



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y**

**AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO  
Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO  
CON MEDICAGO SATIVA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**JULIACA - PERÚ**

**2024**



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL**

**APROBADA POR EL JURADO REVISOR:**

**PRESIDENTE**

:

  
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**PRIMER MIEMBRO**

:

  
Dr. ARNALDO YANA TORRES

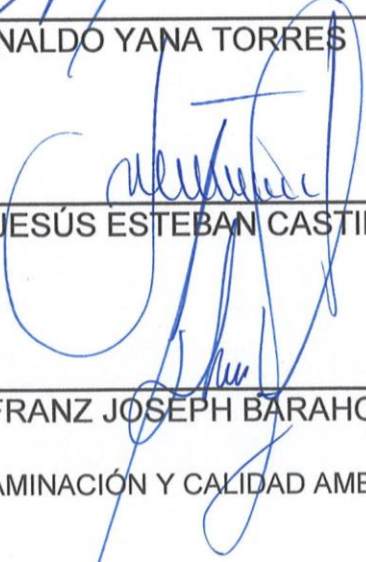
**SEGUNDO MIEMBRO**

:

  
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ASESOR DE TESIS**

:

  
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

:

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22



**UNIVERSIDAD ANDINA**  
**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1836-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 23 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 15577 presentado por el (la) Bachiller: **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI** estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) Bach. **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

- \* **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- \* **1er Miembro** : Dr. ARNALDO YANA TORRES
- \* **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES.**

**ARTICULO TERCERO. - APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.** de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : viernes 27 de diciembre del 2024
- \* **HORA** : 11:00 horas
- \* **LUGAR** : Aula 306 - Pabellón de Hidraulica

**ARTÍCULO CUARTO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



Dr. Franz Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

Archivo



UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1511-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 15 de noviembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 15831 por el señor (a): **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1334 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 096 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 096 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en mérito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) **la), Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



Dr. Efraim Perillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (s)



**"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 728-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 05 de agosto del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU- 7630, presentado por el señor (a) **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI** solicitando **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACIÓN**, el Proveído del Director de la Unidad de Investigación de la FICP, y la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 157-2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTITGACIÓN**, para optar el título profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

**CONSIDERANDO:**

Que, el señor (a): **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI** ha presentado cambio de asesor de tesis del tema investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, el Director de la Unidad de Investigación de la FICP a tomado conocimiento que el asesor **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI** no tiene vínculo laboral en la facultad de ingenierías y ciencias puras y existiendo la **RESOLUCIÓN DECANAL N° 157-2023-D-UI-FICP-UANCV** Aprobación de la **PROPUESTA DE INVESTITGACIÓN**.

Estando, a la solicitud del ejecutante y en cumplimiento al reglamento al Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención Grados Académicos y Títulos Profesionales; el director de la Unidad de Investigación **Dr. Efraín Parillo Sosa** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió el proveído favorable del cambio de asesor de investigación del tema titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable del Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, el **CAMBIO DE ASESOR DE INVESTIGACION**, designado al señor (a): **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL**, se le asigna como:

**ASESOR:** Mgtr. **FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la) docente Mgtr. **FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
DECANO  
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURAS  
Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2024  
Interesado (a)



UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 157-2023-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca 29 de diciembre del 2023

**VISTO:** El expediente N° 2023-CU-1002169, presentado por el señor (a) **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 166-2023-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 013 - 2023 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

**CONSIDERANDO:**

Que, el (la) estudiante: **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Mgtr. Franz Joseph Barahona Perales** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 013-2023 **aprobando** la propuesta de investigación titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA**.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R, y en mérito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

**RESUELVE:**

**ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el o (la) Bachiller: **LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Dr. CESAR JULIO LARICO MAMANI**.

**ARTÍCULO TERCERO.- DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Sanitaria y Ambiental** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo 2023  
Interesado (a)



## EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CROMO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

### INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

10%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	3%
2	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	2%
4	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
6	cybertesis.unmsm.edu.pe Fuente de Internet	1%
7	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1%
8	documentop.com Fuente de Internet	<1%



### Metadatos complementarios - UANCV

<b>Título de la tesis</b>	
<b>EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA</b>	
<b>Datos de autor</b>	
Nombres y apellidos	LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	74120353
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0009-0003-0763-0283">https://orcid.org/0009-0003-0763-0283</a>
<b>Datos de asesor</b>	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02442876
URL de ORCID	<a href="https://orcid.org/0000-0001-8509-7224">https://orcid.org/0000-0001-8509-7224</a>
<b>Datos del jurado</b>	
<b>Presidente del jurado</b>	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02424528
<b>Miembro Del Jurado 1</b>	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
<b>Miembro Del Jurado 2</b>	
Nombres y apellidos	JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	01323821





### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI, identificado con DNI

Nro. 74120353 en mi condición de egresado de:

- Escuela Profesional**
- Programa de Segunda Especialidad,**
- Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación,  Trabajo Académico denominada:

EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO  
CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

Asesorado por: Mgr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.


Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 28 de marzo del 2025

  
Firma del Asesor  
(obligatoria)

  
Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a Dios, por ser tan bondadoso.

A mis padres, por motivarme y ayudarme siempre a lograr mis metas y objetivos.

A mis hermanos, porque siempre me brindan su apoyo.



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, por darme la oportunidad de alcanzar mis metas y brindarnos docentes de calidad.

A mi asesor, Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES, por el apoyo incondicional y el conocimiento brindado y por guiarme en el desarrollo de la tesis.

Al laboratorio de CALIDAD AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD ANDINA NESTOR CACERES VELASQUEZ, por permitirme realizar mis ensayos de investigación.



## ÍNDICE GENERAL

**DEDICATORIA** ..... iii

**AGRADECIMIENTO** ..... iv

**ÍNDICE GENERAL** ..... v

**ÍNDICE DE TABLAS** ..... x

**ÍNDICE DE FIGURAS** ..... xi

**RESUMEN** ..... xiii

**ABSTRACT** ..... xiv

**INTRODUCCIÓN** ..... xv

### CAPÍTULO I

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática ..... 1

1.1.1. Situación problemática a nivel internacional ..... 1

1.1.2. Situación problemática a nivel nacional ..... 2

1.1.3. Situación problemática a nivel regional ..... 4

1.2. Planteamiento del problema ..... 5

1.2.1. Problema general ..... 5

1.2.2. Problemas específicos ..... 5

1.3. Objetivos de la investigación ..... 5

1.3.1. Objetivo general ..... 5

1.3.2. Objetivos específicos ..... 5

1.4. Justificación del estudio ..... 6



1.4.1. Justificación económica.....	6
1.4.2. Justificación social .....	6
1.4.3. Justificación ambiental .....	6
1.5. Hipótesis.....	7
1.5.1. Hipótesis general.....	7
1.5.2. Hipótesis específica .....	7
1.6. Variables .....	7
1.6.1. Variable independiente .....	7
1.6.2. Variable dependiente .....	7
1.7. Operacionalización de variables.....	7

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio.....	9
2.1.1. Antecedente Internacional.....	9
2.1.2. Antecedente Nacional .....	12
2.1.3. Antecedente Local .....	15
2.2. Bases teóricas.....	16
2.2.1. Metales pesados .....	16
2.2.2. Cadmio .....	17
2.2.3. Plomo .....	20
2.2.3.4. Valores máximos permitidos de Plomo en el agua según normativa .....	23



2.2.4. Planta de Medicago sativa.....	24
2.2.4.1. Nombre científico.....	24
2.2.4.2. Familia .....	24
2.2.4.3. Descripción botánica.....	25
2.2.4.4. Hábitat.....	25
2.2.4.5. Beneficios que proporciona la Medicago sativa.....	25
2.2.4.6. Valor nutricional:.....	26
2.2.5. Fitorremediación .....	26
2.2.5.1. Ventajas y desventajas de la fitorremediación.....	26
2.3. Marco conceptual.....	27
2.3.1. Remoción.....	27
2.3.2. Cadmio .....	27
2.3.3. Plomo .....	27
2.3.4. Sativa Medicago sativa .....	28
2.3.5. Fitorremediación .....	28

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3. Metodología .....	29
3.1. Tipo de investigación.....	29
3.2. Nivel de investigación.....	29
3.3. Enfoque de investigación .....	30



3.4. Diseño de investigación.....	30
3.5. Técnicas e instrumentos de la investigación.....	30
3.5.1. Técnicas .....	30
3.5.2. Instrumentos .....	31
3.6. Materiales y equipos .....	31
3.6.1. Materiales .....	31
3.6.2. Equipos.....	31
3.6.3. Materiales Químicos. ....	31
3.6.4. Otros.....	32
3.7. Lugar de estudio.....	32
3.8. Población y muestra .....	33
3.8.1. Población.....	33
3.8.2. Muestra .....	33
3.9. Proceso metodológico.....	33
3.9.1. Procedimiento metodológico para el primer objetivo .....	37
3.9.2. Procedimiento metodológico para el segundo objetivo .....	38
 <b>CAPÍTULO IV</b> <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>  	
4. Resultados .....	41
4.1. Medición del pH tomado durante el experimento.....	41



4.2. Registro diario de temperatura ambiental tomado en el invernadero durante el desarrollo del experimento. ....	42
4.2.1. Concentraciones Iniciales.....	43
4.2.1.1. Concentraciones iniciales para el agua según el cuadro siguiente de cadmio y plomo al 25%, 35% y 45%.....	43
4.2.1.2. Resultados de la lectura para el DÍA 1, de las muestras de cadmio y plomo. ....	43
4.2.1.3. Lectura de resultados para el DÍA 10, de las muestras. ....	48
4.2.1.4. Lectura de resultados para el DÍA 20, de las muestras ....	52
4.2.1.5. Lectura de resultados para el DÍA 30, de las muestras ....	56
4.2.1.6. Lectura de resultados para el DÍA 40, de las muestras ....	60
4.2.2. Resultados estadísticos para la prueba de hipótesis.....	71
4.2.2.1. Análisis de varianza de un factor para agua.....	71
4.2.2.2. Análisis de varianza de un factor tallo.....	71
4.2.3. Análisis de varianza de un factor para raíz.....	72
4.3. Discusión .....	74
<b>CONCLUSIONES</b> .....	76
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	77
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS</b> .....	78
<b>ANEXOS</b> .....	85



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Operacionalización de variables .....	8
<b>Tabla 2:</b> Medición de pH .....	41
<b>Tabla 3:</b> Registro diario de temperatura. ....	42
<b>Tabla 4:</b> Concentraciones iniciales de cadmio y plomo.....	43
<b>Tabla 5:</b> Absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 1. ....	44
<b>Tabla 6:</b> Absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 1.....	45
<b>Tabla 7:</b> Absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 1. ....	47
<b>Tabla 8:</b> Absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 10. ....	48
<b>Tabla 9:</b> Absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 10.....	49
<b>Tabla 10:</b> Absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 10. ....	50
<b>Tabla 11:</b> Absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 20. ....	52
<b>Tabla 12:</b> Absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 20.....	53
<b>Tabla 13:</b> Absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 20. ....	55
<b>Tabla 14:</b> Absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 30. ....	56
<b>Tabla 15:</b> Absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 30.....	58
<b>Tabla 16:</b> Absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 30. ....	59
<b>Tabla 17:</b> Absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 40. ....	60
<b>Tabla 18:</b> Absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 40.....	62
<b>Tabla 19:</b> Absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 40. ....	63
<b>Tabla 20.</b> Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 25% de cadmio. ....	64
<b>Tabla 21:</b> Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 35% de cadmio. ....	65



<b>Tabla 22:</b> Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 45% de cadmio.....	66
<b>Tabla 23:</b> Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 25% de plomo.....	68
<b>Tabla 24:</b> Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 35% de plomo.....	69
<b>Tabla 25:</b> Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 45% de plomo.....	70
<b>Tabla 26:</b> Análisis de varianza para agua.....	71
<b>Tabla 27:</b> Análisis de varianza para tallo.....	71
<b>Tabla 28:</b> Análisis de varianza para raíz.....	73



## ÍNDICE DE FIGURAS

**Figura 1:** Planta de Medicago sativa..... 24

**Figura 2:** Ubicación de la investigación..... 32

**Figura 3:** Semilla de Medicago sativa. .... 34

**Figura 4:** Germinación de Medicago sativa..... 35

**Figura 5:** Crecimiento de Medicago sativa sin metales..... 35

**Figura 6:** Soluciones de cadmio y plomo en porcentajes..... 36

**Figura 7:** Agua contaminada en diferentes porcentajes a Medicago sativa. .... 36

**Figura 8:** Aplicación de cadmio y plomo a la Medicago sativa en diferentes porcentajes. .... 37

**Figura 9:** Muestras de agua después de la absorción. .... 38

**Figura 10:** Extracción de Medicago sativa para su análisis..... 39

**Figura 11:** Secado de Medicago sativa por días. .... 39

**Figura 12:** Trituración de tallo y raíz..... 40

**Figura 13:** Muestra triturada del tallo y la raíz..... 40

**Figura 14:** Resultados de absorción de plomo y cadmio en el muestreo de agua para el día 1..... 44

**Figura 15:** Resultados de absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 1..... 46

**Figura 16:** Resultados de absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 1..... 47

**Figura 17:** Resultados de absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 10. .... 48

**Figura 18:** Resultados absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 10..... 49

**Figura 19:** Resultados de absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 10..... 51

**Figura 20:** Resultados de absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 20. .... 52



<b>Figura 21:</b> Variación de absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 20. ....	54
<b>Figura 22:</b> Variación de absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 20. ....	55
<b>Figura 23:</b> Variación de absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 30. ...	57
<b>Figura 24:</b> Variación de absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 30. ....	58
<b>Figura 25:</b> Variación de absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 30. ....	59
<b>Figura 26:</b> Variación de absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 40. ...	61
<b>Figura 27:</b> Variación de absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 40. ....	62
<b>Figura 28:</b> Variación de absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 40. ....	63
<b>Figura 29:</b> Variación de absorción de 25% de Cd en los diferentes días de ensayo. .	65
<b>Figura 30:</b> Variación de absorción de 35% de Cd en los diferentes días de ensayo. .	66
<b>Figura 31:</b> Variación de absorción de 45% de Cd en los diferentes días de ensayo. .	67
<b>Figura 32:</b> Variación de absorción de 25% de Pb en los diferentes días de ensayo. .	68
<b>Figura 33:</b> Variación de absorción de 35% de Pb en los diferentes días de ensayo. .	69
<b>Figura 34:</b> Variación de absorción de 45% de Pb en los diferentes días de ensayo. .	70



## RESUMEN

En la presente investigación se realizó la evaluación de la eficiencia de remoción de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con *Medicago Sativa*. El objetivo fue determinar eficiencia de remoción de Cd y Pb bajo condiciones de cultivo de hidropónico con *Medicago Sativa* ya que se verá la capacidad de retención de Pb y Cd en las muestras, como son en las raíces, hojas y tallos de la especie antes mencionada ya que se realizó a concentraciones de 25%, 35% y 45% de agua contaminada con Cd y Pb durante 40 días donde se utilizó una metodología de investigación de tipo experimental, de nivel aplicada. Teniendo como resultado inicial para el día 1 de muestreo para 25% de plomo 0.02501 (mg/L) y para cadmio 0.02501 (mg/L) que a medida que pasaba los días la cantidad de Cd y Pb se reducía para el día 40 de muestreo para 25% se redujo hasta <0.0001 (mg/L) para ambos metales. Y para el día 1 de muestreo para 35% de plomo 0.03504 (mg/L) y para cadmio 0.03506 (mg/L) que a medida que pasaba los días la cantidad de Cd y Pb se reducía para el día 30 de muestreo se redujo hasta <0.0001 (mg/L) para ambos metales donde es su máxima absorción. Y para el día 1 de muestreo para 45% de plomo 0.04502 (mg/L) y para cadmio 0.04505 (mg/L) que a medida que pasaba los días la cantidad de Cd y Pb se reducía para el día 30 de muestreo se redujo hasta <0.0001 (mg/L) para ambos metales donde es su máxima absorción. Concluyéndose que *Medicago sativa* demostró ser efectiva en la remoción de cadmio y plomo en sistemas hidropónicos, consiguiendo una tasa de remoción de 95% de cadmio y plomo en el agua.

**Palabras clave:** cadmio, plomo, remoción, *Medicago Sativa*, fitorremediación.



## ABSTRACT

In the present research, the evaluation of the removal efficiency of cadmium and lead under hydroponic culture conditions with *Medicago Sativa* was carried out. The objective was to determine the removal efficiency of Cd and Pb under hydroponic cultivation conditions with *Medicago Sativa*, since the retention capacity of Pb and Cd in the samples, such as roots, leaves and stems of the aforementioned species, was determined, since it was carried out at concentrations of 25%, 35% and 45% of water contaminated with Cd and Pb for 40 days using an experimental research methodology, at an applied level. The initial result for day 1 of sampling for 25% lead was 0.02501 (mg/L) and for cadmium 0.02501 (mg/L). As the days passed, the amount of Cd and Pb was reduced and by day 40 of sampling for 25% it was reduced to <0.0001 (mg/L) for both metals. And for day 1 of sampling for 35% lead 0.03504 (mg/L) and for cadmium 0.03506 (mg/L) that as the days passed the amount of Cd and Pb was reduced for day 30 of sampling was reduced to <0.0001 (mg/L) for both metals where it is its maximum absorption. And for day 1 of sampling for 45% lead 0.04502 (mg/L) and for cadmium 0.04505 (mg/L) that as the days passed the amount of Cd and Pb was reduced for day 30 of sampling was reduced to <0.0001 (mg/L) for both metals where is its maximum absorption. It was concluded that *Medicago sativa* proved to be effective in the removal of cadmium and lead in hydroponic systems, achieving a removal rate of 95% of cadmium and lead in the water.

**Key words:** Cadmium, Lead, Removal, *Medicago Sativa*, Phytoremediation.



## INTRODUCCIÓN

La contaminación por metales pesados representa una amenaza creciente para el medio ambiente y la salud de las personas a nivel global. Los metales como el cadmio (Cd) y el plomo (Pb) son particularmente preocupantes debido a su alta toxicidad y persistencia en el ambiente (Jócsák et al., 2023). En este contexto, la fitorremediación emerge como una tecnología prometedora y sostenible para la remoción de estos contaminantes de suelos y aguas.

El cultivo hidropónico ofrece ventajas significativas para la fitorremediación, como una mayor biodisponibilidad de los contaminantes y un crecimiento más rápido de las plantas. Yadav et al. (2023) revisaron las tecnologías de fitorremediación y los métodos de eliminación de metales pesados, destacando el papel de las proteínas vegetales y las interacciones planta-microorganismo en la remediación de suelos contaminados.

La eficiencia de remoción de metales pesados por las plantas está influenciada por diversos factores, incluyendo el pH, la conductividad eléctrica y la temperatura. Sumalan et al. (2023) investigaron el impacto de la acumulación de metales pesados en parámetros fisiológicos de *Silphium perfoliatum* L. en sistemas hidropónicos, encontrando alteraciones significativas en el contenido de prolina libre y pigmentos fotosintéticos.

