en la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018.



## **IV. DISCUSIÓN**

- Con respecto a la capacidad de fitoextracción del *Helianthus annuus L.* (girasol) para reducir el cadmio en suelos contaminados en el tratamiento TT=testigo, T1= 10mg/l, T2= 20mg/l, T3= 30mg/l y T4= 40mg/l, el *Helianthus annuus L.* (girasol) logro obtener una eficiencia de absorción del 15.62% en el periodo de 2 meses, el cual este resultado no supera el promedio de porcentaje de la investigación realizada por Muso (2012) en donde obtuvo un promedio de remoción de hasta 79,67 % para la remediación de suelos contaminados, este resultado se obtuvo debido a que tuvo un mayor tiempo de absorción de este metal (60 y 120 días), los resultados obtenidos en la presente investigación hubiese sido superior de haberse completado su ciclo normal del girasol desde su siembra hasta su cosecha final, esto demuestra que el factor tiempo es importante para tener un mayor % de eficiencia, esto quiere decir que a mayor tiempo de exposición del metal con la planta su capacidad de absorción será mejor. Asimismo las características fisicoquímicas, en los resultados obtenidos se observa que el pH aumento de 4.97 a 7.58, la humedad aumento ligeramente de 10.51 a 11.89 y la conductividad eléctrica disminuyo de 3.91 dS/cm a 1.79 dS/cm. Como menciona Galán, Emilio y Romero Antonio, 2008,p.52) la mayoría de los metales tienden a estar más disponibles a pH ácido, asimismo el pH es un parámetro importante para definir la movilidad del catión, debido a que en medios de pH moderadamente alcalino se produce la precipitación.
- Con respecto a las características morfológicas que favorecen la reducción de cadmio en suelos contaminados, en la Tabla 11 se observa el número de hojas TT 12 und y T4 16 und según Guerrero (1999) manifiesta que la cantidad de hojas varían entre 12 y 40, esta es de color verde esto se debe a que contienen un pigmento, la clorofila, dentro de los cloroplastos de las células y este hace posible la fotosíntesis esto ayudara para la reducción del metal, por otro lado, de acuerdo a la Tabla 22-1 en la prueba de Tukey, nos dio un valor altamente significativo ( $P > F$ ) menor de 0.05, lo que indica que al menos en uno de los tratamientos el número de hojas del *Helianthus annuus L.* (girasol) es diferente, en los tratamientos T4 y T2 tienen cantidades de hojas similares, mientras que en T3 y T1 tiene una medida mucho menor que los demás

tratamientos, siendo el T5 que cuenta con mayor cantidad. En la Tabla 8 se muestra el tamaño de raíces, se obtuvo como resultado que el T4 tuvo un crecimiento de 8.27cm, donde demuestra que el tamaño de la raíz de girasol no se ve afectada cuando se aumenta la concentración de este metal, de acuerdo a la prueba de Tukey, el tamaño de la raíz obtenido después de los tratamientos nos dio un valor de significancia ( $Pr>F$ ) mayor de 0.05 se puede observar que en los cinco tratamientos son iguales teniendo un tamaño de raíz similar, esto coincide con la investigación realizada por Chico (2012) en donde manifiesta que las diferentes concentraciones no interfieren en su crecimiento donde tuvo como resultado en el TT 2.73 cm y en el tratamiento T5 5.01 cm.

- Con respecto a la acumulación de cadmio en raíces y hojas del girasol, en donde este último absorbió un promedio de 17.12 mg/kg de acuerdo a la Tabla 24-1 en la prueba de Tukey, el cadmio absorbido en hojas dio un valor donde se puede observar que en el tratamiento T1 tienen una menor concentración a comparación de los demás tratamientos siendo el T5 el mejor tratamiento, cabe mencionar que, la raíz tuvo mayor absorción que en las hojas, esta obtuvo un promedio de 21.29 mg/kg en la Tabla 25-1 de acuerdo a la prueba de Tukey, se observa que los cinco tratamientos obtuvieron una absorción de concentración de cadmio diferente, siendo T5 el mejor tratamiento, este resultado demuestra que en las raíces hubo una mayor absorción de cadmio, esto concuerda con la investigación de Chico (2012), donde manifiesta que las cantidades de absorción son superiores en raíces en comparación con las partes aéreas. De acuerdo a Lin (2003), manifiesta que las raíces del girasol es capaz de almacenar las concentraciones de este metal en sus tejidos donde mayormente son acumulados en la raíz.

## **V. CONCLUSIONES**

- Se evaluó la capacidad de fitoextracción del *Helianthus annuus L.* (girasol) para reducir el cadmio en suelos contaminados a nivel laboratorio, en la que se obtuvo 192.08 mg/kg de absorción de cadmio, con una eficiencia de extracción de un 15.62%.
- Se determinó las características morfológicas que favorecen la reducción de cadmio en suelos contaminados fue la raíz ya que a mayor crecimiento de raíz hubo una mayor absorción de cadmio.
- Se determinó la capacidad de absorción para la reducción de cadmio en suelos contaminados, en la que el girasol absorbió 17.12 mg/kg de cadmio en las hojas, y 21.29 mg/kg en las raíces.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- La realización de la fitoextracción en suelos contaminados se debería realizar de forma *in situ* para saber cuáles serían los cambios significativos que se generarían en el área contaminada y con presencia de grandes concentraciones de cadmio.
- Evitar la siembra en épocas que no sean adecuadas para el crecimiento del girasol, ya que podría causar problemas con el desarrollo del girasol.
- Completar el ciclo normal del girasol desde su siembra hasta su cosecha final, pues en este estudio no se logró llegar a la última etapa debido a las cuestiones de tiempo.
- Para evitar el retorno de los metales pesados al ambiente se recomienda la incineración de la biomasa de la planta, ya que de esta manera los compuestos quedarán inertes y no regresarán a la cadena alimenticia.

