



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



**EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN
DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL
PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD
ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DANITZA JUSTO TOQUE

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

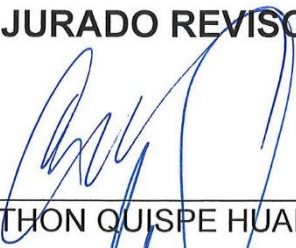


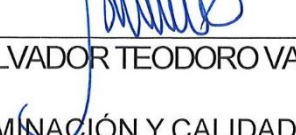
**EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN
DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL
PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD
ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. DANITZA JUSTO TOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE	:	 _____ Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
PRIMER MIEMBRO	:	 _____ Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
SEGUNDO MIEMBRO	:	 _____ M.Sc. JESUS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
ASESOR DE TESIS	:	 _____ Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIMA CARDENAS
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:		CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1155-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 27 de setiembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 011364 presentado por el (la) Bachiller: **DANITZA JUSTO TOQUE** 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. **DANITZA JUSTO TOQUE**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA**, 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** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ARTICULO SEGUNDO. - RECONOCER como asesor de la propuesta de investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS.**

ARTICULO TERCERO . - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **DANITZA JUSTO TOQUE**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Viernes 04 de octubre del 2024
- * **HORA** : 8:00 a.m.
- * **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.



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 Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (s)



UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 907-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de agosto del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 10968 por el señor (a): **DANITZA JUSTO TOQUE** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 875 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 048- 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): **DANITZA JUSTO TOQUE**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA**, 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° 048- 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA**, 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): **DANITZA JUSTO TOQUE**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema Titulado: **EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA** correspondiente a la línea de investigación **SANEAMIENTO AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a) la), **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

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.

cc.
Archivo
interesado (a)



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

Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
C.P. 47700



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

Dr. Efraín Pajillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



RESOLUCIÓN DECANAL N° 674-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 19 de julio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 8135, presentado el señor (a) **DANITZA JUSTO TOQUE** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO – N° 653 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° **78-2024** 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): **DANITZA JUSTO TOQUE** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA**, 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° **78-2024-** aprobando la propuesta de investigación titulado: **EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA**.

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): **DANITZA JUSTO TOQUE**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA** 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 **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

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

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



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

Dr. Efraim Pajillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

16%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	14%
2	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	Submitted to October University for Modern Sciences and Arts (MSA) Trabajo del estudiante	1%
4	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1%
5	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Higher Education Commission Pakistan Trabajo del estudiante	<1%
7	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	<1%



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	DANITZA JUSTO TOQUE
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	75601196
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0000-1655-4532
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-8660-8733
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	MILTHON QUISPE HUANCA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02424528
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02442876
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	01323821

Datos de investigación	
Línea de investigación	Saneamiento Ambiental - P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p>Edificio: Pabellón de Hidráulicas País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Juliaca Coordenadas: Latitud: -15.533851 Longitud: -70.117836 URL Maps: https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1nz3MxrPJgBfNFu4kFDivDJrqjHaESbM&usp=sharing</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Julio 2024 – Setiembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00 Geotecnia https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.02



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CUSCO
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PUNAS
Dr. Efraín Pajillo Soza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo DANITZA JUSTO TOQUE, identificado con DNI
Nro. 75601196 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:
“ EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA ”

Asesorado por: Mgr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

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 25 de Octubre del 2024

FIRMA (asesor)

FIRMA (obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

Dedico este trabajo a cada instante de esfuerzo y dedicación, a todas las noches de estudios y desvelo, a los días de sacrificios que han forjado este logro.

A mi mamá Carmela Toque Apaza y a mi papá Alfredo Justo Coaquira quienes fueron la luz de mi vida, cuyo amor incondicional no conoce de límites ni barreras, inspirándome cada día con sus frases de aliento y su ayuda incondicional, las palabras no son lo suficiente para demostrar mi gratitud, por eso lo demostrare en cada momento de mi vida.



AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer con el corazón lleno de gratitud y expresarle de todo corazón a mi madre, siendo ella la fuente de inspiración más grande en mi vida y fortalecimiento, cada palabra de ella me inspiraba y me motiva a seguir adelante a no rendirme y esforzarme mucho más, ella fue la guía en mi camino universitario iluminaba mis días grises y nublados, y a pesar de que hacía mucho por mi ella nunca se rindió y me inspiraba aún más dándome una mayor fuerza para seguir adelante, no logro expresar con frases lo agradecida que estoy por tenerte a mi lado.

Quisiera agradecer a mi centro de estudios UANCV, por proporcionar la oportunidad de poder estudiar y abriendo las puertas de la carrera Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

Finalmente quisiera agradecer a todos mis profesores, quienes con su dedicación y sabiduría han dejado una marca permanente en mi desarrollo personal académica. Gracias por creer en mí y por su compromiso con mi crecimiento profesional, cada lección aprendida y cada palabra de aliento han sido un faro en mi camino.



ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	3
1.4. Justificación de la investigación	4
1.4.1. Justificación Practica	4
1.4.2. Justificación social	4
1.4.3. Justificación ambiental	5
1.4.4. Justificación Económica.....	6



1.5. Hipótesis de la investigación.....	7
1.5.1. Hipótesis general.....	7
1.5.2. Hipótesis específicas.....	7
1.6. Variables.....	7
1.6.1. Variable independiente	7
1.6.2. Variable dependiente.....	7
1.7. Operacionalización de variables	8

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	9
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	11
2.1.3. Antecedentes regionales	14
2.2. Bases teóricas	15
2.2.1. Agua	15
2.2.2. Calidad del agua	16
2.2.3. Aguas subterráneas.....	17
2.2.4. Contaminación de las aguas subterráneas	18
2.2.5. Pozos	19
2.2.6. Metales pesados	19
2.2.7. Efectos de los metales pesados en la salud del ser humano.....	21
2.2.8. Arsénico.....	21
2.2.9. Cadmio.....	23



2.2.10. Coagulación y floculación	23
2.2.11. Tipos de coagulantes	23
2.2.12. Mecanismo de coagulación	24
2.2.13. Factores que influyen en la coagulación	28
2.3. Marco conceptual	31
2.3.1. Prueba de jarras	31
2.3.2. Espectrofotometría	31
2.3.3. Harina de habas	32
2.3.4. Harina de maíz	32
2.3.5. Remoción	32
2.3.6. Eficiencia de tratamiento	32
2.3.7. Límite Máximo Permisible (LMP)	32

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación	33
3.2. Tipo de investigación	33
3.3. Diseño estadístico	34
3.4. Procedimiento metodológico	34
3.4.1. Objetivo 1: Determinar la concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.	34
3.4.2. Objetivo 2: Determinar la dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.	37



3.5. Materiales y equipos	38
3.6. Técnicas e instrumentos	39
3.6.1. Técnicas	39
3.6.2. Instrumentos	40
3.7. Población y muestra	40
3.7.1. Población	40
3.7.2. Muestra	40

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados	41
4.1.1. Concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.	41
4.1.2. Dosis y concentración optima de coagulantes orgánicos en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.	43
4.3. Discusiones	61
CONCLUSIONES	63
RECOMENDACIONES	64
BIBLIOGRAFÍA	65
ANEXOS	72



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables de la presente investigación.8

Tabla 2 Parámetros físicos, químicos y biológicos 16

Tabla 3 Coordenadas del punto de muestreo de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV Juliaca.35

Tabla 4. Ensayos de prueba de jarras con la adición de coagulantes: harina de habas y harina de maíz.38

Tabla 5. Concentración del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.41

Tabla 6. Concentración inicial y final del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV después de emplear el coagulante natural “harina de habas”43

Tabla 7. Concentración inicial y final del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV después de emplear el coagulante natural “harina de maíz”44

Tabla 8. Dosis optima de la harina del haba como coagulante en la remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV.45

Tabla 9. Dosis optima de la harina del maíz como coagulante en la remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV.47

Tabla 10 Resumen del modelo: dosis y concentración optima de coagulantes orgánicos en la remoción de arsénico de aguas subterráneas.....49

Tabla 11 ANOVA.....49

Tabla 12 Coeficientes de la ecuación de regresión exponencial para el arsénico en función de la dosis de la harina de habas50

Tabla 13 Resumen del modelo: dosis y concentración optima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas subterráneas.....51