Además de las plantas terrestres, las microalgas también muestran potencial para la biorremediación de metales pesados. Yadav et al. (2023) estudiaron la remoción de Cd de soluciones acuosas utilizando la microalga extremófila *Galdieria*



sulphuraria, alcanzando una eficiencia de remoción de hasta el 30% y una capacidad de absorción máxima de 1.59 mg g<sup>-1</sup> de biomasa seca.

En el estudio se presenta 4 capítulos donde en el capítulo I consta del planteamiento del problema y el capítulo contiene el análisis de la situación problemática, planteamiento del problema, objetivos, justificación, hipótesis y variables, en el capítulo II consta de marco teórico dentro de ello esta los antecedentes, bases teóricas y marco conceptual, en el capítulo III que es metodología de investigación, en el capítulo IV resultados, discusión, conclusión y recomendaciones.

En este contexto, la presente investigación se plantea evaluar la eficiencia de remoción de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con *Medicago sativa*. Los resultados del estudio contribuirán al desarrollo de estrategias más efectivas para la fitorremediación de aguas afectadas por metales pesados con cadmio y plomo, abordando así un problema ambiental de creciente importancia a nivel de diversos países.



## CAPÍTULO I

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Análisis de la situación problemática

##### 1.1.1. Situación problemática a nivel internacional

La contaminación por metales pesados constituye una amenaza cada vez mayor en los ecosistemas y la salud de las personas a nivel mundial. El rápido desarrollo industrial, la urbanización y las prácticas agrícolas intensivas han exacerbado este problema en las últimas décadas (Yadav et al., 2023). Los metales pesados, como son el cadmio, mercurio, plomo y arsénico, son particularmente preocupantes por su toxicidad, persistencia en el ambiente y capacidad de bioacumulación en la cadena alimentaria.

Un estudio reciente realizado por Jócsák et al. (2023) demostró que el contacto a metales pesados puede provocar importantes en el crecimiento y desarrollo de las plantas, incluyendo inhibición del crecimiento, clorosis y alteraciones en la fotosíntesis. Esto no solo afecta la productividad agrícola, sino que también aumenta el riesgo de que estos contaminantes ingresen a la cadena alimentaria humana.



En el ámbito acuático, la situación es igualmente alarmante. Bello et al. (2018) demostraron la efectividad de sistemas hidropónicos utilizando *Phragmites australis* para la remoción de cadmio, plomo y níquel de aguas contaminadas, logrando tasas de remoción de hasta el 96% para cadmio y plomo. Sin embargo, esto también evidencia la magnitud de la situación en los cuerpos hídricos a nivel global.

Además, el impacto de los metales pesados en la salud humana es cada vez más evidente. Un estudio realizado por Sumalan et al. (2023) en sistemas hidropónicos encontró alteraciones significativas en el contenido de prolina libre y pigmentos fotosintéticos en plantas expuestas a metales pesados, lo que sugiere posibles efectos similares en organismos superiores, incluidos los humanos.

### **1.1.2. Situación problemática a nivel nacional**

En Perú, la contaminación por metales pesados es un problema crítico, especialmente en regiones con intensa actividad minera. Un informe del Ministerio de Salud (MINSA) en 2020 reveló que más de 10 millones de personas, equivalente al 31.15% de la población nacional, están en riesgo de exposición a contaminación por metales pesados perjudiciales (Presbyterian Mission, 2023).

La situación es particularmente grave en zonas mineras como Cerro de Pasco. Un estudio realizado por Biamont-Rojas et al. (2023) en la Bahía de Puno del Lago Titicaca encontró una distribución espacial de



arsénico y metales que indican un elevado potencial ecotoxicidad. Esto indica que la contaminación no se limita a las áreas de extracción, sino que se extiende a ecosistemas acuáticos cruciales.

La contaminación también afecta la calidad del agua potable. Chirinos-Peinado et al. (2021) reportaron concentraciones medias de cadmio superiores a 500 mg/L en muestras de leche recolectadas cerca del río Mantaro en el centro de Perú, superando casi 200 veces el límite legal. Esto resalta la apremiante necesidad de optimizar los sistemas de tratamiento de agua y el monitoreo ambiental en el país.

En cuanto a la salud pública, un estudio realizado en Cerro de Pasco por Petrik et al. (2021) reveló niveles alarmantes de metales pesados en los análisis en el cabello de niños expuestos a actividades mineras. Se encontraron concentraciones significativamente más altas de talio aluminio, antimonio, arsénico, cromo, hierro, plomo, cadmio, y estaño en comparación con niños no expuestos, lo que sugiere un riesgo elevado para la salud infantil en estas áreas.

Además, Bravo-Zevallos y Fernández-Jerí (2023) Evaluaron los niveles de riesgo para la salud humana ocasionados por la contaminación por metales en la subcuenca del río Negro en Áncash. Sus hallazgos señalaron que los efectos negativos provocados por el hierro, cobalto y litio en niños y adultos deben ser considerados prioritarios, evidenciando la necesidad de implementar protección de la salud pública y medidas de mitigación.



La contaminación también afecta los recursos hídricos utilizados para la agricultura y la ganadería. Gutleb et al. (2020) detectaron niveles de mercurio que superaron el límite máximo permitido en peces de la región de Madre de Dios, lo que sugiere una contaminación generalizada de los ecosistemas acuáticos en la Amazonía peruana, que podría extenderse a otras regiones como Puno.

Además, un estudio realizado por Bravo-Zevallos y Fernández-Jerí (2023) en la subcuenca del Río Negro en Áncash, aunque no específico de Puno, proporciona insights relevantes sobre la situación en regiones andinas similares. Sus hallazgos sobre los efectos adversos del hierro, litio y cobalto en la salud humana podrían ser aplicables a Puno, dada la similitud en las actividades mineras y las condiciones geológicas.

### **1.1.3. Situación problemática a nivel regional**

La contaminación del Lago Titicaca, un ecosistema crucial para la región, es particularmente preocupante. Biamont-Rojas et al. (2023) encontraron una distribución espacial de arsénico y metales en la Bahía de Puno que sugiere un alto potencial ecotoxicológico. Esto no solo amenaza la biodiversidad acuática, sino también la salud de las comunidades que dependen del lago para su sustento.

En cuanto a la calidad del agua potable, un estudio realizado por Chirinos-Peinado et al. (2021) en el distrito de Huata, Puno, reveló que las muestras de agua contenían concentraciones de metales que



excedían los niveles permisibles establecidos por organizaciones internacionales como la OMS, EUC, EPA y USEPA. Esto indica que el agua no es apta para el consumo debido a los riesgos potenciales para la salud asociados con altas concentraciones de metales pesados.

## **1.2. Planteamiento del problema**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es la eficiencia de remoción de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con *Medicago sativa*?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ✓ ¿Cuánto es la variación de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con *Medicago sativa*?
- ✓ ¿Cuánto es la concentración de cadmio y plomo presentes en la estructura del tallo y raíces de *Medicago sativa*?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo general**

Determinar la eficiencia de remoción de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con *Medicago sativa*.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- ✓ Determinar la variación de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con *Medicago sativa*.



- ✓ Evaluar la concentración de cadmio y plomo presentes en la estructura del tallo y raíces de *Medicago sativa*.

## **1.4. Justificación del estudio**

### **1.4.1. Justificación económica**

La implementación de sistemas hidropónicos para la remoción de metales pesados como el cadmio y el plomo representa una alternativa económicamente viable y sostenible frente a los métodos convencionales de tratamiento de aguas contaminadas. Estudios recientes han demostrado que la fitorremediación mediante cultivos hidropónicos no solo es efectiva en la eliminación de contaminantes, sino que también puede generar beneficios económicos adicionales.

### **1.4.2. Justificación social**

La contaminación por metales pesados tales como el cadmio y el plomo representa un grave riesgo para el bienestar de las comunidades y la salud pública, especialmente en regiones con actividad minera e industrial intensiva. La implementación de tecnologías de fitorremediación, como el cultivo hidropónico de *Medicago sativa*, tiene el potencial de mejorar de manera considerable la calidad de vida de las poblaciones que son afectadas.

### **1.4.3. Justificación ambiental**

La contaminación por metales pesados como el cadmio y el plomo representa una amenaza crítica para los ecosistemas acuáticos



y terrestres, afectando la biodiversidad y la integridad de los ciclos biogeoquímicos. La fitorremediación mediante cultivos hidropónicos ofrece una solución ecológica y sostenible para abordar este problema ambiental.

## **1.5. Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis general**

La planta de Medicago sativa influye positivamente en la remoción de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico.

### **1.5.2. Hipótesis específica**

- ✓ Con la planta de Medicago sativa sí existe variación de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico.
- ✓ En la estructura del tallo y raíces de Medicago sativa sí existe concentración de cadmio y plomo.

## **1.6. Variables**

### **1.6.1. Variable independiente**

- ✓ Cultivo hidropónico con Medicago sativa.

### **1.6.2. Variable dependiente**

- ✓ Remoción de cadmio y plomo.

## **1.7. Operacionalización de variables.**



**Tabla 1:**

*Operacionalización de variables*

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONALIZACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>Remoción de cadmio y plomo</b> (Variable dependiente)	Es la capacidad del sistema hidropónico con <i>Medicago sativa</i> para disminuir los niveles de cadmio y plomo en el agua	Se medirá la variación en las concentraciones de cadmio y plomo antes y después del tratamiento en el sistema hidropónico.	Porcentaje de remoción	Concentración inicial del metal	mg/L
				Concentración final del metal	
			Parámetros fisicoquímicos	pH	1-14
				Temperatura	°C
<b>Cultivo hidropónico con <i>Medicago sativa</i></b> (Variable independiente)	Es un método de cultivo de plantas sin suelo, donde las raíces reciben nutrientes a través de una solución acuosa, utilizando <i>Medicago sativa</i> para la eliminación de metales pesados.	Se establecerá un sistema de cultivo hidropónico con <i>Medicago sativa</i> controlando las condiciones de crecimiento y analizando su impacto en la remoción de metales.	Características del sistema hidropónico	Materiales de elaboración	Nominal
			Características del cultivo	Dimensiones	Razón
				Raíz	cm
				Tallo	cm

*Nota:* Operacionalización de variables. Fuente: Propia (2024).



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes del estudio

##### 2.1.1. Antecedente Internacional

La contaminación por metales pesados representa un desafío global creciente, con impactos significativos en la salud humana y los ecosistemas. Un estudio realizado por Yadav et al. (2023) reveló que la fitorremediación emerge como una tecnología prometedora y ecológica para la remoción de contaminantes de suelos y aguas. Los autores encontraron que algunas especies vegetales pueden acumular hasta 100 veces más metales pesados que las plantas no acumuladoras, con tasas de remoción que varían del 60% al 80% dependiendo del metal y las condiciones ambientales. Los autores destacaron el papel crucial de las proteínas vegetales y las interacciones planta-microorganismo en la remediación de suelos contaminados.

Cándido (2021) llevó a cabo una investigación con el propósito de evaluar la capacidad de fitorremediación del trigo, girasol y frijol



para la recuperación de suelos contaminados con metales pesados como Cu, Cd, Ni, Pb y Zn. El experimento se realizó en un nivel de frío alto utilizando envases con agrolita y un sistema de regadío con solución nutritiva; en el tratamiento, se agregó una mezcla de metales pesados en concentraciones críticas (soluciones estándar de 1000ppm de Cu, Cd, Ni, Zn, Pb). Las concentraciones específicas fueron: Cd igual a 4 ppm, Cu igual a 30 ppm, Ni igual a 5 ppm, Zn igual a 300 ppm y Pb igual a 40 ppm. Se realizaron mediciones semanales de altura y de flores y/o frutos. Ya finalizando la semana 14, se cosecharon las plantas, que fueron lavadas, secadas a 50°C hasta alcanzar peso continuamente y digeridas para determinar los metales pesados mediante el ensayo de espectrofotometría. El trigo mostró una tasa de resistencia de 66% y alcanzó con la altura de 40 cm, mientras que el girasol y el frijol tuvo una resistencia de 37% y 17%, respectivamente. El frijol alcanzó tuvo 80 centímetros de alto. De los tres tipos de experimentos, solo el trigo logró aprovechar y los girasoles presentaron flores incipientes. Se encontraron concentraciones críticas de metales en los distintos tejidos: el frijol alcanzó 2345 mg/Kg de Zn y 445 mg/Kg de Cd; el girasol mostró 787.1 mg/Kg de Cu, 427.1 mg/Kg de Ni y 764.2 mg/Kg de Pb; además, en flores de girasol se midieron 638.12 mg/Kg de Zn, 163.75 mg/Kg de Ni, 1062.50 mg/Kg de Pb y 136.25 mg/Kg de Cd, y 46.25 mg/Kg en las hojas. Se concluye que los valores son muy compresivos, y el factor de cambio genético (raíz-tallo) que varió de 0.003 a 0.344 indica que



las 3 especies acumulan metales, lo que las hace adecuadas para contribuir a la descontaminación del sitio, clasificándolas como fitorremediadoras.

Panchi (2020), en su investigación acerca del efecto y la tolerancia de las semillas de *Helianthus annuus* (Asteraceae), *Mentha piperita* (Lamiaceae) y *Medicago sativa* (Fabaceae) frente a diversas concentraciones de cadmio, menciona que, en Ecuador, el cadmio proviene de actividades industriales y está presente en efluentes acuáticos y en el suelo, lo que provoca un impacto ambiental al estar vinculado a fuentes de agua. Se han sugerido diferentes métodos para abordar la contaminación en efluentes que contienen metales pesados, y en esta investigación se sugiere la fitorremediación como un tratamiento biológico para eliminar el cadmio del agua. Se realizó ensayos de laboratorio en el que se sometieron las semillas de girasol, menta y alfalfa a diversas concentraciones de cadmio en un sistema hidropónico durante 45 días. Se examinaron los cambios fisiológicos en las especies, la disminución de cadmio en el agua y las alteraciones de pH derivadas de la interacción entre el metal y las plántulas. Los resultados mostraron que la alfalfa fue la especie con mayor capacidad para reducir el cadmio en el agua, disminuyendo su concentración a los 30 días de exposición de 10 ppm a 6.4 ppm.

Sumalan et al. (2023) investigaron el impacto de la acumulación de metales pesados en parámetros fisiológicos de *Silphium*



perfoliatum L. en sistemas hidropónicos. Encontraron que el contenido de prolina aumentó hasta un 200% en las hojas y un 150% en los tallos bajo estrés combinado de Cu, Zn, Cd y Pb, mientras que la concentración de clorofila se redujo en un 30-40%. Estos hallazgos resaltan la importancia de monitorear no solo la acumulación de metales, sino también los efectos fisiológicos en las plantas fitorremediadoras.

## 2.1.2. Antecedente Nacional

En el contexto peruano, la contaminación por metales pesados es un problema crítico, especialmente en regiones con intensa actividad minera.

Diaz & Peralta (2020) en su estudio "Estudio comparativo de la capacidad de acumulación para cadmio y plomo de *Scirpus californicus* y *Sttupa ichu* bajo condiciones hidropónica", el objetivo fue evaluar la capacidad de retención de cadmio y plomo en la estructura de la planta, ya que trabajo en concentraciones de 20ppm, 50ppm y 80ppm, su metodología fue experimental, llegando a los resultados que la retención de plomo con la totora fue la mejor cuando se trabajó a una concentración de 20ppm ya que retuvo 5.934% de concentración, y en el hichu su porcentaje de acumulación es muy bajo en cadmio y plomo.



Andoa (2021) evaluó la efectividad de un Humedal Artificial de Flujo Subsuperficial (HAFSS) que emplea macrófitos para la remoción de metales pesados, como zinc, plomo y cadmio, en agua destinada al consumo humano. Se llevó a cabo un estudio experimental mediante la construcción de un HAFSS con materiales de vidrio, utilizando gravilla fina como material filtrante y totoras. La unidad recibió de manera continua una mezcla de soluciones que contenían Zn, Pb y Cr disueltos, procedentes de dos tanques de 80 litros. Se constató que la exposición prolongada a altas concentraciones de estos metales provocaba necrosis en las plantas, lo que afectaba el funcionamiento de la unidad. Sin embargo, a concentraciones inferiores a 5 mg/l, las plantas lograron sobrevivir y purificar el agua con eficacias del 87.69 % para el zinc, 86.64 % para el cadmio y 93.55 % para el plomo. También se determinó que la temperatura influye en la constante K de reacción, la cual se calculó utilizando el método de mínimos cuadrados. Para el zinc, el valor de K<sub>20</sub> fue 1.866; para el cadmio, 1.915; y para el plomo, 1.879. Al promediar estos valores, se obtuvo un único valor de K<sub>20</sub> para los metales, que resultó ser 1.889.

Silva (2019), en su investigación titulada "Uso de hojas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) para la disminución de metales pesados en aguas residuales textiles", indica que la contaminación del agua por metales pesados como Cd, Cr, Pb y As constituye un desafío global. Sin embargo, el uso de alfalfa (*Medicago sativa* L.) se propone como



una alternativa de tecnología ecológica para bajar los niveles de metales en el agua. El propósito de esta investigación es disminuir la concentración de metales pesados en las aguas residuales de una industria textil a través de la utilización de hojas de alfalfa. La investigación se realizó mediante un experimento que analizó la capacidad de remediación de las hojas de alfalfa, tanto en su estado fresco como en polvo. Se empleó agua residual textil con 50 g de hojas frescas de alfalfa trituradas en un mortero, agitando la mezcla en un frasco de ensayo a 170 rpm durante un minuto, seguido de una agitación adicional a 50 rpm durante treinta minutos. Este procedimiento se repitió utilizando 60 g y 70 g de hojas frescas. Además, se realizó la mezcla del agua residual con 30 g de hoja molida; para obtener estas, las hojas frescas fueron horneadas a 180°C durante 40 minutos y luego tamizadas a 2 mm y 0.85mm. Se utilizó el mismo procedimiento con 40 g y 50 g de hojas pulverizadas, aplicando luego el mismo proceso del jar-test. tras 15 minutos de descanso, se filtró el líquido y se envió al laboratorio para su evaluación. Se tuvo como resultado la disminución de Cd, Cr, Pb y As en las aguas residuales textiles.

Inga (2022), En su investigación, se planteó evaluar la remoción de cobre de las aguas del río Mantaro utilizando un sistema hidropónico NFT en un diseño piramidal con Brassica juncea. Este estudio tiene metodología aplicado, cuantitativo y experimental. Para



llevar a cabo la prueba, se realizó la construcción del NFT y se sembraron las plantitas. El análisis donde realizaron a través de espectroscopia, y se descubrió que 10 litros de SN tipo A lograron eliminar el 33% y el 44% de cobre en intervalos de 7 y 10 días, respectivamente. En el caso de 20 litros, la remoción fue del 46% y el 59% para los mismos intervalos. En la SN B, se alcanzaron del 38% y 56% porcentajes de remoción con 10 litros en 7 y 10 días, respectivamente, mientras que con 20 litros se obtuvieron remociones del 48% y 65% en esos mismos periodos. Se concluyó que 20 litros de SN durante 10 días permiten una mayor reducción en la concentración de Cu, disminuyendo de 0.277 ppm a 0.115 ppm en la R 1 para la SN A, y de 0.27ppm a 0.098 ppm en la R1 para la SN B.