## **VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Abdullah N. Al-Dhaibani, *etal*, *Phytoremediation of Cadmium Contaminated Soil by Sunflower* [en línea], 2013, [fecha de consulta: 14 de Mayo de 2018]. Disponible en: [https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2dF3CpRTjp4J:https://www.researchgate.net/profile/Arvind\\_Singh56/post/Can\\_you\\_recommmend\\_effective\\_phytoremediators\\_for\\_use\\_in\\_remediation\\_of\\_cadmium\\_contaminated\\_soils\\_planted\\_with\\_tree\\_crops\\_such\\_as\\_cacao/attachment/5a98fc05b53d2f0bba555b45/AS:599634565144577%401519975429268/download/888-894.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe](https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:2dF3CpRTjp4J:https://www.researchgate.net/profile/Arvind_Singh56/post/Can_you_recommmend_effective_phytoremediators_for_use_in_remediation_of_cadmium_contaminated_soils_planted_with_tree_crops_such_as_cacao/attachment/5a98fc05b53d2f0bba555b45/AS:599634565144577%401519975429268/download/888-894.pdf+&cd=1&hl=es-419&ct=clnk&gl=pe)

ISSN 1991-8178

- ABC AGRO. El Cultivo del Girasol. Disponible en: <http://www.abcagro.com/herbaceos/oleaginosas/girasol2.asp>
- ALVA, Alfonso y LLANOS, Manuel. El cultivo del girasol. [en línea]. España: Ed. Mundiprensa. 1990. [fecha de consulta: 12 de Octubre de 2017].

Disponible:

[http://catalogobibliografico.ug.edu.ec:82/pmb/opac\\_css/index.php?lvl=notice\\_display&id=21601](http://catalogobibliografico.ug.edu.ec:82/pmb/opac_css/index.php?lvl=notice_display&id=21601)

ISBN: 9788471142597

- ARGUELLO, Francisco. Educación Ambiental y Globalización: Modelos Interdisciplinarios en la UAEM. [en línea]. Mexico, 2004 [fecha de consulta: 12 de Octubre de 2017].

Disponible

en:

[https://books.google.com.pe/books?id=frnHJRrBwncC&pg=PA32&lpg=PA32&dq=ETICA+AMBIENTAL+-+ARGUELLO+2001&source=bl&ots=gs5C2LKI\\_U&sig=QTa7OVKlniVL6iSTe526KXv7YQ&hl=es-](https://books.google.com.pe/books?id=frnHJRrBwncC&pg=PA32&lpg=PA32&dq=ETICA+AMBIENTAL+-+ARGUELLO+2001&source=bl&ots=gs5C2LKI_U&sig=QTa7OVKlniVL6iSTe526KXv7YQ&hl=es-)

419&sa=X&ved=0ahUKEwizk4OI8sjXAhUK7iYKHSLsBfgQ6AEINTAG#v=onepage&q=ETICA%20AMBIENTAL%20-%20ARGUELLO%202001&f=false

- ASPECTOS TÉCNICOS SOBRE CUARENTA Y CINCO CULTIVOS AGRÍCOLAS. El cultivo del girasol. [en línea]. Costa Rica, 1991. [fecha de consulta: 12 de Octubre de 2017]. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/biblio>
- ATILIO, Eduardo. Contaminación. [en línea]. [Fecha de Consulta: 15 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://www.editorial.unca.edu.ar/Publicacione%20on%20line/Ecologia/imagenes/pdf/007-contaminacion.pdf>

ISSN: 1852-3013

- BAIRD C. 1999. *Environmental Chemistry. 2nd Ed. W.H. Freeman & Company.*
- *Biomonitorización de un Proceso De Fitoextracción de Metales: Cadmio.* [en línea]. Bilbao. Elena Pérez Berasategui. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2017]. Disponible en [http://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/Ekin\\_Eus\\_2005/40-2005.pdf?hash=6fdc48c01798c64f853c848aada1d83a](http://www.bizkaia.eus/Home2/Archivos/DPTO8/Temas/Pdf/Ekin_Eus_2005/40-2005.pdf?hash=6fdc48c01798c64f853c848aada1d83a)
- Brett, Robinson. *Etal, The Phytomanagement of Trace Elements in Soil* [en línea], v.28 N°.4, 23 Junio 2009, [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018], Disponible en : <http://www.kiwiscience.com/JournalArticles/CRPS2009.pdf>

ISSN: 0735-2689

- Botanical-online.Girasol Planta (*Helianthus annuus L.*) [en línea].2018 Disponible en: <https://www.botanical-online.com/medicinalsgirasol.html> Fecha de consulta: 10 de junio de 2018].
- BOYD, R. S.; Davis, M. A.; Balkwill, K. Elemental patterns in Ni hyperaccumulating and non-hyperaccumulating ultramafic soil populations of *Senecio coronatus*. *South African Journal of Botany*. 74: pp. 158-162, 2008.
- CALLIRGOS Rodríguez, Cristina Mirella. Evaluación de la capacidad fitorremediadora de la especie *Chrysopogon Zizanioides* mediante la

- incorporación de enmiendas en relaves mineros. Tesis para obtener el título profesional de ingeniero ambiental. Lima. Perú. Universidad Agraria la Molina. Facultad de Ingeniería Ambiental. 2014.
- CÉCCOLI Gabriel. *Análisis de Variabilidad Intraespecífica para Mecanismos de Tolerancia a la Salinidad y la Respuesta de la Expansión Foliar ante este Estrés en Girasol (Helianthus annuus L.)* Tesis (Doctor en Ciencias Agropecuarias).
  - Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba Facultad de Ciencia Agropecuarias.2013.p18
  - CHANEY, R.L.; Malik, K.M.; Li, Y.M.; Brown, S.L.; Brewer, E.P.; Angle, J.S.; Baker, A.J.M. Phytoremediation of soil metals. *Current Opinion in Biotechnology* 8: 279 – 284.
  - Decreto Supremo N° 002-2013-MINAM. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 25 de marzo de 2013.
  - Decreto Supremo N° 020-2017-SA. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 23 de junio de 2017.
  - Delgadillo, Angélica (*et al*), Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación, [En Línea], Vol 14, 10 de enero de 2011 ,[Fecha de Consulta: 14 de Abril del 23018]

Disponible en:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-04622011000200002](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002)

ISSN: 1870-0462

- ECURED. 20 de Mayo de 2018. Disponible en: [https://www.ecured.cu/Suelo\\_contaminado](https://www.ecured.cu/Suelo_contaminado)
- FASSBENDER, Hans. Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. [en línea].Costa Rica:IIICA..1987. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2017]. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A9793E/A9793E.PDF>