Tabla 14 ANOVA.....52



Tabla 15 Coeficientes de la ecuación de regresión exponencial para el cadmio en función de la dosis de la harina de habas	53
Tabla 16 Resumen del modelo: dosis de la harina de maíz y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de arsénico de aguas subterráneas	54
Tabla 17 ANOVA.....	55
Tabla 18 Coeficientes de la ecuación de regresión exponencial para el arsénico en función de la dosis de la harina de maíz	56
Tabla 19 Resumen del modelo: dosis de la harina de maíz y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas subterráneas	57
Tabla 20 ANOVA.....	58
Tabla 21 Coeficientes de la ecuación de regresión exponencial para el cadmio en función de la dosis de la harina de maíz	59



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Aspectos alotrópicos del Arsénico y sus estructuras: gris, amarillo y negro. .22
Figura 2 Esquema del mecanismo de coagulación, neutralización de carga.25
Figura 3 (a) Adsorción de polímero y formación de flóculos disponibles para la unión. (b) Puente polimérico entre partículas (agregación).26
Figura 4 Partículas con carga negativa (b) Coagulantes catiónicos (c) Coagulación por neutralización de carga mediante mecanismo de parche.28
Figura 5 Zonas de coagulación.29
Figura 6 Concentración de arsénico y cadmio de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM.42
Figura 7 Porcentaje de remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV utilizando como coagulante a la harina de habas.46
Figura 8 Porcentaje de remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV utilizando como coagulante a la harina de maíz.48
Figura 9 Relación entre el arsénico y la dosis de la harina de habas51
Figura 10 Relación entre el cadmio y la dosis de la harina de habas54
Figura 11 Relación entre el arsénico y la dosis de la harina de maíz57
Figura 12 Relación entre el cadmio y la dosis de la harina de maíz60



RESUMEN

Esta investigación se desarrolló en el distrito de Juliaca, en la Ciudad Universitaria de la UNACV, con el objetivo de evaluar la eficiencia de coagulantes naturales en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca. En la metodología de investigación, se trabajó con un diseño experimental a escala de laboratorio, donde las pruebas de jarras se realizaron a diferentes concentraciones: T1 = 10 mg/L, T2 = 15 mg/L, T3 = 20 mg/L, T4 = 25 mg/L y T5 = 30 mg/L. Se emplearon como coagulantes harina de habas y maíz, utilizando una agitación rápida de 1,5 minutos a 180 rpm, seguida de una agitación lenta durante 15 minutos a 80 rpm, y un proceso de sedimentación de 40 minutos. Los resultados del análisis inicial fueron los siguientes: arsénico con una concentración de 0.18035 mg/L y cadmio con una concentración de 0.01340 mg/L. De acuerdo con el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, estos valores exceden los límites establecidos. Después de realizar la prueba de jarras utilizando como coagulante harina de habas y maíz, se obtuvo una dosis óptima en el tratamiento 04 (T4) a una concentración de 25 mg/L. Con el uso de harina de habas como coagulante, el arsénico se redujo a 0.16510 mg/L, con una eficiencia de remoción del 8.46%, mientras que el cadmio se redujo a 0.01230 mg/L, alcanzando una eficacia de eliminación del 8.21%. De manera similar, utilizando harina de maíz como coagulante, el arsénico se redujo a 0.10201 mg/L, con una eficiencia de remoción del 43.44%, y el cadmio se redujo a 0.01290 mg/L, alcanzando una eficacia de remoción del 3.73%.

Palabras claves: Metales pesados, coagulante, dosis optima y prueba de jarras.



ABSTRACT

This investigation was formulated in the district of Juliaca, in the University City of the UNACV, with the aim of appraise the efficiency of natural coagulants in the withdrawal of large metals from groundwater in the hydraulics pavilion of the Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca. In the inquiry methodology, we worked with an experimental design at laboratory scale, where jar tests were performed at different concentrations: T1 = 10 mg/L, T2 = 15 mg/L, T3 = 20 mg/L, T4 = 25 mg/L and T5 = 30 mg/L. Bean and corn flour were used as coagulants, using a speedy mixing of 1.5 minutes at 180 rpm, a slow mixing of 15 minutes at 80 rpm, and a sedimentation of 40 minutes. The consequence of the initial analysis were as pursue: arsenic with a concentration of 0.18035 mg/L and cadmium with a concentration of 0.01340 mg/L. According to the Regulation of Water Quality for Human intake, these values exceed the established limits. After performant the jar test using lima bean and corn flour as coagulant, an highest dose was gained in handling 04 (T4) at a concentrate of 25 mg/L. With the use of lima bean flour as coagulant, arsenic was reduced to 0.16510 mg/L, upon a withdrawal rate of 8.46%, while cadmium was reduced to 0.01230 mg/L, achieving a withdrawal rate of 8.21%. Similarly, using corn flour as coagulant, arsenic was reduced to 0.10201 mg/L, upon a withdrawal proportion of 43.44%, and cadmium was reduced to 0.01290 mg/L, obtaining a withdrawal proportion of 3.73%.

Keywords: Heavy metals, coagulant, optimal dose and jar test.



INTRODUCCIÓN

Hoy en día los recursos más indispensables para el desarrollo humano y la biota es el agua. Sin embargo, debido a los residuos antropogénicos que generan y a las aguas servidas que vierten en las masas de agua, estas acciones están contaminándola, degradando su calidad e introduciendo niveles significativos de contaminación por metales pesados. (De La Cruz Vilchez & Quiroz Alcocer, 2020).

Se ha observado que el crecimiento de la actividad humana, así como la generación y el consumo de diversos servicios y bienes, han tenido un impacto perjudicial en el ciclo hidrológico. Esto, a su vez, ha repercutido en la biota y la salubridad de los ecosistemas, lo que también ha afectado al bienestar de la población. El agua es indispensable para todos los organismos vivos y el medio ambiente. Además, es utilizada por los seres humanos para diversos fines, por lo que es importante gestionarla de forma holística y sostenible con el fin de proteger este recurso natural tanto actualmente como para el futuro (Semarnat, 2015).

El problema de los metales pesados en el flujo hídrico para consumo poblacional y otras aplicaciones ha sido documentado ampliamente en todo el mundo. Esto es especialmente cierto en las fuentes de aguas subterráneas debido a la exposición prolongada a formaciones geológicas ricas en arsénico (As), hierro (Fe) y azufre (S). Se han encontrado altas concentraciones de arsénico inorgánico en Bangladesh, Chile, China, Vietnam, México, Estados Unidos y Argentina. Estos contaminantes constituyen una amenaza considerable para la sanidad pública, ya que la ingestión prolongada de alimentos y agua



contaminados puede provocar problemas gastrointestinales, renales, hematológicos, cognitivos e incluso cáncer (World Health Organization, 2018).

Actualmente, la calidad del agua subterránea del Pabellón de Hidráulica de la UANCV, en Juliaca, es incierta. Este estudio tiene como objetivo evaluar la efectividad de los coagulantes naturales en la reducción de metales pesados de dichas aguas subterráneas. El agua en cuestión se emplea tanto para consumo población como para suministrar los equipos de laboratorio de las facultades de Ingeniería y Ciencias Puras.

El presente estudio presenta los siguientes cuatro capítulos:

El capítulo I se titula «Planteamiento del problema» y en él se analizan las situaciones problemáticas desde una perspectiva internacional, nacional y regional. con base en este análisis, se formulan las preguntas y se instituyen los objetivos de estudio. El capítulo II se titula «Marco teórico», en el que se desarrolla la teoría pertinente al tema. El capítulo III se titula «procedimiento de la investigación» y en él se incluyen el tipo y diseño del estudio, los materiales a utilizar, la localización, muestra y población ha estudiar, así como la metodología a desarrollar.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.

El agua es esencial para la supervivencia humana y está ampliamente considerada como un derecho. No obstante, en muchas regiones de la tierra, la situación del agua es inadecuada para el consumo poblacional, lo que nos obliga a apelar a fuentes alternativas, como las aguas freáticas, tanto para la higiene personal también para beber. Del mismo modo, los pozos permiten recuperar el 21% del agua del planeta, que se conserva bajo tierra, pero a menudo carece de la pureza necesaria para el consumo humano (Vence, Rivera, Osorio, & Castillo).