### 2.1.3. Antecedente Local

Flores (2019), en su estudio, analizó la capacidad de eliminación de cadmio a través del uso del bioadsorbente de tarwi (*Lupinus mutabilis sweet*) en las aguas del río San Antonio de Esquilache, llevando a cabo la investigación en el laboratorio de Calidad Ambiental de la UANCV en Juliaca. En primer lugar, se extrajo el bioadsorbente de las semillas de tarwi, que fue activado con ácido clorhídrico y se caracterizaron sus propiedades químicas y físicas. Además, se determinaron las características físico-químicas e inorgánicas del agua del río. Luego, se determinaron el pH de contacto, el tiempo óptimo de contacto y la cantidad necesaria de



bioadsorbente para la remoción, utilizando el diseño experimental Box-Behnken utilizando soluciones de nitrato de cadmio. Todos los experimentos se realizaron en un sistema discontinuo, y las concentraciones de cadmio se analizaron mediante espectrofotometría de absorción atómica por llama, procesando los resultados con el software Statgraphics Centurion XVII. Los parámetros óptimos identificados para la eliminación de cadmio fueron: 2 gramos de bioadsorbente, un pH de 5 y un tiempo de contacto de 32.5 minutos. Con estos parámetros, se logró reducir las concentraciones de cadmio en el agua del río de 0.084 mg/L, 0.149 mg/L y 0.262 mg/L a 0.025 mg/L, 0.028 mg/L y 0.036 mg/L, respectivamente, alcanzando una capacidad de remoción superior al 70%. Este hallazgo sugiere que el bioadsorbente de tarwi es eficiente para la eliminación de cadmio y presenta un potencial prometedor como removedor de metales en aguas contaminadas, aunque se recomienda llevar a cabo investigaciones en condiciones ambientales no controladas.

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Metales pesados**

Los metales pesados son elementos químicos de alta densidad relativa, superiores a  $5 \text{ g/cm}^3$ , que tienen el potencial de causar toxicidad incluso en concentraciones bajas. Estos elementos incluyen sustancias como el plomo (Pb), mercurio (Hg), cadmio (Cd) y arsénico



(As), y su toxicidad se debe a su capacidad para bioacumularse y bioamplificarse en organismos vivos. Su origen puede ser tanto natural como derivado de actividades humanas, como la minería, la industria y la agricultura (Tchounwou et al., 2012).

## 2.2.2. Cadmio

El cadmio (Cd) es un metal pesado tóxico presente en la corteza terrestre en pequeñas cantidades. Es liberado al medio ambiente principalmente por actividades humanas, como la minería, la industria metalúrgica y el uso de fertilizantes fosfatados. Este metal se acumula fácilmente en organismos vivos, afectando principalmente los riñones, los huesos y el sistema cardiovascular, además de ser clasificado como carcinógeno humano por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) (Nordberg et al., 2015).

### 2.2.2.1. Tipos de cadmio

El cadmio puede clasificarse en diferentes formas químicas, las cuales determinan su comportamiento en el ambiente y su toxicidad:

- ✓ **Cadmio Metálico:** Forma pura utilizada principalmente en la industria, particularmente en la producción de baterías y recubrimientos anticorrosión.
- ✓ **Compuestos Inorgánicos:** Incluyen el óxido de cadmio, sulfuro de cadmio y cloruro de cadmio. Estas formas son altamente solubles en agua y comúnmente se encuentran en desechos industriales.



- ✓ **Compuestos Orgánicos:** Menos comunes, incluyen complejos de cadmio con compuestos carbonados. Tienen menor movilidad en el ambiente, pero pueden ser tóxicos en sistemas específicos (Godt et al., 2006).

### 2.2.2.2. Características del cadmio

El cadmio es un metal plateado-blanco, dúctil y maleable con una densidad de  $8.65 \text{ g/cm}^3$ . Tiene un punto de fusión bajo ( $321 \text{ }^\circ\text{C}$ ) y es químicamente similar al zinc. Es insoluble en agua, pero forma sales solubles en ambientes ácidos. Su capacidad de interactuar con grupos sulfhidrilo en proteínas lo convierte en un elemento tóxico, ya que interfiere en procesos biológicos esenciales, como la respiración celular y la síntesis de enzimas (Alloway & Steinnes, 1999).

En la naturaleza, no se encuentra en su forma pura, sino que está químicamente asociado con otros metales como el zinc, el plomo y el cobre.

Es considerado uno de los contaminantes más tóxicos, especialmente en el ámbito ambiental e industrial, debido a que posee las cuatro características más peligrosas de un tóxico:

- ✓ Se acumula en los organismos vivos (bioacumulación).
- ✓ Permanece en el ambiente durante largos periodos (persistencia).
- ✓ Genera efectos perjudiciales para los seres humanos y el medio ambiente.



- ✓ Puede ser fácilmente dispersado por el agua y el viento.

### 2.2.2.3. Cloruro de cadmio

El cloruro de cadmio ( $\text{CdCl}_2$ ) es un compuesto inorgánico formado por la combinación de cadmio y cloro. Es una sal blanca, altamente soluble en agua, que se utiliza principalmente en galvanoplastia, fabricación de pigmentos, soldaduras y como precursor en la síntesis de otros compuestos de cadmio. En el ambiente, el cloruro de cadmio es altamente tóxico debido a su solubilidad, lo que facilita su transporte en medios acuosos y su biodisponibilidad para organismos vivos. Su exposición crónica está asociada con efectos adversos en los riñones, el hígado y los pulmones, además de ser considerado carcinógeno para los humanos (ATSDR, 2012).

#### Características específicas

- ✓ **Fórmula química:**  $\text{CdCl}_2$
- ✓ **Propiedades físicas:** Cristales blancos o polvo higroscópico con un punto de fusión de 568 °C.
- ✓ **Solubilidad:** Alta solubilidad en agua y alcoholes, lo que facilita su dispersión en ambientes acuosos.



#### **2.2.2.4. Valores máximos permitidos de cadmio en el agua según normativa**

A nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece un valor guía de 0.003 mg/L (3 µg/L) para cadmio en agua potable (WHO, 2021). Este valor se basa en estudios toxicológicos y epidemiológicos que consideran los efectos a largo plazo del cadmio en la salud humana, principalmente su impacto en la función renal.

En el contexto peruano, los ECA para agua establecen los siguientes límites para cadmio (MINAM, 2017):

- ✓ Agua para consumo humano: 0.003 mg/L
- ✓ Agua para riego de vegetales: 0.01 mg/L
- ✓ Agua para bebida de animales: 0.05 mg/L
- ✓ Agua para conservación del ambiente acuático (ríos de costa y sierra): 0.00025 mg/L
- ✓ Agua para conservación del ambiente acuático (ríos de selva): 0.00025 mg/L
- ✓ Agua de mar: 0.001 mg/L.

#### **2.2.3. Plomo**

El plomo (Pb) es un metal pesado ampliamente distribuido en el ambiente debido a su presencia natural en la corteza terrestre y su uso industrial y doméstico. Es conocido por su durabilidad,



maleabilidad y bajo punto de fusión, lo que lo hace útil en una variedad de aplicaciones, desde baterías hasta tuberías y pinturas. Sin embargo, su toxicidad representa un problema de salud pública significativo. A lo largo de los años, se ha reducido su uso en productos cotidianos, pero sigue siendo un contaminante ambiental persistente debido a la minería, los combustibles fósiles y el uso de residuos industriales (WHO, 2021).

### 2.2.3.1. Tipos de plomo

El plomo se presenta en diferentes formas químicas que influyen en su comportamiento ambiental y su toxicidad:

- ✓ **Plomo Metálico:** Utilizado en la fabricación de baterías, recubrimientos y municiones.
- ✓ **Compuestos Inorgánicos:** Incluyen óxidos de plomo ( $\text{PbO}$ ,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ) y sales como nitrato de plomo ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) y cloruro de plomo ( $\text{PbCl}_2$ ).
- ✓ **Compuestos Orgánicos:** Como el tetraetilo de plomo ( $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$ ), utilizado en el pasado como aditivo en combustibles, aunque está prohibido en la mayoría de los países debido a su alta toxicidad (Hernández-Suárez et al., 2015).



### 2.2.3.2. Características del plomo

El plomo es un metal de alta densidad ( $11.34 \text{ g/cm}^3$ ) con un bajo punto de fusión ( $327.5 \text{ }^\circ\text{C}$ ). Tiene una excelente resistencia a la corrosión, lo que lo hace ideal para aplicaciones en ambientes agresivos. Sin embargo, su acumulación en el ambiente y en organismos vivos lo clasifica como uno de los contaminantes más tóxicos. Es insoluble en agua en su forma elemental, pero sus compuestos, como las sales de plomo, son solubles, facilitando su movilidad y bioacumulación (Alloway, 2013).

### 2.2.3.3. Nitrato de plomo

El nitrato de plomo ( $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ ) es un compuesto inorgánico de plomo que se presenta como cristales blancos o como un polvo que es altamente soluble en agua. Este compuesto se utiliza principalmente en la fabricación de pigmentos, en la industria textil, como conservante de madera y en la producción de otros compuestos de plomo. Sin embargo, al igual que otros compuestos de plomo, el nitrato de plomo es altamente tóxico y representa un grave riesgo para la salud humana y el ambiente. El nitrato de plomo puede liberar iones de plomo ( $\text{Pb}^{2+}$ ) cuando se disuelve en agua, lo que aumenta su biodisponibilidad y su potencial de bioacumulación en organismos acuáticos y en humanos. Su toxicidad está asociada principalmente con sus efectos neurotóxicos, cardiovasculares y



renales, siendo especialmente peligroso para los niños (Needleman, 2004).

### **Características del nitrato de plomo**

- **Fórmula química:**  $Pb(NO_3)_2$
- Estado físico: Cristales blancos o polvo
- **Solubilidad:** Alta solubilidad en agua
- **Usos:** Fabricación de pigmentos, en la industria textil y como reactivo en laboratorios

### **2.2.3.4. Valores máximos permitidos de Plomo en el agua según normativa**

A nivel internacional, la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece un valor guía de 0.01 mg/L (10 µg/L) para plomo en agua potable (WHO, 2021). Este valor se considera provisional debido a las limitaciones en las tecnologías de tratamiento y los métodos analíticos.

En el contexto peruano, los ECA para agua establecen los siguientes límites para plomo (MINAM, 2017):

- ✓ Agua para consumo humano: 0.01 mg/L
- ✓ Agua para riego de vegetales: 0.05 mg/L
- ✓ Agua para bebida de animales: 0.05 mg/L

- ✓ Agua para conservación del ambiente acuático (ríos de costa y sierra): 0.0025 mg/L
- ✓ Agua para conservación del ambiente acuático (ríos de selva): 0.0025 mg/L
- ✓ Agua de mar: 0.0081 mg/L

#### 2.2.4. Planta de *Medicago sativa*

*Medicago sativa* comúnmente conocida como alfalfa, es una especie vegetal con alto potencial para la recuperación de metales pesados mediante plantas.

##### Figura 1:

*Planta de Medicago sativa.*



*Nota:* En la figura se muestra *Medicago sativa*.

Fuente: McKinne (2024).

##### 2.2.4.1. Nombre científico

*Medicago sativa*.

##### 2.2.4.2. Familia

Fabaceae.



### 2.2.4.3. Descripción botánica

- ✓ Planta herbácea perenne
- ✓ Tallos erectos, ramificados, de 30-90 cm de altura
- ✓ Hojas trifoliadas, folíolos oblongos a obovados
- ✓ Flores púrpuras o violáceas, en racimos axilares
- ✓ Sistema radicular profundo y extenso, hasta 4-5 m

### 2.2.4.4. Hábitat

- Originaria de Asia Menor y región del Cáucaso
- Cultivada ampliamente en regiones templadas y subtropicales
- Adaptada a diversos tipos de suelos, prefiere pH neutro a ligeramente alcalino

### 2.2.4.5. Beneficios que proporciona la *Medicago sativa*

- ✓ **Fijación biológica de nitrógeno:** (Li et al., 2023) estimaron que *Medicago sativa* puede fijar hasta 300 kg N/ha/año, mejorando la fertilidad del suelo.
- ✓ **Forraje de alta calidad:** (Zhang et al., 2022) reportaron contenidos de proteína cruda de 18-25% en materia seca.
- ✓ **Control de erosión:** (Wang et al., 2021) demostraron que el cultivo de alfalfa reduce la erosión del suelo en un 60-80% en comparación con suelos desnudos.



- ✓ **Fitorremediación:** (Chen et al., 2023) observaron que *M. sativa* puede acumular hasta 100 mg Cd/kg y 500 mg Pb/kg de materia seca en sus tejidos.

#### 2.2.4.6. Valor nutricional:

- ✓ Alto contenido proteico (18-25% en MS)
- ✓ Rica en vitaminas (A, D, E, K) y minerales (Ca, P, Mg)

#### 2.2.5. Fitorremediación

La fitorremediación es una técnica innovadora que emplea plantas y sus microorganismos asociados para remover, degradar o estabilizar contaminantes del suelo, agua o aire. En el caso de metales pesados, las principales estrategias incluyen:

- ✓ **Fitoextracción:** las plantas absorben los metales del suelo y los acumulan en sus tejidos aéreos.
- ✓ **Fitoestabilización:** los metales en el suelo, disminuyendo su disponibilidad biológica.
- ✓ **Rizofiltración:** las raíces absorben metales de aguas contaminadas.

##### 2.2.5.1. Ventajas y desventajas de la fitorremediación

###### Ventajas:

- Bajo costo en comparación con métodos convencionales



- Mínimo impacto ambiental
- Aplicable in situ, reduciendo la perturbación del sitio
- Potencial para recuperar metales valiosos (fitoextracción)

#### **Desventajas:**

- Proceso relativamente lento
- Limitada a la profundidad de las raíces
- Eficacia dependiente de las condiciones ambientales
- Posible introducción de contaminantes en la cadena alimentaria
- Manejo adecuado requerido para la biomasa contaminada.

### **2.3. Marco conceptual**

#### **2.3.1. Remoción**

La remoción, en el contexto de la contaminación ambiental, se refiere al proceso de eliminar o reducir sustancias indeseables de un medio, como el agua o el suelo.

#### **2.3.2. Cadmio**

El cadmio (Cd) es un metal pesado altamente tóxico que representa una seria amenaza para la salud humana y los ecosistemas.

#### **2.3.3. Plomo**

El plomo (Pb) es otro metal pesado de gran preocupación ambiental y de salud pública. Su toxicidad, incluso a bajas concentraciones, lo



convierte en un contaminante prioritario en programas de remediación ambiental.

#### **2.3.4. Sativa *Medicago sativa***

*Medicago sativa*, comúnmente conocida como alfalfa, es una leguminosa forrajera que ha ganado atención en el campo de la fitorremediación debido a sus características únicas.

#### **2.3.5. Fitorremediación**

La fitorremediación es una tecnología emergente que utiliza plantas y sus microorganismos asociados para remover, degradar o estabilizar contaminantes del suelo, agua o aire.



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### Metodología

##### 3.1. Tipo de investigación

El presente estudio se enmarca dentro del tipo de investigación experimental, ya que se manipulará deliberadamente la variable independiente (cultivo hidropónico con *Medicago sativa*) para analizar su efecto sobre las variables dependientes (remoción de cadmio y plomo) bajo condiciones controladas (Hernández et al., 2014).

##### 3.2. Nivel de investigación

El presente estudio tiene una investigación aplicada, pues busca generar conocimiento con aplicación directa a un problema práctico como es la contaminación por metales pesados (Lozada, 2014).



### **3.3. Enfoque de investigación**

Según Hernández (2014), "el enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para luego poder comprobar la hipótesis por medio de mediciones numéricas y análisis estadísticos, con el objetivo de establecer pautas de comportamiento y validar teorías". El presente estudio adopta un enfoque cuantitativo, ya que se recopilarán datos para confirmar la hipótesis. Con base en las mediciones realizadas y los resultados estadísticos, se evaluará la adsorción de Cd y Pb en condiciones de cultivo hidropónico con *Medicago sativa*.

### **3.4. Diseño de investigación**

Según Hernández (2014), define como una situación que es controlada en la que se manipulan intencionadamente una o más variables independientes (causas) para observar los efectos de dicha manipulación en una o más variables dependientes (efecto). La clave de este diseño experimental radica en la manipulación deliberada de las variables para evaluar sus posibles resultados. Por lo tanto, el presente estudio se basa en un diseño experimental que demostrará la eficacia del cultivo hidropónico con *Medicago sativa*.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de la investigación**

#### **3.5.1. Técnicas**

Se aplicó la técnica de observación y análisis, ya que se genera datos en diversas situaciones.



### 3.5.2. Instrumentos

Los instrumentos en la presenta investigación serán:

- Ficha de registro de datos.
- Observación directa
- Informes de ensayos emitidos por el laboratorio.

### 3.6. Materiales y equipos

#### 3.6.1. Materiales

##### Materiales de vidrio

- Pipetas graduadas de 0.5, 1 y 2 ml.
- Probeta de 50 y 100 ml.
- Beakers de 100,500 y 1000 ml

##### Material biológico

- Semillas de Medicago sativa.

#### 3.6.2. Equipos

- Balanza analítica.
- Espectrofotómetro

#### 3.6.3. Materiales Químicos.

- Nitrato de Plomo
- Cloruro de Cadmio

### 3.6.4. Otros.

- ✓ Algodón
- ✓ Bandejas
- ✓ Papel graf
- ✓ Plumones
- ✓ Bolsas ciploc

### 3.7. Lugar de estudio

Este estudio tuvo lugar en el departamento de Puno, en la provincia de San Román, en el distrito de Juliaca, en la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

#### Figura 2:

*Ubicación de la investigación*



*Nota:* En la figura se muestra Medicago sativa.

Fuente: Google Maps (2024)



## **3.8. Población y muestra**

### **3.8.1. Población**

La población estará formada por la totalidad del agua contaminada con plomo y cadmio, la cual se origina del agua potable a la que se le ha añadido nitrato de plomo y sulfato de cadmio durante la fase de contaminación.

### **3.8.2. Muestra**

La muestra será de 6 litros de agua contaminada que es 3 lt de agua contaminada con nitrato de plomo y 3 lt de agua que será contaminada con sulfato de cadmio en porcentajes de 25%, 35% y 45% de cada una. Esta mezcla se distribuirá en 6 contenedores hidropónicos, y se llevarán a cabo 5 análisis en cada contenedor cada 10 días, durante un período de 40 días, con el objetivo de determinar la cantidad de plomo y cadmio presente en la muestra.