ISBN: 9290390255

- FOSTNER, U. Changes in metal mobilities in aquatic and terrestrial cycles. In “Metal Speciation, Separation, and Recovery”, J.W. 1987. 155 p.
- Francis E, Phytoremediation Potentials of Sunflower (*Helianthus annuus L.*) Asteraceae on contaminated soils of Abandoned Dumpsites[en línea], Volumen 8 N° 1 , Enero 2017, [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018], Disponible en : <https://www.ijser.org/researchpaper/Phytoremediation-Potentials-of-Sunflower-Helianthus-annuus-L-Asteraceaeon-contaminated-soils-of-Abandoned-Dumpsites.pdf>

ISSN 2229-5518

- Galán, Emilio y Romero Antonio. Contaminación de suelos pesados. [en línea]. 10 de Noviembre del 2008. [Fecha de consulta: 17 de Mayo de 2018]. Disponible en [http://www.ehu.es/sem/macla\\_pdf/macla10/Macla10\\_48.pdf](http://www.ehu.es/sem/macla_pdf/macla10/Macla10_48.pdf)

ISSN: 1885-7264

- GARRIDO, Soledad. Interpretación de Análisis de Suelos. [en línea]. Madrid. Rivadeneyra S.A [fecha de consulta: 18 de Octubre de 2017]. Disponible en:[http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd\\_1993\\_05.pdf](http://www.mapama.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_05.pdf)

ISBN: 8434108100

- GUERRERO, Andrés. Cultivos Herbáceos Extensivos. [en línea]. 6 ed. España: Mundi-Prensa, 1999 [fecha de consulta: 20 de setiembre de 2017].

Disponible:<https://books.google.com.pe/books?id=lmilbpnsKr0C&pg=PA471&dq=caracteristicas+morfologicas+del+girasol&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiMvLae9OTWAhWKRSYKHRnjBnIQ6AEIMTAC#v=onepage&q=caracteristicas%20morfologicas%20del%20girasol&f=false>

ISBN: 8471147971

- GUNNAR, Nordberg. *Metales: Propiedades Químicas y Toxicidad. Enciclopedia de Salud y seguridad en el Trabajo.* Pg. 10. 2001

Disponible en:  
<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT/tomo2/63.pdf>

ISBN: 8484170470

- GUTIÉRREZ, Luis Roberto, “et al”. Germinación del girasol silvestre (*Helianthus annuus L.*) en presencia de diferentes concentraciones de metales. [en línea].2011. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2017].Disponible en:  
<http://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBAA/article/view/27>

ISSN 2007-2570

- HERNANDES, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos, BAPTISTA, María. Metodología de la investigación [en línea]. 5ed. México: MsGra W-Hill, 2010 [Fecha de consulta: 19 de mayo de 2017]. Disponible en:  
[https://www.esup.edu.pe/descargas/dep\\_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf](https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf)

ISBN: 9786071502919

- *INDUSTRIA MINERA GUÍA DE NEGOCIOS EN EL PERÚ*. [en línea]. Perú: pwc.Global. [Fecha de consulta: 12 Octubre de Octubre de 2017]. Recuperado de: <https://www.pwc.pe/es/doing-business/assets/pwc-doing-business-mining-espanol.pdf>
- InfoAgro. El Cultivo de Girasol. [en línea]. España: InfoAgro. 1997. [fecha de consulta: 15 de setiembre de 2017]. Disponible en:  
<http://www.infoagro.com/herbaceos/oleaginosas/girasol.htm>
- InfoAgro. Roca A Disponible:  
[http://www.infoagro.com/abonos/contaminacion\\_suelos\\_metal\\_pesados.htm](http://www.infoagro.com/abonos/contaminacion_suelos_metal_pesados.htm)
- Jaramillo Viviana, Arahana Venancio y Torres María de Lourdes. Determinación del nivel de tolerancia a salinidad en condiciones in vitro de plantas de tomate de árbol (*Solanum betaceum*) provenientes de distintas

localidades de la Sierra ecuatoriana. [en línea], Vol. 6, N°. 1, 13 de Junio de 2014. [Fecha de consulta: 17 de Mayo de 2018]. Disponible en: [revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/158/160](http://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/download/158/160)

ISSN: 1390-5384

- Kamnev, A.A. y D. Van der Lelie, *Chemical and biological parameters as tools to evaluate and improve heavy metal phytoremediation*, [en línea], Vol. 20, N°. 4, 29 de Mayo de 2000, [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018], Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1026436806319#citeas>

ISSN: 1573-4935

- Ley N°10/1998. Boletín Oficial del Estado (BOE) Madrid, España. 21 de abril de 1998
- Lin, J.X., W.S. Jiang y D.H. Liu. *Accumulation of copper by roots, hypocotyls, cotyledons and leaves of sunflower (Helianthus annuus L.)* [en línea], Volumen 86, N° 2, 5 DE Octubre de 2002, [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018], Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/10842186\\_Accumulation\\_of\\_copper\\_by\\_roots\\_hypocotyls\\_cotyledons\\_and\\_leaves\\_of\\_sunflower\\_Helianthus\\_annuus\\_L](https://www.researchgate.net/publication/10842186_Accumulation_of_copper_by_roots_hypocotyls_cotyledons_and_leaves_of_sunflower_Helianthus_annuus_L).
- LIRO, Pedro. Cultivo de Girasol, Análisis de Costos y Evaluación Económica para una Hectárea. [en línea]. Argentina.1982 [fecha de consulta: 18 de Octubre de 2017].

Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=1tUqAAAAYAAJ&pg=PP11&dq=caracteristicas+morfologicas+del+girasol&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwiMvLae9OTWAhWKRSYKHRnjBnlQ6AEIPzAF#v=onepage&q=caracteristicas%20morfologicas%20del%20girasol&f=false>

- LIZARBE Asmat, Katherine y RIVERA López, Yaslin. Optimización del crecimiento de *Helianthus Annuus L.* (Girasol) para la fitoextracción de

Plomo, Zinc y Cadmio de Relaves Minero Artesanal del Caserío de Zarumilla, Pataz. Tesis (Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.2013

- MARTÍNEZ Lecca, Magdalith.Evaluación del Uso de especies vegetales: *Zea mays* L. (Maiz) y *Helianthus annuus* L.(girasol) para la remoción de cadmio y plomo en suelos contaminados en el Botadero Anden, Escuela Técnica Superior P.N.P, Puente Piedra 2014. Tesis (Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo.2014
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. Módulo de Sensibilización Ambiental. 2°. España ed. Instituto Nacional de Empleo Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales .España.2003.pg23

ISBN: 848320217-4

- MAQUEDA, Luis. Mecanismo de absorción de las plantas y girasol. Mexico. 2003
- MARTÍNEZ, Benito. “et al” .Evaluación de híbridos de girasol (*Helianthus annuus* L.) en régimen de temporal en el Valle de Mezquital, Hidalgo. [en línea]. México: Universidad Politécnica de Francisco I. Madero, 2017 [fecha de consulta: 12 de Octubre de 2017].