La toxicidad de los metales en el agua es actualmente uno de las mayores dificultades medioambientales. Se trata de una grave preocupación para los habitantes de las ciudades que dependen de estas fuentes de agua, especialmente si consideramos que diversas actividades antropogénicas están contribuyendo al contenido de estos metales en las masas de agua, lo que puede



causar consecuencias negativas en diversos sistemas ecológicos y en el medio ambiente (Contreras, Mendoza, & Gómez, 2004).

Aunque en Perú también se utilizan aguas subterráneas, la condición del agua suele ser inadecuada para el consumo poblacional, lo que puede provocar diversos problemas de salud. (Gomez, Velásquez, & Quintana, 2013).

Así mismo el 31% de las personas de Juliaca se suministra de agua de pozo por que la organización comisionada del alcantarillado sanitario no ofrece este servicio. también, se sabe que esta agua es bebida directamente sin ningún tipo de análisis o tratamiento previo para estimar si es adecuada para la ingesta potable. Normalmente, dichos pozos son tubulares, es decir, tienen perforaciones que permiten extraer el agua desde distintas profundidades mediante una bomba (Esparza , 2005).

No existen reportes de estudios específicos que hayan evaluado la detección de metales pesados en estas aguas, las cuales se destinan al consumo humano de acuíferos subterráneos y para la limpieza de los laboratorios de la EPISA, en el transcurso del desarrollo de este estudio propuesto en la UANCV, en el distrito de Juliaca. Por ello, consideramos importante evaluar estas aguas con el fin de aportar conocimientos útiles, prevenir riesgos a la salubridad como intoxicaciones por la ingesta de elementos peligrosos y, finalmente, hacer recomendaciones para mitigar la cantidad de de metales en el agua mediante el uso de coagulantes naturales.



1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la eficiencia de coagulantes naturales en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es la concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV?
- b) ¿Cuál es la dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia de coagulantes naturales en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca.

1.3.2. Objetivos específicos

- a) Determinar la concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.
- b) Determinar la dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.



1.4. Justificación de la investigación

1.4.1. *Justificación Práctica*

El uso de coagulantes naturales para depurar aguas subterráneas no solo busca minimizar la dependencia de productos químicos sintéticos, sino también aprovechar recursos locales, lo que podría reducir costos y promover prácticas de gestión ambiental más ecológicas. Este enfoque puede ser replicado en otras instituciones y comunidades, especialmente en regiones rurales o en áreas donde los recursos para tratamientos de agua son limitados.

El estudio de estos coagulantes naturales en el Pabellón de Hidráulica no solo proporcionará una solución práctica y directa para mejorar del agua de la universidad, sino que también valdrá como un modelo educativo y de investigación para los estudiantes y profesionales involucrados en la ingeniería ambiental y sanitaria. Los resultados de esta investigación podrán ser utilizados en un futuro cercano, mejorando la el agua utilizada en la institución y reduciendo los riesgos para la salud.

Este estudio contribuirá al desarrollo del conocimiento sobre la eliminación de metales pesados mediante coagulantes naturales, un área que, aunque ha sido explorada, todavía requiere de investigaciones específicas y aplicadas a contextos locales. La investigación también fortalecerá la base científica sobre los procesos de coagulación con materiales naturales, ofreciendo datos valiosos que podrían guiar futuras investigaciones y usos en la industria de tratamiento de aguas.

1.4.2. *Justificación social*

El plomo y el cadmio son dos ejemplos de metales pesados extremadamente tóxicos que afectan gravemente el desarrollo cognitivo y físico



de la primera infancia, además de provocar daños neurológicos, renales y hepáticos. La exposición prolongada a estos contaminantes puede llevar a enfermedades crónicas y, en casos extremos, a la muerte. En este contexto, la investigación sobre el uso de coagulantes naturales para eliminar estos metales es crucial, ya que podría proporcionar una solución efectiva a fin de preservar la salud de los educandos, docentes y personal de la universidad, así como de la población cercana que podría verse afectada por el uso de estas aguas.

El enfoque en coagulantes naturales también promueve la inclusión social al hacer accesible una tecnología de tratamiento de agua que no depende de productos químicos costosos y difíciles de obtener. Este aspecto es particularmente relevante dirigido a las comunidades rurales o de escasos recursos que a menudo carecen de los recursos necesarios a fin de poner en marcha soluciones de acondicionamiento del agua más sofisticadas. Al manifestar la efectividad de métodos naturales y de bajo costo, esta tesis podría contribuir a reducir la accesibilidad a agua potable limpia y adecuada, fomentando la justicia social y ambiental.

1.4.3. Justificación ambiental

El agua freática es un elemento natural vital que, cuando contaminado con metales pesados, puede causar daño irreversible a los hábitats acuáticos y la diversidad biológica que se sustenta en ellos. Los metales pesados son persistentes en el ambiente y pueden bioacumularse en los organismos, afectando a toda la cadena alimentaria, desde microorganismos hasta grandes depredadores. el uso de coagulantes naturales para extraer estos contaminantes



puede ayudar a preservar el agua, evitando la alteración de la naturaleza y protegiendo la vida acuática.

Las técnicas tradicionales para tratar aguas contaminadas a menudo implican el uso de productos químicos sintéticos que, aunque efectivos, pueden generar residuos tóxicos y contribuir a la polución secundaria de agua y del suelo. En contraste, el uso de coagulantes naturales, que son biodegradables y menos agresivos para el medio ambiente, minimiza el impacto ambiental asociado con el tratamiento de aguas. Es pertinente dada el incremento alarmante por el aumento de la temperatura terrestre y la exigencia de prácticas más sostenibles en todos los ámbitos.

1.4.4. Justificación Económica

Los métodos tradicionales para la eliminación de metales pesados a menudo implican productos químicos industriales costosos y tecnología avanzada que requiere un desembolso sustancial en instalaciones y estructuras y mantenimiento. En contraste, los coagulantes naturales son generalmente más accesibles y económicos, ya que pueden derivarse de recursos locales o residuos agrícolas. Esto permite una disminución considerable en los costos operativos del tratamiento de aguas, haciendo que el proceso sea más asequible y sostenible, especialmente en regiones con limitaciones presupuestarias.

El uso de coagulantes naturales provenientes de recursos locales, como semillas, cáscaras de frutas, o plantas, no solo minimiza la necesidad de importar productos químicos, sino que también puede estimular la economía local. Al incentivar la recolección y procesamiento de estos recursos naturales, Podrían generar nuevas conformidades de empleo y desarrollo monetario en la zona,



promoviendo una economía más circular y resiliente. Además, la dependencia de insumos locales reduce la volatilidad de costos asociados con fluctuaciones en el mercado de productos químicos.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La eficiencia de coagulantes naturales es óptima en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca.

1.5.2. Hipótesis específicas

- a) La concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, superan los LMP en agua.
- b) La dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, son efectivas.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

- Coagulantes naturales.

1.6.2. Variable dependiente

- Remoción de metales pesados de aguas subterráneas.



1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables.

Variables	Dimensión de Análisis	Indicador	Unidad de Medida
Variable Independiente:	Harina de habas	Dosis	g/L
		Agitación	RPM
		Tiempo	Min
Coagulantes naturales	Harina de maíz	Dosis	g/L
		Agitación	RPM
		Tiempo	Min
Variable dependiente:	Concentración de metales pesados	Arsénico	mg/L
		Cadmio	mg/L
		Calcio	mg/L
		Magnesio	mg/L
		Manganeso	mg/L
		Potasio	mg/L
	% de remoción	Porcentaje	%



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En su investigación de Moreira & Moreira (2021) Se calculó la cantidad de eliminación de turbidez y se analizaron la influencia del pH sobre la coagulación de 2 semillas. Se obtuvo el resultado para el melocotón (*Prunus persica*) a un pH de 5,75, con 17,03 mg/L de biocoagulante a una manifestación del 10%, y para el haba (*Vicia faba*) a un pH de 8, con 7 mg/L de coagulante a un contenido del 5%. Ambas semillas fueron evaluadas en este estudio como coagulantes naturales mediante el método de ensayo del frasco. Los resultados indicaron que el grano de *Vicia faba* tuvo una cantidad de eliminación del 94,10%, mientras que el coagulante derivado de la semilla de melocotón (*Prunus persica*) logró un contenido de eliminación del 88,06%. Se concluye que ambas semillas son eficaces como coagulantes.