## **3.9. Proceso metodológico**

El proceso metodológico seguirá las siguientes etapas:

- Para la obtención de la semilla de *Medicago sativa* se realizó en las coordenadas 8287003.125453176 N, 378496.634543599 E, zona 19L. en la ciudad de Juliaca.
1. Una vez que se obtuvo la semilla, primero se colocó algodón a las bandejas, luego se agregó las semillas y luego se le agregó agua y se colocó en un lugar oscuro durante 4-5 días.

**Figura 3:**

*Semilla de Medicago sativa.*



2. Cuando ya comenzado a germinar con pequeños brotes verdes en la bandeja se colocó en un lugar con luz indirecta para que las plántulas desarrollen clorofila y adquieran un color verde.

**Figura 4:**

*Germinación de Medicago sativa.*



3. Llegando al día 8 ya estaban listos para agregar las soluciones de cadmio y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45%.

**Figura 5:**

*Crecimiento de Medicago sativa sin metales.*



4. Obtención de soluciones de cadmio y plomo al 25%, 35% y 45%.

**Figura 6:**

*Soluciones de cadmio y plomo en porcentajes.*



5. Aplicación de los tratamientos al 25%, 35% y 45%.

**Figura 7:**

*Agua contaminada en diferentes porcentajes a Medicago sativa.*



6. Instalación y acondicionamiento de un invernadero para el sistema hidropónico.
  - o Para la instalación y acondicionamiento se eligió un espacio de 5m<sup>2</sup>, para luego colocar las bandejas dentro del espacio. Por

consiguiente, se realizó la compra de materiales como el plástico negro de calibre 600, madera para soporte. Y luego se ello se comenzó con el tratamiento.

### 3.9.1. Procedimiento metodológico para el primer objetivo

#### O1: ¿Cuánto es la variación de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con *Medicago sativa*?

1. Tomar muestras de las soluciones al inicio del experimento y analizarlas para determinar las concentraciones iniciales.
2. Cultivar las plantas de *Medicago sativa* en los sistemas hidropónicos con las soluciones contaminantes bajo los diferentes tratamientos.

#### Figura 8:

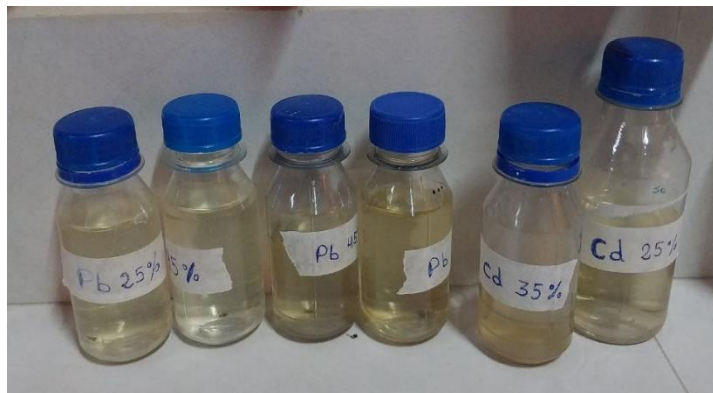
*Aplicación de cadmio y plomo a la *Medicago sativa* en diferentes porcentajes.*



3. Tomar muestras de las soluciones a intervalos regulares, cada 10 días durante el período experimental.

**Figura 9:**

*Muestras de agua después de la absorción.*



4. Calcular el porcentaje de remoción de cada metal utilizando la fórmula:  
$$\% \text{ Remoción} = \frac{[(\text{Concentración inicial} - \text{Concentración final}) / \text{Concentración inicial}] \times 100$$

### 3.9.2. Procedimiento metodológico para el segundo objetivo

**O2: ¿Cuánto es la concentración de cadmio y plomo presentes en la estructura del tallo y raíces de *Medicago sativa*?**

1. Al finalizar el período experimental de cada 10 días, extraer las plantas cuidadosamente sin dañar cada planta.

### Figura 10:

*Extracción de Medicago sativa para su análisis.*



2. Separar las plantas en raíces y parte aérea (tallos y hojas).
3. Lavar las muestras con agua destilada para eliminar restos de solución adheridos.
4. Secar las muestras al aire libre durante 5 días.

### Figura 11:

*Secado de Medicago sativa por días.*



5. Luego triturar y homogeneizar las muestras secas para cadmio y plomo.

**Figura 12:**

*Trituración de tallo y raíz.*



6. Muestra seca triturada de cada 10 días para luego ser analizadas.

**Figura 13:**

*Muestra triturada del tallo y la raíz.*



7. Realizar una digestión ácida de las muestras vegetales.
8. Analizar las muestras digeridas mediante espectrofotometría de absorción atómica para determinar las concentraciones de cadmio y plomo en raíces y parte aérea.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Resultados

#### 4.1. Medición del pH tomado durante el experimento.

**Tabla 2:**

*Medición de pH*

Especie	Metales	CC	Semana de experimentación					
			1ra	2da	3ra	4ta	5ta	
Medicago sativa	Blanco	0	6	6	6	6	6	
		25	6	6	6	6	6	
		35	6.5	6	6.5	6	6	
	Plomo	45	6	6	6.5	6	6	
		Cadmio	25	6	6	6	6	6
			35	6	6	6.5	6	6
	45	6	6	6.5	6	6		

*Nota:* En la tabla se observa que los resultados del pH esta entre 6 a 6.5 durante las semanas de experimentación para los dos metales.

De acuerdo con el MINAM (2017), en la categoría 3, el pH óptimo para la calidad del agua destinada al riego de vegetales debe situarse entre



6.5 y 8.5. Por lo tanto, en los 6 contenedores utilizados para el tratamiento, el pH se mantuvo dentro de los valores establecidos en este rango.

#### 4.2. Registro diario de temperatura ambiental tomado en el invernadero durante el desarrollo del experimento.

**Tabla 3:**

*Registro diario de temperatura.*

Día	Fecha	Temperatura C°	Día	Fecha	Temperatura C°
1	25-06-2024	19	21	15-07-2024	20.8
2	26-06-2024	19.5	22	16-07-2024	20.3
3	27-06-2024	19.7	23	17-07-2024	20.9
4	28-06-2024	19.4	24	18-07-2024	19.7
5	29-06-2024	20	25	19-07-2024	19.5
6	30-06-2024	20.4	26	20-07-2024	20.5
7	01-07-2024	19.9	27	21-07-2024	20.7
8	02-07-2024	20.3	28	22-07-2024	19.8
9	03-07-2024	20.7	29	23-07-2024	19.7
10	04-07-2024	19.7	30	24-07-2024	20.3
11	05-07-2024	19.2	31	25-07-2024	20.2
12	06-07-2024	20	32	26-07-2024	20.7
13	07-07-2024	20.6	33	27-07-2024	20.4
14	08-07-2024	21	34	28-07-2024	19.9
15	09-07-2024	19.4	35	29-07-2024	20.1
16	10-07-2024	22	36	30-07-2024	20.5
17	11-07-2024	20.2	37	31-07-2024	19.7
18	12-07-2024	19.6	38	01-08-2024	20.6
19	13-07-2024	20.5	39	02-08-2024	20.3
20	14-07-2024	20.5	40	04-08-2024	20.7

*Nota.* En la tabla se observa que la temperatura se encuentra en el rango de 19°C a 21°C durante los días de experimentación.

Según Vilca (2020), en su estudio sobre hidroponía en zonas altoandinas de Perú, la temperatura óptima para un sistema hidropónico en Puno debe mantenerse entre 15°C y 25°C. lo que permite un crecimiento adecuado de las plantas.

#### 4.2.1. Concentraciones Iniciales

##### 4.2.1.1. Concentraciones iniciales para el agua según el cuadro siguiente de cadmio y plomo al 25%, 35% y 45%.

Tabla 4:

*Concentraciones iniciales de cadmio y plomo.*

CODIGO	Concentraciones de PLOMO (mg/L)	Porcentaje de PLOMO por litro de agua (%)	Concentraciones de CADMIO (mg/L)	Porcentaje de CADMIO por litro de agua (%)
C-1	0.025030	25%	0.025050	25%
C-2	0.035040	35%	0.035060	35%
C-3	0.045020	45%	0.045050	45%

*Nota:* En la tabla se observa las concentraciones iniciales de cadmio y plomo.

En la tabla 4 se muestra los resultados de las soluciones iniciales de las concentraciones de cadmio y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45%

##### 4.2.1.2. Resultados de la lectura para el DÍA 1, de las muestras de cadmio y plomo.

###### a) Lectura de concentraciones de Cd y Pb en el agua en las muestras.

**Tabla 5:**

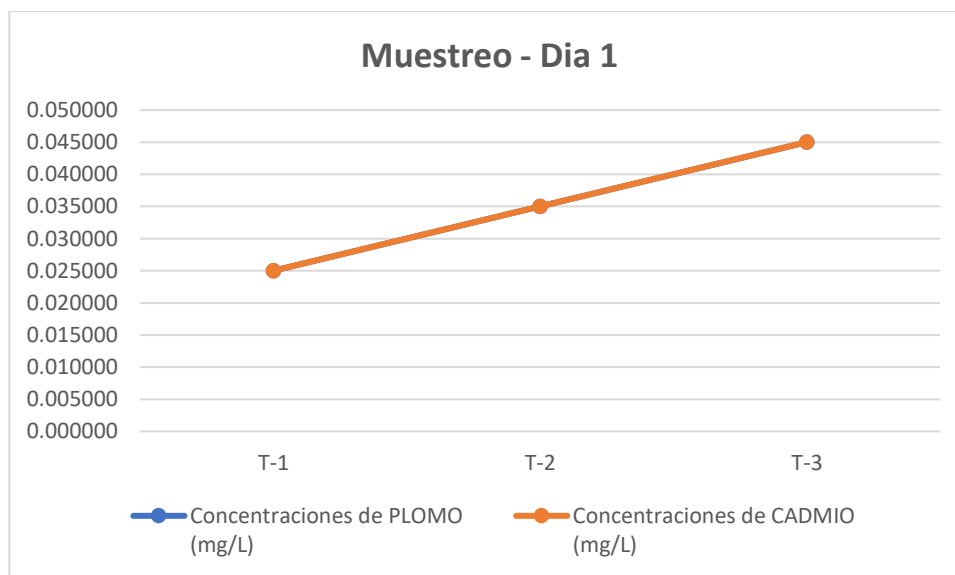
*Absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 1.*

<b>CODIGO</b>	<b>Concentraciones de PLOMO (mg/L)</b>	<b>Porcentaje de PLOMO por litro de agua (%)</b>	<b>Concentraciones de CADMIO (mg/L)</b>	<b>Porcentaje de CADMIO por litro de agua (%)</b>
<b>T-1</b>	0.025010	24.980%	0.025010	24.960%
<b>T-2</b>	0.035020	34.980%	0.035040	34.980%
<b>T-3</b>	0.045010	44.990%	0.045030	44.980%

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en el agua para el muestreo del día 1.

**Figura 14:**

*Resultados de absorción de plomo y cadmio en el muestreo de agua para el día 1.*



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.



Según la tabla 5 y figura 14, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de agua, donde se realizó la absorción de cadmio y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45%. Y La concentración de plomo en T-1 (0.025010 mg/L) que es a 25% es ligeramente menor que en concentración inicial (0.025030 mg/L), La concentración de plomo en T-2 (0.035020 mg/L) que es 35% es casi idéntica a la concentración inicial (0.035040 mg/L), La concentración de plomo en T-3 (0.045010 mg/L) que es 45% es ligeramente menor que en concentración inicial (0.045020 mg/L). La concentración de cadmio en T-1 (0.025010 mg/L) al 25% es ligeramente menor que en la concentración inicial (0.025050 mg/L). El porcentaje de cadmio también disminuye ligeramente, de 25% a 24.960%. El porcentaje baja ligeramente de 35% a 34.980%. El porcentaje baja de 45% a 44.980%.

**b) Lectura de concentraciones de Plomo y Cadmio que absorbe el Tallo de Medicago sativa, en las muestras.**

**Tabla 6:**

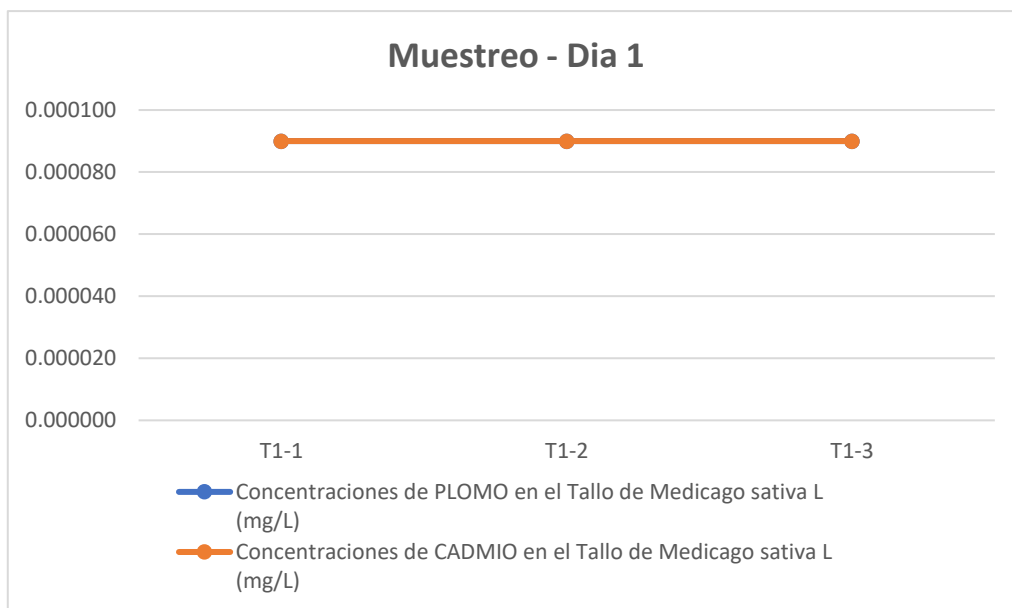
*Absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 1.*

<b>CODIGO</b>	<b>Concentraciones de PLOMO en el Tallo de Medicago sativa (mg/L)</b>	<b>Concentraciones de CADMIO en el Tallo de Medicago sativa (mg/L)</b>
<b>T1-1</b>	<0.0001	<0.0001
<b>T1-2</b>	<0.0001	<0.0001
<b>T1-3</b>	<0.0001	<0.0001

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en el tallo para el muestreo del día 1.

**Figura 15:**

*Resultados de absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 1.*



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 6 y figura 15, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de tallo, donde se realizó la absorción de cadmio y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45% de agua contaminada. Para lo cual los valores de muestreo fueron menores a 0.0001 en ambos casos.

**c) Lectura de concentraciones de Plomo y Cadmio que absorbe la Raíz de Medicago sativa, en las muestras.**

**Tabla 7:**

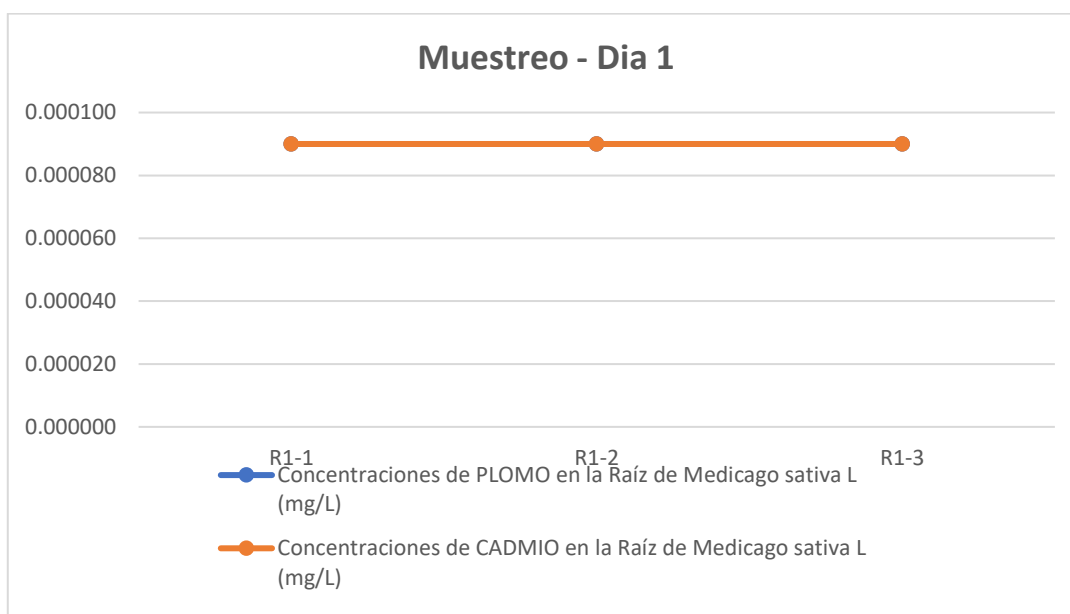
*Absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 1.*

<b>CODIGO</b>	<b>Concentraciones de PLOMO en la Raíz de Medicago sativa (mg/L)</b>	<b>Concentraciones de CADMIO en la Raíz de Medicago sativa (mg/L)</b>
<b>R1-1</b>	<0.0001	<0.0001
<b>R1-2</b>	<0.0001	<0.0001
<b>R1-3</b>	<0.0001	<0.0001

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en la raíz para el muestreo del día 1.

**Figura 16:**

*Resultados de absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 1.*



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 7 y figura 16, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de raíz, donde se realizó la absorción de cadmio

y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45% de agua contaminada. Para lo cual los valores de muestreo fueron menores a 0.0001 en ambos casos.

### 4.2.1.3. Lectura de resultados para el DÍA 10, de las muestras.

#### a) Lectura de concentraciones de Cd y Pb en el agua en las muestras.

**Tabla 8:**

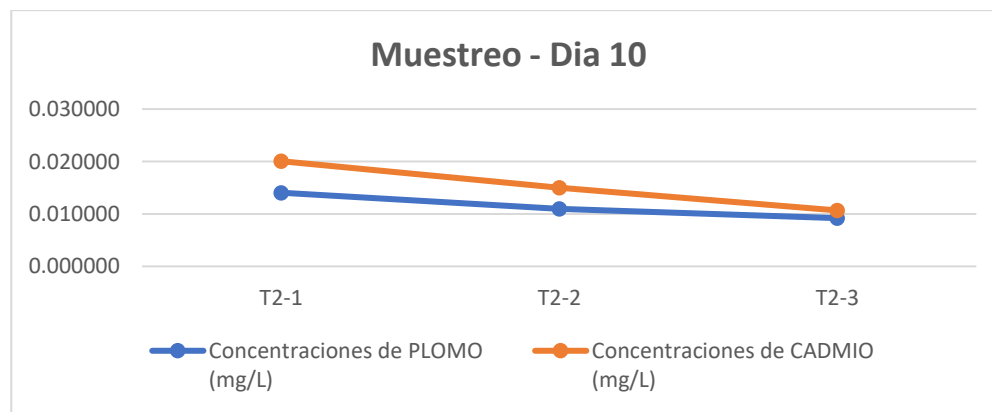
*Absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 10.*

CODIGO	Concentraciones de PLOMO (mg/L)	Porcentaje de PLOMO por litro de agua (%)	Concentraciones de CADMIO (mg/L)	Porcentaje de CADMIO por litro de agua (%)
T2-1	0.014050	14.033%	0.020060	20.020%
T2-2	0.011000	10.987%	0.015020	14.994%
T2-3	0.009200	9.196%	0.010670	10.658%
RT2-1	0.013200	13.184%	0.018590	18.553%
RT2-2	0.010150	10.138%	0.014260	14.236%
RT2-3	0.009780	9.776%	0.011050	11.038%

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en el agua para el muestreo del día 10.