Disponible en:  
<http://www.upfim.edu.mx/investigacion/doc/libros/GirasolHelianthus.pdf>

ISBN: 9786079260170

- MOJIRI, A. The Potential of Corn (*Zea mays*) for Phytoremediation of Soil Contaminated with Cadmium and Lead. J. Biol. Environ. Sci. 5: pp. 17-22, 2011.
- Muqui Red de Propuesta y Acción. 03 de noviembre de 2017. Disponible en: <http://www.muqui.org/comunicaciones/noticias/item/629-informe-alerta-sobre-elevado-riesgo-de-exposicion-e-intoxicacion-cronica-en-la-oroya-y-cerro-de-pasco>

- MUSO, Jorge. Determinación de la capacidad fitorremediadora de cadmio del Camacho (*Xanthosoma undipes* Koch), especie vegetal nativa del área de influencia de EP PETROECUADOR en el Distrito Amazónico. Departamento de Ciencias de la Vida. Ingeniería en Biotecnología. Ecuador. 2012.
- Navarro, J.P., Aguilar, I. y López, J.R., (2007). Aspectos bioquímicos y genéticos de la tolerancia y acumulación de metales pesados en plantas. Ecosistemas [en línea]. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2018]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54016203>

ISSN: 1132-6344

- PEÑA, Flor de Maria y BELTRAN, Moisés. *Aplicación de la Fitorremediación en suelos contaminados por metales pesados utilizando Helianthus annuus L. en la estación experimental El Mantaro*. [en línea]. Diciembre 2012 [Fecha de consulta: 25 de Setiembre de 2017]. Disponible en: <http://revistas.uncp.edu.pe/index.php/prospectiva/article/view/291/258>

ISSN: 1990-7044

- PULFORT I. D., y Watson, C. 1993. J. Environ. Inten. 29:529-540
- REPETTO, Manuel. Toxicología Avanzada [en línea]. Madrid: Ediciones Díaz de Santos S.A. [fecha de consulta: 18 de Octubre de 2017]. Disponible en : <https://books.google.com.pe/books?id=opad2FFk9g0C&pg=PA396&dq=toxicidad+de+cadmio+en+plantas&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjphcuMgOXWAhVJNiYKHfdtCZUQ6AEIJTAA#v=onepage&q=toxicidad%20de%20cadmio%20en%20plantas&f=false>

ISBN: 8479782013

- Resolución Ministerial N° 085-2014 - MINAM. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 09 de abril de 2014.
- Ramírez, Augusto. Toxicología del cadmio. Conceptos actuales para evaluar exposición ambiental u ocupacional con indicadores biológicos. Revista

UNMS [en línea]. Vol. 63, 2002, N° 1 [Fecha de consulta: 18 de Abril de 2018].

Disponible en:

<http://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/anales/article/view/1477/1260>

ISSN: 1025-5583

- Recuperación de Suelos Salinos Agrícolas, mediante el Establecimiento de Praderas Bajo Riego y Cultivos Alternativos Diez Acciones Propuestas de Bioingeniería Sostenible. Feuchter Astiazarán Fernando Roberto. Disponible en:  
<http://www.zoetecnocampo.com/Documentos/recuperacion/recuperacion05.htm>
- REVISTA Científica de la Facultad de Ciencias Biológicas [en línea]. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.
- REVISTA Investigación Agraria y Ambiental [en línea]. Lima: UNAD, 2014 [fecha de consulta: 16 de Abril de 2018].

Disponible en <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5590911.pdf>

ISSN: 2145-60-97

- REVISTA Iberoamericana de Ciencias [en línea]. Texcoco: Universidad Autónoma Chapingo, 2016 [fecha de consulta: 18 de Setiembre de 2017]. Disponible en:  
[https://www.researchgate.net/publication/311106616\\_Acumulacion\\_de\\_metales\\_pesados\\_en\\_Helianthus\\_annuus\\_desarrollado\\_en\\_residuos\\_de\\_mina](https://www.researchgate.net/publication/311106616_Acumulacion_de_metales_pesados_en_Helianthus_annuus_desarrollado_en_residuos_de_mina)

ISSN 2334-2501

- Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria, por Yulieth Reyes [et.al]. Diciembre 2016, Vol. 16 N° 2 Fecha de consulta: 01 de octubre de 2017].

Disponible en:  
[http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria\\_sogamoso/article/view/5447](http://revistas.uptc.edu.co/index.php/ingenieria_sogamoso/article/view/5447)

ISSN: 2422-4324

- Robinson, B.H. *et al.*. The nickel hyperaccumulator plant *Alyssum bertolonii* as a potential agent for phytoremediation and phytomining of nickel. 1997. *Journal Geochemical Exploration*. pg 59, 75-86
- RODRIGUEZ, Miguel. [et.al]. Toxicidad del Cadmio en Plantas. [en línea]. vol. 17, núm. 3.10 de Abril de 2008.[Fecha de Consulta: 04 de octubre de 2017].Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=54017106014>

ISSN: 1132-6344

- SABROSO, María del Carmen y Pastor Ana. [en línea].España (2004) [Fecha de consulta: 12 Octubre de Octubre de 2017]. Recuperado de: [http://www.conectapyme.com/files/medio/guia\\_suelos\\_contaminados.pdf](http://www.conectapyme.com/files/medio/guia_suelos_contaminados.pdf)
- SALINAS Javier *et.al*: Utilización Conjunta de Técnicas de Inmovilización y fitoextracción en la descontaminación de suelos. España. Neiker – Tecnalia,2015.p.224

ISBN: 9788460694090

- SALT, D.E., R.D. Smith e I. Raskin. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. [en línea]. Volumen 49:643-668. 1994. [Fecha de Consulta: 15 de noviembre de 2017].Disponible en: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.arplant.49.1.643>

ISSN: 0664-2861

- Saxena P.K., *etal*, *Heavy Metal Stress in Plants*, 1999, [en línea]. Berlin.. *Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated and Polluted Soils* [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018], Disponible en: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-07745-0\\_14#citeas](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-07745-0_14#citeas)