La tesis presentada por Velandia (2021) ; Utilizando la prueba del tarro como método, la investigación preparó químicamente los coagulantes naturales



mediante gelatinización en frío a una concentración del 2% (20,000 ppm). Se determinaron la concentración, el pH y las velocidades de agitación rápida y lenta. Se utilizó aluminato de sulfato como agente coagulante estándar, manteniendo la misma concentración, y se utilizó como referencia en el proceso de tratamiento del almidón nativo. Esto permitió medir la eficacia de los agentes coagulantes en el sistema. La prueba estadística arrojó los siguientes resultados: cantidad de eliminación de turbidez de 89,5% y 85% para los coagulantes de trigo y maíz, respectivamente; y porcentajes de eliminación de color aparente de 90,2% y 85,1% para los coagulantes de trigo y maíz, respectivamente. Además, se observaron porcentajes de eliminación eficaz para tratar el agua. Finalmente, los mayores rendimientos en las variables de concentración, pH y velocidad de agitación, tanto rápida como lenta pudieron ser encontrados por el análisis de regresión de un diseño estadístico que incluyó los ítems Anova, Post Hoc y Manova. Estos números demuestran la viabilidad del tratamiento de fuentes con estas propiedades fisicoquímicas con coagulantes naturales. Finalmente, el mejor resultado fue obtenidos mediante el análisis de regresión de un diseño estadístico que incluyó los ítems ANOVA, y MANOVA. Estos datos demuestran la viabilidad de tratar fuentes con estas propiedades fisicoquímicas utilizando coagulantes naturales.

En su tesis publicado por Jiménez & Vladimir (2015), como objetivo determinar la eficacia de esta sustancia natural en el sistema de coagulación para excluir el color y la turbidez del agua, tras el tratamiento del arroyo de Vuelta Larga; Según la técnica de investigación, el coagulante se preparó químicamente utilizando una concentración del 2% de sosa cáustica en frío. El rango de dosis



ideal que produjo los resultados más favorables en cláusulas de eliminación de color y turbidez se determinó mediante el uso de la prueba del frasco. Como resultado, se obtuvo un porcentaje de eliminación del 45,64% (50,43 UPC) para el almidón de maíz y un 37,67% (58,95 UPC) para el sulfato de aluminio. Los resultados de separación de turbidez indican que el sulfato de aluminio extrajo el 82,53% (6,87 NTU) y el almidón de maíz el 86.0% (4,01 NTU), lo que sugiere el uso de coagulantes nativos en la depuración de fuentes con estas propiedades fisicoquímicas.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Sánchez et al. (2018) efectuó con la intención de ofrecer un novedoso sustituto de los coagulantes sintéticos en el campo de los coagulantes naturales. En la técnica de investigación se utilizaron pruebas de frascos para ejecutar análisis de dosis, floculación y sedimentación. Para cotejar la efectividad de la harina de frijol y del sulfato de aluminio, se efectuaron pruebas en paralelo utilizando las mismas pruebas hídricas y harina de frijol como primer coagulante y el coagulante auxiliar del sulfato aluminio. Como parte del estudio se analizaron muestras de agua con los siguientes atributos En la muestra I, 330 UNT, se midió la alcalinidad a 230 mg/lit CaCO₃ y una dureza global de 800 mg/lit CaCO₃. La muestra II, de 40 UNT, tenía una DT de 740 mg/lit y una alcalinidad de 178,33 mg/lit. Además, se examinaron las siguientes cualidades de las muestras de agua: Muestra III: Alcalinidad (40 UNT) La alcalinidad de la Muestra III es de 40 mg/L CaCO₃, y la DT es de 751 mg/L CaCO₃, con una turbidez de 30 UNT. En la Muestra IV, con una turbidez de 50 UNT, se midió una alcalinidad de 182,3 mg/L CaCO₃ y una DT de 750 mg/L CaCO₃.



La muestra V, cuyo valor de turbidez es de 90 UNT, tenía una dureza total de 740 mg/L CaCO_3 y una alcalinidad de 184,4 mg/L CaCO_3 . Basándose en los datos recogidos, se concluye que el principal coagulante, la harina de judía, logró eliminar la turbidez de manera efectiva. La tasa de sedimentación ideal para la Muestra I es de 21 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{día}$, lo que consiente lograr un efluente con 1,77 UNT, que es menor de 3 UNT. Para la Muestra 2, la tasa óptima es de 23 $\text{m}^3/\text{m}^2/\text{día}$, produciendo un efluente con 1,99 UNT, también menor de 2 UNT, cumpliendo así con las exigencias de calidad determinados.

De acuerdo con la tesis publicada por De la Cruz y Quiroz (2020), este metaanálisis y revisión exhaustiva tuvieron como objetivo determinar en qué medida las cáscaras naturales eliminan Pb (II), Cu (II) Cd (II), y Cr (VI) del agua contaminada. El estudio empleó un enfoque cuantificable, de tipo aplicable, grado descriptivo y diseño no experimental en su técnica de investigación. Los hallazgos mostraron que, para Cd (II), Pb (II), Cr (VI), Cu (II) y las cáscaras presentaron una reducción de 90,7%, 91,1%, 86,7% y 92,14%, respectivamente. En definitiva, se concluye que los parámetros operativos del tratamiento, incluidos la dosis, el pH, la temperatura y la duración del contacto, afectan la eficacia de las cáscaras naturales.

El informe presentado por Bendezú (2016), El objetivo era sustituir el coagulante artificial, que podría causar diversas deficiencias en la salubridad de los residentes, por un coagulante natural hecho de cáscara de habas; Se recogieron diez lts de agua para su consecutivo análisis e detección de la dosis ideal de coagulante con el fin de lograr una claridad efectiva de la muestra. El lugar de muestreo se definió en la técnica de investigación como el sitio al que



la población se desplaza para recoger agua. Según los resultados, la cáscara de judía demostró ser muy eficaz para eliminar la turbidez del agua, ya que logró clarificar el 70% del valor inicial de la muestra.

De acuerdo con la tesis publicada por Quispe y Torres (2024), Buscó determinar la efectividad del uso de mantillo de cactus en la reducción de metales de la laguna de la Fundición de Cerro de Pasco. Debido a la naturaleza experimental del estudio, se obtuvieron y enviaron al laboratorio dos muestras: una de la laguna, que sirvió como muestra primaria, y otra con la adición de mucílago de cactus. Se efectuaron exámenes de metales pesados (plomo, zinc, aluminio, cobre, hierro) y de las propiedades físicas del agua, incluyendo turbidez, temperatura, conductividad y pH. Como resultado, el pH descendió de 8,32 a 7,15, y la turbidez disminuyó de 310,00 NTU a 133,00 NTU. Así mismo los metales, las manifestaciones de plomo, zinc y aluminio disminuyeron de 0,443 mg/L a 0,323 mg/L y de 1,732 mg/L a 1,425 mg/L, respectivamente. Las concentraciones de cobre bajaron de 0,364 mg/L a 0,28 mg/L, y las de hierro de 8,723 mg/L a 6,698 mg/L. En conclusión, las cantidades de aluminio, cobre, hierro, plomo y zinc se redujeron con éxito al aplicar mucílago de nopal para eliminar metales pesados. Esto demostró su eficacia como remedio natural para el agua contaminada con metales pesados. El mayor descenso porcentual se observó en el cobre, con una reducción del 22,9%, y en el aluminio, con una reducción del 12,5%.

Por otro lado, Gonzales & Segovia (2020) la finalidad fue evaluar la eliminación de As en el agua tratada suministrada en la localidad de Quequeña, , mediante el uso de sistemas de procedimiento que emplean carbón poroso derivado de cáscaras de (*Zea mays L.*) y cáscaras de (*Musaa paradisiaca*); en



la metodología de ensayo se emplearon tres elementos principales: cáscara de banana, cáscara de maíz y una combinación. Se trató un litro de agua con volúmenes variables de cada precursor, y el contenido inicial de As fue de 0,022 mg/L. Según lo resultante, el precursor que más arsénico eliminó del agua fue el carbón activado derivado del rastrojo de maíz, que redujo la manifestación de As en el agua en un 48,8%, permitiendo que la calidad hídrica potable cumpliera con las normas actuales.

