



**UNIVERSIDAD ANDINA**

**NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ**

**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**



**EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL  
CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE  
EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE  
ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS**

**TESIS PRESENTADA POR:**

**Bach. RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA**

**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 CAPACIDAD ADSORBENTE DEL  
CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE  
EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE  
ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS**

TESIS PRESENTADA POR:

**Bach. RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

**PRESIDENTE**

:   
Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES

**PRIMER MIEMBRO**

:   
Dr. EFRAÍN PARILLO SOSA

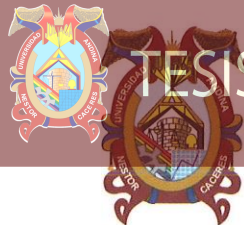
**SEGUNDO MIEMBRO**

:   
M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

**ASESOR DE TESIS**

:   
Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22**

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1885-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 27 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024- 16032 presentado por el (la) Bachiller: **RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA** 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. **RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS**, la misma que pertenece a la línea de investigación **SANEAMIENTO 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** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- \* **1er Miembro** : Dr. EFRAIN PARILLO SOSA
- \* **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, **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**ARTICULO TERCERO.** - **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**. de acuerdo al siguiente detalle:

- \* **FECHA** : Lunes 30 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 "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y Cs. PURASDr. MILTHON QUISPE HUANCA  
DECANO  
CIP. 47790Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.  
Archivo  
interesado (a)



**RESOLUCIÓN DECANAL N° 1790-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 16 de diciembre del 2024

**VISTO:** El expediente N° 2024-CU - 17984 por el señor (a): **RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 1499- 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 132- 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): **RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS**, 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° 132- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS**, Correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO 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 merito 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): **RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

**ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR** como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Dr. MILTHON QUISPE HUANCA**.

**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



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

Dr. Efraín Parillo Sosa  
DIRECTOR  
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.  
Archivo  
interesado (a)



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1363-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 28 de octubre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 14746, presentado el señor (a) RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO - N° 1206 -2024-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 149 -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): RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA ha presentado su propuesta de investigación Titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS, 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° 149 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS.

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 merito 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 señor (a): RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS correspondiente a la línea de investigación SANEAMIENTO 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. MILTHON QUISPE HUANCA.

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.



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA DECANO CIP. 47790

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

Dr. Efraín Pantoja Sosa DIRECTOR UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc. Archivo 2024 Intersado (a)



## EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS

### INFORME DE ORIGINALIDAD

14%

INDICE DE SIMILITUD

13%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

### FUENTES PRIMARIAS


|   |  |     |
|---|--|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez<br>Trabajo del estudiante | 4%  |
| 2 | hdl.handle.net<br>Fuente de Internet   | 3%  |
| 3 | tesis.ucsm.edu.pe<br>Fuente de Internet  | 2%  |
| 4 | www.lenntech.com<br>Fuente de Internet   | 1%  |
| 5 | repositorio.uancv.edu.pe<br>Fuente de Internet                                     | 1%  |
| 6 | apirepositorio.unh.edu.pe<br>Fuente de Internet                                    | 1%  |
| 7 | fddocuments.net<br>Fuente de Internet  | <1% |



### Metadatos complementarios

| <b>Título de la Tesis</b>  |   |
|--|---|
| <b>EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS</b> |   |
| <b>Datos de autor</b>  |   |
| Nombres y apellidos  | RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA  |
| Tipo de documento de identidad   | DNI   |
| Número de documento de identidad   | 74735411  |
| URL de ORCID   | <a href="https://orcid.org/0009-0002-7331-859X">https://orcid.org/0009-0002-7331-859X</a> |
| <b>Datos de asesor</b>   |   |
| Nombres y apellidos  | MILTHON QUISPE HUANCA   |
| Tipo de documento de identidad   | DNI   |
| Número de documento de identidad   | 02424528  |
| URL de ORCID   | <a href="https://orcid.org/0000-0002-4219-1007">https://orcid.org/0000-0002-4219-1007</a> |
| <b>Datos del jurado</b>  |   |
| <b>Presidente del jurado</b>   |   |
| Nombres y apellidos  | FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES   |
| Tipo de documento  | DNI   |
| Número de documento de identidad   | 02442876  |
| <b>Miembro del jurado 1</b>  |   |
| Nombres y apellidos  | EFRAIN PARILLO SOSA   |
| Tipo de documento  | DNI   |
| Número de documento de identidad   | 02416058  |
| <b>Miembro del jurado 2</b>  |   |
| Nombres y apellidos  | JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA  |
| Tipo de documento  | DNI   |
| Número de documento de identidad   | 01323821  |



| <b>Datos de investigación</b>  |   |
|--|---|
| Línea de investigación   | Saneamiento Ambiental – P22   |
| Grupo de investigación   | No aplica.  |
| Agencia de financiamiento  | Sin financiamiento.   |
| Ubicación geográfica de la investigación   | <p><b>País:</b> Perú<br/> <b>Departamento:</b> Puno<br/> <b>Provincia:</b> San Román<br/> <b>Distrito:</b> Juliaca<br/>           Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez<br/> <b>Coordenadas:</b><br/> <b>Latitud:</b> -15.5325309<br/> <b>Longitud:</b> -70.1181412<br/> <b>URL Maps:</b><br/> <a href="https://maps.app.goo.gl/QuhRXnkvKpE9uPdYA">https://maps.app.goo.gl/QuhRXnkvKpE9uPdYA</a></p>  |
| Año o rango de años en que se realizó la investigación   | Octubre 2024 – Diciembre 2024   |
| URL de disciplinas OCDE<br><a href="https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html">https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html</a><br>Librería | <p><b>Ingeniería ambiental</b><br/> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</a></p> <p><b>Ciencias del medio ambiente</b><br/> <a href="https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08">https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</a></p>  |



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO  
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS  
 DIRECTOR  
 JULIACA - PERÚ  
 Dr. Efraín Pajillo Josa  
 DIRECTOR  
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



### DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA, identificado con DNI Nro. 74735411, 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 CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS

Asesorado por: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

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 06 de ENERO del 2025

Firma del Asesor  
(obligatoria)

Firma del Estudiante  
(obligatoria)



Huella



## DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Roger Chura y Paula Parisuaña, quienes con su guía, sacrificio y amor incondicional me dieron la fortaleza y determinación de lograr mis metas, por el apoyo constante y por recordarme que ningún camino se recorre solo.



## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, además, mi más sincero agradecimiento a todos los que posibilitaron la realización de esta investigación, a la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez que formaron parte del camino, a mi familia por ser mi pilar de apoyo en los momentos más desafiantes, brindándome su comprensión y motivación constante.

A los docentes y asesores, cuya experiencia y dedicación guiaron cada etapa de esta investigación.



## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....i

AGRADECIMIENTO..... ii

ÍNDICE GENERAL ..... iii

ÍNDICE DE FIGURAS ..... vii

ÍNDICE DE TABLAS ..... viii

RESUMEN .....x

ABSTRACT ..... xi

INTRODUCCIÓN ..... xii

### CAPÍTULO I

#### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

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

1.2. Planteamiento del problema ..... 1

    1.2.1. Problema general ..... 1

    1.2.2. Problemas específicos..... 2

1.3. Justificación de la investigación ..... 2

    1.3.1. Justificación ..... 2

1.4. Objetivos ..... 3

    1.4.1. Objetivo general..... 3

    1.4.2. Objetivos específicos..... 3

1.5. Hipótesis ..... 3

    1.5.1. Hipótesis general ..... 3



|  |   |
|--|---|
| 1.5.2. Hipótesis específicas .....         | 3 |
| 1.6. Variables e indicadores.....          | 4 |
| 1.6.1. Variable dependiente.....           | 4 |
| 1.6.2. Variable independiente .....        | 4 |
| 1.7. Operacionalización de variables ..... | 4 |

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

|   |    |
|---|----|
| 2.1. Antecedentes de la investigación ..... | 5  |
| 2.1.1. Antecedente Internacional.....       | 5  |
| 2.1.2. Antecedente Nacional.....            | 6  |
| 2.1.3. Antecedente local .....              | 7  |
| 2.2. Bases teóricas .....                   | 8  |
| 2.2.1. Eucalipto (Eucaliptos globulus.....  | 8  |
| 2.2.2. Descripción de la flora .....        | 9  |
| 2.2.3. Adsorción.....                       | 9  |
| 2.2.4. Carbón activado.....                 | 10 |
| 2.2.5. Cadmio .....                         | 10 |
| 2.2.6. Arsénico.....                        | 15 |
| 2.3. Marco conceptual.....                  | 19 |
| 2.3.1. Adsorción:.....                      | 19 |
| 2.3.2. Espectrofotometría .....             | 19 |
| 2.3.3. Bioadsorción .....                   | 19 |



### CAPÍTULO III

#### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

|   |    |
|---|----|
| 3.1. Tipo de la investigación.....                        | 20 |
| 3.2. Método de investigación .....                        | 20 |
| 3.3. Enfoque de la investigación .....                    | 20 |
| 3.4. Diseño de investigación .....                        | 21 |
| 3.5. Técnicas e instrumentos de investigación .....       | 21 |
| 3.5.1. Materiales y equipos:.....                         | 21 |
| 3.6. Lugar de estudio .....                               | 23 |
| 3.6.1. Ubicación de puntos de muestreo .....              | 23 |
| 3.7. Población y muestra .....                            | 24 |
| 3.7.1. Población.....                                     | 24 |
| 3.7.2. Muestra.....                                       | 24 |
| 3.8. Procedimiento metodológico de la investigación ..... | 24 |

### CAPÍTULO IV

#### RESULTADOS

|  |    |
|--|----|
| 4.1. Resultados y análisis .....   | 36 |
| 4.1.1. Resultados del primer objetivo: Determinar cuánto será la<br>concentración inicial de arsénico y cadmio en aguas contaminadas .                                       | 36 |
| 4.1.2. Resultados del segundo objetivo: Determinar la dosis optima del<br>carbón activado de semillas de Eucalyptus globulus para la adsorción<br>de arsénico y cadmio ..... | 37 |



|   |    |
|---|----|
| 4.1.3. Resultados del tercer objetivo: Hallar el porcentaje de adsorción de arsénico y cadmio empleando carbón activado de semillas de Eucalyptus globulus antes de alcanzar su capacidad máxima de saturación..... | 47 |
| 4.2. Discusiones.....   | 52 |
| CONCLUSIONES.....   | 53 |
| RECOMENDACIONES .....   | 54 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....  | 55 |
| ANEXOS .....  | 57 |



## ÍNDICE DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> Mezcla de arsénico y cadmio en los baldes .....             | 25 |
| <b>Figura 2</b> Pesado de carbón activado .....                             | 26 |
| <b>Figura 3</b> Dosis de carbón activado pesados.....                       | 26 |
| <b>Figura 4</b> Rotulado de frascos.....                                    | 27 |
| <b>Figura 5</b> Echado de carbón en la muestra.....                         | 28 |
| <b>Figura 6</b> Mezclado de carbón en las muestras .....                    | 28 |
| <b>Figura 7</b> tapado de los vasos con papel aluminio.....                 | 29 |
| <b>Figura 8</b> uso de la pipeta para muestrear .....                       | 30 |
| <b>Figura 9</b> muestra de agua retirada de los vasos para análisis.....    | 30 |
| <b>Figura 10</b> muestras de agua en frascos para su análisis .....         | 31 |
| <b>Figura 11</b> Echado de muestra para su filtración .....                 | 32 |
| <b>Figura 12</b> Echado de muestra filtrada en el frasco. ....              | 32 |
| <b>Figura 13</b> Preparación de estándar. ....                              | 34 |
| <b>Figura 14</b> Equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica .....        | 34 |
| <b>Figura 15</b> Análisis de las muestras en el equipo .....                | 35 |
| <b>Figura 16.</b> Concentración de cadmio vs Imp – tratamiento 3gr.....     | 40 |
| <b>Figura 17.</b> concentración de cadmio vs Imp – tratamiento 5gr .....    | 41 |
| <b>Figura 18.</b> concentración de cadmio vs Imp – tratamiento 10gr .....   | 42 |
| <b>Figura 19.</b> concentración de cadmio vs Imp – tratamiento 15gr .....   | 43 |
| <b>Figura 20.</b> Concentración de arsénico vs Imp – tratamiento 3gr.....   | 44 |
| <b>Figura 21.</b> concentración de arsénico vs Imp – tratamiento 5gr .....  | 45 |
| <b>Figura 22.</b> concentración de arsénico vs Imp – tratamiento 10gr ..... | 46 |
| <b>Figura 23.</b> concentración de arsénico vs Imp – tratamiento 15gr ..... | 47 |



## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> Operacionalización de variables .....  | 4  |
| <b>Tabla 2</b> Materiales y equipos utilizados en nuestro estudio .....                       | 22 |
| <b>Tabla 3</b> Georreferenciación del laboratorio de calidad ambiental .....                  | 23 |
| <b>Tabla 4</b> concentración inicial de cadmio y arsénico .....                               | 36 |
| <b>Tabla 5</b> Dosis de carbón activado en el T1 – día 1 .....                                | 37 |
| <b>Tabla 6</b> Dosis de carbón activado en el T2 – día 2 .....                                | 38 |
| <b>Tabla 7</b> Dosis de carbón activado en el T3 – día 3 .....                                | 38 |
| <b>Tabla 8</b> Dosis de carbón activado en el T4 – día 4 .....                                | 39 |
| <b>Tabla 9</b> Comparación de concentración de cadmio vs. Lmp – tratamiento 3gr.....          | 39 |
| <b>Tabla 10</b> Comparación de concentración de cadmio vs. Los Lmp – tratamiento 5gr .....    | 40 |
| <b>Tabla 11</b> Comparación de concentración de cadmio vs. Los Lmp - tratamiento 10gr .....   | 41 |
| <b>Tabla 12</b> Comparación de concentración de cadmio vs. Lmp - tratamiento 15gr .           | 42 |
| <b>Tabla 13</b> Comparación de concentración de arsénico vs. Lmp - tratamiento 3gr .          | 43 |
| <b>Tabla 14</b> Comparación de concentración de arsénico vs. Los Lmp - tratamiento 5gr .....  | 44 |
| <b>Tabla 15</b> Comparación de concentración de arsénico vs. Los Lmp – tratamiento 10gr ..... | 45 |
| <b>Tabla 16</b> Comparación de concentración de arsénico vs. Los Lmp – tratamiento 15gr ..... | 46 |



|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 17</b> resultado inicial de cadmio.....           | 47 |
| <b>Tabla 18</b> % de adsorción de cadmio T1 – día 1.....   | 48 |
| <b>Tabla 19</b> % de adsorción de cadmio T2 – día 2.....   | 48 |
| <b>Tabla 20</b> % de adsorción de cadmio T3 – día 3.....   | 49 |
| <b>Tabla 21</b> % de adsorción de cadmio T4 – día 4.....   | 49 |
| <b>Tabla 22</b> resultado inicial de arsénico.....         | 50 |
| <b>Tabla 23</b> % de adsorción de arsénico T1 – día 1..... | 50 |
| <b>Tabla 24</b> % de adsorción de arsénico T2 – día 2..... | 50 |
| <b>Tabla 25</b> % de adsorción de arsénico T3 – día 3..... | 51 |
| <b>Tabla 26</b> % de adsorción de arsénico T4 – día 4..... | 51 |



## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la eficiencia del carbón activado a partir de semillas de *Eucalyptus globulus* en la remoción de arsénico y cadmio. Dicha investigación aborda una problemática crítica, donde la contaminación hídrica representa un Importancia del riesgo la para la salud de los individuos y el entorno ambiental. Los objetivos incluyen establecer la dosis óptima de carbón activado como adsorbente de metales pesados como el arsénico y cadmio y poder calcular el porcentaje de adsorción antes de que el material alcance su capacidad máxima de saturación. A partir de esto se planteó la hipótesis general de observar que la eficiencia del carbón activado procedente de las semillas de *Eucalyptus globulus* superará El 50%. Para realizar este estudio, se empleó un diseño experimental, con enfoque cuantitativo. Se uso carbón activado de semillas de *Eucalyptus Globulus*. Se probaron cuatro dosis de carbón activado (3 g, 5 g, 10 g y 15 g) en soluciones contaminadas de arsénico y cadmio, ajustadas a un pH neutro. El procedimiento incluyó muestreos de cuatro días para ver la adsorción según los tiempos de contacto con el carbón. Los análisis se ejecutaron en el laboratorio con el equipo de espectrofotómetro atómico, evaluándose la eficiencia de adsorción de cada dosis, los resultados lograron confirmar que la dosis óptima y las condiciones permitieron alcanzar porcentajes de remoción superiores al 50% para ambos metales, validando las hipótesis planteadas. La investigación evidencia el potencial del carbón activado de semillas de *Eucalyptus globulus* como una solución económica, sostenible y adaptada a los recursos locales para el tratamiento de aguas contaminadas. Además, contribuye al desarrollo de tecnologías innovadoras y accesibles en beneficio de los factores ambientales y la salud pública en la región y en otras áreas con problemáticas similares.

**Palabras clave:** arsénico, cadmio, carbón activado, *Eucalyptus globulus*, adsorción



## ABSTRACT

The present investigating aims to evaluate the effectiveness of triggered carbon from Eucalyptus globulus seeds in the withdrawal of arsenic and cadmium. This research addresses a critical problem, where water pollution represents a significant risk to human salubrity and the environment. The objectives include establishing the optimal intake of triggered carbon for the adsorption of large metallic such as arsenic and telluride and being able to calculate the percentage of adsorption before the material reaches its maximum saturation capacity. From this, the general hypothesis was raised to see that the efficiency of triggered carbon from Eucalyptus globulus seeds will be greater than 50%. To carry out this investigation, an experimental design was used, with a quantitative approach. Activated carbon from Eucalyptus Globulus seeds was used. Four doses of activated carbon (3 g, 5 g, 10 g and 15 g) were tested in contaminated solutions of arsenic and cadmium, adjusted to a neutral pH. The procedure includes four-day sampling to see the adsorption according to the contact times with the carbon. The analyzing were carried out in the laboratory with atomic spectrophotometer equipment, evaluating the adsorption efficiency of each dose. The results confirmed that the optimal dose and conditions allowed removal percentages higher than 50% for both metals, validating the hypotheses raised. The research shows the potential of activated carbon from Eucalyptus globulus seeds as an economic, sustainable solution adapted to local resources for the handling of contaminated water. In addition, it furnish to the developing of innovative and accessible technologies for the benefit of the atmosphere and public health in the region and in other areas with similar problems.

**Keywords:** arsenic, cadmium, activated carbon, Eucalyptus globulus, adsorption



## INTRODUCCIÓN

Cortez (2022) asegura que los metales pesados, incluyendo el arsénico y el cadmio, representan el mayor riesgo para la salud debido a su naturaleza altamente tóxica y deterioro del cuerpo. Debido a eso, se genera la necesidad de llevar a cabo los conocimientos teórico-prácticos para garantizar un mantenimiento ideal al agua para la expulsión de metales pesados y mejorar el estado del agua. Esencialmente, para la comunidad es de suma importancia la descontaminación de agua como el cadmio y el oro, ya que numerosas familias y pueblos de nuestro país se alimentan del agua de los ríos vecinos. De esta forma, el agua con elevadas cantidades de elementos pesados daña de manera directa la salud de estos individuos, así como también la de los animales domésticos y las cosechas.

Uno de los provechos propios de la Tierra, necesarios para el sustento de la humanidad es el agua el cual en el presente se encuentra siendo asediado y deteriorado a causa de los avances de la ciencia, económica y de la población, por otro lado, la preservación de este provecho por parte de los individuos, en general, es el principal motivo del deterioro de los recursos hídricos. Que preservan por su propio interés (generalmente económico), haciendo caso omiso a la preservación, conservación y bienestar de este fundamental recurso

De acuerdo con las directrices de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, se presentan los capítulos siguientes:

En el Capítulo I, se evidencian el planteamiento del problema, objetivo general, problema, hipótesis

En el Capítulo II, se maneja el tema de marco teórico (antecedentes y bases



teóricas)

En el Capítulo III, manifiestan los métodos incluyendo la población y el muestreo.

En la Capítulo IV, se muestran los resultados, discusiones.



## CAPÍTULO I

### EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Análisis de la situación problemática

En el departamento de Puno se ha intensificado firmemente la actividad minera, por lo cual, el realce de contaminantes a la atmósfera ha aumentado significativamente. En particular, las fuentes de agua están sujetas a una intensa y permanente contaminación que está asociada a la vertida de una variedad de sustancias, de las cuales, los metales pesados son la más importante. La transmisión errónea de estos componentes en las fuentes y cuerpos de agua lo ha convertido en una cuestión ambiental de gran magnitud debido a la magnitud de su toxicidad, su persistencia y el carácter acumulativo del agua de la minería no reglamentada. Para capturar metales provenientes de las aguas depuradas de la minería no formal, se generará carbón vegetal activado de eucalipto (*Eucalyptus Globulus*) a través del tratamiento con ácido fosfórico para activación ( $H_3PO_4$ ) al 85% en condiciones de laboratorio.

#### 1.2. Planteamiento del problema

##### 1.2.1. *Problema general*

¿En cuánto será la capacidad adsorbente del carbón activado a partir de las semillas de *eucalyptus globulus* para la remoción de arsénico y cadmio en aguas contaminadas?



## 1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿En cuánto será la concentración inicial de arsénico y cadmio en aguas contaminadas?
- b) ¿Cuál será la dosis óptima del carbón activado de semillas de *Eucalyptus globulus* para la adsorción de arsénico y cadmio?
- c) ¿En cuánto será el porcentaje de adsorción de arsénico y cadmio empleando carbón activado de semillas de *Eucalyptus globulus* antes de alcanzar su capacidad máxima de saturación?

## 1.3. Justificación de la investigación

### 1.3.1. Justificación

Nuestra investigación es proporcionar una solución accesible y económica para la depuración de aguas contaminadas en el departamento de Puno, particularmente en la ciudad de Juliaca, donde la presencia de arsénico y cadmio en los recursos hídricos implica un peligro significativo para la salud de los habitantes y la Salud Pública. La empleabilidad de carbón activado procedente de semillas de *Eucalyptus globulus* representa una opción innovadora para la gestión de estos contaminantes comerciales de tratamiento de agua, que suelen ser costosos y, a menudo, no están al alcance de comunidades rurales o de bajos recursos.

Este proyecto tiene implicaciones directas contribuyendo al bienestar de la población local, al ofrecer una tecnología de bajo costo basada en recursos disponibles en la región, y que puede ser implementada en sistemas de tratamiento de agua a pequeña escala. Además, este estudio podría abrir nuevas oportunidades para el aprovechamiento de subproductos agrícolas, promoviendo la sostenibilidad y la innovación de tecnologías que fomenten la economía circular.



## 1.4. Objetivos

### 1.4.1. *Objetivo general*

Evaluar la eficiencia del carbón activado a partir de semillas de *Eucalyptus globulus* en la remoción de arsénico y cadmio en aguas contaminadas de Juliaca.

### 1.4.2. *Objetivos específicos*

- a) Determinar cuánto será la concentración inicial de arsénico y cadmio en aguas contaminadas
- b) Determinar la dosis óptima del carbón activado de semillas de *Eucalyptus globulus* para la adsorción de arsénico y cadmio
- c) Hallar el porcentaje de adsorción de arsénico y cadmio empleando carbón activado de semillas de *Eucalyptus globulus* antes de alcanzar su capacidad máxima de saturación

## 1.5. Hipótesis

### 1.5.1. *Hipótesis general*

la eficiencia del carbón activado a partir de semillas de *Eucalyptus globulus* en la remoción de arsénico y cadmio en aguas contaminadas será mayor al 50%

### 1.5.2. *Hipótesis específicas*

- a) La concentración inicial de arsénico y cadmio en aguas contaminadas superan los Lmp.
- b) La dosis óptima del carbón activado de semillas de *Eucalyptus globulus* adsorberá por lo menos el 50% de arsénico y cadmio.
- c) El porcentaje de adsorción de arsénico y cadmio empleando carbón activado de semillas de *Eucalyptus globulus* será mayor al 50% antes de alcanzar su capacidad máxima de saturación.



**1.6. Variables e indicadores**

**1.6.1. Variable dependiente**

Eficiencia de adsorción de arsénico y cadmio

**1.6.2. Variable independiente**

Dosis de uso de carbón activado de *Eucalyptus globulus*

**1.7. Operacionalización de variables**

**Tabla 1**

*Operacionalización de variables*

| VARIABLES   | DIMENSIONES   | INDICADORES  | MEDICIÓN |
|---|---|--|----------|
| <b>VARIABLE INDEPENDIENTE:</b>                      |   |  |          |
| ✓ Cantidad aplicada                                 | ✓ Dosis de uso de carbón activado de <i>Eucalyptus Globulus</i> | ✓ Masa de carbón activado (g/L)                                    | ✓ (g/l)  |
|   | ✓ Duración del proceso  | ✓ Tiempo de contacto   |          |
|   |   |  | ✓ días   |
|   |   | Tiempo de contacto   |          |
| <b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>                         |   |  |          |
| <b>EFICIENCIA DE ADSORCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO</b> | ✓ <b>CAPACIDAD DE ADSORCIÓN</b>                                 | ✓ <b>% DE ARSÉNICO ADSORBIDO</b><br>✓ <b>% DE CADMIO ADSORBIDO</b> | ✓ (mg/l) |



## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

##### 2.1.1. *Antecedente Internacional*

Moya (2021) en su investigación planteó la posibilidad de generar carbón activado a partir de cáscara de naranja (*Citrus Sinensis* Linn Osbeck) con el fin de eliminar cadmio en un ambiente controlado. El residuo de la industria de jugos de las microempresas de Riobamba se convirtió en materia prima para producir el material adsorbente. Se sintetizó el carbón activado a través de la activación química del material con ácido fosfórico ( $H_3PO_4$ ), controlando variables como la manifestación del ácido, la duración y la temperatura de formación de carbono. Se utilizaron procedimientos normados por ASTM y ANSI / AWWA para determinar las propiedades físicas y químicas, incluyendo índice de yodo, área superficial, porosidad y propiedades adsorbentes. Se ejecutaron ensayos de adsorción para determinar la capacidad del material para eliminar cadmio, utilizando un diseño factorial 2k con tres factores a dos niveles, permitió determinar las circunstancias óptimas para la preparación de carbón activado derivado de la cáscara de naranja.



Se encontró que la carbonización a 450 grados Celsius durante 1 hora, utilizando  $H_3PO_4$  a una manifestación del 30%, se fabricó un carbón activado con una superficie de 774,28 mg/g. Este material demostró una capacidad de adsorción de cadmio del 63% en una solución a 5 ppm, alcanzando la saturación en un tiempo de 7 horas.

### **2.1.2. Antecedente Nacional**

Machacuay (2020) realizó un estudio sobre la efectividad del carbón activado obtenido de las semillas de eucalipto (*Eucalyptus globulus*) en la eliminación de Pb(II) en la laguna Huascacocha. Las compañías mineras ubicadas en la zona, como Chinalco, Argentum y Austria Duvaz, descargan sus aguas depuradas tratamiento previo en la laguna. Los análisis realizados en un laboratorio acreditado en muestras tomadas de la laguna revelaron que la manifestación de plomo (II) supera los LMP. Para esta investigación, se empleó semillas de eucalipto como insumo para producir carbón activado. Se realizaron ensayos en un sistema de prueba de jarras, variando las dosis (1, 1.5 y 3 g), la temperatura (10, 15, 30 °C) y los tiempos de contacto (60, 90, 120 min) con 500 ml de solución. Los resultados obtenidos demostraron una alta capacidad de remoción de plomo (II) por el carbón activado, alcanzando porcentajes de remoción del 95.79%, 96.84% y 90.53%, respectivamente. Se realizaron estudios de isotermas de adsorción, y los hallazgos indicaron que la isoterma de Langmuir se adaptó de manera favorable al procesamiento de captación de plomo (II). En conclusión, las semillas de eucalipto demostraron ser un recurso valioso para la transformación de metales pesados, lo que las convierte en una alternativa ecológica para la gestión de efluentes mineros.

Condori (2024) en su tesis el propósito fundamental de la investigación fue



valorar la efectividad de la adsorción del ion zinc en las aguas depuradas de la ciudad de Puno, empleando carbón activado de eucalipto. Para este estudio, se emplearon isotermas de adsorción y se utilizó un agitador magnético como dispositivo de mezcla. Se recolectaron muestras de aguas depuradas en tres puntos diferentes, obteniendo un total de seis muestras. Las muestras se recolectaron en contenedores de 250 cm<sup>3</sup> de polietileno. y se mantuvieron refrigeradas para su posterior transporte al laboratorio. Se realizaron análisis químicos y físicos de las aguas residuales, las cuales presentaban una concentración de zinc superior al LMP de 0,12 mg/L. Tras el tratamiento con carbón activado de eucalipto y agitación magnética, la concentración de zinc se redujo a 0,04032 mg/L, mostrando una reducción del 66,40%

### **2.1.3. Antecedente local**

Lama (2022) en su investigación el objetivo fue analizar la eficiencia del proceso de adsorción con carbón activado para extraer cobre de las aguas del río Putina, situado en la provincia de San Antonio de Putina, departamento de Puno. Para la ejecución del proceso, se utilizó un agitador magnético como equipo. Se establecieron puntos de muestreo para las aguas del río Putina, Un total de ocho muestras fueron recogidas. de agua del río Putina, utilizando recipientes de polietileno de 250 cm<sup>3</sup> y se conservaron refrigeradas durante su traslado al laboratorio. El análisis de las aguas del río, en cuanto a sus propiedades físicas y químicas, determinó. una concentración de cobre superior al límite máximo permisible, con 0,218 mg/L. Tras el proceso de adsorción con carbón activado y agitación magnética, se logró recuperar 0,05042 mg/L de cobre, lo que representa una eficiencia de recuperación del 76,76%.