ISBN: 978-3-662-07745-0

- Secretaria del Desarrollo Rural. Nathalia Gutierrez. 09 de Noviembre de 2014. Disponible en: <https://seder.jalisco.gob.mx/fomento-agricola-hortofruticola-e-inocuidad/568>
- Singh, S., *etal*, Phenol removal by Brassica juncea hairy roots: role of inherent peroxidase and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Journal of Biotechnology. [en línea]. 13 de Diciembre de 2005. [Fecha de Consulta: 17 de Abril de 2018]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168165605006887>

ISSN: 0168-1656

- Singh, R., *etal* Effect of lead on nitrate reductase activity and alleviation of lead toxicity by inorganic salts and 6- benzylaminopurine. (1997) [en línea], Volumen 40, N° 3, Noviembre 1997, [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018], Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1001155431519>

ISSN: 1573-8264

- Suaña, Maria Elena. Capacidad del Girasol (*Helianthus annuus L.*) para absorber cadmio de suelos contaminados en ambiente controlado, puno. revista de investigaciones de la escuela de posgrado [en línea], Vol 7, N°1, 05 de marzo de 2018. [Fecha de consulta: 4 de junio de 2018], Disponible en: <http://www.revistaepgunapuno.org/index.php/investigaciones/article/view/313/129>

ISSN 2077 – 8686

- Trejo Ricardo. *Etal*. Tópicos Selectos de Sustentabilidad: Un reto permanente [en línea]. Mexico: Durango, Editorial de la Universidad Juárez del Estado de Durango 2015 [fecha de consulta: 16 de abril de 2018], Especies Vegetales de Zonas Áridas para la Fitorremediación de Suelos Contaminados con Metales Pesados

Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/283031793>

ISBN: 978-607-503-186-6

- VARGAS Muñoz, Gonzalo. Influencia de las micorrizas arbusculares en la fitoextracción con Girasol en suelos contaminados por Pb y Cd. Tesis (Obtener título de biólogo) México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, 2013.
- VÁSQUEZ Mendoza, Joel. El Cultivo del girasol (*Helianthus annuus L.*) como una Alternativa Económica en México. Tesis (Título de Ingeniero Agronomo Fitotecnista). Buenavista: Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, 2001. 35pp.
- Vitória, Ángela, Lea, Peter y Azevedo, Ricardo, *Antioxidant enzymes responses to cadmium in radish tissues Phytochemistry*, [en línea], 1 de Junio 2001. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2018], Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942201001303>

ISSN: 0031-9422

- Watanabe, M. E. (1997). Phytoremediation on the brink of commercialization. *Environmental Science y Technology*. Pg.31: 182-186.
- YUNI, José y URBANO, Claudio. Recursos metodológicos para la preparación de proyectos de investigación [en línea]. 2 ed. Córdoba: Editorial brujas, 2006 [Fecha de consulta: 16 de junio de 2017]. Disponible en: [https://books.google.com.pe/books?id=XWIkBfrJ9SoC&pg=PA36&dq=VALIDEZ+Y+CONFIABILIDAD+DE+INSTRUMENTOS+ESTADISTICOS&hl=es-419&sa=X&redir\\_esc=y#v=onepage&q=VALIDEZ%20Y%20CONFIABILIDAD%20DE%20INSTRUMENTOS%20ESTADISTICOS&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=XWIkBfrJ9SoC&pg=PA36&dq=VALIDEZ+Y+CONFIABILIDAD+DE+INSTRUMENTOS+ESTADISTICOS&hl=es-419&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=VALIDEZ%20Y%20CONFIABILIDAD%20DE%20INSTRUMENTOS%20ESTADISTICOS&f=false)

ISBN: 9875910201

## **VIII.ANEXOS**

## ANEXO 1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

FITOEXTRACCIÓN CON <i>Helianthus annuus L.</i> (girasol) PARA LA REDUCCIÓN DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS, A NIVEL LABORATORIO 2018						
TIPO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES
GENERAL	¿Cuál es la capacidad de fitoextracción del <i>Helianthus annuus L.</i> (Girasol) para reducir el cadmio en suelos contaminados?	Evaluar la capacidad de fitoextracción del <i>Helianthus annuus L.</i> (Girasol) para reducir el cadmio en suelos contaminados	La fitoextracción con <i>Helianthus annuus L.</i> (Girasol) es eficiente para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018	V.I: Fitoextracción con <i>Helianthus annuus L.</i> (Girasol) (Francis E, 2017, p. 1751) (Dhaiban, A <i>et al</i> , 2013, P.888) (2013)	Características Morfológicas  (Francis E, 2017, p 1751) (Singh R <i>et al</i> , 1998, p.399)	Tamaño de la planta  (Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25) (Lin et al., 2003, p. 151-155).
						Tamaño de raíz  (Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25) (Lin et al., 2003, p. 151-155).
						Numero de hojas  (Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25) (Lin et al., 2003, p. 151-155).

FITOEXTRACCION CON <i>Helianthus annuus L.</i> (girasol) PARA LA REDUCCION DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS, A NIVEL LABORATORIO 2018						
TIPO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES
						<p>Longitud de hojas</p> <p>(Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25) (Lin et al., 2003, p. 151-155).</p>
					<p>Estructura de Absorción</p> <p>(Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Francis E, 2017, p 1751)</p>	<p>Cadmio almacenado en raíces.</p> <p>(Saxena et al., 1999 p. 305-329) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25) (Lin et al., 2003, p. 151-155).</p> <p>Cadmio almacenado en hojas</p> <p>(Francis E, 2017, p 1751) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25) (Lin et al., 2003, p. 151-155).</p>