2.1.3. Antecedentes regionales

Quispe et al. (2022), evaluó la eficacia de un método de tratamiento derivado de zeolitas naturales para la filtración y eliminación de As en aguas ocultas. Además de una zeolita comercial, se emplearon zeolitas naturales de la región de Puno, provenientes de las localidades de Atuncolla y Ocuvi. Para el tratamiento del material filtrante, se aplicaron los procesos de lavado de impurezas, desecación natural, machacamiento, cernido y identificación usando difracción de rayos X. Se construyeron tres filtros cilíndricos de PVC con un volumen de 0,63 m³ y una altura de 0,60 m. En estos filtros, se utilizó luz solar y peróxido de hidrógeno para oxidar las aguas subterráneas contaminadas con arsénico con fines de investigación. Se empleó un diseño de bloques aleatorizados con réplicas triplicadas. Se utilizó la relación soluto/adsorbente para analizar la eliminación de arsénico. Los porcentajes de eliminación fueron 47,23%, 22,42% y 4,52%, dependiendo de la constitución química de la zeolita (63,45% silicato sódico, magnesio y alúmina hidratada), Ocuvi (54,88% silicato aluminico cálcico y sódico) y Atuncolla (83,22% carbonato cálcico). La adsorción de arsénico se ajustó al modelo de isoterma para la zeolita Atuncolla, con un

$R^2=0,92$ $R^2 = 0,92$. Los resultados evidencian que la aplicación de zeolitas naturales como medios filtrantes económicos y de bajo costo permite eliminar eficazmente el arsénico de las aguas subterráneas.

Por otro lado, Ávila (2024), Se tomaron muestras de agua de fuentes subterráneas, de acuerdo con los protocolos del MINAM. Se empleó un enfoque cuantitativo en la técnica, y los análisis se efectuaron en el Laboratorio. Los valores máximos permitidos para las características físicas, químicas y microbiológicas se obtuvieron del D.S. N° 031-2010-SA. Todos los parámetros resultaron estar por debajo de los LMP. Los resultados mostraron un pH de 7,23, 7,05 y 7,33 unidades a 16 °C en los pozos; durezas de 108,15, 95,15 y 220,14 mg/L; alcalinidades de 152,24, 161,42 y 208,72 mg/L; cloruros de 87,06, 107,51 y 201,55 mg/L; sulfatos de 51,75, 38,06 y 38,05 mg/L; y TDS de 195,64, 225 y 188,70 mg/L. No se encontraron coli. totales ni fecales. Se concluye que las Aguas de origen subterráneo destinadas al consumo humano tienen características físicas que se hallan dentro de los límites exigidos. No obstante, no se cumplen los VMA para las características químicas y los parámetros microbiológicos de estas aguas.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Agua

Se trata de agua, un líquido transparente que está formado por oxígeno e hidrógeno (H₂O). El agua se describe como el disolvente, ya que puede disolver una amplia variedad de sustancias. Además, el agua forma hidratos al mezclarse con ciertas sales, genera ácidos al reaccionar con óxidos metálicos y Promueve varias reacciones químicas clave (Contreras et al., 2008).

También se conoce como agua derivada de cualquier proceso industrial que utilice agua, incluyendo aguas residuales, efluentes líquidos y el agua empleada en el manejo, la transformación o la fabricación (María-Patricia, 2013).

2.2.2. Calidad del agua

La calidad del agua se refiere al unido de propiedades que pueden incidir en su idoneidad para un empleo específico, así como en su compatibilidad con las exigencias del usuario. El contenido de sólidos y gases suspendidos o disueltos también puede utilizarse para analizar la calidad hídrica (Mendoza, 1996).

La evaluación de las propiedades fisicoquímicas y bacteriológicas del agua, en asociación en su estado primario, las repercusiones en la salubridad humana y acuática, y su impacto en el entorno, es un proceso multifacético conocido como valoración de la calidad hídrica (Mejía Clara, 2005).

Los principios químicos, biológicos y físicos para analizar la calidad del agua son:

Tabla 2

Parámetros físicos, químicos y biológicos

Parámetros	Descripción
Parámetros físicos	Temperatura, turbidez, color, olor, sabor, y sólidos o residuos.
Parámetros químicos	Conductividad eléctrica, dureza, pH, sodio, sulfatos, aceites y grasas, y cloruros
Parámetros biológicos	Helmintos patógenos, virus, protozoos, recuento de heterótrofos, y baterías de algas (coliformes termotolerantes y totales)

Nota. citado por Mejía (2005) – OMS, 2008.



2.2.3. Aguas subterráneas

En lugar de evaporarse inmediatamente, el agua se filtra en el subsuelo y forma acuíferos subterráneos. La zona no saturada es la sección del subsuelo capaz de retener agua; asciende hasta el nivel freático y se mantiene por encima de la zona saturada, que es el área donde todas las rocas y el suelo están saturados. Esta agua se considera un factor del ciclo hidrológico, que contiene el agua que llega constantemente en la atmósfera terrestre a través de las precipitaciones y la evaporación. Los contaminantes que se inyectan en la superficie terrestre tienen el potencial de hundirse en la capa freática y afectar el estado del agua. La velocidad y la dirección del sistema de flujo son bastante constantes en los acuíferos. El intervalo de velocidades medias es de 10-10 (Curo Vilca, 2017).

De manera natural, las zonas de infiltración, los manantiales, los cursos de agua y el mar son las vías por las cuales el agua subterránea asciende a la superficie. Además, se pueden utilizar pozos, es decir, agujeros, excavaciones o túneles verticales y otras formas de captación para extraer artificialmente el agua subterránea. Un pozo se excava hasta una profundidad que permite alcanzar y determinar el nivel freático (Fuentes, 2002). Ante ello para alcanzar extirpar agua de la capa freática y destinarla a diferentes usos, (Pritchard, 2010).

Los pozos utilizados para la extracción artificial suelen tener una forma cilíndrica. Se recomienda reforzar las paredes con cemento, madera, piedra o ladrillos para evitar su degradación o colapso (Santa Cruz, 2013).



El interés y la fascinación en torno a las aguas subterráneas han crecido anualmente en los ámbitos científicos y técnicos de todo el mundo. Esto se debe principalmente a que las aguas subterráneas se utilizan cada vez con más frecuencia para satisfacer las necesidades humanas, lo que constituye el principal motor de esta tendencia (Ordoñez Suarez , 2011). La mayor parte de los estudios hidrogeológicos se centran en cuestiones relacionadas con la calidad de las aguas ocultas, donde la contaminación puede transformar desde niveles extremadamente altos hasta bajos, y puede ser causada en gran medida tanto por la actividad humana como por fuentes naturales (Sanchez , 1991).

2.2.4. Contaminación de las aguas subterráneas

Comprende la existencia de elementos que tienen el potencial de conmovier negativamente a los sistemas naturales, los recursos naturales y el bienestar humano. Estos compuestos pueden contener cantidades elevadas de iones u otras sustancias inadecuadas para muchas aplicaciones del agua, fundamentalmente para el consumo poblacional (Hirata & Paris, 2002).

Aquí tienes el texto corregido: De forma similar, la intervención humana en la superficie conjeturar un grave ultimato para la calidad del manto freático, ya que pueden librar contaminantes en la tierra (a través de lixiviados o vertidos) y permitir que estos contaminantes se infiltran en el terreno hasta penetrar el acuífero a su nivel freático. Frecuentemente, estos vertidos son la consecuencia de las acciones atentas, técnicos, agropecuario o minero mal gestionadas (Castaño, 2010).



2.2.5. Pozos

Estructura subterránea que se excava para diferentes usos de ingeniería o construcción, así como para la extracción de recursos naturales como gas, petróleo y agua.

2.2.5.1 Pozos artesanos

El término "pozo artesiano" se refiere a un tipo de pozo de captación de agua que alcanza una capa de agua retenida. En estos pozos, el agua asciende y, en momentos, se impuesta sobre la superficie, ya que el nivel freático del líquido está por arriba del plano del pozo. El agua alcanza un nivel de la capa cautiva, con una ligera reducción debido a la pérdida de carga (Sutton & Harmon, 1999); Los pozos permiten la extracción de agua sin necesidad de una bomba (Tarbuck & Lutgens, 2005).