## 2.2. Bases teóricas

### 2.2.1. *Eucalipto (Eucaliptos globulus)*

*Eucalyptus globulus*, originario de Australia y Tasmania, se clasifica en cuatro clasificaciones de variedades: *globulus*, *maidenii*, *bicostata* y *Pseudoglobulus*. En el Perú, el *Eucalyptus globulus* ha demostrado una notable capacidad de adaptación a diferentes regiones, gracias a la idoneidad de sus suelos y condiciones climáticas. Su resistencia a temperaturas extremas, desde heladas hasta  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  hasta fuertes calores, sequías e inundaciones, lo ha convertido en una especie de gran utilidad. El eucalipto se utiliza ampliamente en plantaciones forestales y como especie ornamental, caracterizándose por su rápido crecimiento. (Samaniego, 2013)

El eucalipto desempeña un papel fundamental en los ámbitos ambiental, económico y social:

- Su capacidad para regular el régimen hídrico y forestal crea un hábitat favorable para la fauna y flora. Además, actúa como barrera acústica y cortina vegetal, protegiendo a los animales del calor excesivo.
- El eucalipto se caracteriza por su capacidad de absorber y almacenar  $\text{CO}_2$  y GEI, liberando oxígeno a la atmósfera como subproducto.
- Proporciona un refugio a la fauna, sirviendo como lugar de descanso para los animales. Además, las áreas plantadas con eucaliptos se consideran un recurso renovable gracias a su rápido crecimiento y alta producción de madera
- Su desarrollo se considera ecoeficiente debido a su compatibilidad con otras actividades, como la ganadería y la apicultura.
- Su capacidad de prosperar en terrenos de baja calidad lo convierte en una



herramienta para la rehabilitación de suelos degradados.

- Sus beneficios para la salud son notables, ya que es un árbol medicinal utilizado en la elaboración de productos farmacéuticos, especialmente para tratar problemas ambientales. (Samaniego, 2013)

### **2.2.2. Descripción de la flora**

Este árbol perennifolio, de gran tamaño y corteza gris ceniza, presenta un tronco cilíndrico y recto cuya altura puede llegar a los 50 metros. Sus hojas, de textura coriácea y color verde azulado, se transforman con la edad, pasando de una forma redonda a una ovalada y alcanzando hasta 30 cm de largo. La peculiaridad de sus hojas, con un fuerte olor a cineol y la presencia de heterofilia, lo distingue de otras especies (D'Alessandro, 2016)

### **2.2.3. Adsorción**

Es un proceso en el que Los elementos gaseosos o líquidos se unen a un sustrato sólido, convirtiéndose en una técnica eficaz para eliminar metales pesados presentes en bajas manifestaciones. Además, las materias primas necesarias para este proceso son abundantes en el medio ambiente. La porosidad, la composición estructural y la clase de reacción del adsorbente influyen directamente en su capacidad de retención de otros compuestos, haciéndolo un factor determinante en el éxito del proceso de adsorción. (Cabrera Choccata, 2018)

La adsorción física es un proceso impulsado por interacciones de Van der Waals, que se ven afectadas por la superficie y la polaridad del material, tanto del adsorbente como del adsorbato. Este procedimiento puede ser pausado o acelerado, y su rapidez se basa en la temperatura y la carbonización del componente, así como de las propiedades del adsorbente y el adsorbato. (Cabrera Choccata, 2018)



La adsorción química se basa en el intercambio de electrones entre los contaminadores y el sólido, formando un vínculo químico. Este proceso, influenciado por condiciones térmicas, la naturaleza química del material y la expresión del compuesto, se utilizan materiales porosos naturales como sílica, alúmina, carbón y arena para eliminar los metales pesados del agua depuradas industriales. (Cabrera Choccata, 2018)

#### **2.2.4. Carbón activado**

Caracterizado por su estructura porosa y su gran área superficial, es un material altamente eficaz para la remoción, adsorción y purificación de contaminantes en los cuerpos de agua. (Aguirre, 2017)

#### **2.2.5. Cadmio**

Se encuentra principalmente en la corteza terrestre.

En la naturaleza, el cadmio (Cd), un componente químico con número atómico 48, es comúnmente conocido como cadmio (Cd), es poco frecuente y se encuentra asociado al zinc. Este metal, de tonalidad blanco plateada con un leve tono azul, es flexible y es un componente bastante escaso. (Lenntech, 2021)

En comparación con el zinc, este metal es más suave y flexible, aunque con una dureza ligeramente superior al estaño. Su peso atómico es 112.40, su cohesión se encuentra en 8.65 a 20°C, y presenta un punto de fusión de 320.9°C y un punto de ebullición de 765°C., valores más bajos que los del zinc. En la naturaleza, el cadmio presenta ocho isótopos estables y se han caracterizado once variantes radiactivas inestables creados artificialmente. (Lenntech, 2021)



El cadmio, que forma parte del bloque IIb de la tabla periódica junto con el zinc y el mercurio, exhibe características químicas que se encuentran entre las del zinc en estado metálico en medio ácidos de sulfato. El cadmio forma compuestos estables únicamente con una valencia de +2, y su ion es transparente.

En su estado natural, el cadmio no está suelto. La greenockita, su único mineral (sulfuro de cadmio), no se explota comercialmente. La mayoría del cadmio generado se deriva a partir del tratamiento de minerales de zinc, que contienen normalmente entre un 0.2% y un 0.4% de cadmio. Aunque no todos producen cadmio, Las principales fuentes de este metal son Estados Unidos, Canadá, México, Australia, Bélgica, Luxemburgo y la República de Corea. (Lenntech, 2021)

Antiguamente, el cadmio se usaba ampliamente como revestimiento electrodepositado en hierro o acero recubiertos para evitar el deterioro, utilizando electrodo para prevenir la corrosión. Las baterías de níquel-cadmio representan otra aplicación importante, mientras que la tercera se encuentra en la química y en la fabricación de pigmentos. Su aplicación abarca aleaciones de fusibilidad a baja fusión (como el metal de Wood), sistemas automáticos de rociadores contra incendios, además de, en menor grado, aleaciones de latón, soldaduras y rodamientos. Los componentes de cadmio a modo de estabilizantes para plásticos y se emplean en la elaboración de fosfuro de cadmio. Su capacidad de absorción de neutrones, especialmente del isótopo 113, lo hace un material utilizado en sistemas de control y recubrimientos de reactores nucleares (Lenntech, 2021)

### ❖ Efectos del Cadmio sobre la salud

El cadmio se encuentra principalmente en la corteza terrestre, siempre



asociado al zinc. Su obtención como subproducto inevitable en la extracción de zinc, plomo y cobre es común en la industria. Una vez aplicado, el cadmio se libera al ambiente, principalmente a través del suelo, ya que se encuentra en fertilizantes y pesticidas.

La ingesta de cadmio por los humanos se produce mayormente por medio de la alimentación, donde alimentos como patés, champiñones, mariscos como mejillones, cacao y algas secas son fuentes importantes, pueden incrementar significativamente la carga de cadmio corporal.

La exposición a niveles altos de cadmio se da principalmente en fumadores. El humo del tabaco es una vía de entrada del cadmio a los pulmones, de donde se absorbe a la sangre y se distribuye por el cuerpo, aumentando el efecto del cadmio que ya está presente por la ingesta de alimentos ricos en este elemento. Otras exposiciones significativas se dan en individuos expuestos a la contaminación por cadmio proveniente de vertederos de residuos peligrosos o fábricas, y en trabajadores de refinерías de metales. El inhalar cadmio es altamente peligrosa para los pulmones, pudiendo causar daños graves e incluso la muerte. La sangre lleva el cadmio al hígado, donde se une a proteínas, generando enredados que apuntan a los riñones. El cadmio se deposita en los riñones, deteriorando su habilidad para filtrar, causando la disminución de proteínas vitales y azúcares., provocando un daño progresivo a los riñones. El proceso de eliminación del cadmio acumulado en los riñones es lento y tarda mucho tiempo.

La exposición al cadmio puede tener otros efectos sobre la salud, incluyendo:

- Diarrea, malestar abdominal y vómitos graves • Vómitos intensos y dolorosos



- Fracturas óseas
- Dificultades en la reproducción, incluyendo infertilidad
- Lesión del sistema nervioso central
- Debilitamiento del sistema inmunitario
- Problemas psicológicos, lesión potencial al ADN y riesgo de cáncer.

#### ❖ Efectos ambientales del Cadmio

La liberación natural de cadmio al ambiente es significativa, con alrededor de 25.000 toneladas liberadas anualmente. La descomposición de rocas aporta la mitad del cadmio a los ríos, mientras que los incendios forestales y las erupciones volcánicas liberan parte de este elemento al aire. Las actividades humanas, principalmente la manufactura, son responsables del resto de la liberación de cadmio.

La mayor parte del cadmio en aguas residuales industriales, provenientes de sectores como la fabricación de zinc, la extracción de minerales de fosfato y la industria de estiércol, termina en el suelo. La combustión de residuos urbanos y combustibles fósiles también liberan cadmio al aire. Gracias a las regulaciones ambientales, la cantidad de cadmio que llega al agua por la descarga de aguas depuradas domésticas e industriales ha disminuido significativamente.

Los fertilizantes fosfatados artificiales son otra fuente significativa de liberación de cadmio. Una parte del cadmio termina en el suelo tras la aplicación del fertilizante en las fincas, mientras que el restante se desprende a las aguas superficiales por el vertido de desechos de fertilizantes provenientes de las empresas productoras.



El cadmio, al ser absorbido por el lodo, puede ser transportado a grandes distancias, contaminando los flujos de agua superficial y los terrenos.

El cadmio se une con fuerza al residuo orgánico del suelo. Sin embargo, la presencia de cadmio en el suelo es altamente peligrosa, ya que aumenta la absorción de este metal por las plantas, lo que puede llevar a su ingestión por los animales. Los suelos ácidos acrecientan la acumulación de cadmio en las plantas, agravando la amenaza para los animales que las consumen. Los animales que consumen una variedad de plantas pueden llegar a tener niveles elevados de cadmio en sus cuerpos. Las vacas son susceptibles a acumular altos niveles de cadmio en sus riñones, lo que es un problema de salud. Las lombrices y otros animales del suelo cruciales para su salud son altamente vulnerables a la intoxicación por cadmio, incluso manifestaciones mínimas de cadmio pueden resultar letales para estos animales, modificando la conformación del terreno. En el suelo, altos niveles de cadmio pueden alterar los procesos microbianos, lo que amenaza el ecosistema del mismo.

En entornos acuáticos, el cadmio tiene la capacidad de acumularse biológicamente en especies como mejillones, ostras, gambas, langostas y peces, lo que representa una amenaza para la cadena alimentaria acuática. La tolerancia al cadmio varía entre los organismos acuáticos, siendo los de aguas saladas pueden soportar niveles más altos de cadmio que las de agua dulce, en comparación con los de agua dulce. Los animales que se exponen al cadmio a través de su dieta o el agua pueden sufrir efectos negativos en su salud, incluyendo presión arterial alta, daño hepático y problemas neurológicos.



### 2.2.6. Arsénico

El arsénico (As), que tiene un número atómico 33 en la química, es un elemento químico, es un componente relativamente común de la corteza terrestre, con una concentración de alrededor del 0.05%. Es uno de los 22 elementos que solo tienen un isótopo estable, el  $^{75}\text{As}$ , está compuesto por un peso atómico de 74.922. Se han descubierto otros 17 isótopos de arsénico radiactivos. (Lenntech, 2021)

La forma amarilla del arsénico, un alótropo de este elemento, se caracteriza por su estructura cúbica y se obtiene al condensar su vapor a temperaturas extremadamente bajas. La forma negra, con estructura similar al fósforo negro, es otra variedad. Ambas formas se transforman en la forma sólida, la gris o metálica, de forma romboédrica, al ser calentadas o expuestas a la luz. Esta forma de metal es un preceptor eléctrico y térmico moderado, es delicado, se puede romper con facilidad y posee poca conductibilidad. (Lenntech, 2021)

El arsénico se presenta en la naturaleza asociado con minerales de cobalto, pero se encuentra principalmente en la superficie de los minerales, mezclado con azufre y una variedad de metales, como manganeso, hierro, cobalto, níquel, plata o estaño. La arsenopirita ( $\text{FeAsS}$ ), también conocida como pilo, es el mineral de arsénico más abundante. Otros minerales que contienen arsénico son la  $\text{FeAs}_2$ , la  $\text{NiAs}$ , el  $\text{CoAsS}$ , la  $\text{NiAsS}$  y la  $\text{CoAs}_2$ . Los arseniatos y tioarseniatos es habitual en la naturaleza, y gran parte de los minerales de sulfuro poseen arsénico en su interior. Los minerales más relevantes que poseen arsénico y azufre son la realgarita ( $\text{As}_4\text{S}_4$ ) y el oropimente ( $\text{As}_4\text{S}_6$ ). El arsénico óxido, arsenolita ( $\text{As}_4\text{O}_6$ ) se forma por la alteración y se recupera de otros minerales que contienen arsénico a través de los agentes atmosféricos y de los polvos recolectados de las chimeneas durante la

extracción de níquel, cobre y estaño. Al calcinar también se consiguen arseniuros de hierro, cobalto o níquel mediante el uso de aire u oxígeno. El elemento arsénico se logra obtener por combustión de  $\text{FeAsS}$  o  $\text{FeAs}_2$  sin presencia de oxígeno, o por la reacción de  $\text{As}_4\text{O}_6$  con carbonato, lo que provoca la sublimación del arsénico.

El arsénico elemental tiene un número limitado de aplicaciones. Se destaca entre los pocos minerales disponibles por su alta pureza superior al 99.9999%. En su estado sólido, ha sido largamente empleado en la producción de materiales láser de GaAs y como catalizador en la elaboración de diversos aparatos. El óxido de arsénico se esgrime en el proceso de producción de vidrio, en contraste los sulfuros de arsénico se utilizan como colorantes y en la elaboración de pirotécnicos. El arseniato de hidrógeno y otros compuestos arsenicales encuentran aplicación en el ámbito médico, aprovechando su toxicidad para diversas aplicaciones terapéuticas

#### ❖ Efectos del Arsénico sobre la salud

El arsénico es uno de los componentes más dañinos que existen. Por sus incidencias perjudiciales, los compuestos de arsénico inorgánico son conocidos por sus efectos perjudiciales, se encuentran naturalmente en pequeñas proporciones en la tierra. Los seres humanos tienen la capacidad de absorber arsénico mediante el uso de canales de absorción de diferentes vías: alimentos, agua o aire contaminados. (Lenntech, 2021)

El contacto directo con suelos o aguas contaminados por arsénico puede también causar exposición a través de la piel.