**Figura 17:**

*Resultados de absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 10.*



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 8 y figura 17, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de agua en el día 10, donde se realizó la absorción de cadmio y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45%. Donde la concentración de cadmio y plomo se reduce con respecto a la concentración inicial.

**b) Lectura de concentraciones de la Sustancia de Plomo y Cadmio que absorbe el Tallo de Medicago sativa, en las muestras.**

**Tabla 9:**

*Absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 10.*

<b>CODIGO</b>	<b>Concentraciones de PLOMO en el Tallo de Medicago sativa (mg/L)</b>	<b>Concentraciones de CADMIO en el Tallo de Medicago sativa (mg/L)</b>
<b>T2-1</b>	<0.0001	<0.0001
<b>T2-2</b>	<0.0001	<0.0001
<b>T2-3</b>	0.00110	0.00090
<b>RT2-1</b>	<0.0001	<0.0001
<b>RT2-2</b>	<0.0001	<0.0001
<b>RT2-3</b>	0.00121	0.00085

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en el tallo para el muestreo del día 10.

**Figura 18:**

*Resultados absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 10.*





*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 9 y figura 18, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de tallo para el día 10, donde se realizó la absorción de cadmio y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45% de agua contaminada. Para lo cual los valores de muestreo se observan que el valor empieza a incrementarse ya que el tallo está absorbiendo en el agua contaminada que está al 45% en los demás porcentajes esta menor a 0.0001 mg/L.

**c) Lectura de concentraciones de la Sustancia de Plomo y Cadmio que absorbe la Raíz de Medicago sativa, en las muestras.**

**Tabla 10:**

*Absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 10.*

<b>CODIGO</b>	<b>Concentraciones de PLOMO en la Raíz de Medicago sativa (mg/L)</b>	<b>Concentraciones de CADMIO en la Raíz de Medicago sativa (mg/L)</b>
<b>R2-1</b>	0.00300	0.00180
<b>R2-2</b>	0.00415	0.00280
<b>R2-3</b>	0.00610	0.00490
<b>RR2-1</b>	0.00280	0.00130
<b>RR2-2</b>	0.00380	0.00250
<b>RR2-3</b>	0.00579	0.00468

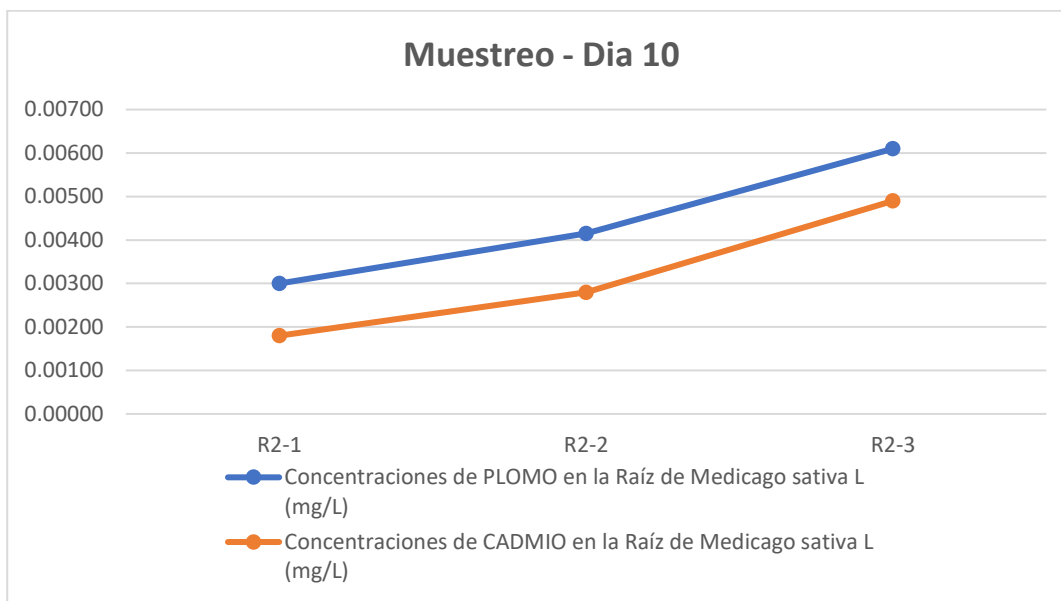
*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en la raíz para el muestreo del día 10.

En la tabla 10 se muestra resultados del análisis que se encontraron en la raíz, se muestra la variación que absorbió en cada porcentaje y por cada

concentración de sustancia de plomo y cadmio para el día 10. También se realizaron replicas a cada análisis para comprobar sus resultados.

### Figura 19:

*Resultados de absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 10.*



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 10 y figura 19, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de raíz para el día 10, donde se observó la absorción de cadmio y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45% de agua contaminada. Para lo cual los valores de muestreo lo cual se observan que el valor empieza a incrementarse en las tres concentraciones con respecto a su análisis inicial ya que esto nos indica que la raíz absorbió las soluciones de cadmio y plomo en los diferentes porcentajes que se tenía inicialmente.

### 4.2.1.4. Lectura de resultados para el DÍA 20, de las muestras

#### a) Lectura de concentraciones de Cd y Pb en el agua en las muestras

**Tabla 11:**

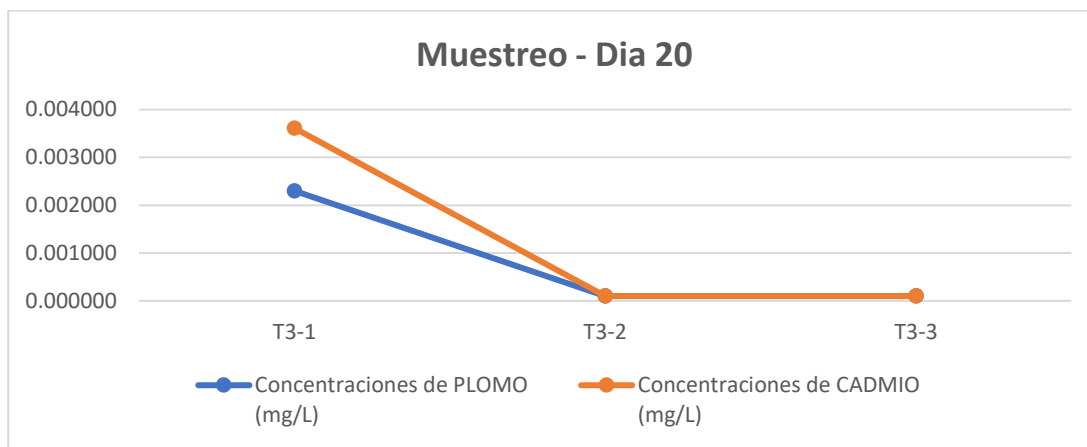
*Absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 20.*

CODIGO	Concentraciones de PLOMO (mg/L)	Porcentaje de PLOMO por litro de agua (%)	Concentraciones de CADMIO (mg/L)	Porcentaje de CADMIO por litro de agua (%)
T3-1	0.002300	2.297%	0.003610	3.603%
T3-2	0.000100	0.100%	0.000100	0.100%
T3-3	0.000100	0.100%	0.000100	0.100%
RT3-1	0.002050	2.048%	0.003250	3.244%
RT3-2	0.000090	0.090%	0.000090	0.090%
RT3-3	0.000090	0.090%	0.000090	0.090%

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en el agua para el muestreo del día 20.

**Figura 20:**

*Resultados de absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 20.*



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.



Según la tabla 11 y figura 20, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de agua en el día 20, donde se realizó la absorción de cadmio y plomo para concentraciones de 25%, 35% y 45%. Donde la concentración de cadmio y plomo se reduce con respecto a la concentración inicial en los tres tratamientos.

**b) Lectura de concentraciones de la Sustancia de Plomo y Cadmio que absorbe el Tallo de Medicago sativa, en las muestras**

**Tabla 12:**

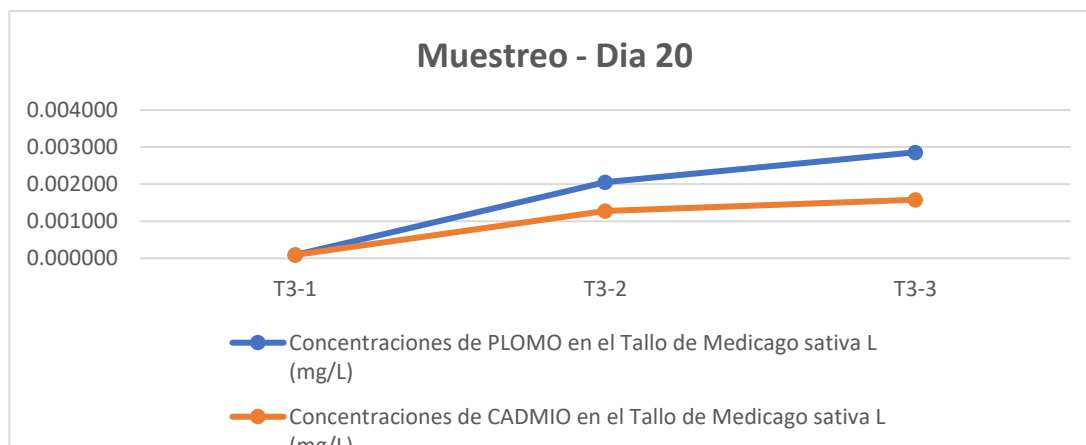
*Absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 20.*

<b>CODIGO</b>	<b>Concentraciones de PLOMO en el Tallo de Medicago sativa (mg/L)</b>	<b>Concentraciones de CADMIO en el Tallo de Medicago sativa (mg/L)</b>
<b>T3-1</b>	<0.00010	<0.00010
<b>T3-2</b>	0.00205	0.00128
<b>T3-3</b>	0.00286	0.00158
<b>RT3-1</b>	<0.00010	<0.00010
<b>RT3-2</b>	0.00143	0.00132
<b>RT3-3</b>	0.00254	0.00142

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en el tallo para el muestreo del día 20.

**Figura 21:**

*Variación de absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 20.*



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 12 y figura 21, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de tallo para el día 10, donde se realizó la absorción de cadmio y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45% de agua contaminada. Para lo cual los valores de muestreo se observan que el valor empieza a incrementarse en los tres casos.

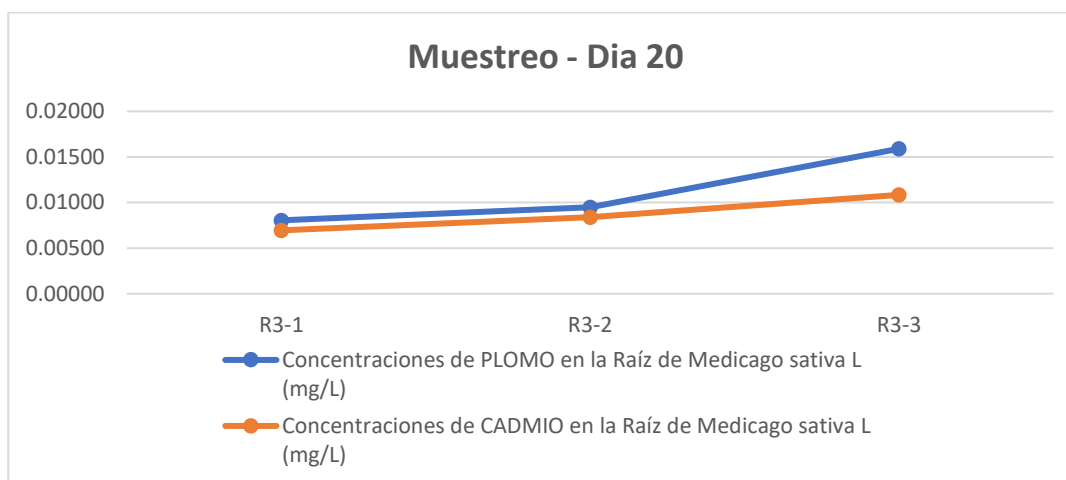
- c) Lectura de concentraciones de Plomo y Cadmio que absorbe la Raíz de Medicago sativa, en las muestras.**

**Tabla 13:***Absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 20.*

CODIGO	Concentraciones de PLOMO en la Raíz de Medicago sativa (mg/L)	Concentraciones de CADMIO en la Raíz de Medicago sativa (mg/L)
R3-1	0.00805	0.00695
R3-2	0.00950	0.00840
R3-3	0.01590	0.01084
RR3-1	0.00750	0.00640
RR3-2	0.00920	0.00870
RR3-3	0.01540	0.01056

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en la raíz para el muestreo del día 20.

En la tabla 13 se muestra resultados del análisis que se encontraron en la raíz, se muestra la variación que absorbió en cada porcentaje y por cada concentración de sustancia de plomo y cadmio para el día 20. También se realizaron replicas a cada análisis para comprobar sus resultados.

**Figura 22:** *Variación de absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 20.*

*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 13 y figura 22, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de raíz para el día 20, donde se registró la captación de Cd y Pb en porcentajes de 25%, 35% y 45% de agua contaminada. Para lo cual los valores de muestreo lo cual se observan que el valor empieza a incrementarse en las tres concentraciones con respecto a su análisis inicial. De la misma manera de puede observa que mientras pasan los días la raíz absorbe respecto a su concentración inicial, lo cual nos indica que la medicago sativa es un buen absorbente de metales como son el cadmio y el plomo.

#### 4.2.1.5. Lectura de resultados para el DÍA 30, de las muestras

##### a) Lectura de concentraciones de Plomo y Cadmio en el agua en las muestras.

Tabla 14:

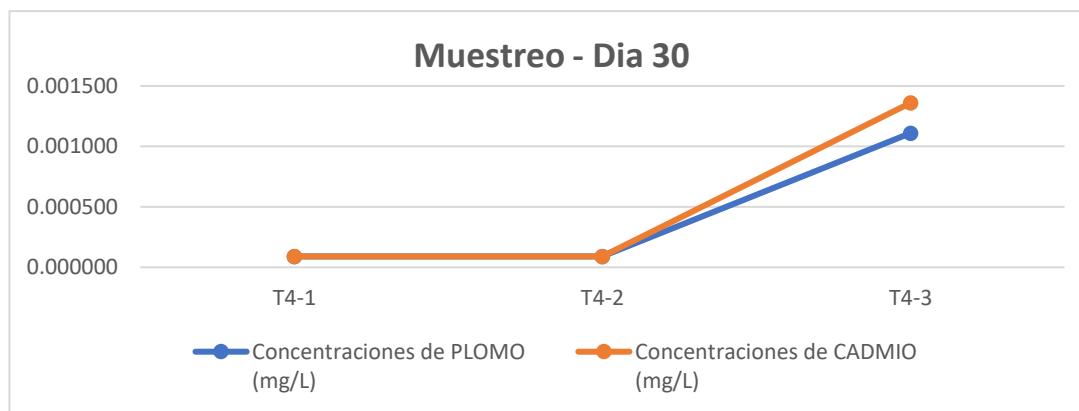
*Absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 30.*

<b>CODIGO</b>	<b>Concentraciones de PLOMO (mg/L)</b>	<b>Porcentaje de PLOMO por litro de agua (%)</b>	<b>Concentraciones de CADMIO (mg/L)</b>	<b>Porcentaje de CADMIO por litro de agua (%)</b>
<b>T4-1</b>	<0.00010	0.090%	<0.00010	0.090%
<b>T4-2</b>	<0.00010	0.090%	<0.00010	0.090%
<b>T4-3</b>	0.00111	1.110%	0.00136	1.358%
<b>RT4-1</b>	<0.00010	0.090%	<0.00010	0.090%
<b>RT4-2</b>	<0.00010	0.090%	<0.00010	0.090%
<b>RT4-3</b>	0.00120	1.199%	0.00132	1.319%

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en el agua para el muestreo del día 30.

**Figura 23:**

Variación de absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 30.



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 14 y figura 30, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de agua en el día 30, donde se realizó la absorción de cadmio y plomo para concentraciones de 25%, 35% y 45%. Donde se observa la concentración de cadmio y plomo se reduce con respecto a la concentración inicial en 25% y 35%. Pero al 45% se empezó a incrementar el valor.

**b) Lectura de concentraciones de Plomo y Cadmio que absorbe el Tallo de *Medicago sativa*, en las muestras.**

**Tabla 15:**

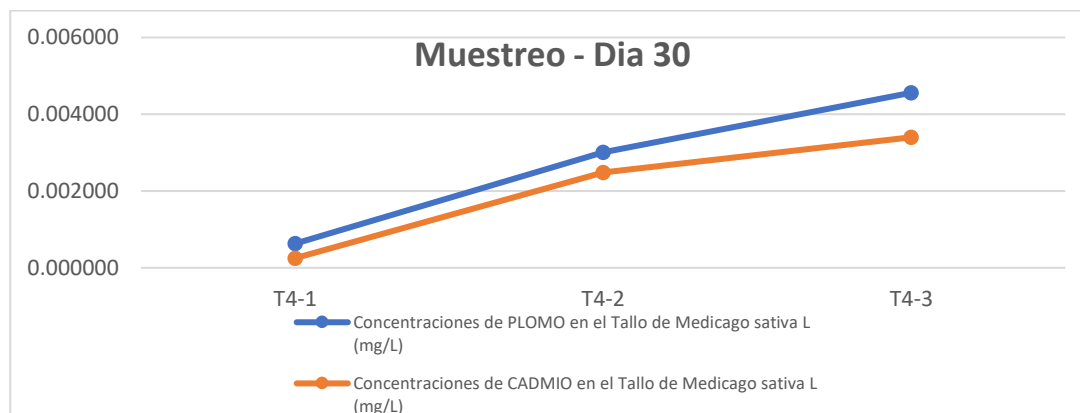
*Absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 30.*

CODIGO	Concentraciones de PLOMO en el Tallo de Medicago sativa (mg/L)	Concentraciones de CADMIO en el Tallo de Medicago sativa (mg/L)
T4-1	0.000630	0.000250
T4-2	0.003010	0.002480
T4-3	0.004560	0.003400
RT4-1	0.000550	0.000160
RT4-2	0.003150	0.002630
RT4-3	0.004860	0.003740

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en el tallo para el muestreo del día 30.