2.2.5.2 Pozos tubulares

Esta tarea hidrogeológica implica acceder a uno o varios acuíferos para captar aguas subterráneas. Se realiza por medio de una perforación vertical con un diámetro de al menos 102,6 mm (4") (Galdiano & Quaglia, 2007).

2.2.6. Metales pesados

De manera elemental, se consideran metales pesados a aquellos compendios metálicos con una densidad de al menos 5 g/cm³. Se encuentran en menos del 0,1% de la corteza terrestre y, en general, en menos del 0,01% (Aramburo, 2011).

Debido a la naturaleza venenosa de estos iones, los metales tienen una incidencia negativa tanto en los consumidores de agua como en los sistemas de



tratamiento. Por ello, su presencia en el agua potable es un aspecto clave durante el control de la calidad del agua (OPS, 1995).

Los metales pesados se dividen en dos categorías:

- **Los Micronutrientes:** Elementos como As, Cr, Co, Fe, Cu, Mn, Se, V, Mo, Zn y otros son peligrosos cuando están en contenidos superiores a las requeridas en trazas o pequeñas cantidades para el crecimiento de algunos organismos (Galán, 2008).
- **Metales pesados no esenciales:** Estos metales inducen disfunciones en los organismos vivos cuando están presentes en cantidades determinadas. No solo se acumulan en los seres vivos, sino que además son extremadamente nocivos. Los principales son: Be, Hg, Cd, Pb, Ni, Sn Sb, y Ti (Galán, 2008).

Zafra y López (2009) , identifica tres puntos principales de entrada de metales tóxicos en el agua:

- **La vía atmosférica:** Se crea cuando las partículas liberadas a la atmósfera por técnicas humanas o naturales primariamente la quema de combustibles y el proceso de fundir metales se sedimentan y pasan a formar parte de la atmósfera
- **La vía terrestre:** Son diversos procesos naturales, como la filtración de vertidos, la escorrentía de suelos afectados por la minería, el empleo de la aplicación de lodos como enmiendas y la liberación de contaminantes desde desperdicios sólidos y las precipitaciones atmosféricas).



- **La vía directa:** Es el resultado del vertido directo de aguas depuradas de ciudades e industrias en los cauces de los ríos.

2.2.7. Efectos de los metales pesados en la salud del ser humano

Los siguientes metales peligrosos figuran en la lista de contaminantes trascendentales de la (EPA, 2015) : selenio, plomo, cobre, cadmio, zinc, titanio, mercurio, arsénico, cromo, cobalto y níquel.

El CIIC ha realizado numerosas investigaciones sobre los muebles cancerígenos de los metaloides. Las sustancias se clasifican en función de su potencial carcinogénico. Las clasificadas como carcinógenos humanos en el Grupo 1 incluyen el arsénico, el cadmio, el níquel, el hierro (cuando se está expuesto a él en el trabajo) y los compuestos de cromo (VI). El plomo no orgánico y sus elementos en el Grupo 2A, clasificados como posibles carcinógenos humanos (IARC, 2002).

La forma en que se ingieren estas sustancias ya sea por inhalación de, toma de alimentos o agua impura, ingesta de medicamentos con la piel, así como la dosis y la exposición, influyen en cómo estas sustancias afectan a la salud humana. Debido al envenenamiento de los acuíferos, el agua potable es actualmente una vía de exposición más significativas (Rojas , 2002).

2.2.8. Arsénico

Es una sustancia bien conocida que se encuentra en los suelos, las rocas, el agua, la hidrosfera y la biosfera. Por otra parte, la actividad humana afecta a su movilidad a través de operaciones mineras, el uso de combustibles subproductos orgánicos, pesticidas y agentes herbicidas. Esta sustancia química

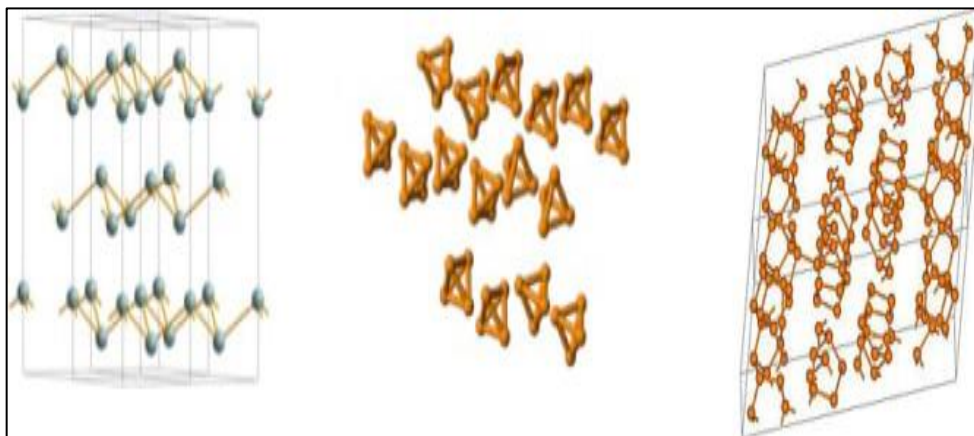
se moviliza por una combinación de procesos, como la meteorización, las emanaciones volcánicas y los procesos biológicos. Por ello, se solicitó a los órganos de la OMS una reducción del arsénico en las directrices de consumo, estableciendo un límite de 0,05 a 0,01 mg/L (Tapia, 2017).

En la tabla periódica, el arsénico es un elemento con un peso atómico de 74,922 y un número atómico de 33. Abundante en la esfera acuática, la esfera biológica y la envoltura gaseosa, representa aproximadamente el 0,05% de la corteza terrestre. El arsénico forma compuestos orgánicos e inorgánicos, como el metil y dimetilarsénico, producidos por microbios en condiciones específicas. Los compuestos inorgánicos incluyen hidruros, haluros, óxidos, sulfuros y ácidos (Vitela, 2011).

El fondo redox (Eh) y el pH se usan para rastrear la oxidación y transferencia del arsénico, siendo el agua el principal medio de propagación ambiental. El contenido de arsénico en cursos de agua varía según los tipos de As en el suelo (Caicedo & Fuentes, 2020).

Figura 1

Aspectos alotrópicos del Arsénico: en sus formas gris, amarilla y negra.



Nota. citado por Gasque (2013).



2.2.9. Cadmio

La corteza terrestre contiene la mayor parte del cadmio, que ingresa en el medio biótico a través del suelo como dispositivo de pesticidas y estiércol. (Borrego, Morales,, De la Torre, & Grande, 2022).

El cadmio proviene de fuentes naturales y artificiales, incluyendo emisiones industriales, fertilizantes y aguas residuales agrícolas (Torres, 2005).

El aumento de la contaminación por cadmio se debe a los fertilizantes fosfatados. La disolución del cadmio en agua acrecienta con la acidez, permitiendo que los compuestos sedimentables o en suspensión se disuelvan (DIGESA, 2002).

2.2.10. Coagulación y floculación

Las aguas residuales industriales se tratan con procedimientos fisicoquímicos que eliminan partículas coloidales mediante la adición de coagulantes. Estos coagulantes reducen las cargas electrostáticas de los coloides, permitiendo que se aglutinen en flóculos y macroflóculos. Existen tres tipos de coagulantes: polímeros orgánicos inorgánicos, sintéticos y derivados de fuentes naturales (Bravo, 2017).

2.2.11. Tipos de coagulantes

a. Coagulantes sintéticos

La aplicación de estos coagulantes para eliminar metales nocivos, fosfatos, aceites, grasas y otras sustancias contaminantes de las aguas residuales domésticas e industriales (Nieto & Orellana, 2011). Además, los



más comunes son «polielectrolitos, sulfato ferroso, sulfato férrico, sulfato férrico, cloruro de alúmina, sodio de aluminio, sulfato ferroso, sulfato de alúmina, polielectrolito » (Laines & Camacho, 2008).

b. Coagulantes naturales

Estos coagulantes naturales, derivados de plantas o animales, actúan aglutinando átomos en suspensión en el agua, reduciendo su turbidez por sedimentación. Son inocuos, biodegradables, y pueden usarse en agricultura, así como en la depuración de aguas desechas y agua potable, especialmente en países en desarrollo (Ledo, Lima, Duarte, & Pauto, 2009).