Los niveles de arsénico en los alimentos suelen ser reducidos, debido a que no se incorpora por su carácter tóxico. No obstante, las concentraciones de arsénico en peces y mariscos consiguen ser elevadas, dado que los peces toman arsénico



del agua en la que habitan. Por fortuna, se refiere mayormente a la forma orgánica de arsénico, que es menos perjudicial. Es crucial considerar que el consumo de pescado en cantidades considerables es relevante, el arsénico inorgánico puede ser dañino para la salud de los individuos.

Los grupos con mayor riesgo de exposición al arsénico incluyen a quienes trabajan con él, a quienes consumen grandes cantidades de vino, tanto a aquellos que habitan casas con conservantes de madera a base de arsénico como a quienes residen en granjas donde se utilizaron pesticidas con arsénico en el pasado.

El arsénico inorgánico, al ser expuesto, logra provocar varios impactos perjudiciales para la salud, tales como irritación e irritabilidad gastrointestinal, mengua la producción de células sanguíneas, Además de los cambios en la piel e irritación pulmonar, la ingesta significativa de arsénico inorgánico podría incrementar la posibilidad de desarrollar cáncer, especialmente en el sistema tegumentario, respiratorio, digestivo y linfático.

La exposición continua a niveles tóxicos de arsénico inorgánico logra resultar en infertilidad y abortos en mujeres, problemas cutáneos, reducción de la defensa contra patógenos, problemas cardíacos y lesión cerebral en varones y mujeres. Además, el arsénico inorgánico consigue dañar el ADN. Por otro lado, el arsénico orgánico no provoca cáncer ni daña el ADN. No obstante, la exposición a dosis elevadas puede generar determinados impactos en la salud humana, tales como perjuicios en los nervios y dolores abdominales.

### ❖ Efectos ambientales del Arsénico

La tierra contiene pequeñas cantidades de arsénico, un elemento que se encuentra naturalmente, presente en el suelo y los minerales. Su propagación al aire,



agua y terreno puede suceder mediante las borrascas de polvo y las corrientes de aguas escorrentía.

El arsénico es un elemento que no se disuelve fácilmente en agua ni se volatiliza. De hecho, el arsénico tiene una movilidad natural, lo que representa que es poco probable que se acumulen grandes manifestaciones en un lugar específico. Esto es positivo, pero también significa que la contaminación por arsénico puede ser un problema generalizado debido a su fácil dispersión. El arsénico, cuando está inmóvil, no se desplaza fácilmente. Sin embargo, las acciones humanas, principalmente las operaciones mineras y de fundición, han movilizado el arsénico inerte, lo que ha llevado a su presencia en lugares donde antes no estaba presente de forma natural.

La interferencia humana ha ampliado el ciclo del arsénico, lo que ha llevado a un aumento significativo de su presencia en el entorno y en la biota. Las fuentes primordiales de liberación de arsénico son las industrias productoras de cobre, así como las de plomo y zinc, y la agricultura.

Una vez que el arsénico entra al medio ambiente, no puede ser destruido. Las cantidades añadidas pueden difundirse y causar Impactos adversos en la salud de seres humanos y animales en diferentes áreas del planeta.

Las plantas asimilan con facilidad el arsénico, lo que resulta en elevadas concentraciones en los alimentos. Las concentraciones de arsénico inorgánico, un tipo peligroso que se encuentra en la superficie acuática, incrementan la posibilidad de perjudicar el genoma de los peces. Este problema se intensifica debido a la acumulación de arsénico en los seres acuáticos que consumen vegetales. Las aves que consumen peces con altos niveles de arsénico pueden morir por envenenamiento, debido a la descomposición del arsénico en sus cuerpos.



## **2.3. Marco conceptual**

### **2.3.1. Adsorción:**

“Es un gas se fija a la superficie de un sólido poroso, generalmente debido a fuerzas intermoleculares. El gas que se adhiere es el adsorbato, y el material sólido es el hidrófilo”. (Fernández Pino, 2011).

### **2.3.2. Espectrofotometría**

“Se basa en la interacción entre energía y materia, donde se mide una propiedad física derivada de esta interacción, como la cantidad de la energía que se absorbe o se libera. La técnica se caracteriza por esta medición” (Gujjarro, 2010).

### **2.3.3. Bioadsorción**

“Es un proceso que aprovecha la capacidad de biomoléculas, tanto de organismos vivos como muertos, para atrapar y retener iones metálicos. Esta capacidad se basa en la afinidad que presentan estas moléculas por estos contaminantes, empleando diversos mecanismos para su retención” (Candelaria, 2014).



## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Tipo de la investigación

Esta investigación es de tipo aplicado, pues su objetivo es generar conocimiento práctico mediante la evaluación del carbón activado producido provenientes de semillas de *Eucalyptus globulus* para la adsorción de arsénico y cadmio. Esta investigación aportara a un mejor bienestar para los habitantes.

#### 3.2. Método de investigación

El método aplicado a esta investigación será experimental, ya que se manipularán variables independientes (dosis del carbón activado y tiempo de contacto) en un ambiente controlado para medir su efecto en la variable dependiente (eficiencia de remoción de arsénico y cadmio).

#### 3.3. Enfoque de la investigación

Esta investigación es de un enfoque cuantitativo, ya que los datos que se recolectaron (como son las dosis de carbón, el porcentaje de remoción, el tiempo de contacto) serán numéricas lo que ayuda, lo que ayuda a centrarse en el problema de



investigación, por lo cual los resultados serán analizados mediante herramientas estadísticas para así poder establecer relaciones entre las variables.

### **3.4. Diseño de investigación**

Esta investigación se basa en un diseño de tipo experimental, debido al uso de muestras de agua simuladas en condiciones controladas, lo cual se puso a prueba la capacidad del carbón activado que se produjeron a partir de las semillas de eucaliptus globulus. Así mismo se manipularán las variables como son la dosis del carbón activado y el tiempo de contacto que se tendrá.

Durante la experimentación de la investigación nos ayudara a generar datos confiables para poder validar las hipótesis planteadas y poder lograr los objetivos de la investigación.

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

La investigación se basó en la observación directa, ya que la investigación es de tipo experimental, lo cual permite explorar, contemplar la recolección de datos y poder manipular las variables que se están estudiando.

#### **3.5.1. Materiales y equipos:**

Durante la investigación se utilizaron los siguientes materiales, equipos y reactivos:



**Tabla 2**

*Materiales y equipos utilizados en nuestro estudio*

| <b>ETAPA DE ESTUDIO</b>               | <b>MATERIALES Y EQUIPOS</b> |
|---------------------------------------|-----------------------------|
| GABINETE                              | USB                         |
|                                       | LAPTOP                      |
|                                       | IMPRESORA                   |
|                                       | PROGRAMA SPSS               |
| LABORATORIO                           | PAPEL FILTRO                |
|                                       | PAPEL ALUMINIO              |
|                                       | PICETA                      |
|                                       | VASOS PRECIPITADOS          |
|                                       | PIPETAS                     |
|                                       | PROPIPETAS                  |
|                                       | PROBETA                     |
|                                       | VAGUETA                     |
|                                       | ESPATULA                    |
|                                       | BUCHNER                     |
|                                       | CINTA MASKING               |
|                                       | ROTULADOR                   |
|                                       | TIJERA                      |
|                                       | BALDES DE 10L               |
|                                       | CÁMARA FOTOGRÁFICA          |
|                                       | EQUIPO                      |
|                                       | MULTIPARAMETRICO            |
|                                       | GPS                         |
|                                       | BALANZA ELECTRONICA         |
|                                       | BOMBA DE VACIO              |
| ESPECTOFOTOMETRO DE ABSORCIÓN ATÓMICA |                             |
| REACTIVOS E INSUMOS                   | ARSÉNICO                    |
|                                       | CADMIO                      |
|                                       | AGUA DESTILADA              |
|                                       | CARBÓN ACTIVADO             |

### 3.6. Lugar de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en un laboratorio de calidad ambiental, ubicado en la ciudad universitaria.

#### 3.6.1. Ubicación de puntos de muestreo

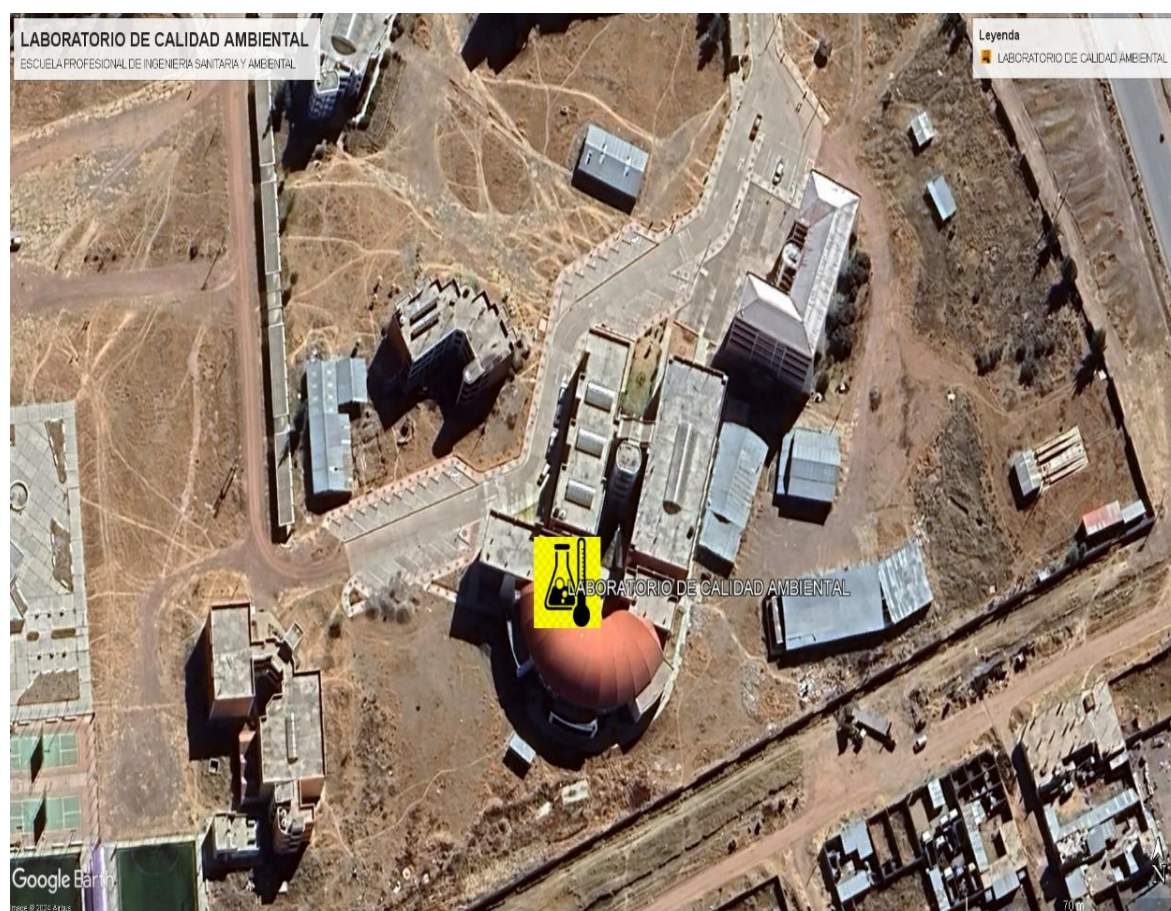
Al realizarse a escala laboratorio, la investigación se realizó en el laboratorio de calidad ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

**Tabla 3**

*Georreferenciación del laboratorio de calidad ambiental*

| LUGAR                            | COORDENADAS  |               |
|----------------------------------|--------------|---------------|
| LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL | E: 380139.18 | N: 8282285.30 |

*Nota: en la tabla se muestra la localización del laboratorio de la ciudad universitaria*





## **3.7. Población y muestra**

### **3.7.1. Población**

La población para esta investigación fue constituida por aguas contaminadas de arsénico y cadmio.

### **3.7.2. Muestra**

La muestra de agua contaminada de la investigación fue dada a escala laboratorio simulados, (se realizaron con concentraciones específicas de arsénico y cadmio), estas muestras fueron preparados en laboratorio, el cual se dieron 5 litros de agua contaminada por arsénico y 5 litros de agua contaminada por cadmio.

## **3.8. Procedimiento metodológico de la investigación**

- Determinar cuánto será la concentración inicial de arsénico y cadmio en aguas contaminadas

### **a) Ubicación del lugar de estudio**

Se realizó el procedimiento de la investigación en el laboratorio de calidad ambiental en la ciudad universitaria, para ello se hizo el uso de un GPS para poder tomar las coordenadas

### **a) Toma de muestra**

Las muestras se recolectaron en el laboratorio de calidad ambiental de la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental, de la ciudad universitaria, para ello se uso dos baldes de 10 L, en dichos baldes se mezclaron 4.9 l de agua y 100 ml de arsénico y se mezcló con una varilla, de igual manera para la el cadmio, se mezcló 4.9L de agua y 100 ml de cadmio y se mezcló para

obtener las muestras contaminadas.

### Figura 1

Mezcla de arsénico y cadmio en los baldes



### PESAJE DE CARBÓN ACTIVADO

Se procedió a pesar el carbón activado en la balanza digital, para ello usaremos una espátula, las cantidades que se pesaron fueron de 3gr, 5gr, 10gr y 15 gr, estas cantidades de carbón activado se pesaron 2 veces.

#### DOSIS DE CARBÓN ACTIVADO

| TRATAMIENTO | PARA ARSENICO (As) | PARA CADMIO (Cd) |
|-------------|--------------------|------------------|
| T1          | 3 gr               | 3 gr             |
| T2          | 5 gr               | 5 gr             |
| T3          | 10 gr              | 10 gr            |
| T4          | 15 gr              | 15 gr            |

**Figura 2**

Pesado de carbón activado



**Figura 3**

Dosis de carbón activado pesados



## PREPARADO DE MUESTRAS

Una vez pesado el carbón activado, procedemos a usar los vasos precipitados de 1 L, se usaron 8 vasos precipitados de 1L, en los vasos agregaremos 1 L de la muestra preparada anteriormente, los vasos se rotularon indicando el agua

que se esta introduciendo, para ellos son 4 vasos para aguas con arsénico y cuatro vasos para cadmio, en el rotulo también indica la cantidad de gr que se usara del carbón activado para cada muestra.

#### Figura 4

Rotulado de frascos



#### MEZCLA DE CARBÓN EN LAS MUESTRAS

Luego de haber rotulado, se procedió a echar las dosis de carbón activado en cada uno de los vasos, cada vaso tiene una dosis distinta de carbón activado, estas una vez echadas se empezó a mezclar hasta que quede homogenizado con las muestras.