FITOEXTRACCION CON <i>Helianthus annuus L.</i> (girasol) PARA LA REDUCCION DE CADMIO EN SUELOS CONTAMINADOS, A NIVEL LABORATORIO 2018						
TIPO	PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSION	INDICADORES
ESPECIFICO	<p>P1: ¿En qué medida las características Morfológicas de la planta influyen en la reducción de cadmio en suelos contaminados?</p> <p>P2: ¿En qué medida la estructura de absorción influye en la reducción de cadmio en suelos contaminados?</p>	<p>Ob1: Determinar las características Morfológicas que favorecen la reducción de cadmio en suelos contaminados</p> <p>Ob2: Determinar la capacidad de absorción para la reducción de cadmio en suelos contaminados</p>	<p>H1: Las características morfológicas favorecen significativamente para la reducción de cadmio en suelos contaminados (Francis E, 2017, p 1751) (Singh R <i>et al</i>, 1998, p.399)</p> <p>H2: La capacidad de absorción de las hojas es menor que las raíces para la reducción de cadmio en suelos contaminados (Saxena <i>et al.</i>, 1999 p. 305-329) (Kamnev y Van der Lelie, 2000, p. 239-25)</p>	<p>V.D Reducción de cadmio en suelos contaminados (Robinson <i>et al.</i>, 2009, 52) (Mojiri A ,2011, p.17)</p>	<p>Concentración (Rodríguez, Miguel <i>et.al</i>, 2008, p.62).</p>	<p>Cadmio Inicial (Rodríguez, Miguel <i>et.al</i>, 2008, p.62).</p>
						<p>Cadmio Final (Rodríguez, Miguel <i>et.al</i>, 2008, p.62).</p>
					<p>Parámetros Fisicoquímicos (Jaramillo Viviana, Venancio Arahana y Torres María de Lourdes, 2014, p.44-50) (Galán, Emilio y Romero Antonio, 2008,p.52)</p>	<p>Conductividad (Jaramillo Viviana, Venancio Arahana y Torres María de Lourdes, 2014, p.44-50) (Feuchter,Fernando) (Céccoli, Gabriel ,2013,p.18)</p>
						<p>pH (Ecured, 2018) (InfoAgro.2012) (Galán, Emilio y Romero Antonio, 2008,p.52)</p>
						<p>Humedad (InfoAgro.2012) (Manejo Técnico para el cultivo de girasol. 2014) (ABC AGRO.2018)</p>

## ANEXO 2 FICHA DE OBSERVACIÓN

FICHA DE OBSERVACIÓN	
Proyecto de Investigación	Fitoextracción con <i>Helianthus annuus</i> L. (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018
Línea de Investigación	Calidad y gestión de los recursos Naturales
Investigador	Labra Huamantalla, Sarah Berenger
Tiempo del proyecto	5 meses
Lugar de experimentación	Laboratorio de la Universidad César Vallejo

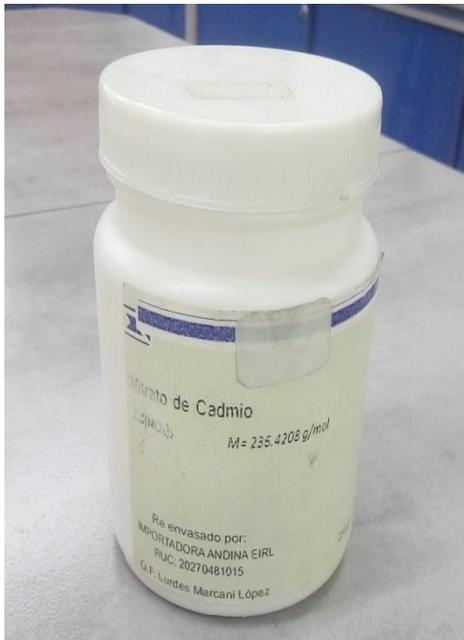
Variable Independiente	Muestra	Repeticiones	Hora	Fecha	Características morfológicas				Capacidad de absorción	
					Tamaño de la planta	Tamaño de la raíz	Numero de hojas	Longitud de hojas	Cadmio absorbido en raíces	Cadmio absorbido en hojas
					cm	cm	Unidad	cm	mg/kg	mg/kg
Fitoextracción con <i>Helianthus annuus</i> L. (girasol)	Muestra (testigo)	Rep. 1								
		Rep. 2								
		Rep.3								
	Tratamiento - 1	Rep. 1								
		Rep. 2								
		Rep.3								
	Tratamiento - 2	Rep. 1								
		Rep. 2								
		Rep.3								
	Tratamiento - 3	Rep. 1								
		Rep. 2								
		Rep.3								
Tratamiento - 4	Rep. 1									
	Rep. 2									
	Rep.3									

FICHA DE OBSERVACIÓN	
Proyecto de Investigación	Fitoextracción con <i>Helianthus annuus</i> L. (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018
Línea de Investigación	Calidad y gestión de los recursos Naturales
Investigador	Labra Huamantalla, Sarah Berenger
Tiempo del proyecto	5 meses
Lugar de experimentación	Laboratorio de la Universidad César Vallejo

Variable Dependiente	Muestra	Repeticiones	Dosis	Hora	Fecha	Concentración		Parámetros Físicoquímicos		
						Cadmio inicial mg/kg	Cadmio final mg/kg	Conductividad dS/cm	pH (0-14)	Humedad %
Reducción de cadmio en suelos contaminados	Tratamiento (testigo)	Rep. 1	--							
		Rep. 2								
		Rep.3								
	Tratamiento - 1	Rep. 1	10 mg/l							
		Rep. 2								
		Rep.3								
	Tratamiento -2	Rep. 1	20 mg/l							
		Rep. 2								
		Rep.3								
	Tratamiento -3	Rep. 1	30 mg/l							
		Rep. 2								
		Rep.3								
Tratamiento -4	Rep. 1	40 mg/l								
	Rep. 2									
	Rep.3									

## ANEXO 3 FOTOGRAFÍAS

### Peso de la muestra con cadmio



### Disolución de cadmio

### Vertimiento de Disolución de Cadmio



## Mezcla de Disolución de Cadmio en suelo



## Colocación de muestra en macetas



Colocación de etiquetas



Medición para la plantación de Semilla



Plantación de Semilla (antes)



Plantación de Semilla (después)