En la actualidad se investigan en todo el mundo diversos compuestos naturales, y en América Latina, se empleaban tradicionalmente coagulantes como la patata, la yuca, el cactus, el maíz, el trigo, etc., para purificar el agua (Ledo & Pauto, 2009).

2.2.12. Mecanismo de coagulación

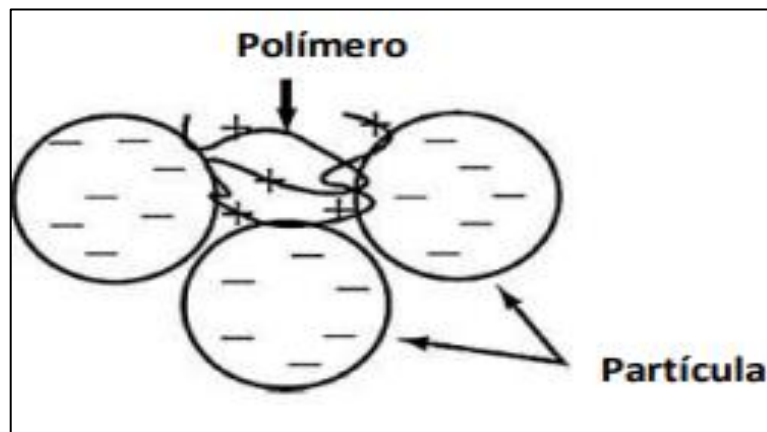
Se han estudiado los dispositivos de floculación y coagulación, como la neutralización de cargas y la alineación de puentes, para entender cómo los coagulantes interactúan con elementos en el agua (Bohuslav Dobias, 2005). El agente de recubrimiento interactúa con los coloides dispersos a través de adsorción y fuerzas como electrostáticas y enlaces de hidrógeno, según las dosis inapreciables de coagulante- floculante. Esto provoca que los coloides se vuelvan inestables y que los polvos suspendidos se agrupen en enormes flóculos que luego se precipitan (Bolto, 2007).

a. Neutralización de la carga

La neutralización de las cargas de las partículas contaminantes a través de la adsorción del coagulante, es un mecanismo común para provocar la precipitación de las partículas coloidales. La Figura 2 ejemplifica este proceso (Bravo, 2017).

Figura 2

Esquema del mecanismo de coagulación, neutralización de carga.



Nota., citado por Boluslav (2005).

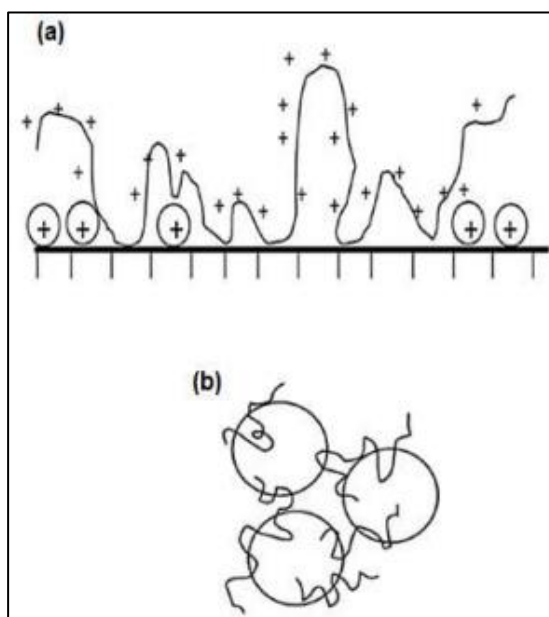
Las fuerzas de Van Der Waals hacen que los aserrines coloidales se agrupen primero durante el proceso de coagulación, lo que permite que la solución coloidal se vuelva inestable (Kleimann & Borkovec, 2005). Al haber menos fuerza de aversión eléctrica entre los aserrines coloidales debido a la mengua de la carga frívolo, puede producirse floculación. Las fuerzas hacen que las partículas se agrupen, lo que desestabiliza la solución coloidal. (Kleimann & Borkovec, 2005). Diversos estudios insinúan seguir las dosis recomendadas empleando coagulantes para contrarrestar la carga de las partículas ya que una sobra de polímero puede invertir su carga, causando una dispersión con carga positiva (Bravo, 2017).

b. Puente de polímero

Los coagulantes de peso molecular alto, con disminución densidad de carga, participan en este proceso. Los conjuntos químicos de los polímeros naturales logran combinar con la superficie de las partículas flotantes, adsorbiéndose en ellas y formando puentes entre las partículas contaminantes (Sharma & Merchant, 2006). Es crucial ajustar la cantidad de coagulante para un puenteo efectivo: debe ser suficiente para formar puentes entre partículas sin llegar a niveles que provoquen la reestabilización de coloides. Aunque los flóculos generados por el puenteo polimérico pueden ser mucho mayores y más resistentes que los creados por otros métodos, es esencial evitar tanto una dosis insuficiente como excesiva de coagulante (Bolto, 2007).

Figura 3

- (a) Adsorción de polímero y formación de flóculos accesibles para la unión.
(b) Interconexión polimérica entre partículas (agregación)



Nota. citado por Sharma y Merchant (2006).



c. Parche electrostático

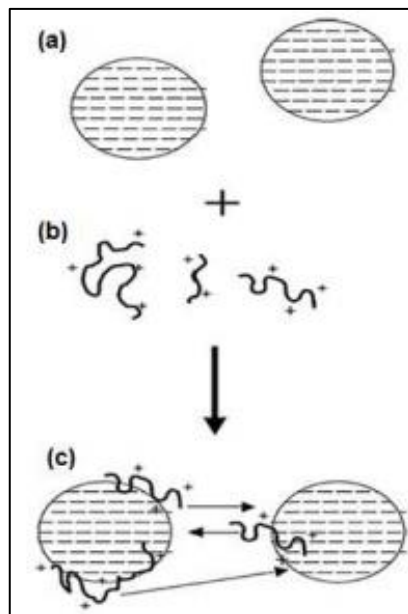
Con este método, se desarrollan áreas activas catalíticas entre sectores de superficies cargadas negativamente.

Para producir parches catiónicos entre comarcas en las partículas coloidales debido a su elevada carga positiva (Fig. 3b), los coagulantes catiónicos se adhieren en las superficies de las partículas cargadas negativamente con carga negativa (fig. 3a). A modo que los elementos se acercan entre sí, se forma una fuerza de atracción electrostática entre las partes positivas y las negativas (fig. 3c). Esta atracción electrostática puede provocar la floculación y la adhesión de partículas en este mecanismo de parches electrostáticos, ya que la adsorción se produce a la inversa (Bolto, 2007).

Este método produce flóculos más resistentes que los obtenidos con compuestos metálicos o por neutralización de la carga, pero menos fuertes que los formados mediante puentes. La floculación por parche electrostático requiere una alta intensidad de carga de los agentes floculantes, mientras que la floculación por puente interpartículas aumenta al disminuir la densidad de carga (Sharma & Merchant, 2006).

Figura 4

Partículas cargadas negativamente (b) Coagulantes con carga positiva (c) Neutralización de carga por coagulación utilizando el mecanismo de parche.



Nota. citado por Sharma y Merchant (2006).

d. Mecanismo de Coagulación de barrido

La floculación de barrido en aguas de baja turbidez se basa en la capacidad del agente coagulante para atrapar partículas coloidales y formar grandes flóculos con una distribución tridimensional. Su gran superficie y fuerte potencia de adsorción permiten capturar y eliminar contaminantes residuales del agua (Yang, y otros, 2011).

2.2.13. Factores que influyen en la coagulación

Andia (2000), Para maximizar la causa de coagulación, hay que tener en cuenta todos los elementos que lo afectan. La relación entre estos factores permite prever la cuantía de coagulante que debe aumentar al agua. Estos son algunos de los factores más importantes:

a. Temperatura

Cahill y Fitz, citados en Pérez (1997), identificaron dos zonas distintas de fluctuación en el efecto de la temperatura sobre la coagulación: de 0° a 10°C y de 10° a 40°C. En la primera zona, la eliminación de turbidez disminuye a medida que la temperatura se va acercando a 0°C completo a la mayor pegajosidad del agua, que reduce el transporte y aglomeración de aserrines coloidales, además de reducir el intervalo óptimo de pH. En la segunda zona, de 10° a 40°C, la eliminación de turbidez mejora con el aumento de la temperatura debido a un mayor número de colisiones entre partículas

b. Dosis óptima

La muda de la turbidez restante dependiendo de la dosis de coagulante. da cuenta de la influencia de este factor. A través de las curvas de coagulación logran distinguirse cuatro zonas:

Figura 5

Zonas de coagulación.