**Figura 5**

Echado de carbón en la muestra



**Figura 6**

Mezclado de carbón en las muestras



Una vez realizado la mezcla del carbón con las muestras de agua, se taparon los frascos con papel aluminio, esto se realizó a los 8 frascos.

**Figura 7**  
tapado de los vasos con papel aluminio



### PROCEDIMIENTO PARA TOMAR MUESTRAS

**Paso 1:** La toma de muestra se realizó de cada uno de los frascos para lo cual tenemos que rotular cada botella de muestra con las dosis y la fecha en que se esta tomando la muestra

**Paso 2:** Una vez rotulado los frascos, procedemos a retirar el papel aluminio, con una pipeta y la propipeta comenzamos a retirar 40 ml de muestra de cada uno de los vasos precipitados, luego procedemos a cerrar cada el frasco donde se tomo la muestra.

**Figura 8**  
uso de la pipeta para muestrear



**Figura 9**  
muestra de agua retirada de los vasos para análisis



Una vez muestreado de cada uno de los vasos, se procedió a agitar con una vagueta cada uno de los frascos y luego se volvió a tapar con papel aluminio cada vaso, las muestras tomadas en frascos será analizadas para poder obtener los hallazgos de la habilidad para adsorciones del carbón activado, se obtuvieron 8 muestras, dichas muestras son sacados de cada vaso que contiene el carbón activado mas los metales.

**Figura 10**  
muestras de agua en frascos para su análisis



## FILTRADO DE MUESTRA DE AGUA

**Paso 1:** Las muestras recolectadas de los vasos precipitados, se filtraron en el equipo de bomba de vacío, para esto se uso papel filtro, el papel filtro fue cortado de forma circular, estas fueron hechas para poder filtrar las muestras tomadas.

**Paso 2:** Una vez tenido el papel filtro listo, prendemos el equipo y colocamos el papel filtro en el buchner, luego procedemos a abrir la muestra tomada y la echamos de manera cuidadosa, este procedimiento se realizó con todas las muestras.

## Figura 11

Echado de muestra para su filtración



**Paso 3:** Una vez realizado el filtrado, previamente lavamos el frasco con agua destilada antes de verter la muestra filtrada, ponemos la misma muestra en el frasco y lo cerramos.

## Figura 12

Echado de muestra filtrada en el frasco.



Este procedimiento se realizó en todas las muestras tomadas, durante las cuatro fechas de muestreo.



## PREPARACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN DE METALES

**Paso 1:** Para analizar la manifestación de metales pesados, se procedió con la preparación de la curva de calibración.

**Paso 2:** Se realizó la preparación de los 5 estándares de los metales para realizar la curva de calibración

## PREPARACIÓN DEL ESTÁNDAR DE PATRON DE METAL PESADO

Para preparar un estándar de metales pesados a 100 mg/L, se deben medir 10 mL de un estándar certificado de 1000 mg/L y diluir hasta 100 ml en una fiola.

Patrón estándar de arsénico: 10 mg/l: Se dispensó 10 mL de estándar certificado de 100 mg/L y afora una fiola de 100 mL.

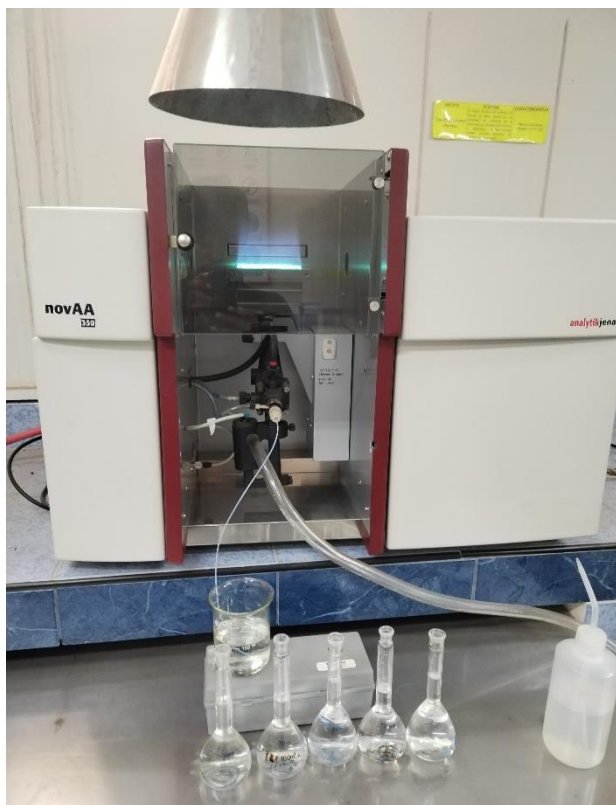
Se realizaron diluciones en probetas de 1 mL en 100 mL, y posteriormente se tomaron alícuotas de 1, 2, 3, 4 y 5 mL de la solución diluida, las cuales se transfirieron a fiolas de 25 mL y se aforaron.

**Figura 13**  
Preparación de estándar.



**Paso 3:** Con la curva de calibración ya creada, se procedió a programar el equipo de espectrometría de absorción atómica para cada metal.

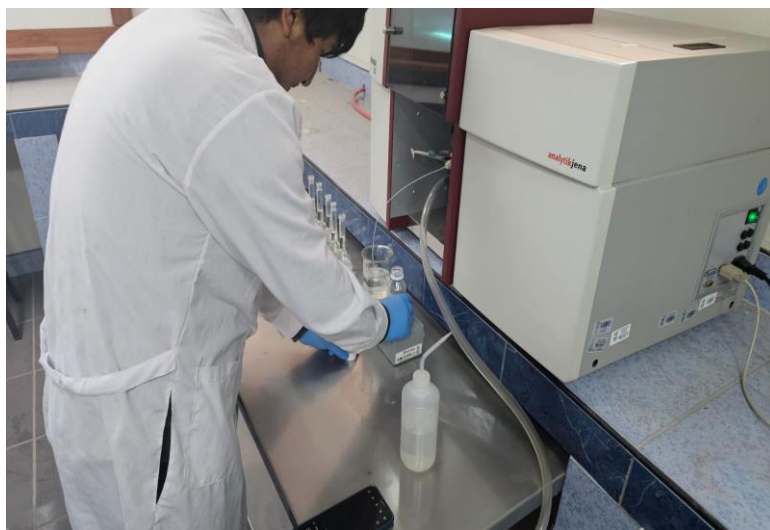
**Figura 14**  
Equipo Espectrofotómetro de Absorción Atómica



**Paso 4:** encendido el equipo se inició con analizar las muestras recolectadas durante la investigación para poder ver la manifestación de arsénico y cadmio presente en lo muestreado.

### Figura 15

Análisis de las muestras en el equipo



Todas las muestras fueron analizadas en el equipo, estas fueron realizadas durante los días de muestreo, se obtuvieron 32 muestras, por día se recolecto 4 muestras de arsénico y 4 muestras de cadmio, estas muestras estaban compuestas por aguas con dosis de 3 gr, 5 gr, 10 gr y 15 gramos.

### DETERMINAR EL PORCENTAJE DE ADSORCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO

Para poder determinar el porcentaje de adsorción se utilizó la siguiente ecuación.

$$\%ADSORCION = 1 - \frac{C_F}{C_i} \times 100\%$$

Donde:

$C_i$  = concentración inicial

$C_F$  = concentración final



## CAPÍTULO IV RESULTADOS

### 4.1. Resultados y análisis

#### 4.1.1. Resultados del primer objetivo: Determinar cuánto será la concentración inicial de arsénico y cadmio en aguas contaminadas

Tabla 4

*concentración inicial de cadmio y arsénico*

|       | CADMIO (mg/l) | ARSÉNICO (mg/l) |
|-------|---------------|-----------------|
| M - I | 0.02801       | 0.03203         |

La tabla evidencia que el parámetro cadmio tiene una manifestación inicial de 0.02801 mg/l, mientras que el parámetro arsénico tiene una manifestación inicial de 0.03203 mg/l.

**4.1.2. Resultados del segundo objetivo: Determinar la dosis óptima del carbón activado de semillas de *Eucalyptus globulus* para la adsorción de arsénico y cadmio**

**Tabla 5**

*Dosis de carbón activado en el T1 – día 1*

|           | CADMIO mg/l | ARSÉNICO<br>mg/l |
|-----------|-------------|------------------|
| T1 - 3gr  | 0.02311     | 0.0284           |
| T1 - 5gr  | 0.02295     | 0.02202          |
| T1 - 10gr | 0.01902     | 0.0194           |
| T1 - 15gr | 0.0175      | 0.01823          |

En la tabla se observa que en el primer tratamiento (T1) - día 1, la concentración del parámetro cadmio con 3gr de carbón activado es de 0.02311 mg/l y arsénico es de 0.0284 mg/l, con 5gr de carbón activado es de 0.02295 mg/l de cadmio y arsénico es de 0.02202 mg/l, con 10 gr de carbón activado es de 0.01902mg/l de cadmio y arsénico es de 0.0194 mg/l y por ultimo con 15 gr de carbona activado la manifestación de cadmio es de 0.0175 mg/l y arsénico es de 0.01823 mg/l.

**Tabla 6***Dosis de carbón activado en el T2 – día 2*

|           | CADMIO mg/l | ARSÉNICO mg/l |
|-----------|-------------|---------------|
| T2 - 3gr  | 0.01825     | 0.01602       |
| T2 - 5gr  | 0.01403     | 0.0153        |
| T2 - 10gr | 0.0097      | 0.00956       |
| T2 - 15gr | 0.00282     | 0.00303       |

En la tabla se observa que en el segundo tratamiento (T2) - día 2, la concentración del parámetro cadmio con 3gr de carbón activado es de 0.01825 mg/l y arsénico es de 0.01602 mg/l, con 5gr de carbón activado es de 0.01403 mg/l de cadmio y arsénico es de 0.0153 mg/l, con 10 gr de carbón activado es de 0.0097mg/l de cadmio y arsénico es de 0.00956 mg/l y por ultimo con 15 gr de carbón activado la concentración de cadmio es de 0.00282 mg/l y arsénico es de 0.00303 mg/l.

**Tabla 7***Dosis de carbón activado en el T3 – día 3*

|           | CADMIO mg/l | ARSÉNICO mg/l |
|-----------|-------------|---------------|
| T3 - 3gr  | 0.01307     | 0.01123       |
| T3 - 5gr  | 0.01179     | 0.0108        |
| T3 - 10gr | 0.00256     | 0.00415       |
| T3 - 15gr | 0.00109     | 0.00134       |

La tabla evidencia el tercer tratamiento (T3) - día 3, la concentración del parámetro cadmio con 3gr de carbón activado es de 0.01307 mg/l y arsénico es de 0.01123 mg/l, con 5gr de carbón activado es de 0.01179 mg/l de cadmio y arsénico es de 0.0108 mg/l, con 10 gr de carbón activado es de 0.00256mg/l de cadmio y

arsénico es de 0.00415 mg/l y por ultimo con 15 gr de carbona activado la concentración de cadmio es de 0.00109 mg/l y arsénico es de 0.00134 mg/l.

**Tabla 8**

*Dosis de carbón activado en el T4 – día 4*

|           | CADMIO mg/l | ARSÉNICO mg/l |
|-----------|-------------|---------------|
| T4 - 3gr  | 0.00103     | 0.0011        |
| T4 - 5gr  | 0.001       | 0.001         |
| T4 - 10gr | 0.001       | 0.001         |
| T4 - 15gr | 0.001       | 0.001         |

Se evidencia en la tabla que en el tercer tratamiento (T4) - día 4, la concentración del parámetro cadmio con 3gr de carbón activado es de 0.00103 mg/l y arsénico es de 0.0011 mg/l, con 5gr de carbón activado es de <0.001mg/l de cadmio y arsénico es de <0.001mg/l, con 10 gr de carbón activado es de <0.001mg/l de cadmio y arsénico es de <0.001mg/l y por último con 15 gr de carbona activado la concentración de cadmio es de <0.001mg/l y arsénico es de <0.001mg/l.

#### ❖ COMPARACION DE CONCENTRACION DE CADMIO VS. LOS LMP (D.S 004-2017-MINAM)

**Tabla 9**

Comparación de concentración de cadmio vs. Lmp – tratamiento 3gr

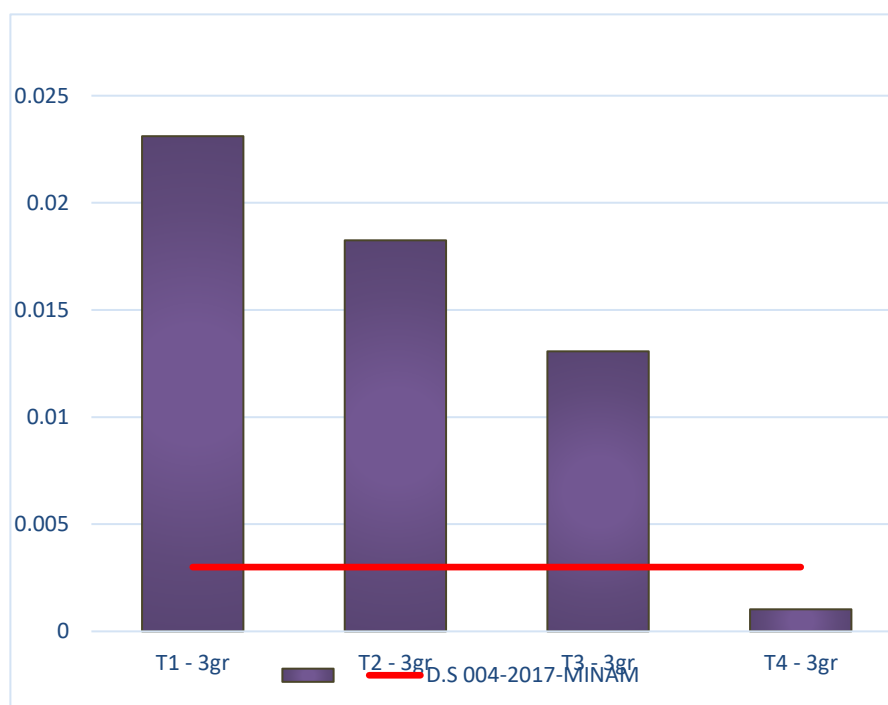
|          | CADMIO<br>(mg/l) | LMP   |
|----------|------------------|-------|
| T1 - 3gr | 0.02311          | 0.003 |
| T2 - 3gr | 0.01825          | 0.003 |

|                 |         |       |
|-----------------|---------|-------|
| <b>T3 - 3gr</b> | 0.01307 | 0.003 |
| <b>T4 - 3gr</b> | 0.00103 | 0.003 |