**Figura 24:**

*Variación de absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 30.*



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 15 y figura 24, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de tallo para el día 30, donde se realizó la absorción de cadmio y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45% de agua

contaminada. Para lo cual los valores de muestreo se observan que el valor empieza a incrementarse en los tres casos.

c) **Lectura de concentraciones de la Sustancia de Plomo y Cadmio que absorbe la Raíz de Medicago sativa, en las muestras.**

**Tabla 16:**

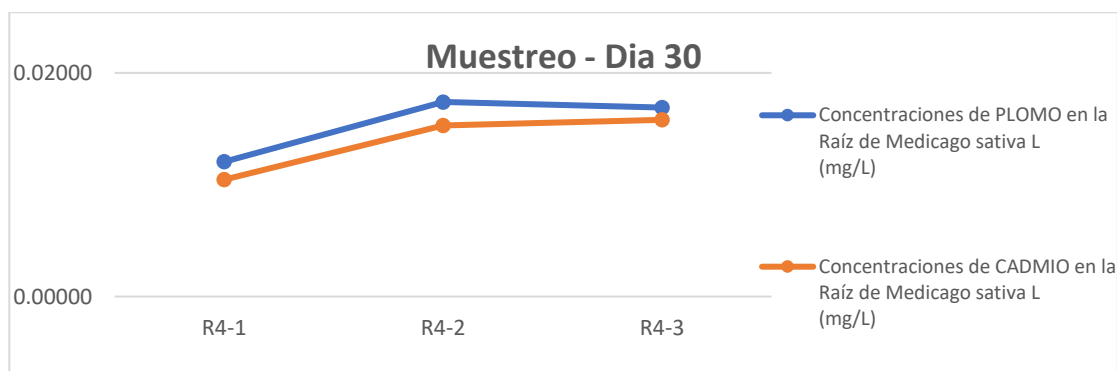
*Absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 30.*

CODIGO	Concentraciones de PLOMO en la Raíz de Medicago sativa (mg/L)	Concentraciones de CADMIO en la Raíz de Medicago sativa (mg/L)
R4-1	0.01205	0.01045
R4-2	0.01740	0.01530
R4-3	0.01690	0.01580

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en la raíz para el muestreo del día 30.

**Figura 25:**

*Variación de absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 30.*



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 16 y figura 25, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de raíz para el día 30, donde se observó la absorción de cadmio y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45% de agua

contaminada. Para lo cual los valores de muestreo lo cual se observan que el valor empieza a incrementarse en las tres concentraciones con respecto a su análisis inicial.

#### 4.2.1.6. Lectura de resultados para el DÍA 40, de las muestras

a) Lectura de concentraciones de Pb y Cd en el agua en las muestras.

Tabla 17:

*Absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día 40.*

<b>CODIGO</b>	<b>Concentraciones de PLOMO (mg/L)</b>	<b>Porcentaje de PLOMO por litro de agua (%)</b>	<b>Concentraciones de CADMIO (mg/L)</b>	<b>Porcentaje de CADMIO por litro de agua (%)</b>
<b>T5-1 (25%)</b>	<0.0001	0.090%	<0.0001	0.090%
<b>T5-2 (35%)</b>	0.00106	1.059%	0.00140	1.398%
<b>T5-3(45%)</b>	0.00300	2.999%	0.04060	40.555%
<b>RT5-1(25%)</b>	<0.0001	0.090%	<0.0001	0.090%
<b>RT5-2(35%)</b>	0.00210	2.098%	0.00317	3.165%
<b>RT5-3(45%)</b>	0.00326	3.259%	0.00350	3.496%

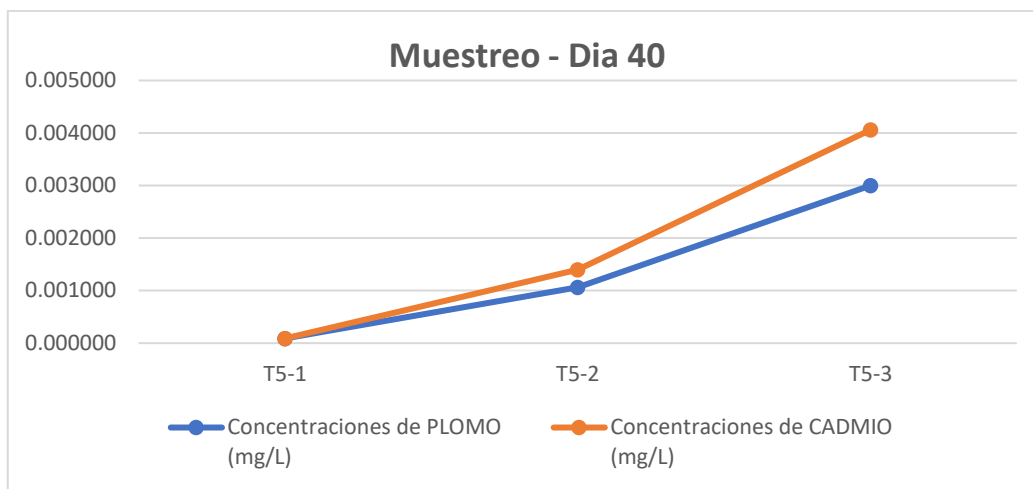
*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo

en el agua para el muestreo del día 40.

**Figura 26:**

*Variación de absorción de Pb y Cd en el agua para el muestreo día*

40.



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 17 y figura 26, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de agua en el día 40, donde se realizó la absorción de cadmio y plomo para concentraciones de 25%, 35% y 45%. Donde la concentración de cadmio y plomo se incrementó en las concentraciones de 35% y 45%, donde se puede observar que en el día 40 para el análisis al 25% absorción es 0.090%, para el análisis al 35% absorción es 1.059%, para el análisis al 45% absorción es 2.999% lo que indica que a medida que pasa el tiempo es más la absorción. Por lo que se puede decir que la medicago sativa absorbe de manera positiva el cadmio y el plomo.

b) Lectura de concentraciones de Plomo y Cadmio que absorbe el Tallo de Medicago sativa, en las muestras.

Tabla 18:

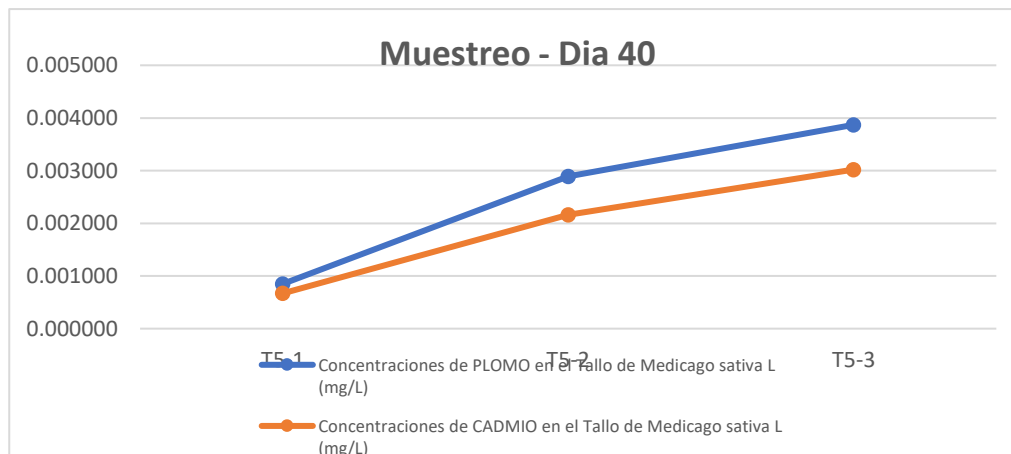
Absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 40.

CODIGO	Concentraciones de PLOMO en el Tallo de Medicago sativa (mg/L)	Concentraciones de CADMIO en el Tallo de Medicago sativa (mg/L)
T5-1	0.000850	0.000670
T5-2	0.002890	0.002160
T5-3	0.003870	0.003020
RT5-1	0.000740	0.000590
RT5-2	0.002930	0.002050
RT5-3	0.004010	0.003070

Nota: En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en el tallo para el muestreo del día 40.

Figura 27:

Variación de absorción de Cd y Pb en el tallo en el día 40.



Nota. Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 18 y figura 27, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de tallo para el día 40, donde se realizó la

absorción de cadmio y plomo en porcentajes de 25%, 35% y 45% de agua contaminada. Para lo cual los valores de muestreo se observan que el valor empieza a incrementarse en los tres casos.

**c) Lectura de concentraciones de Plomo y Cadmio que absorbe la Raíz de Medicago sativa, en las muestras.**

**Tabla 19:**

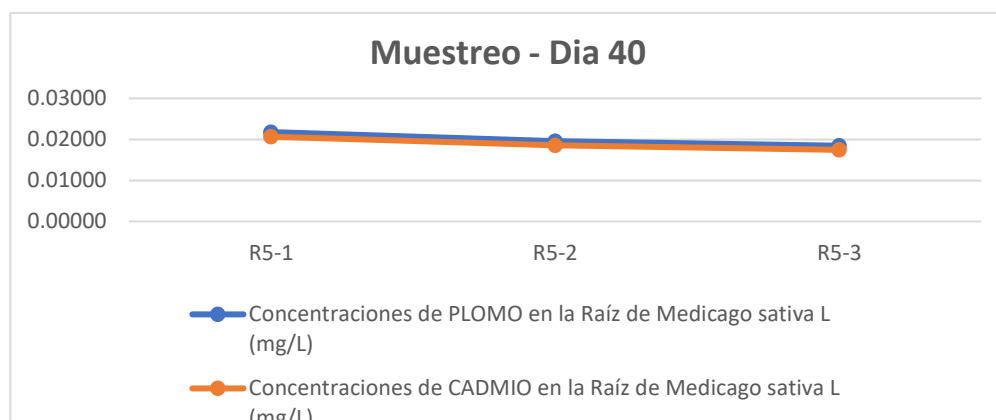
*Absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 40.*

<b>CODIGO</b>	<b>Concentraciones de PLOMO en la Raíz de Medicago sativa (mg/L)</b>	<b>Concentraciones de CADMIO en la Raíz de Medicago sativa (mg/L)</b>
<b>R5-1</b>	0.02178	0.02067
<b>R5-2</b>	0.01956	0.01856
<b>R5-3</b>	0.01845	0.01745
<b>RR5-1</b>	0.02190	0.02100
<b>RR5-2</b>	0.01900	0.01805
<b>RR5-3</b>	0.01870	0.01710

*Nota:* En la tabla se observa la variación de absorción de cadmio y plomo en la raíz para el muestreo del día 40.

**Figura 28:**

*Variación de absorción de Cd y Pb en la raíz en el día 40.*





*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

Según la tabla 19 y figura 28, se observan los resultados obtenidos en laboratorio para el análisis de raíz para el día 40, donde se observó la absorción de Pb y Cd en porcentajes de 25%, 35% y 45% de agua contaminada. Para lo cual los valores de muestreo lo cual se observan que el valor empieza a disminuir en las tres concentraciones con respecto a su análisis inicial.

**4.2.1.7.** Cantidad de absorción por medicago sativa sobre del tiempo cuando se tuvo 25% de cadmio.

**Tabla 20.**

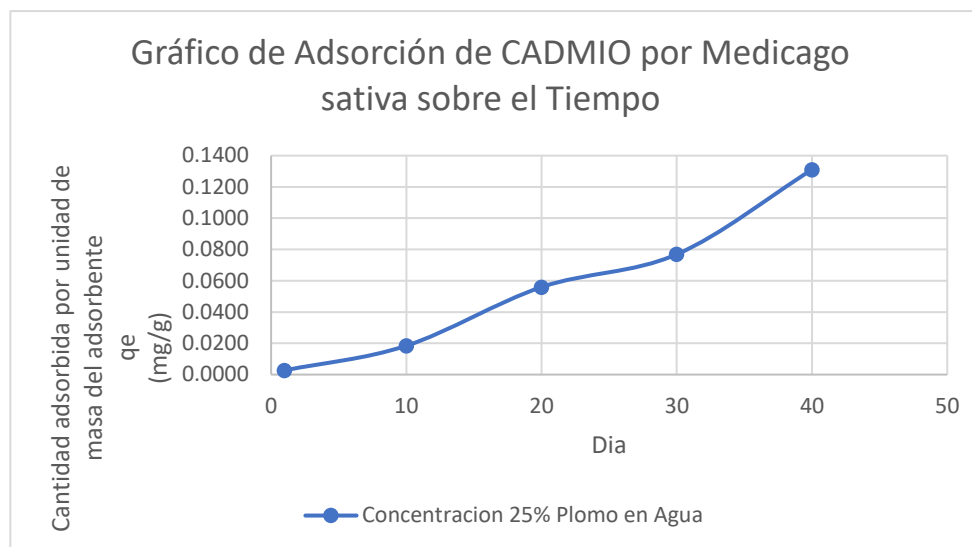
*Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 25% de cadmio.*

Día	Cantidad adsorbida por unidad de masa del adsorbente (mg/g)
1	0.0027
10	0.0185
20	0.0560
30	0.0769
40	0.1310

*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 29:**

Variación de absorción de 25% de Cd en los diferentes días de ensayo.



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

**4.2.1.8.** Cantidad de absorción por medicago sativa sobre del tiempo cuando se tuvo 35% de cadmio.

**Tabla 21:**

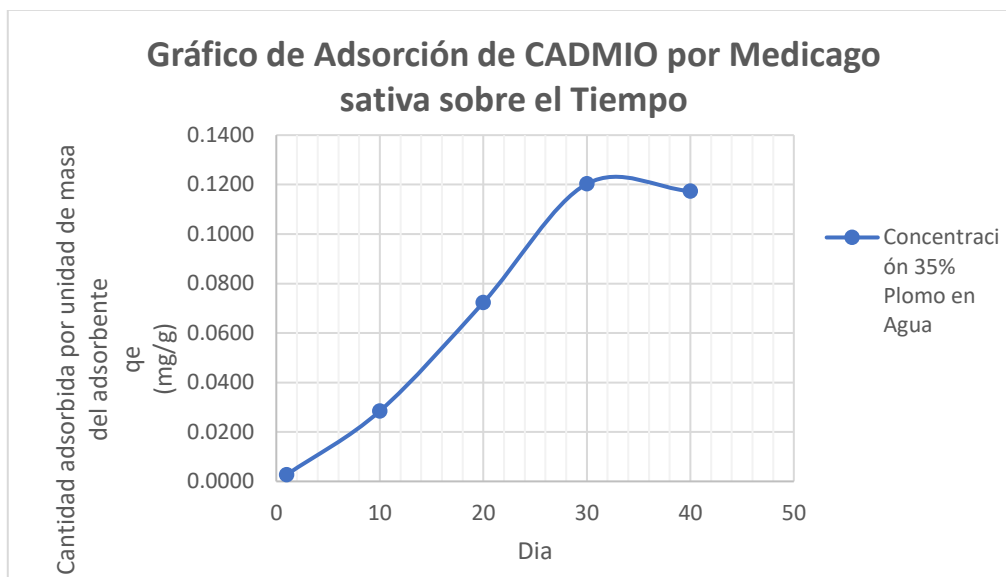
*Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 35% de cadmio.*

Día	Cantidad adsorbida por unidad de masa del adsorbente (mg/g)
1	0.0027
10	0.0285
20	0.0723
30	0.1203
40	0.1174

*Nota. Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 30:**

*Variación de absorción de 35% de Cd en los diferentes días de ensayo.*



*Nota. Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.*

**4.2.1.9.** Cantidad de absorción por medicago sativa sobre del tiempo cuando se tuvo 45% de cadmio.

**Tabla 22:**

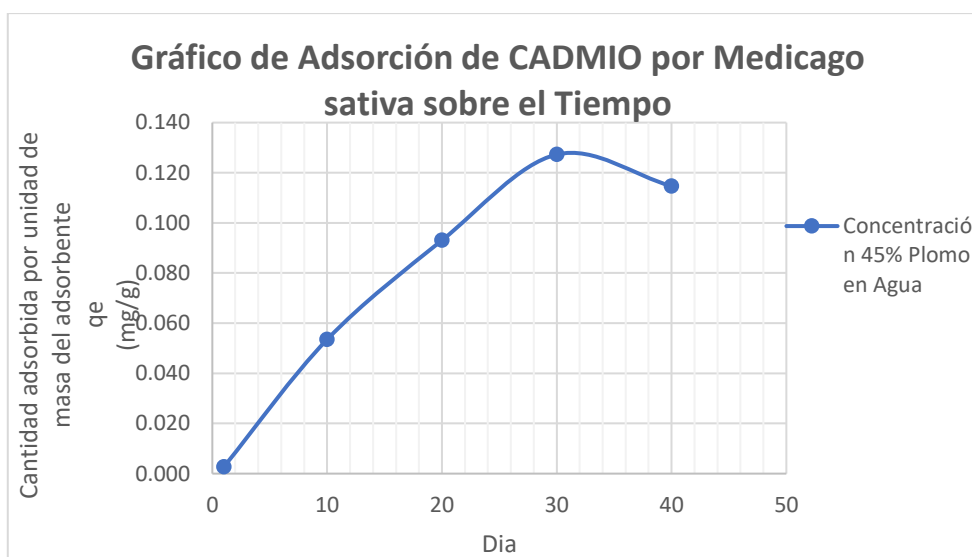
*Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 45% de cadmio.*

Día	Cantidad adsorbida por unidad de masa del adsorbente $q_e$ (mg/g)
1	0.003
10	0.054
20	0.093
30	0.127
40	0.115

*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 31:**

*Variación de absorción de 45% de Cd en los diferentes días de ensayo.*



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

**4.2.1.10.** Cantidad de absorción por medicago sativa sobre del tiempo cuando se tuvo 25% de plomo.

**Tabla 23:**

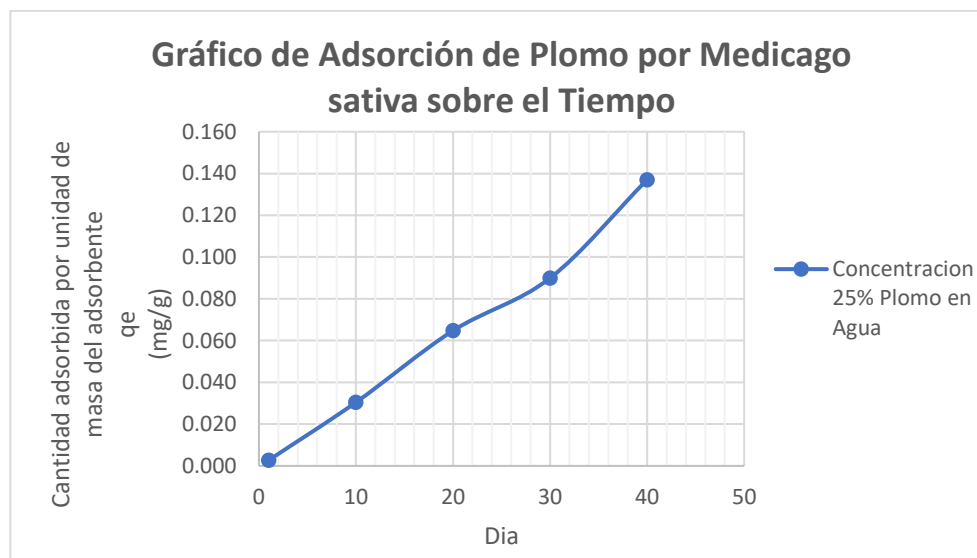
*Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 25% de plomo.*

Día	Cantidad adsorbida por unidad de masa del adsorbente (mg/g)
1	0.003
10	0.030
20	0.065
30	0.090
40	0.137

*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

**Figura 32:**

*Variación de absorción de 25% de Pb en los diferentes días de ensayo.*



*Nota.* Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.