**Primeros brotes (15 días)**



**Crecimiento (1 mes)**



**Crecimiento (2 meses)**



## Medición del pH de la muestra



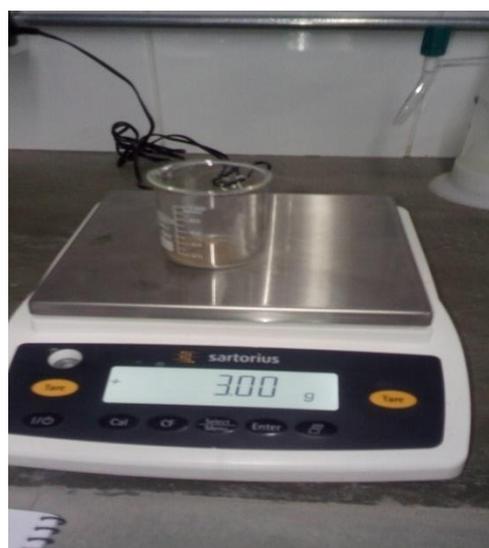
Secado en estufa



Enfriamiento en desecador



Muestra triturada en el mortero



Pesado de 3 g de muestra



Muestra en el agitador magnético



Medición del pH

### Medición de Conductividad



## Medición de Humedad

Peso de la casita de aluminio



Secado en la estufa



Para el enfriamiento se colocó en el desecador



Se pesó de la muestra



## Medición de concentración de Cadmio

Se pesó 1 gr de muestra



Se agregó ácido nítrico y ácido clorhídrico



Se filtra la muestra y se colocan en fioas



## ANEXO 4 RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN DE CADMIO EN HOJA Y RAÍZ



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



### INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : SARAH LABRA HUAMANTALLA  
PROCEDENCIA : LIMA/ BARRANCA  
MUESTRA : RAICES DE GIRASOL  
REFERENCIA : H.R. 63607  
BOLETA : 1551  
FECHA : 01/06/2018

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Cd ppm
2040	M1 Rep 1-Raiz	9.25
2041	M2 Rep 1-Raiz	22.50
2042	M3 Rep 1-Raiz	28.23
2043	M4 Rep 1-Raiz	40.28
2044	MO Rep 1-Raiz	6.20



*Dr. Sady García Bendezy*  
Jefe de Laboratorio



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



## INFORME DE ANALISIS ESPECIAL EN FOLIAR

SOLICITANTE : SARAH LABRA HUAMANTALLA  
PROCEDENCIA : LIMA/ BARRANCA  
MUESTRA : HOJAS DE GIRASOL  
REFERENCIA : H.R. 63606  
BOLETA : 1551  
FECHA : 01/06/2018

N. Lab.	CLAVE DE CAMPO	Cd ppm
2025	M1 Rep 1-Hojas	11.11
2026	M1 Rep 2-Hojas	6.75
2027	M1 Rep 3-Hojas	12.20
2028	M2 Rep 1-Hojas	13.43
2029	M2 Rep 2-Hojas	20.99
2030	M2 Rep 3-Hojas	15.53
2031	M3 Rep 1-Hojas	19.93
2032	M3 Rep 2-Hojas	15.63
2033	M3 Rep 3-Hojas	18.48
2034	M4 Rep 1-Hojas	53.55
2035	M4 Rep 2-Hojas	25.73
2036	M4 Rep 3-Hojas	22.75
2037	MO Rep 1-Hojas	4.77
2038	MO Rep 2-Hojas	3.84
2039	MO Rep 3-Hojas	12.19



Dr. Sady García Bendejú  
Jefe de Laboratorio

Av. La Molina s/n Campus UNALM  
Telf.: 614-7800 Anexo 222 Teléfono Directo: 349-5622  
e-mail: labsuelo@lamolina.edu.pe

## ANEXO 5 RESULTADOS DE CONCENTRACIÓN INICIAL Y FINAL EN SUELO

### INFORME DE ENSAYO N° 01-16062018- EAA

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGIA – UCV  
ANÁLISIS FÍSICO - QUÍMICO

**Tesista :** Sarah Berenger Labra Huamantalla  
**Tipo de ensayos:** Análisis físico - químico  
**Tipo de muestra:** (digestión en suelo )  
**Descripción de la muestra:** Agua de digestión de suelo contaminado con metales  
**Muestra tomada por:** Sarah Berenger Labra Huamantalla  
**Fecha de ingreso de muestra:** 10 de junio 2018  
**Lugar que se realizó el ensayo:** Laboratorio de biotecnología -UCV Lima Este  
**Fecha de realización de ensayos:** 16 de junio 2018  
 Muestra proporcionada por el estudiante

MATRIZ : AGUA DE DIGESTIÓN DE SUELO		ANÁLISIS
Código De Laboratorio	Identificación de la Muestra	Cadmio Total mg/L
M- Cd 1	M1 Rep1	0.155
M- Cd 2	M1 Rep2	0.116
M- Cd 3	M1 Rep3	0.124
M- Cd 4	Muestra Testigo Rep1	0.046
M- Cd 5	Muestra Testigo Rep2	0.179
M- Cd 6	Muestra Testigo Rep3	0.038
M- Cd 7	M2 Rep 1	0.148
M- Cd 8	M2 Rep 2	0.390
M- Cd 9	M2 Rep 3	0.140
M- Cd 10	M3 Rep 1	0.312
M- Cd 11	M3 Rep 2	0.312
M- Cd 12	M3 Rep 3	0.265
M- Cd 13	M4 Rep 1	0.507
M- Cd 14	M4 Rep 2	0.523
M- Cd 15	M4 Rep 3	0.480
Límite de cuantificación		2.00
Límite de Detección		0.0028

Método de Referencia: SMENW-AWWA-WEF 3030 E, 3111 B Direct air-acetylene flame



Daniel Neciosup Gonzales  
Asistente Del Laboratorio  
De Biotecnología



Ing. Rosario Vicuña Huamán  
Coordinador de Laboratorios



Eduardo Espinoza Farfán

## INFORME DE ENSAYO N° 01-16062018- EAA

**Tesista :** Sarah Berenger Labra Huamantalla  
**Tipo de ensayos:** Análisis físico - químico  
**Tipo de muestra:** (digestión en suelo )  
**Descripción de la muestra:** Agua de digestión de suelo contaminado con metales  
**Muestra tomada por:** Sarah Berenger Labra Huamantalla  
**Fecha de ingreso de muestra:** 10 de junio 2018  
**Lugar que se realizó el ensayo:** Laboratorio de biotecnología -UCV Lima Este  
**Fecha de realización de ensayos:** 16 de junio 2018  
 Muestra proporcionada por el estudiante

MATRIZ : DIGESTIÓN MUESTRAS DE SUELO		ANÁLISIS
Código De Laboratorio	Identificación De La Muestra	Cadmio Total mg/L
M- Cd 16	M1 Rep1	0.187
M- Cd 17	M1 Rep2	0.101
M- Cd 18	M1 Rep3	0.093
M- Cd 19	Muestra Testigo Rep1	0.101
M- Cd 20	Muestra Testigo Rep2	0.061
M- Cd 21	Muestra Testigo Rep3	0.069
M- Cd 22	M2 Rep 1	0.061
M- Cd 23	M2 Rep 2	0.210
M- Cd 24	M2 Rep 3	0.202
M- Cd 25	M3 Rep 1	0.179
M- Cd 26	M3 Rep 2	0.280
M- Cd 27	M3 Rep 3	0.296
M- Cd 28	M4 Rep 1	0.453
M- Cd 29	M4 Rep 2	0.406
M- Cd 30	M4 Rep 3	0.453
Límite de cuantificación		2.00
Límite de Detección		0.0028