La tabla evidencia los tratamientos T1, T2, T3 el cadmio NO CUMPLE con los LMP (D.S 004-2017-MINAM) como se manifiesta en la figura:

**Figura 16.**

Concentración de cadmio vs lmp – tratamiento 3gr



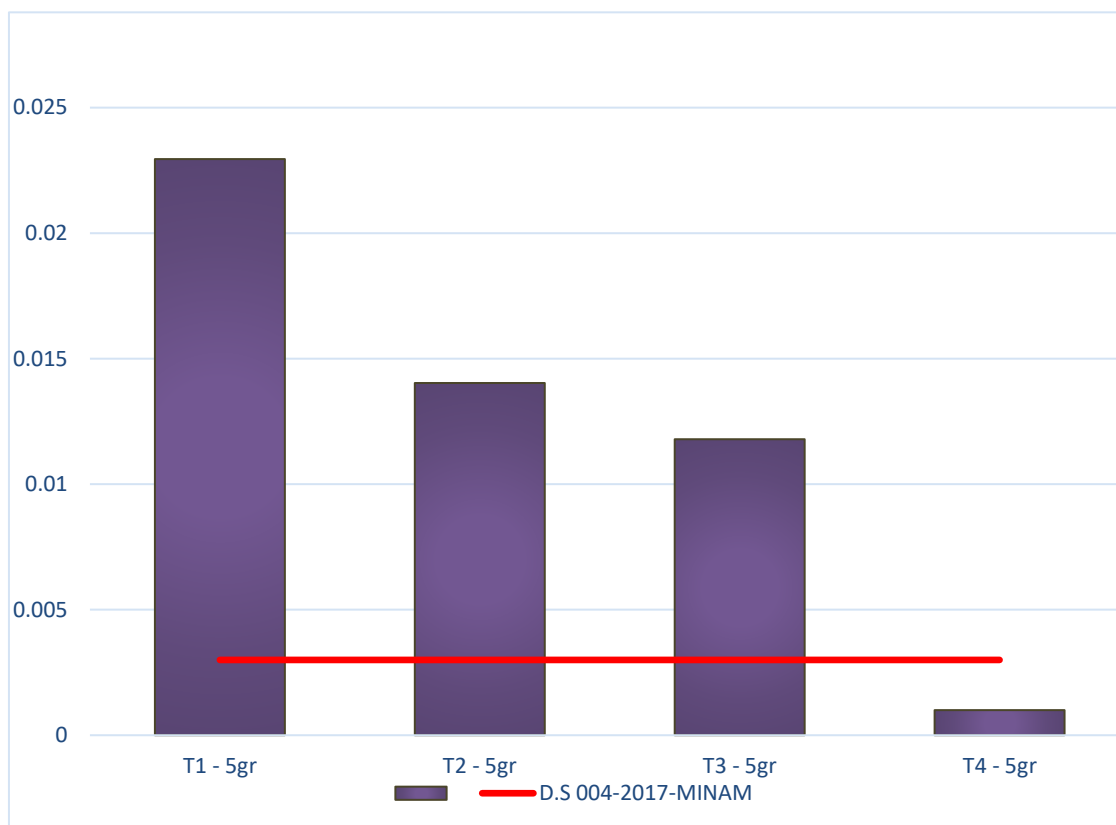
**Tabla 10**

Comparación de concentración de cadmio vs. Los Lmp – tratamiento 5gr

|                 | <b>CADMIO</b> | <b>LMP</b> |
|-----------------|---------------|------------|
|                 | <b>(mg/l)</b> |            |
| <b>T1 - 5gr</b> | 0.02295       | 0.003      |
| <b>T2 - 5gr</b> | 0.01403       | 0.003      |
| <b>T3 - 5gr</b> | 0.01179       | 0.003      |
| <b>T4 - 5gr</b> | 0.001         | 0.003      |

La tabla evidencia los tratamientos T1, T2,T3 el cadmio NO CUMPLE con los LMP (D.S 004-2017-MINAM) como se manifiesta en la figura:

**Figura 17.**  
*concentración de cadmio vs lmp – tratamiento 5gr*



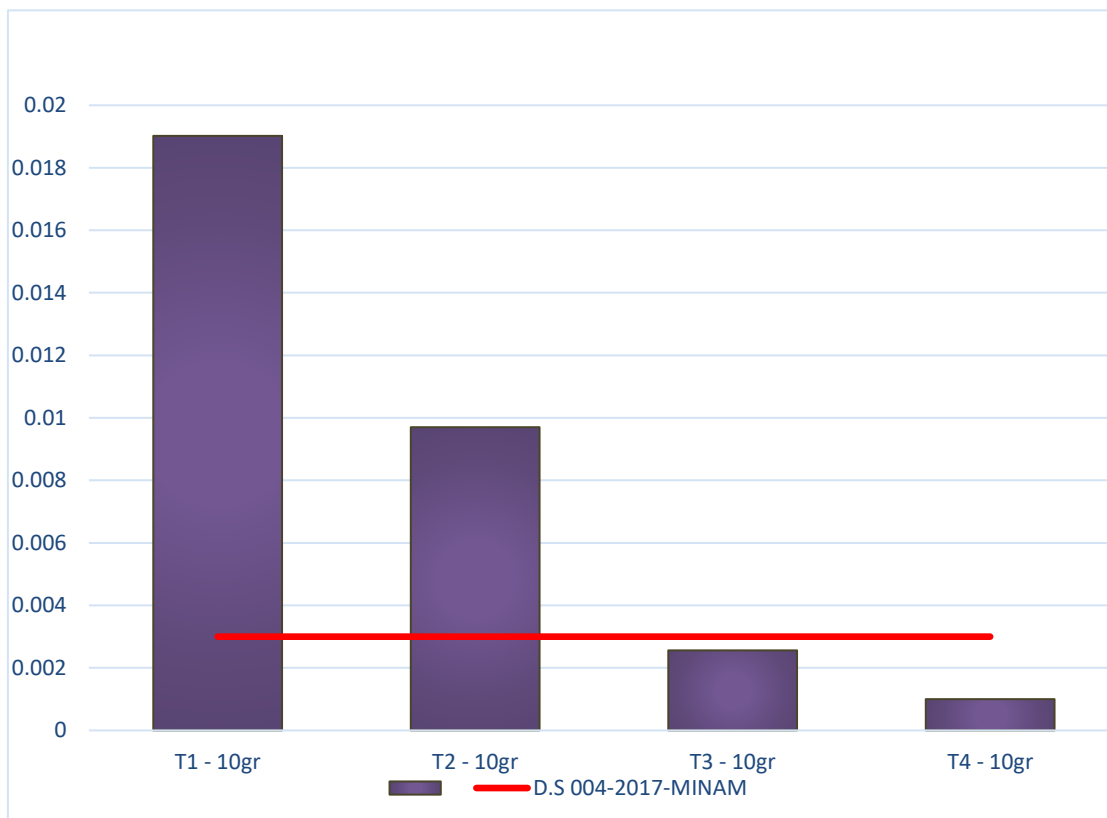
**Tabla 11**

Comparación de concentración de cadmio vs. Los Lmp - tratamiento 10gr

|                  | CADMIO (mg/l) | LMP   |
|------------------|---------------|-------|
| <b>T1 - 10gr</b> | 0.01902       | 0.003 |
| <b>T2 - 10gr</b> | 0.0097        | 0.003 |
| <b>T3 - 10gr</b> | 0.00256       | 0.003 |
| <b>T4 - 10gr</b> | 0.001         | 0.003 |

La tabla evidencia los tratamientos T1, T2 el cadmio NO CUMPLE con los LMP (D.S 004-2017-MINAM) como se manifiesta en la figura

**Figura 18.**  
*concentración de cadmio vs lmp – tratamiento 10gr*



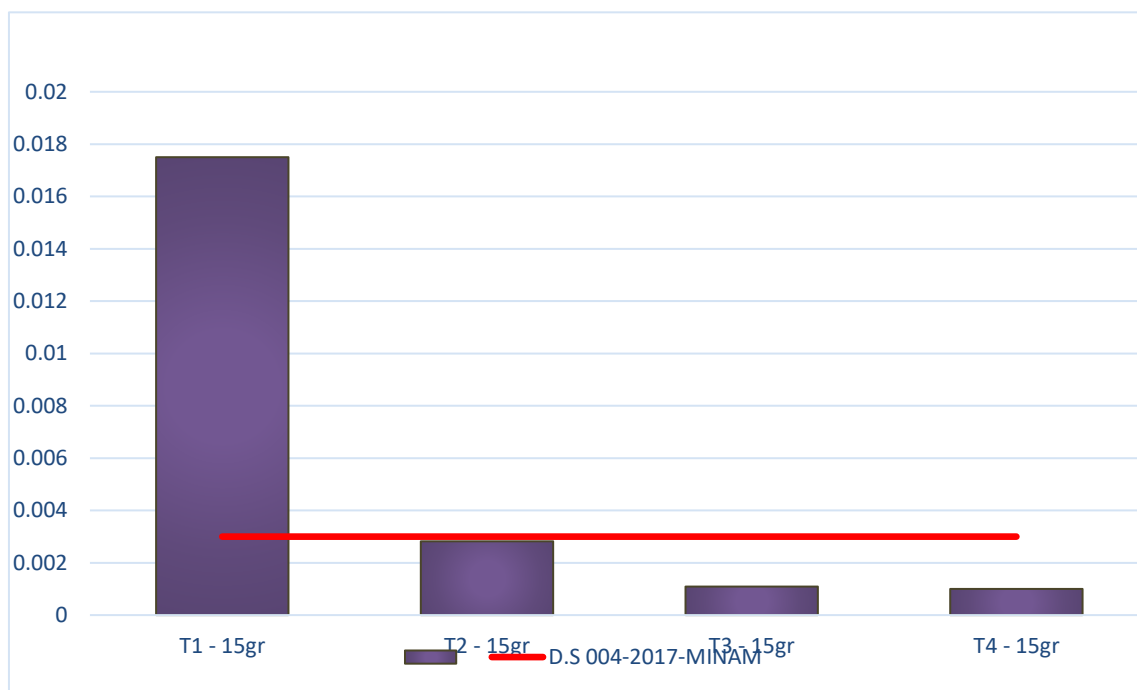
**Tabla 12**

Comparación de concentración de cadmio vs. Lmp - *tratamiento 15gr*

|           | CADMIO (mg/l) | LMP   |
|-----------|---------------|-------|
| T1 - 15gr | 0.0175        | 0.003 |
| T2 - 15gr | 0.00282       | 0.003 |
| T3 - 15gr | 0.00109       | 0.003 |
| T4 - 15gr | 0.001         | 0.003 |

La tabla evidencia que en el tratamiento T1 el cadmio NO CUMPLE con los LMP (D.S 004-2017-MINAM) como se manifiesta en la figura

**Figura 19.**  
*concentración de cadmio vs lmp – tratamiento 15gr*



❖ **COMPARACION DE CONCENTRACION DE ARSÉNICO VS. LOS LMP (D.S 004-2017-MINAM)**

**Tabla 13**

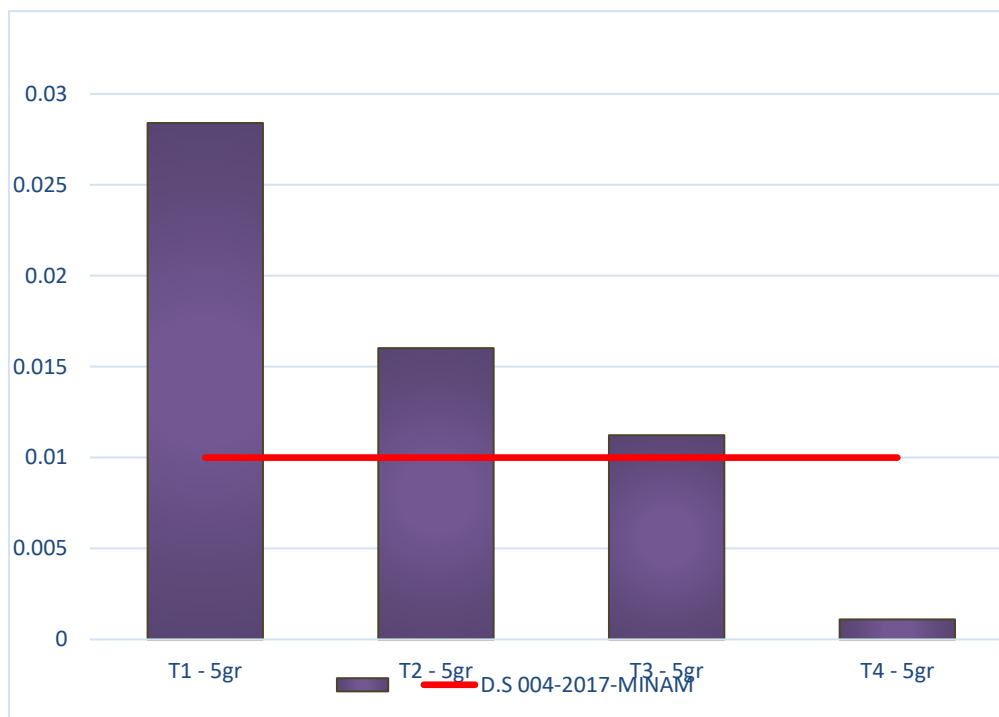
*Comparación de concentración de arsénico vs. Lmp - tratamiento 3gr*

|                 | ARSENICO<br>(mg/l) | LMP   |
|-----------------|--------------------|-------|
| <b>T1 - 3gr</b> | 0.0284             | 0.010 |
| <b>T2 - 3gr</b> | 0.01602            | 0.010 |
| <b>T3 - 3gr</b> | 0.01123            | 0.010 |
| <b>T4 - 3gr</b> | 0.0011             | 0.010 |

La tabla evidencia los tratamientos T1, T2 y T3 el arsénico NO CUMPLE con los LMP (D.S 004-2017-MINAM) como se manifiesta en la figura