**4.2.1.11.** Cantidad de absorción por medicago sativa sobre del tiempo cuando se tuvo 35% de plomo.

**Tabla 24:**

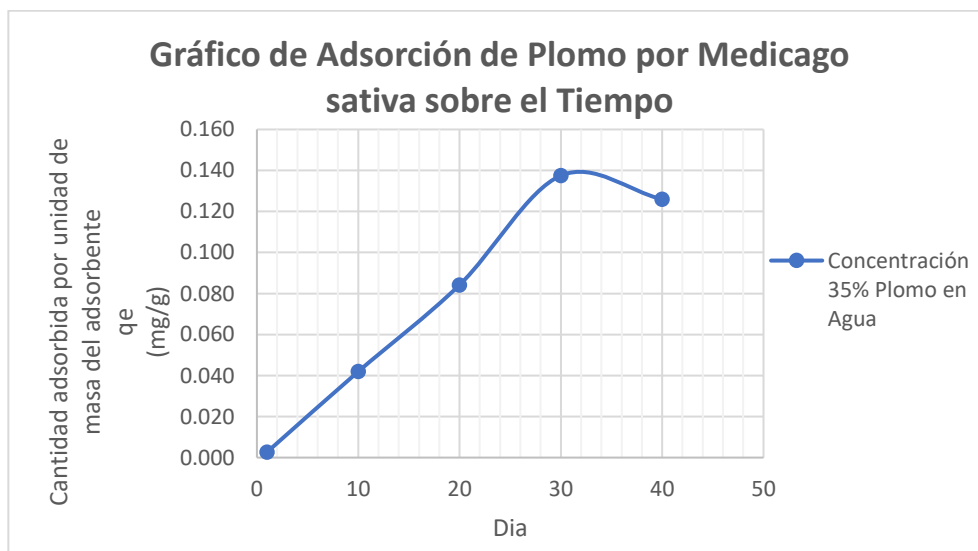
*Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 35% de plomo.*

Día	Cantidad adsorbida por unidad de masa del adsorbente (mg/g)
1	0.003
10	0.042
20	0.084
30	0.137
40	0.126

*Nota. Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 33:**

*Variación de absorción de 35% de Pb en los diferentes días de ensayo.*



*Nota. Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.*

**4.2.1.12.** Cantidad de absorción por medicago sativa sobre del tiempo cuando se tuvo 45% de plomo.

**Tabla 25:**

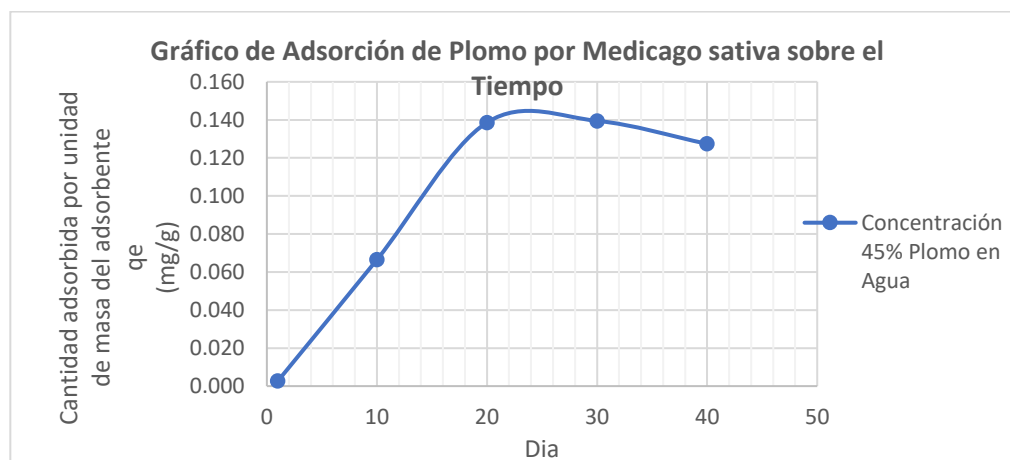
*Cantidad de adsorción por medicago sativa sobre el tiempo cuando se tuvo 45% de plomo.*

Día	Cantidad adsorbida por unidad de masa del adsorbente $q_e$ (mg/g)
1	0.003
10	0.067
20	0.139
30	0.139
40	0.127

*Nota. Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.*

**Figura 34:**

*Variación de absorción de 45% de Pb en los diferentes días de ensayo.*



*Nota. Cantidad de absorción en los diferentes días de ensayo analizados en laboratorio de la UANCV. Fuente: Elaboración propia.*

## 4.2.2. Resultados estadísticos para la prueba de hipótesis

### 4.2.2.1. Análisis de varianza de un factor para agua

**Tabla 26:**

*Análisis de varianza para agua.*

RESUMEN						
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza		
Columna 1	54	81	1.5	0.25471698		
Columna 2	54	0.44328	0.00820889	0.00015181		
Columna 3	54	1206	22.33333333	171.169811		
ANÁLISIS DE VARIANZA						
Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	16823.9592	2	8411.9796	147.212985	6.5889E-37	3.05289081
Dentro de los grupos	9085.50805	159	57.14156			
Total	25909.4672	161				

Como el análisis ANOVA mostró un **valor F alto (147.21)** y un **p-valor extremadamente bajo ( $6.589 \times 10^{-37}$ )**, hay evidencia suficiente para **rechazar la hipótesis nula ( $H_0$ )**. Esto respalda la hipótesis alterna ( $H_1$ ), que afirma que **sí existe variación** en las concentraciones de cadmio y plomo bajo las condiciones estudiadas.

### 4.2.2.2. Análisis de varianza de un factor tallo

**Tabla 27:** *Análisis de varianza para tallo.*

RESUMEN					
Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	
Columna 1	54	81	1.5	0.25471698	
Columna 2	54	0.07643	0.00141537	1.9853E-06	
Columna 3	54	1206	22.33333333	171.169811	
ANÁLISIS DE VARIANZA					



<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
Entre grupos	16829.7857	2	8414.89284	147.264096	6.4719E-37	3.05289081
Dentro de los grupos	9085.50011	159	57.1415101			
Total	25915.2858	161				

El análisis de varianza (ANOVA) ha mostrado un valor F elevado (147.26) y un p-valor extremadamente bajo ( $6.47 \times 10^{-37}$ ), lo que indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos comparados. Estas diferencias sugieren que sí existe una variación significativa en las concentraciones de cadmio y plomo en *Medicago sativa* bajo condiciones de cultivo hidropónico.

Por lo tanto, puedes rechazar la hipótesis nula que afirmaba que no había variación en las concentraciones de cadmio y plomo y aceptar la hipótesis alterna, que plantea que sí existe variación en los niveles de estos metales pesados en las plantas de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo las condiciones de cultivo hidropónico que has estudiado.

#### 4.2.3. Análisis de varianza de un factor para raíz



**Tabla 28:** *Análisis de varianza para raíz.*

RESUMEN							
<i>Grupos</i>	<i>Cuenta</i>	<i>Suma</i>	<i>Promedio</i>	<i>Varianza</i>			
Columna 1	54	1206	22.33333333	171.169811			
Columna 2	54	81	1.5	0.25471698			
Columna 3	54	0.57109	0.01057574	4.9324E-05			

ANÁLISIS DE VARIANZA							
<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>	
Entre grupos	16821.93	2	8410.96502	147.195317	6.6299E-37	3.05289081	
Dentro de los grupos	9085.50261	159	57.1415259				
Total	25907.4327	161					

El análisis de varianza (ANOVA) ha mostrado un valor F elevado (147.18) y un p-valor extremadamente bajo ( $6.62 \times 10^{-37}$ ), lo que indica que hay diferencias estadísticamente significativas entre los tres grupos comparados. Estas diferencias sugieren que sí existe una variación significativa en las concentraciones de cadmio y plomo en *Medicago sativa* bajo condiciones de cultivo hidropónico.

Por lo tanto, puedes rechazar la hipótesis nula que afirmaba que no había variación en las concentraciones de cadmio y plomo y aceptar la hipótesis alterna, que plantea que sí hay fluctuaciones en los niveles de estos metales pesados en las plantas de alfalfa (*Medicago sativa*) bajo las condiciones de cultivo hidropónico que has estudiado.



### 4.3. Discusión

Con respecto a la eficiencia de remoción de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con *Medicago sativa*, se concluye que *Medicago Sativa* es un buen absorbedor de concentraciones de plomo y cadmio en el agua consiguiendo un 95% de remoción. La capacidad de *Medicago sativa* para absorber y acumular metales pesados evidencia su potencial como planta fitorremediadora. Sin embargo, Cándido (2021) evaluó la capacidad de fitorremediación con trigo, girasol y frijol y su porcentaje de remoción 66%. A la vez Inga (2022) en su investigación removió cobre mediante sistema de hidropónicos donde removieron de 48% y 65%.

Con respecto a la determinación de la variación de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con *Medicago sativa*. En la investigación se experimentó durante 40 días donde se analizó cada 10 días donde en el día 1 se empezó con porcentajes iniciales de concentraciones de plomo a 25% (0.02503 mg/L), 35% (0.03504 mg/L) y 45% (0.04502 mg/L) y para cadmio 25% (0.02505 mg/L), 35% (0.03506 mg/L) y 45% (0.04505 mg/L) y en el día 30 sus porcentajes de plomo a 25% (0.0001 mg/L), 35% (0.0001 mg/L) y 45% (0.0001 mg/L) y para cadmio 25% (0.0001 mg/L), 35% (0.0001 mg/L) y 45% (0.0001 mg/L) redujeron de manera considerable como se puede observar. Sin embargo, Inga (2022) evaluó su variación durante 7 y 10 días donde concluyo que una mayor variación de concentración de cobre fue en día 10 donde removió un 65%.



Con respecto a la evaluación de la concentración de cadmio y plomo presentes en la estructura del tallo y raíces de *Medicago sativa* mostró una relación directa entre el tiempo de exposición y la eficiencia de remoción de metales, con un comportamiento diferente según las partes de la planta. En la presente investigación, la mayor acumulación de Cd y Pb se observó en las raíces, lo cual concuerda con estudios como el de Cándido (2021), que demuestran que las raíces actúan como primer contacto de absorción en medios hidropónicos. Además, el sistema hidropónico, que facilita el contacto directo de las raíces con la solución contaminante, favoreció una mayor absorción, resultados alineados con los hallazgos de (Silva-Mori et al., 2023), quienes también encontraron en sistemas hidropónicos una eficiencia significativa en la absorción de Cd por plantas similares.



## CONCLUSIONES

**PRIMERA:** Medicago sativa es altamente efectiva para remover cadmio y plomo en agua, alcanzando una tasa del 95% en sistemas hidropónicos, siendo una opción biotecnológica para descontaminar aguas en zonas mineras.

**SEGUNDA:** Medicago sativa redujo significativamente las concentraciones de cadmio y plomo en sistemas hidropónicos en 30 días, alcanzando niveles muy por debajo de los límites establecidos por el ECA del D.S. N°004-2017-MINAM.

**TERCERA:** Las raíces de Medicago sativa acumulan la mayor parte de cadmio y plomo, mostrando concentraciones superiores a las de los tallos. Esto indica que las raíces son eficaces para retener metales y minimizar su movilidad en sistemas hidropónicos.



## RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Se recomienda realizar estudios adicionales en entornos naturales para validar los resultados obtenidos en condiciones controladas. Esto permitirá observar la efectividad de Medicago sativa en la remoción de cadmio y plomo bajo las condiciones de pH, temperatura y presencia de otros contaminantes, comunes en cuerpos de agua naturales.

**SEGUNDA:** Se recomienda para investigaciones posteriores realizar un estudio de disposición final de la Medicago sativa ya que acumula cantidades significativas de cadmio y plomo con el fin de evitar la reintroducción de metales en el ambiente. Como podría ser alternativas como el compostaje controlado o la incineración de la biomasa podrían minimizar los riesgos de contaminación secundaria.

**TERCERA:** Se recomienda realizar pruebas con mayor concentración de cadmio y plomo dado que la eficacia en la remoción está vinculada con el tiempo.

**REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- Andoa Llallico, D. R. (2021). Remoción de metales pesados como zinc (Zn), cadmio (Cd) y plomo (Pb) a través de humedal artificial de flujo subsuperficial para agua de consumo humano [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Ingeniería].
- Bello, A. O., Tawabini, B. S., Khalil, A. B., Boland, C. R., & Saleh, T. A. (2018). Phytoremediation of cadmium-, lead- and nickel-contaminated water by *Phragmites australis* in hydroponic systems. *Ecological Engineering*, 120, 126-133. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.05.035>
- Biamont-Rojas, I. E., Cardoso-Silva, S., Figueira, R. C. L., Kim, B. S. M., Alfaro-Tapia, R., & Pompêo, M. (2023). Spatial distribution of arsenic and metals suggest a high ecotoxicological potential in Puno Bay, Lake Titicaca, Peru. *Science of The Total Environment*, 871, 162051. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.162051>
- Bravo-Zevallos, W., & Fernández-Jerí, Y. (2023). Assessment of Human Health Risk Indices Due to Metal Contamination in the Surface Water of the Negro River Sub-Basin, Áncash. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(9), 5652.
- Chen, L., Wang, Q., Liu, Y., & Zhang, S. (2023). Impacts of cadmium and lead contamination on soil microbial communities: A meta-analysis. *Environmental Pollution*, 315, 120389.



Chen, L., Wang, Q., Liu, Y., & Zhang, S. (2023). Transgenic approaches to enhance phytoremediation efficiency: A review. *Environmental Pollution*, 315, 120389. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120389>

Chen, L., Wang, Q., Liu, Y., & Zhang, S. (2023). Transgenic approaches to enhance phytoremediation efficiency: A review. *Environmental Pollution*, 315, 120389. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120389>

Chen, X., Li, Y., Yang, H., & Wu, X. (2022). Antioxidant and phytochelatin responses of *Medicago sativa* L. to cadmium stress in hydroponic culture. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 231, 113261.

Chirinos-Peinado, D., Hurtado-Manrique, P., & Huaranga-Moreno, F. (2021). Lead and Cadmium Bioaccumulation in Fresh Cow's Milk in an Intermediate Area of the Central Andes of Peru and Risk to Human Health. *Toxics*, 9(12), 317. <https://doi.org/10.3390/toxics9120317>

Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. *Experientia Supplementum*, 101, 133-164. [https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6).

Nordberg, G. F., Fowler, B. A., & Nordberg, M. (2015). *Handbook on the toxicology of metals* (4th ed.). Academic Press.

Godt, J., Scheidig, F., Grosse-Siestrup, C., Esche, V., Brandenburg, P., Reich, A., & Groneberg, D. A. (2006). The toxicity of cadmium and resulting hazards for human health. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 1(1), 22.



Alloway, B. J., & Steinnes, E. (1999). Cadmium in soils. In B. J. Alloway (Ed.), *Heavy Metals in Soils* (pp. 122–151). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-94-011-4473-5\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-011-4473-5_5).

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (2012). Toxicological profile for cadmium. U.S. Department of Health and Human Services. Available at: <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp5.pdf>.

World Health Organization (WHO). (2021). Lead poisoning and health. Retrieved from <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health>.

Hernández-Suárez, J. S., Martínez-Alonso, C., & Gómez-Álvarez, A. (2015). Toxicidad del plomo y sus efectos en la salud humana. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 31(3), 227-245. <https://doi.org/10.20937/RICA.2015.31.03.03>.

Alloway, B. J. (2013). *Heavy Metals in Soils: Trace Metals and Metalloids in Soils and their Bioavailability* (3rd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-4470-7>.

Needleman, H. L. (2004). Lead poisoning. *Annual Review of Medicine*, 55(1), 209-222. <https://doi.org/10.1146/annurev.med.55.091902.103653>.

Gutleb, A. C., Schenck, C., & Staib, E. (2020). Giant otter (*Pteronura brasiliensis*) at risk? Total mercury and methylmercury levels in fish and otter scats, Peru. *Environmental Pollution*, 242, 1498-1503. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.08.020>



Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). Metodología de la investigación (Vol. 6, pp. 102-256). México: McGraw-Hill.

Jócsák, I., Knolmayer, B., & Szarvas, M. (2023). Literature Review on the Effects of Heavy Metal Stress and Alleviating Possibilities through Exogenously Applied Agents in Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plants*, 12(8), 1718. <https://doi.org/10.3390/plants11162161>.

Inga Clemente, W. Y. (2022). Remoción de cobre en un sistema hidropónico " NFT" con aguas contaminadas utilizando como Fitorremediador la Brassica juncea (yuyo).

Flores Garcia, M. M. (2019). Capacidad de Remoción de Cadmio Mediante Bioadsorbente de Tarwi (*Lupinus Mutabilis* Sweet), de las aguas del río San Antonio de Esquilache Puno–Perú.

Li, J., Zhang, Y., Liu, K., & He, Z. (2023). Chronic low-level cadmium exposure and cardiovascular disease risk: A prospective cohort study. *Environmental Health Perspectives*, 131(3), 037007.

Li, J., Zhang, Y., Liu, K., & He, Z. (2023). Novel chitosan-modified iron oxide nanoparticles for enhanced cadmium removal from aqueous solutions. *Water Research*, 215, 118261. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2022.118261>

Liu, W., Yang, Y., Li, P., & Zhou, Q. (2021). Phytoremediation of metal-contaminated soils by sunflower: Impacts on soil microbial communities. *Science of The Total Environment*, 780, 146557. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146557>



MINAM. (2017). "Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias – DS N° 004-2017-MINAM".

<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017-MINAM.pdf>

Sumalan, R. L., Nescu, V., Berbecea, A., Sumalan, R. M., Crisan, M., Negrea, P., & Ciulca, S. (2023). The Impact of Heavy Metal Accumulation on Some Physiological Parameters in *Silphium perfoliatum* L. Plants Grown in Hydroponic Systems. *Plants*, 12(8), 1718.  
<https://doi.org/10.3390/plants12081718>.