Método de Referencia: SMEWW-AIWWA-WEF 3030 E, 3111 B Direct.ar-acetylene flame



  
 Daniel Neciosup Gonzales  
 Asistente Del Laboratorio  
 De Biotecnología



  
 Rosalio Vicuña Huamán  
 Coordinador de Laboratorios



  
 Dr. Eduardo Espinoza Farfán

## ANEXO 6 VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN



### INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

#### I. DATOS GENERALES:

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: Valdivia Gonzales Rojas  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: DTC Universidad de Ica  
 1.3. Especialidad del experto: Ing. Koshlay

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					90
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					90
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					90
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					90
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					90
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					90
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					90
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					90
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					90
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					90

#### III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

San Juan de Lurigancho, 6 de Julio del 2018.

Firma de experto Informante

DNI: 4032862

90

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE  
INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

- 1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: Delgado Armas, Antonio Leonardo  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: DTC en UCV Lima Norte 3  
 1.3. Especialidad del experto: Ing. Químico

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					85%
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					85%
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					85%
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					85%
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					85%
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					85%
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					85%
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					85%
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					85%
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					85%

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación? Ninguno

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

San Juan de Lurigancho, 15 de 07 del 2018.

  
 Firma de experto Informante  
 DNI: 29671642

85%

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y nombres del informante: Dr. Mg. Semario Purcalves, Fernando  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: UCV Coord. Inv. Hospital Fundación  
 1.3. Especialidad del experto: .....

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					85
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					85
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					85
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					85
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					85
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					85
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					85
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					85
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					85
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					85

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....  
 .....

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

San Juan de Lurigancho, 12 de 07 de ..... del 2018.

  
 .....  
 Firma de experto Informante  
 DNI: 10726886

85%

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y nombres del informante. Dr./Mg.: TULLUME CHAVESTA MILTON CESAR  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: MINISTERIO PÚBLICO  
 1.3. Especialidad del experto: ING. FORESTAL

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Bueno 41-60%	Muy bueno 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					90
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					90
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					90
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					90
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					90
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					90
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					90
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					90
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					90
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					90

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?.....  
 .....

**IV. PROMEDIO DEVALORACIÓN:**

San Juan de Lurigancho, 6 de Julio del 2018.

  
 .....  
 Firma de experto Informante  
 DNI: 07482588.....

90

**INFORME DE OPINIÓN EN RELACIÓN A LA VALIDEZ DEL INSTRUMENTO DE  
INVESTIGACIÓN**

**I. DATOS GENERALES:**

1.1. Apellidos y nombres del informante: Dr. Mg.: Alejandro Suárez Alú  
 1.2. Cargo e Institución donde labora: UCV - Lima - Este  
 1.3. Especialidad del experto: Inf. Químico

**II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN E INFORME:**

INDICADORES	CRITERIOS	Deficiente 0-20%	Regular 21-40%	Buena 41-60%	Muy buena 61-80%	Excelente 81-100%
CLARIDAD	Esta formulado con el lenguaje apropiado.					81
OBJETIVIDAD	Esta expresado de manera coherente y lógica.					81
PERTINENCIA	Responde a las necesidades internas y externas de la investigación.					81
ACTUALIDAD	Esta adecuado para valorar aspectos y estrategias de actualidad.					81
ORGANIZACIÓN	Comprende los aspectos en calidad y claridad.					81
SUFICIENCIA	Tiene coherencia entre indicadores y las dimensiones.					81
INTENCIONALIDAD	Estima las estrategias que responda al propósito de la investigación.					81
CONSISTENCIA	Considera que los ítems utilizados en este instrumento son todos y cada uno propios del campo que se está investigando.					81
COHERENCIA	Considera la estructura del presente instrumento adecuado al tipo de usuario a quienes se dirige el instrumento.					81
METODOLOGÍA	Considera que los ítems miden lo que pretende medir.					81

**III. OPINIÓN DE APLICACIÓN:**

¿Qué aspectos tendría que modificar, incrementar o suprimir en los instrumentos de investigación?..... N.O. requiere cambios

**IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:**

San Juan de Lurigancho, 02 de 07 de ..... del 2018.

  
 .....  
 Firma de experto Informante  
 DNI: 07106495

81

## ANEXO 7 TURNITIN

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD          DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 2 de 6
--	---	---

Yo, José Eloy Cuellar Bautista, docente de la Facultad Ingeniería y Escuela Profesional Ingeniería Ambiental, de la Universidad César Vallejo - Lima Este (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada

“ *Fitoextracción con Helianthus Annuus L. (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018* ”

, del (de la) estudiante *Jabra Huamantalla Sarah Desenger*

, constato que la investigación tiene un índice de similitud de *19*...% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

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

San Juan de Lurigancho, 17 de julio del 2018



Firma  
 José Eloy Cuellar Bautista  
 DNI N° 09367073

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

Fitoextracción con *Helianthus Annuus L.* (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniería Ambiental

AUTORA:

Sarah Benziger Labra Huanamilla

ASFSOR:

Dr. José Eloy Cuellar Bautista

Resumen de coincidencias

19%

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes no estándar (Beta)

Coincidencias	
1	repositorio.uce.edu.ve 2%
2	dspace.untr.edu.pe 2%
3	Entregado a Pontificia... 1%
4	www.sildeshor.net 1%
5	Xin Gu, Thomas Leo, Ta... 1%
6	myaldea.es 1%

## ANEXO 8 AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

Mg. Fernando Antonio Sernaqué Auccahuasi

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

Sarah Berenger Dobra Huamantla

INFORME TITULADO:

"Fitoremediación con Helianthus annuus L. (girasol) para la reducción de cadmio en suelos contaminados, a nivel laboratorio 2018"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

Ingeniera Ambiental

SUSTENTADO EN FECHA: 20 de Julio del 2018

NOTA O MENCIÓN:



[Signature]  
MG. FERNANDO ANTONIO SERNAQUÉ AUCCAHUASI