**Figura 20.**

*Concentración de arsénico vs Imp – tratamiento 3gr*



**Tabla 14**

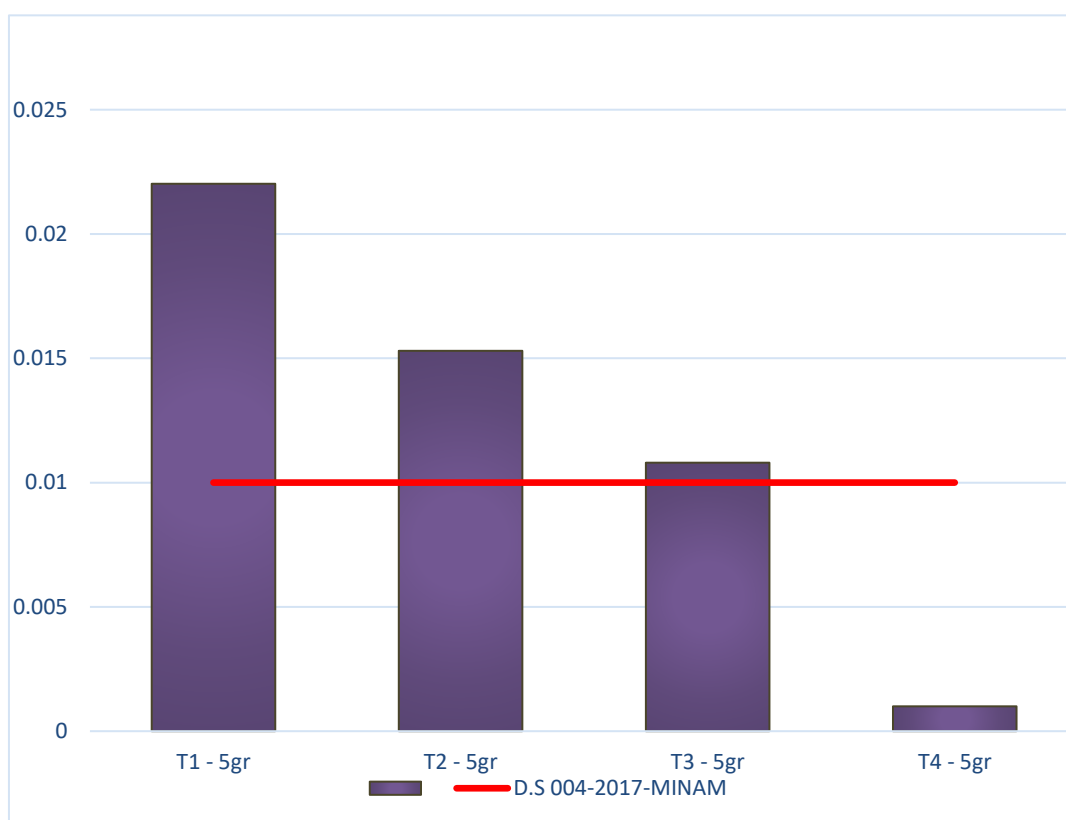
*Comparación de concentración de arsénico vs. Los Lmp - tratamiento 5gr*

|          | ARSÉNICO (mg/l) | LMP  |
|----------|-----------------|------|
| T1 - 5gr | 0.02202         | 0.01 |
| T2 - 5gr | 0.0153          | 0.01 |
| T3 - 5gr | 0.0108          | 0.01 |
| T4 - 5gr | 0.001           | 0.01 |

La tabla evidencia los tratamientos T1, T2 y T3 el arsénico NO CUMPLE con los LMP (D.S 004-2017-MINAM) como se manifiesta en la figura:

**Figura 21.**

*Concentración de arsénico vs Imp – tratamiento 5gr*



**Tabla 15**

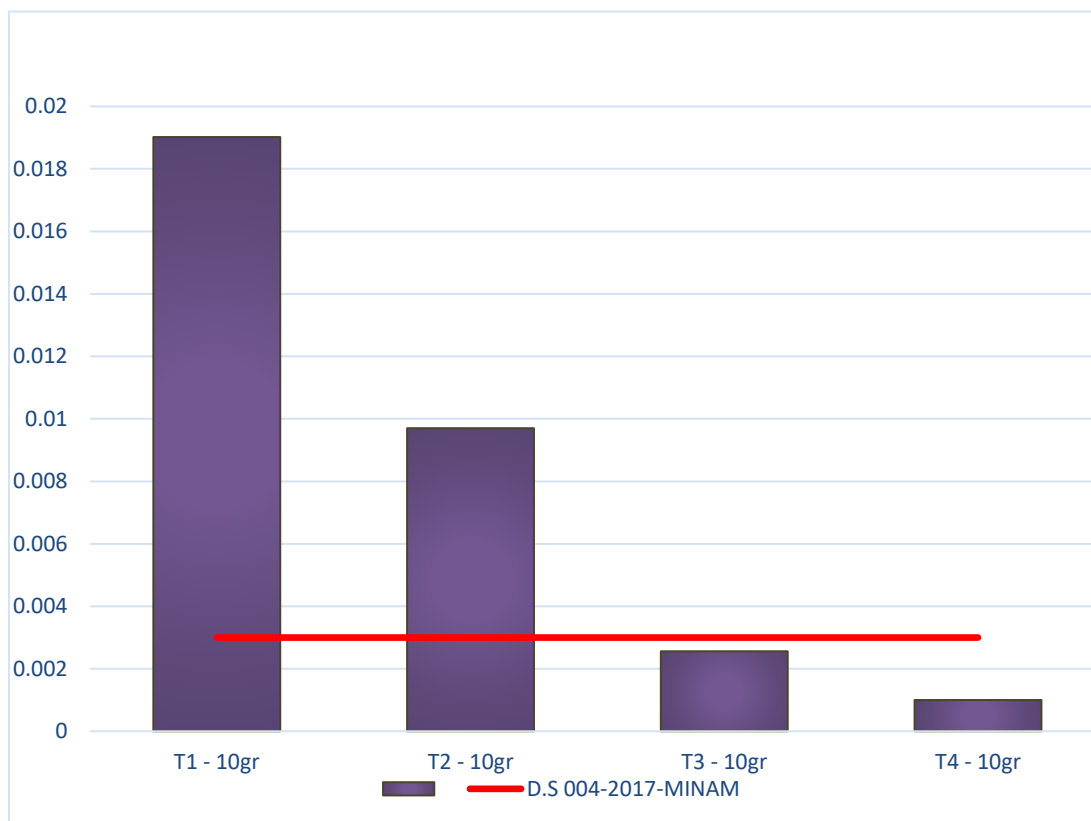
*Comparación de concentración de arsénico vs. Los Lmp – tratamiento 10gr*

|           | ARSÉNICO (mg/l) | LMP  |
|-----------|-----------------|------|
| T1 - 10gr | 0.0194          | 0.01 |
| T2 - 10gr | 0.00956         | 0.01 |
| T3 - 10gr | 0.00415         | 0.01 |
| T4 - 10gr | 0.001           | 0.01 |

La tabla evidencia los tratamientos T1, T2 el arsénico NO CUMPLE con los LMP (D.S 004-2017-MINAM) como se manifiesta en la figura

**Figura 22.**

*Concentración de arsénico vs lmp – tratamiento 10gr*



**Tabla 16**

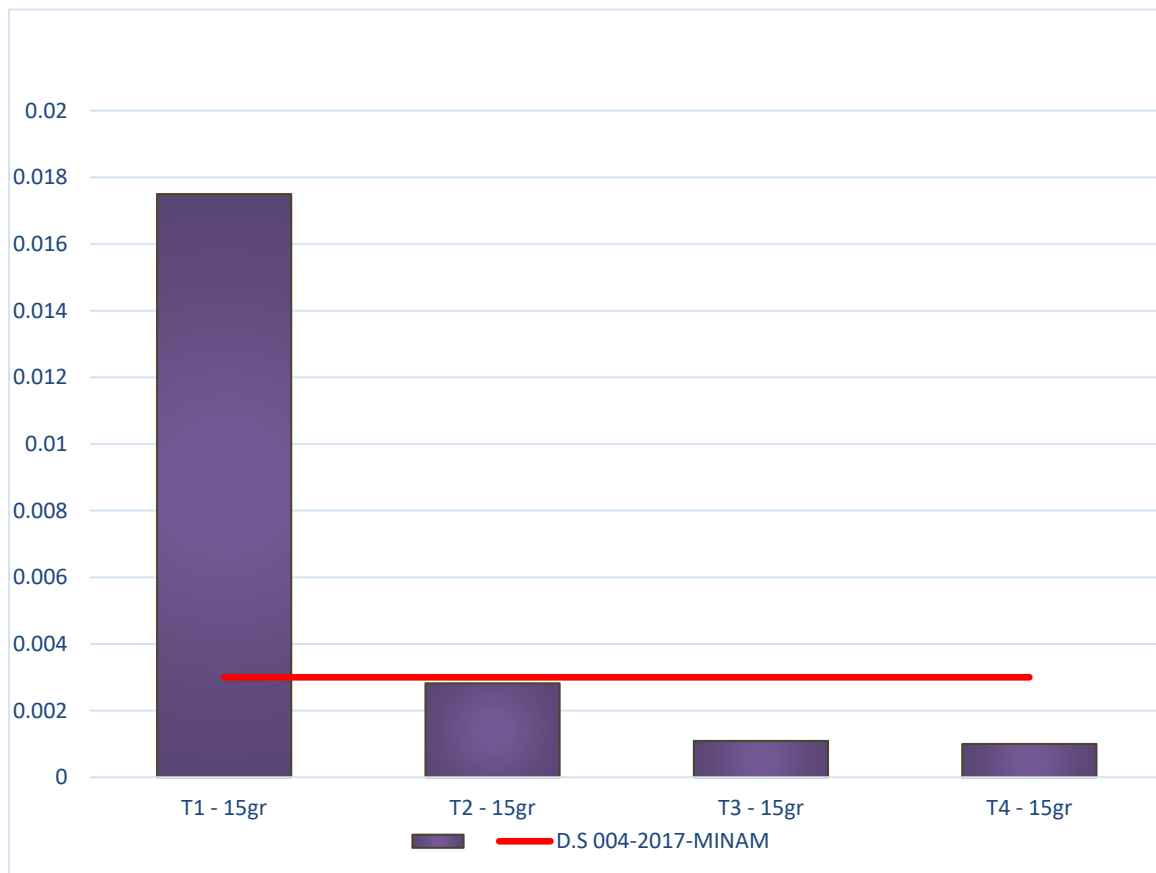
*Comparación de concentración de arsénico vs. Los Lmp - tratamiento 15gr*

|           | ARSÉNICO (mg/l) | LMP  |
|-----------|-----------------|------|
| T1 - 15gr | 0.01823         | 0.01 |
| T2 - 15gr | 0.00303         | 0.01 |
| T3 - 15gr | 0.00134         | 0.01 |
| T4 - 15gr | 0.001           | 0.01 |

En la tabla se observa que el tratamiento T1 el arsénico NO CUMPLE con los LMP (D.S 004-2017-MINAM) como se manifiesta en la figura

**Figura 23.**

*Concentración de arsénico vs Imp – tratamiento 15gr*



**4.1.3. Resultados del tercer objetivo: Hallar el porcentaje de adsorción de arsénico y cadmio empleando carbón activado de semillas de *Eucalyptus globulus* antes de alcanzar su capacidad máxima de saturación**

**Tabla 17**  
*resultado inicial de cadmio*

| CADMIO |         |
|--------|---------|
| (mg/l) |         |
| M - I  | 0.02801 |

- Hallamos el porcentaje de adsorción

$$\% \text{ de adsorción} = 1 - \frac{cf}{ci} \times 100\%$$

**Tabla 18***% de adsorción de cadmio T1 – día 1*

|           | CADMIO  |     |
|-----------|---------|-----|
| T1 - 3gr  | 0.02311 | 17% |
| T1 - 5gr  | 0.02295 | 18% |
| T1 - 10gr | 0.01902 | 32% |
| T1 - 15gr | 0.0175  | 38% |

La tabla evidencia que en T1 - día 1 el porcentaje de adhesión de cadmio en 3gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 17%, en 5gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 18%, en 10 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 32% y en 15 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 38%.

**Tabla 19***% de adsorción de cadmio T2 – día 2*

|           | CADMIO  |     |
|-----------|---------|-----|
| T2 - 3gr  | 0.01825 | 35% |
| T2 - 5gr  | 0.01403 | 50% |
| T2 - 10gr | 0.0097  | 65% |
| T2 - 15gr | 0.00282 | 90% |

La tabla evidencia que en T2 – día 2 el porcentaje de adhesión de cadmio en 3gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 35%, en 5gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 50%, en 10 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 65% y en 15 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 90%

**Tabla 20***% de adsorción de cadmio T3 – día 3*

|           | CADMIO  |     |
|-----------|---------|-----|
| T3 - 3gr  | 0.01307 | 53% |
| T3 - 5gr  | 0.01179 | 58% |
| T3 - 10gr | 0.00256 | 91% |
| T3 - 15gr | 0.00109 | 96% |

La tabla evidencia que en T3 – día3 el porcentaje de adhesión de cadmio en 3gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 53%, en 5gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 58%, en 10 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 91% y en 15 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 96%

**Tabla 21***% de adsorción de cadmio T4 – día 4*

|           | CADMIO  |     |
|-----------|---------|-----|
| T4 - 3gr  | 0.00103 | 96% |
| T4 - 5gr  | <0.001  | 96% |
| T4 - 10gr | <0.001  | 96% |
| T4 - 15gr | <0.001  | 96% |

La tabla evidencia que en T4 – día4 el porcentaje de adsorción de cadmio en 3gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 96%, en 5gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de <96%, en 10 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de <96% y en 15 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de <96%

**Tabla 22***resultado inicial de arsénico*

|       | ARSÉNICO<br>(mg/l) |
|-------|--------------------|
| M - I | 0.03203            |

- Hallamos el porcentaje de adsorción

$$\% \text{ de adsorción} = 1 - \frac{cf}{ci} \times 100\%$$

**Tabla 23***% de adsorción de arsénico T1 – día 1*

|           | ARSÉNICO |     |
|-----------|----------|-----|
| T1 - 3gr  | 0.0284   | 17% |
| T1 - 5gr  | 0.02202  | 18% |
| T1 - 10gr | 0.0194   | 32% |
| T1 - 15gr | 0.01823  | 38% |

La tabla evidencia que en T1 – día1 el porcentaje de adsorción de ARSÉNICO en 3gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 17%, en 5gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 18%, en 10 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 32% y en 15 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 38%

**Tabla 24***% de adsorción de arsénico T2 – día 2*

|           | ARSÉNICO |     |
|-----------|----------|-----|
| T2 - 3gr  | 0.01602  | 35% |
| T2 - 5gr  | 0.0153   | 50% |
| T2 - 10gr | 0.00956  | 65% |
| T2 - 15gr | 0.00303  | 90% |



En la tabla evidencia que en T2 – día2 el porcentaje de adsorción de ARSÉNICO en 3gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 35%, en 5gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 50%, en 10 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 65% y en 15 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 90%

## Tabla 25

*% de adsorción de arsénico T3 – día 3*

|           | ARSÉNICO |     |
|-----------|----------|-----|
| T3 - 3gr  | 0.01123  | 53% |
| T3 - 5gr  | 0.0108   | 58% |
| T3 - 10gr | 0.00415  | 91% |
| T3 - 15gr | 0.00134  | 96% |

La tabla evidencia que en T3 – día3 el porcentaje de adsorción de ARSÉNICO en 3gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 53%, en 5gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 58%, en 10 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 91% y en 15 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 96%

## Tabla 26

*% de adsorción de arsénico T4 – día 4*

|           | ARSÉNICO |     |
|-----------|----------|-----|
| T4 - 3gr  | 0.0011   | 96% |
| T4 - 5gr  | <0.001   | 96% |
| T4 - 10gr | <0.001   | 96% |
| T4 - 15gr | <0.001   | 96% |



La tabla evidencia que en T4 – día4 el porcentaje de adsorción de ARSÉNICO en 3gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de 96%, en 5gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de <96%, en 10 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de <96% y en 15 gr de carbón activado de eucaliptos globulus es de <96%

## 4.2. Discusiones

Machacuay (2020) en su investigación obtuvo una eliminación eficiente de plomo (II) con resultados favorables del 95.79%, 96.84% y 90.53%, respectivamente. Se puede inferir que las semillas de eucalipto resultan ser un recurso efectivo para la remediación de metales pesados., lo que abre la posibilidad de implementarlas como una tecnología de bajo impacto para el tratamiento de efluentes mineros, así mismo en nuestra investigación a un tiempo de contacto de 3 días se obtuvo una remoción de 65% (3gr), 66%(5gr), 87%(10gr), 96%(15gr). Por lo que se concluye de igual manera que el carbón activado de eucaliptos globulus es efectivo para la remoción de arsénico.