<https://doi.org/10.3390/plants12081718>

Panchi Campues, F. E. (2020). Efecto y tolerancia de semillas de *Helianthus Annuus* (Asteraceae), *Mentha Pepirita* (Lamiaceae) y *Medicago Sativa* (Fabaceae) a diferentes concentraciones de Cadmio (Bachelor's thesis).

Diaz Hoyos, L. M., & Peralta Rodriguez, L. R. (2017). Estudio Comparativo de la Capacidad de Acumulación para Cadmio y Plomo de *Scirpus Californicus* (Totorá) y *Stypa Ichu* (Ichu) Bajo Condiciones Hidropónicas.

Liu, Q., Liu, G., Chen, W., & Chen, G. (2021). HMCA-Contour: A Visual Basic Program Based on Surfer Automation for Soil Heavy Metal Spatial Distribution and Contamination Assessment Mapping. *Sustainability*, 13(4), 2282.  
<https://doi.org/10.3390/su13042282>.



- Silva Flores, J. A., & Velasquez Saavedra, C. J. (2019). Utilización de las hojas de alfalfa (*Medicago sativa* L.) para la reducción de metales pesados del agua residual textil, 2019.
- Vilca, R. (2020). Hidroponía en zonas altoandinas: Factibilidad y desarrollo en climas fríos. Universidad Nacional del Altiplano de Puno.
- Wang, L., Zhang, S., & Li, G. (2021). Cadmium-induced alterations in soil microbial community structure and function: A meta-analysis. *Science of The Total Environment*, 785, 147324.
- Wang, L., Zhang, S., & Li, G. (2021). Hydroponic cultivation of water hyacinth for heavy metal removal: A comparative study using distilled and non-distilled water. *Journal of Hazardous Materials*, 415, 125680. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125680>
- Wang, L., Zhang, S., & Li, G. (2021). Hydroponic cultivation of water hyacinth for heavy metal removal: A comparative study using distilled and non-distilled water. *Journal of Hazardous Materials*, 415, 125680. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125680>
- Wang, X., Chen, M., Yang, J., & Liu, D. (2023). Hydroponic cultivation of *Medicago sativa* L. for simultaneous removal of cadmium and lead from synthetic wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 441, 129820.
- Wang, Y., Ding, Y., Peng, X., Xu, F., & Wang, X. (2023). Agricultural Strategies to Reduce Cadmium Accumulation in Crops: A Review. *Agriculture*, 13(2), 471. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020471>



- Yadav, K. K., Kumar, S., Alkahtani, S., Almarhoon, Z. M., Alshahrani, M. Y., Alqahtani, M. S., Alam, M., Alshehri, S. S., Alam, N., & Abdel-Salam, E. M. (2023). Phytoremediation technologies and their mechanism for removal of heavy metals from contaminated soil: An approach for a sustainable environment, 14, 1076876. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1076876>
- Yadav, S., Agrawal, M., Ramaswamy, A. P., & Minhas, P. S. (2023). Removal of Cadmium (II) from Aqueous Solution Using *Galdieria sulphuraria* CCME 5587.1. *Toxics*, 11(3), 28. <https://doi.org/10.3390/toxics11030228>
- Zhang, H., Li, X., Wang, F., & Yu, H. (2022). Genetically modified bacteria for enhanced lead bioremediation: A field study. *Environmental Science & Technology*, 56(2), 908-920. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04567>
- Zhang, H., Li, X., Wang, F., & Yu, H. (2022). Genetically modified bacteria for enhanced lead bioremediation: A field study. *Environmental Science & Technology*, 56(2), 908-920. <https://doi.org/10.1021/acs.est.1c04567>
- Zhang, H., Li, X., Wang, F., & Yu, H. (2022). Industrial activities as sources of cadmium and lead pollution: A global review. *Environmental Science & Technology*, 56(2), 908-920.



### ANEXOS:

#### ANEXO 1: Matriz de consistencia

**TÍTULO:** EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	escala	Metodología
<b>Problema General:</b>	<b>Objetivo general:</b>	<b>Hipótesis general:</b>	Variable 1 remoción de cadmio y plomo	Porcentaje de remoción	Concentración inicial del metal	mg/L	Tipo de investigación experimental  Enfoque de investigación cuantitativo  El diseño de la investigación experimental
¿Cuál es la eficiencia de remoción de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con Medicago sativa?	Determinar la eficiencia de remoción de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con Medicago sativa.	La planta de Medicago sativa influye positivamente en la remoción de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico.			Concentración final del metal		
				Parámetros fisicoquímicos	pH	1-14	
					Temperatura	°C	
<b>Problemas Específicos:</b>	<b>Objetivos específicos:</b>	<b>Hipótesis específicas:</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>		
¿Cuánto es la variación de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con Medicago sativa?	Determinar la variación de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico con Medicago sativa.	Con la planta de Medicago sativa si existe variación de cadmio y plomo bajo condiciones de cultivo hidropónico.	Variable 2 Cultivo de hidropónico con Medicago Sativa	Características del sistema hidropónico	Materiales de elaboración	Nominal	
					Dimensiones	Razón	
¿Cuánto es la concentración de cadmio y plomo presentes en la estructura del tallo y raíces de Medicago sativa?	Evaluar la concentración de cadmio y plomo presentes en la estructura del tallo y raíces de Medicago sativa.	En la estructura del tallo y raíces de Medicago sativa si existe concentración de cadmio y plomo.		Características del cultivo	Raíz	cm	
					Tallo	cm	



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 093 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas  
2.2. **Numero de muestras** : 06  
2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
2.4. **Fecha de ensayo** : 21/06/2024  
2.5. **Departamento** : Puno  
2.6. **Provincia** : San Román  
2.7. **Distrito** : Juliaca  
2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	21/06/2024	8:00

### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
C - 1	0.02503	0.02505
C - 2	0.03504	0.03506
C - 3	0.04502	0.04505

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
  
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N° B.E.: 00231524

Página 1 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 094 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas  
2.2. **Numero de muestras** : 06  
2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
2.4. **Fecha de ensayo** : 25/06/2024  
2.5. **Departamento** : Puno  
2.6. **Provincia** : San Román  
2.7. **Distrito** : Juliaca  
2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	24/06/2024	10:00

### III.RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
T1 - 1	0.02501	0.02501
T1 - 2	0.03502	0.03504
T1 3	0.04501	0.04503

### IV.MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"

  
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP: 47790  
JEE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N° B . E . : 00231524

Página 2 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 095 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas  
2.2. **Numero de muestras** : 12  
2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
2.4. **Fecha de ensayo** : 05/07/2024  
2.5. **Departamento** : Puno  
2.6. **Provincia** : San Román  
2.7. **Distrito** : Juliaca  
2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	03/07/2024	09:00

### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
T2 - 1	0.01405	0.02006
T2 - 2	0.01100	0.01502
T2 - 3	0.00920	0.01067
RT2 - 1	0.01320	0.01859
RT2 - 2	0.01015	0.01426
RT2 - 3	0.00978	0.01105

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

N° B. E. : 00231524

Mgt. Jig. Milton Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Página 3 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 096 – 24

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas  
 2.2. **Numero de muestras** : 12  
 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 2.4. **Fecha de ensayo** : 17/07/2024  
 2.5. **Departamento** : Puno  
 2.6. **Provincia** : San Román  
 2.7. **Distrito** : Juliaca  
 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	15/07/2024	09:00

#### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
T3 - 1	0.00230	0.00361
T3- 2	<0.0001	<0.0001
T3- 3	<0.0001	<0.0001
RT3 - 1	0.00205	0.00325
RT3- 2	<0.0001	<0.0001
RT3- 3	<0.0001	<0.0001

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
  
 Mgr. Ing. Milton Quispe Huanca  
 CIP: 47790  
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N° B . E . : 00231524

Página 4 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

### INFORME N° LC 097 – 24

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas  
 2.2. **Numero de muestras** : 12  
 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 2.4. **Fecha de ensayo** : 26/07/2024  
 2.5. **Departamento** : Puno  
 2.6. **Provincia** : San Román  
 2.7. **Distrito** : Juliaca  
 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	24/07/2024	14:00

#### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
T4 - 1	<0.0001	<0.0001
T4 - 2	<0.0001	<0.0001
T4 - 3	0.00111	0.00136
RT4 - 1	<0.0001	<0.0001
RT4 - 2	<0.0001	<0.0001
RT4 - 3	0.00120	0.00132

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

N° B. E. : 00231524

Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca  
CIP: 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Página 5 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 098 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas  
2.2. **Numero de muestras** : 12  
2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
2.4. **Fecha de ensayo** : 04/08/2024  
2.5. **Departamento** : Puno  
2.6. **Provincia** : San Román  
2.7. **Distrito** : Juliaca  
2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	02/08/2024	14:00

### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
T5 - 1	<0.0001	<0.0001
T5 - 2	0.00106	0.00140
T5 - 3	0.00300	0.00406
RT5 - 1	<0.0001	<0.0001
RT5 - 2	0.00210	0.00317
RT5 - 3	0.00326	0.00350

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados de acuerdo a las recomendaciones de los Métodos normalizados para el Análisis de Aguas Potables y Residuales APHA, AWW.WEF.21th ed. 2005

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 12 de agosto del 2024

N° B.E. : 00231524

Página 6 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### RESULTADO DE ANALISIS - TALLOS

INFORME N° LC 010 – 24

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani
- 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Tallo
- 2.2. **Numero de muestras** : 02
- 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 18/06/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : San Román
- 2.7. **Distrito** : Juliaca
- 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 378496.634 N: 8287003.125	17/06/2024	12:00

#### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
T - I	<0.0001	<0.0001

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JERE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

N° B. E. : 00231524

Página 1|6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - TALLOS

INFORME N° LC 011 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani
- 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Tallo
- 2.2. **Numero de muestras** : 06
- 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 25/06/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : San Román
- 2.7. **Distrito** : Juliaca
- 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	24/06/2024	13:00

### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
T1 - 1	<0.0001	<0.0001
T1 - 2	<0.0001	<0.0001
T1 - 3	<0.0001	<0.0001

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"



Mgtr./Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP: 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N° B. E. : 00231524

Página 2 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - TALLOS

### INFORME N° LC 012 - 24

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Tallo  
 2.2. **Numero de muestras** : 12  
 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 2.4. **Fecha de ensayo** : 05/07/2024  
 2.5. **Departamento** : Puno  
 2.6. **Provincia** : San Román  
 2.7. **Distrito** : Juliaca  
 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	03/07/2024	11:00

#### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
T2 - 1	<0.0001	<0.0001
T2- 2	<0.0001	<0.0001
T2- 3	0.00110	0.00090
RT2 - 1	<0.0001	<0.0001
RT2- 2	<0.0001	<0.0001
RT2- 3	0.00121	0.00085

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
  
 Mgr. Ing/ Milton Quispe Huanca  
 CIP. 47790  
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL. FICP

Juliaca, 12 de agosto del 2024

N° B. E. : 00231524

Página 3 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - TALLOS

### INFORME N° LC 013 – 24

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Tallo  
 2.2. **Numero de muestras** : 12  
 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 2.4. **Fecha de ensayo** : 17/07/2024  
 2.5. **Departamento** : Puno  
 2.6. **Provincia** : San Román  
 2.7. **Distrito** : Juliaca  
 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	15/07/2024	12:00

#### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
T3 - 1	<0.0001	<0.0001
T3 - 2	0.00205	0.00128
T3 - 3	0.00286	0.00158
RT3 - 1	<0.0001	<0.0001
RT3 - 2	0.00143	0.00132
RT3 - 3	0.00254	0.00142

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mrtr. Ing. Milton Quispe Huanea  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

N° B. E. : 00231524

Página 4 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - TALLOS

INFORME N° LC 014 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani
- 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Tallo
- 2.2. **Numero de muestras** : 12
- 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 26/07/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : San Román
- 2.7. **Distrito** : Juliaca
- 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	24/07/2024	11:00

### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
T4 - 1	0.00063	0.00025
T4 - 2	0.00301	0.00248
T4 - 3	0.00456	0.00340
RT4 - 1	0.00055	0.00016
RT4 - 2	0.00315	0.00263
RT4 - 3	0.00486	0.00374

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

  
 UNIVERSIDAD ANDINA  
 "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 Mgr. Ing. Milton Quispe Huanca  
 CIP. 47790  
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 12 de agosto del 2024

N° B. E. : 00231524

Página 5 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - TALLOS

INFORME N° LC 015 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Tallo  
2.2. **Numero de muestras** : 12  
2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
2.4. **Fecha de ensayo** : 04/08/2024  
2.5. **Departamento** : Puno  
2.6. **Provincia** : San Román  
2.7. **Distrito** : Juliaca  
2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	02/08/2024	15:00

### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
T5 - 1	0.00085	0.00067
T5 - 2	0.00289	0.00216
T5 - 3	0.00387	0.00302
RT5 - 1	0.00074	0.00059
RT5 - 2	0.00293	0.00205
RT5 - 3	0.00401	0.00307

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
  
Mgr. Ing. Milthon Qurspe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL. FICP

Juliaca, 12 de agosto del 2024

N° B. E. : 00231524

Página 6 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - RAÍZ

INFORME N° LC 004 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Raíz  
 2.2. **Numero de muestras** : 02  
 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 2.4. **Fecha de ensayo** : 18/06/2024  
 2.5. **Departamento** : Puno  
 2.6. **Provincia** : San Román  
 2.7. **Distrito** : Juliaca  
 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 378496.634 N: 8287003.125	17/06/2024	12:00

### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
R - I	<0.0001	<0.0001

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
  
 Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
 CIP. 47790  
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

N° B. E. : 00231524

Página 1 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### RESULTADO DE ANALISIS - RAÍZ

INFORME N° LC 005 – 24

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Raíz  
 2.2. **Numero de muestras** : 06  
 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 2.4. **Fecha de ensayo** : 25/06/2024  
 2.5. **Departamento** : Puno  
 2.6. **Provincia** : San Román  
 2.7. **Distrito** : Juliaca  
 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	24/06/2024	13:00

#### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
R1 - 1	<0.0001	<0.0001
R1 - 2	<0.0001	<0.0001
R1 - 3	<0.0001	<0.0001

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

  
 UNIVERSIDAD ANDINA  
 "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
 Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca  
 CIP. 47790  
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL - FICP

Juliaca, 12 de agosto del 2024

N° B. E. : 00231524

Página 2 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 006 – 24

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Raíz  
 2.2. **Numero de muestras** : 12  
 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 2.4. **Fecha de ensayo** : 05/07/2024  
 2.5. **Departamento** : Puno  
 2.6. **Provincia** : San Román  
 2.7. **Distrito** : Juliaca  
 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	03/07/2024	11:00

#### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
R2 - 1	0.00300	0.00180
R2 - 2	0.00415	0.00280
R2 - 3	0.00610	0.00490
RR2 - 1	0.00280	0.00130
RR2 - 2	0.00380	0.00250
RR2 - 3	0.00579	0.00468

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"

Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca  
CIP: 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 12 de agosto del 2024

N° B. E. : 00231524

Página 3 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

### RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 007 - 24

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Raíz  
 2.2. **Numero de muestras** : 12  
 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
 2.4. **Fecha de ensayo** : 17/07/2024  
 2.5. **Departamento** : Puno  
 2.6. **Provincia** : San Román  
 2.7. **Distrito** : Juliaca  
 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	15/07/2024	12:00

#### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
R3 - 1	0.00805	0.00695
R3 - 2	0.00950	0.00840
R3 - 3	0.01590	0.01084
RR3 - 1	0.00750	0.00640
RR3 - 2	0.00920	0.00870
RR3 - 3	0.01540	0.01056

#### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"  
  
 Mgtr. Ing. Milton Quispe Huarica  
 CIP: 47730  
 JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 12 de agosto del 2024

N° B. E. : 00231524

Página 4 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 008 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Raíz  
2.2. **Numero de muestras** : 12  
2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani  
2.4. **Fecha de ensayo** : 26/07/2024  
2.5. **Departamento** : Puno  
2.6. **Provincia** : San Román  
2.7. **Distrito** : Juliaca  
2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	24/07/2024	11:00

### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
R4 - 1	0.01205	0.01045
R4 - 2	0.01740	0.01530
R4 - 3	0.01690	0.01580
RR4 - 1	0.01236	0.01080
RR4 - 2	0.01800	0.01590
RR4 - 3	0.01640	0.01595

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 12 de agosto del 2024

N° B. E. : 00231524

Página 5 | 6



UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL  
LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL

## RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 009 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Lizbeth Karina Condori Mamani
- 1.2. **Proyecto** : EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Raíz
- 2.2. **Numero de muestras** : 12
- 2.3. **Muestreado por** : Lizbeth Karina Condori Mamani
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 04/08/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : San Román
- 2.7. **Distrito** : Juliaca
- 2.8. **Ubicación, fecha y hora de muestreo**

Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
E: 380117.93 N: 8282287.07	02/08/2024	15:00

### III. RESULTADOS

Código	Plomo (mg/L)	Cadmio (mg/L)
R5 - 1	0.02178	0.02067
R5 - 2	0.01956	0.01856
R5 - 3	0.01845	0.01745
RR5 - 1	0.02190	0.02100
RR5 - 2	0.01900	0.01805
RR5 - 3	0.01870	0.01710

### IV. MÉTODO DE ENSAYO

Los parámetros fueron analizados por el método de digestión en absorción atómica

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

Mgtr. Ing. Milthon Quispe Huanca  
CIP. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP

Juliaca, 12 de agosto del 2024

N° B. E. : 00231524

Página 6 | 6

Recibi conforme



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital

Fecha de entrega: 28/03/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: LIZBETH KARINA CONDORI MAMANI

Dirección: ENACE LA CAPILLA MZ 6 LT - 18 / JULIACA

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74120353

Teléfono: 990522586 email: condorimamanilizbeth18@gmail.com

Nombres y Apellidos: \_\_\_\_\_

Dirección: \_\_\_\_\_

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: \_\_\_\_\_

Teléfono: \_\_\_\_\_ email: \_\_\_\_\_

Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE LA EFICIENCIA DE REMOCIÓN DE CADMIO Y PLOMO BAJO

CONDICIONES DE CULTIVO HIDROPÓNICO CON MEDICAGO SATIVA

Palabras claves, (3 a 5 términos): Cadmio, plomo, remoción, Medicago Sativa, Fitoremediación

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV <sup>1,2</sup>?

1, 2

<sup>1</sup> Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre otros relacionados.

<sup>2</sup> Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.



**2. Referencia de tesis:**

Bachiller  Titulo  2da Especialidad  Maestría  Doctorado

**3. Licencias:**

**a) Licencia estándar:**

**Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.**

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez” consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

**Autorizo su publicación (marque con una X)**

- Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.
- Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a): \_\_\_\_\_
- No autorizo.

**b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:**

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

**¿Quiere permitir usos comerciales de su producción intelectual?**

**Sí:** significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

**No:** significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

- Sí autorizo
- No autorizo



**Jurisdicción de su Licencia**

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción “internacional” o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción “internacional” emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción “internacional” goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

- Internacional
- Nacional

Línea de investigación: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

28 de marzo del 2025

Fecha