## CONCLUSIONES

- Primera.** Se concluye que la manifestación inicial de parámetro cadmio es de 0.02801 mg/l, y en cuanto al parámetro arsénico la concentración inicial es de 0.03203 mg/l.
- Segundo.** Se determina que la dosis óptima para la adsorción de arsénico y cadmio viene a ser la dosis de 5gr de carbón activado de eucalyptus globulus a los 4 días, ya que la dosis de 10 gr – 15 gr de eucalyptus globulus en el mismo día viene a adsorbe la misma cantidad que la de 5gr.
- Tercero.** Se concluye que el porcentaje de adsorción de cadmio T1 - día 1 con carbón activado de eucaliptos globulus de (3gr, 5gr, 10gr, 15gr) es de 17%, 18%, 32% y 38% respectivamente así mismo el porcentaje de adsorción de arsénico es de 11%, 31%, 39% y 43%; el porcentaje de adsorción de cadmio T2 - día 2 con carbón activado de eucaliptos globulus de (3gr, 5gr, 10gr, 15gr) es de 35%, 50%, 65% y 90% respectivamente así mismo el porcentaje de adsorción de arsénico es de 50%, 52%, 70% y 91%; el porcentaje de adsorción de cadmio T3 - día 3 con carbón activado de eucaliptos globulus de (3gr, 5gr, 10gr, 15gr) es de 53%, 58%, 91% y 96% respectivamente así mismo el porcentaje de adsorción de arsénico es de 65%, 66%, 87% y 96%; el porcentaje de adsorción de cadmio T4 - día 4 con carbón activado de eucaliptos globulus de (3gr, 5gr, 10gr, 15gr) es mayor a 96%, así mismo el porcentaje de adsorción de arsénico es mayor a 97%



## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda aplicar los resultados de la investigación en proyectos pilotos para el tratamiento de aguas contaminadas en áreas afectadas. Esto ayudara a validar la efectividad del carbón activado en condiciones reales y ajustar los parámetros según sea necesarios

Extender el uso del carbón activado derivado de semillas de Eucalyptus globulus para la absorción de otros contaminantes, presentes en el agua, esto podría abrir nuevas aplicaciones y beneficios.

2. Tener cuidado con la limpieza de materiales que se usaran en para los análisis, ya que podría generar una alteración en los resultados.

Investigar métodos para regenerar o reutilizar el carbón activado saturado, minimizando la generación de residuos secundarios y optimizando su vida útil.

3. Promover más estudios sobre el uso de recursos locales, para el desarrollo de tratamientos sostenibles aplicados al tratamiento de aguas contaminadas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre, N. (2017). *Absorción de Plomo y Arsénico por Carbón Activado de Semillas de Eucalipto (Eucalyptus globulus) en la Universidad Nacional de Puno, Puno*. Obtenido de <https://shre.ink/gHOL>
- Cabrera Choccata, D. Y. (2018). *Evaluación de la Eficacia del Tallo de Rosa como Adsorbente para la Eliminación de Plomo (II) en Arequipa*. Universidad Nacional de San Agustín. Obtenido de <https://shre.ink/gHO5>
- Candelaria, T. (2014). "Adsorción de metales pesados en aguas depuradas utilizando materiales biobasados ". *Tecnológicas*, 4.
- Condori Gomero, L. A. (2024). *Aplicación de Isotermas de Adsorción para la Eliminación de Ion Zinc en Aguas Depuradas de la Ciudad de Puno, utilizando carbón activado del eucalipto*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <https://shre.ink/gHOq>
- Cortez Ayala, D. A. (2022). *Optimización de la dosis del carbón activado de Citrus Sinensis para la remoción de arsénico en Pacora*. Chiclayo: Universidad Cesar Vallejo. Obtenido de <https://shre.ink/gHOS>
- D'Alessandro, M. (2016). *Eucalipto*. Obtenido de :<https://www.flores.ninja/eucalipto/>
- Fernández Pino, F. (7 de Julio de 2011). Sistema de adsorción. "Análisis de los sistemas de refrigeración solar por adsorción".
- Guijarro. (2010). *Análisis instrumental: Espectrometría por Absorción Atómica (EAA)*. Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.
- Lama Mamani, G. F. (2022). *Remoción del Carbón Activado de Eucalipto para la Eliminación de Cobre en Aguas Residuales del Río Putina*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano. Obtenido de <https://shre.ink/gHOT>



Lenntech. (2021). Cadmio (Cd) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente. España. Obtenido de <https://shre.ink/gHOe>

Lenntech. (2021). Propiedades químicas del Arsénico - Repercusión del Arsénico sobre la salud - Efectos ambientales del Arsénico. España. Obtenido de <https://shre.ink/gHOx>

Machacuay Yantas, S. M. (2020). *Adsorción de Plomo (II) mediante Adsorción con Carbón Activado de Semillas de Eucalipto (Eucalyptus globulus) en la laguna Huascacocha, Yauli, Junín - 2020*. Junin. Yauli: Universidad Continental. Obtenido de <https://shre.ink/gHOM>

Moya Arias, E. D. (2021). *Obtención de carbón activo utilizando cascara de naranja (Citrus sinensis Linn Osbeck) para la eliminación de cadmio a nivel de laboratorio*. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Obtenido de <https://shre.ink/gHOb>

Samaniego, C. (2013). *Efecto del Impacto de un incendio forestal en un bosque de eucaliptos en Huaraz, Lima*: Universidad Nacional Agraria La Molina. Obtenido de <https://shre.ink/gHOg>



# ANEXOS



## Anexo 1. Matriz de consistencia

### Título: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS

| PROBLEMA  | OBJETIVOS  | HIPOTESIS  | VARIABLES   | DIMENSIONES            | INDICADORES                     | MEDICIÓN |
|---|--|--|---|------------------------|---------------------------------|----------|
| <b>GENERAL:</b><br>¿En cuánto será la capacidad adsorbente del carbón activado a partir de las semillas de eucalyptus globulus para la remoción de arsénico y cadmio en aguas contaminadas? | <b>GENERAL:</b><br>Evaluar la eficiencia del carbón activado a partir de semillas de Eucalyptus globulus en la remoción de arsénico y cadmio en aguas contaminadas de Juliaca. | <b>GENERAL:</b><br>La eficiencia del carbón activado a partir de semillas de Eucalyptus globulus en la remoción de arsénico y cadmio en aguas contaminadas será mayor al 50% | VI:<br>Dosis de uso de carbón activado de Eucalyptus Globulus<br><br>Tiempo de contacto | ✓ Cantidad aplicada    | ✓ Masa de carbón activado (g/L) | ✓ (g/L)  |
| <b>ESPECIFICO:</b><br>¿En cuánto será la concentración inicial de arsénico y cadmio en aguas contaminadas?  | <b>ESPECIFICO:</b><br>Determinar cuánto será la concentración inicial de arsénico y cadmio en aguas contaminadas   | <b>ESPECIFICO:</b><br>La concentración inicial de arsénico y cadmio en aguas contaminadas superan los Lmp.   |   | ✓ Duración del proceso | ✓ Tiempo de contacto            | ✓ Días   |



¿Cuál será la dosis óptima del carbón activado de semillas de Eucalyptus globulus para la adsorción de arsénico y cadmio?

Determinar la dosis óptima del carbón activado de semillas de Eucalyptus globulus para la adsorción de arsénico y cadmio

La dosis óptima del carbón activado de semillas de Eucalyptus globulus adsorberá por lo menos el 50% de arsénico y cadmio

¿En cuánto será el porcentaje de adsorción de arsénico y cadmio empleando carbón activado de semillas de Eucalyptus globulus antes de alcanzar su capacidad máxima de saturación?

Hallar el porcentaje de adsorción de arsénico y cadmio empleando carbón activado de semillas de Eucalyptus globulus antes de alcanzar su capacidad máxima de saturación

El porcentaje de adsorción de arsénico y cadmio empleando carbón activado de semillas de Eucalyptus globulus será mayor al 50% antes de alcanzar su capacidad máxima de saturación.

VD:  
Eficiencia de adsorción de arsénico y cadmio

✓ Capacidad de adsorción

✓ % de arsénico adsorbido

✓ (mg/L)

✓ % de cadmio adsorbido



## Anexo 2

### Resultados de análisis de laboratorio



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 119 – 24

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. Solicitante : EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS

1.2. Proyecto : Ronaldo Obed Chura Parisuaña

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
- 2.2. Numero de muestras : 2
- 2.3. Muestreado por : Ronaldo Obed Chura Parisuaña
- 2.4. Fecha de ensayo : 04/12/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca
- 2.8. Ubicación, fecha y hora de muestreo

| Código | Ubicación                     | Fecha de muestreo | Hora  |
|--------|-------------------------------|-------------------|-------|
| As – I | E: 380117.93<br>N: 8282287.07 | 04/12/2024        | 10:00 |
| Cd – I | E: 380117.93<br>N: 8282287.07 | 04/12/2024        | 10:30 |

#### III. RESULTADOS

| Código | Cadmio (mg/L) | pH  |
|--------|---------------|-----|
| M – I  | 0.02801       | 7.6 |

| Código | Arsénico (mg/L) | pH  |
|--------|-----------------|-----|
| M – I  | 0.03203         | 7.4 |

#### 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, 18 de noviembre 2024

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

Página 1 | 5



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 120 - 24

#### I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. Solicitante: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS

1.2. Proyecto : Ronaldo Obed Chura Parisuaña

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
- 2.2. Numero de muestras: 4
- 2.3. Muestreado por : Ronaldo Obed Chura Parisuaña
- 2.4. Fecha de ensayo : 05/12/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca

#### III. RESULTADOS

| Código  | Cadmio (mg/L) | Arsénico (mg/L) | pH  |
|---------|---------------|-----------------|-----|
| T1 - 3  | 0.02311       | 0.02840         | 7.3 |
| T1 - 5  | 0.02295       | 0.02202         | 7.5 |
| T1 - 10 | 0.01902       | 0.01940         | 7.6 |
| T1 - 15 | 0.01750       | 0.01823         | 7.4 |

#### 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, 18 de noviembre 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



Mgtr. Ing. Milton Quispe Huanca  
C.I.P. 47790  
JEFE LABORATORIO CALIDAD AMBIENTAL FICP



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 121 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. Solicitante: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS

1.2. Proyecto: Ronaldo Obed Chura Parisuaña

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
- 2.2. Numero de muestras: 4
- 2.3. Muestreado por : Ronaldo Obed Chura Parisuaña
- 2.4. Fecha de ensayo : 06/12/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca

### III. RESULTADOS

| Código  | Cadmio (mg/L) | Arsénico (mg/L) | pH  |
|---------|---------------|-----------------|-----|
| T2 – 3  | 0.01825       | 0.01602         | 7.4 |
| T2– 5   | 0.01403       | 0.01530         | 7.5 |
| T2 – 10 | 0.00970       | 0.00956         | 7.3 |
| T2 – 15 | 0.00282       | 0.00303         | 7.7 |

### 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, 18 de noviembre 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



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



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 122 – 24

### I. DATOS DEL SERVICIO

1.1. Solicitante: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS

1.2. Proyecto: Ronaldo Obed Chura Parisuaña

### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
- 2.2. Numero de muestras: 4
- 2.3. Muestreado por : Ronaldo Obed Chura Parisuaña
- 2.4. Fecha de ensayo : 07/12/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca

### III. RESULTADOS

| Código  | Cadmio (mg/L) | Arsénico (mg/L) | pH  |
|---------|---------------|-----------------|-----|
| T3 – 3  | 0.01307       | 0.01123         | 7.6 |
| T3 – 5  | 0.01179       | 0.01080         | 7.4 |
| T3 – 10 | 0.00256       | 0.00415         | 7.6 |
| T3 – 15 | 0.00109       | 0.00134         | 7.5 |

### 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, 18 de noviembre 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



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



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 123 – 24

#### I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS
- 1.2. Proyecto : Ronaldo Obed Chura Parisuaña

#### II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
- 2.2. Numero de muestras: 4
- 2.3. Muestreado por : Ronaldo Obed Chura Parisuaña
- 2.4. Fecha de ensayo : 08/12/2024
- 2.5. Departamento : Puno
- 2.6. Provincia : San Román
- 2.7. Distrito : Juliaca

#### I. RESULTADOS

| Código  | Cadmio (mg/L) | Arsénico (mg/L) | pH  |
|---------|---------------|-----------------|-----|
| T4 – 3  | 0.00103       | 0.00110         | 7.5 |
| T4– 5   | <0.001        | <0.001          | 7.7 |
| T4 – 10 | <0.001        | <0.001          | 7.4 |
| T4 – 15 | <0.001        | <0.001          | 7.6 |

#### II. 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, 18 de noviembre 2024

UNIVERSIDAD ANDINA  
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



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



ANEXO 1  
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 06/01/2025

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: RONALDO OBED CHURA PARISUAÑA

Dirección: AV. EL SOL N° 371

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 74735411

Teléfono: 936628269 email: churaron035@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: Dr. MILTHON QUISPE HUANCA

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación  Tesis  Trabajo de Suficiencia Profesional  Trabajo Académico

Título: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ADSORBENTE DEL CARBÓN ACTIVADO A PARTIR DE LAS SEMILLAS DE EUCALYPTUS GLOBULUS PARA LA REMOCIÓN DE ARSÉNICO Y CADMIO EN AGUAS CONTAMINADAS

Palabras claves, (3 a 5 términos): ARSÉNICO, CADMIO, CARBÓN ACTIVADO, EUCALYPTUS GLOBULUS, ADSORCIÓN

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

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  Título  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: SANEAMIENTO AMBIENTAL - P22

Firma de Autor



huella digital

06 DE ENERO DEL 2025

Fecha