Nota. Citado por Pérez (1997).

Zona 1: No se produce coagulación porque el contenido de coagulante es insuficiente para desmoronar las partículas; Zona 2: Se causa una



aglutinación resuelta de los coloides cuando se aumenta la dosis de coagulante; Zona 3: Si se sigue aumentando la dosis, los coloides pueden desestabilizarse a determinados valores de pH; y Zona 5: Se sigue incrementando la dosis hasta que se produce la sobresaturación; esto da lugar a otra precipitación rápida de los coagulantes, que tiene como incidencia de barrido el arrastre de las partículas que arreglan la turbidez en su descenso (López, 2018).

c. pH del Agua

Según (Pérez de la Cruz & Urrea, 2016) afirman que para maximizar los rendimientos y productos, la floculación debe realizarse siempre en la zona de pH para cada coagulante donde se pueda conseguir una buena floculación de forma rápida y con una cantidad específica de coagulante.

d. Concentración óptima

Dado que se inyecta relativamente poco coagulante en relación con el volumen de agua a tratar, debe haber suficiente turbulencia en el agua para que el coagulante se esparza a lo largo de toda la masa y pueda entrar en contacto más fácil y rápidamente con el mayor número de partículas coloidales y simule eficazmente el proceso de coagulación. Además, las soluciones muy diluidas tienen el potencial de hidrolizarse antes de su aplicación, produciendo subproductos indeseables para la desestabilización de las partículas (López, 2018).

e. Alcalinidad

Afecta al ritmo al que reaccionan los coagulantes; una alcalinidad baja (< 30 mg/L) provoca respuestas lentas; niveles con una alcalinidad que excede los 70 mg/L provocan reacciones rápidas (Barajas & León, 2015).



f. Mezcla y aplicación

El método de coagulación y el área de aplicación, la duración de la mezcla, la intensidad de la agitación y el tipo de equipo de combinación son algunos de los parámetros físicos que afectarán al proceso de coagulación. Es necesaria una mezclanza intensa para distribuir uniformemente el coagulante por el agua y ponerlo en relación con los aserrines coloidales previo a la finalización de la reacción. El coagulante también debe aplicarse en el punto donde se produce la mayor turbulencia, en lugar de aplicarse superficialmente, para asegurar una coagulación homogénea (Andia Cárdenas, 2000).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Prueba de jarras

Consiste en aumentar reuniones de coagulante a vasos de precipitados que sujetan muestras hídricas con turbiedades variables. Para homogeneizar el medio y favorecer la formación de flóculos, los vasos de precipitados se someten simultáneamente a agitación rápida y lenta. Una vez detenida finalmente la agitación y establecida una condición de reposo, se examinan las muestras de agua (Andia , 2000).

2.3.2. Espectrofotometría

Fundamenta su funcionamiento en la interacción de la materia y energía. El componente físico medido tras esa conexión determina el tipo de espectrometría; normalmente, la pieza medida es el contenido energético recibido o generada (Guijarro, 2010).



2.3.3. Harina de habas

Es rica en proteínas y compuestos bioactivos, la harina de habas tiene propiedades que pueden oponer los electrones de las partículas disueltas en el agua, promoviendo su unión. Esto la convierte en un coagulante natural y ecológico, alternativo a los coagulantes artificiales convencionales como el sulfato aluminico (Andia , 2000).

2.3.4. Harina de maíz

Es un polvo pulverizado que se obtiene al moler granos de maíz secos. Contiene almidones, proteínas y otros compuestos que, bajo ciertas condiciones, pueden interactuar con las partículas dispersas en el medio acuoso, ayudando a la alineación de flóculos (Bravo, 2017).

2.3.5. Remoción

Implica trasladar un objeto de un lugar a otro y/o alterar las circunstancias, la etapa o el estado de una especie (Perez Nuñez , 2018).

2.3.6. Eficiencia de tratamiento

Se expresa a menudo como la relación en términos porcentuales- entre la cantidad reducida y la cantidad o concentración actual en el efluente, en el marco de un método de tratamiento en asociación con un parámetro determinado (UniversitarioG, 2018).

2.3.7. Límite Máximo Permissible (LMP)

Es una medida que cuantifica la cantidad, la proporción o la magnitud de los parámetros químicos o elementos físicos que determinan un curso de agua o vertimientos; cuando exceden los límites permisibles, pueden ser perjudiciales para el ecosistema, la salubridad humana y el bienestar (MINAM, 2010).



CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Diseño de investigación

A razón de que la variable dependiente -la remoción de metales pesados del agua subterránea- es medida, controlada y validada, y la variable independiente -los coagulantes naturales- es alterada intencionalmente, este trabajo presenta un estudio experimental a pequeña escala.

Sin embargo, debido a que se puede examinar la asociación entre 2 variables, se considera una investigación relacional (Hernández Sampieri, 2014). Para ello, primero debe medirse cada variable, luego cuantificarse, examinarse y establecer conexiones.

3.2. Tipo de investigación

El presente proyecto de investigación utiliza una técnica experimental cuantitativa en consonancia con los objetivos de investigación y las recomendaciones de Hernández y Fernández (2010). Esto se debe a que la



recogida de información se emplea para experimentar la hipótesis, que está basada en la medición cuantificable y el análisis descriptivo.

3.3. Diseño estadístico

a) Modelo de regresión exponencial

Cuando se espera una conexión no lineal está vinculada a diversas variables independientes, se emplea el modelo de regresión exponencial. En este modelo, una función exponencial, asocia la variable dependiente (Y) con la variable independiente (X) de la siguiente manera

$$Y = \alpha e^{\beta X}$$

Este tipo de regresión es útil cuando los datos muestran un crecimiento o decrecimiento exponencial y es frecuentemente aplicado en estudios de contaminación y en otros campos donde las relaciones no lineales son comunes. (Gujarati & Porter, 2009)

3.4. Procedimiento metodológico

3.4.1. Objetivo 1: Determinar la concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.

a. Ubicación del lugar de muestreo

La ubicación del lugar de muestreo del pabellón de hidráulica de la UANCV Juliaca, se encuentra situada en la provincia de San Román, de la región de Puno, a continuación, se observa las coordenadas del lugar de muestreo.

Tabla 3

Coordenadas del punto de muestreo de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV Juliaca.

Código	Ubicación		Fecha
P – 1	E: 380117.93	N: 8282287.07	30/07/2024

b. Toma de muestra

Según la ABNT 15.847 de 2010, el muestreo de aguas subterráneas -que se derivó de las normas ASTM D 6552:1999 y ASTM D 4548:2001- fue el método de muestreo de agua que se siguió a efectos de la toma de muestras hídricas, tal como aconseja el Ministerio de Medio Ambiente en la guía de adecuadas prácticas en el examen de sitios contaminados (MINAM, 2010).

- Inicialmente, se dejó caer un cubo de plástico transparente por el pozo hasta una profundidad significativa desde la superficie libre del líquido, teniendo cuidado de no entrar en contacto con las paredes del pozo en ningún momento. A continuación, se arrebataron muestras de agua subterránea de la UANCV y se colocaron en tarros de vidrio esterilizados de boca ancha con cierre hermético. Una de las botellas se limpiaba con la misma agua, mientras que la otra se designaba como muestra para el análisis. Para evitar cualquier confusión, las botellas se etiquetaron adecuadamente.
- Finalmente, las muestras se llevaron al laboratorio de EPISA - UANCV para el examen correspondiente.



c. Análisis de la concentración de metales pesados de las aguas subterráneas de la UANCV.

Para cuantificar la presencia de metales pesados se realizaron lo siguiente:

Método: Espectrofotometría.

Calibración de los instrumentos:

- El aparato se ajustó de pacto con las instrucciones del manual.
- Se utilizaron soluciones patrón de cada dispositivo generadas a los contenidos especificadas en la guía de instrucciones para verificar la sensibilidad del instrumento.
- Después de poner el aparato a cero, se midió la absorbancia de cada solución patrón en al menos tres réplicas utilizando los patrones de calibración y las soluciones patrón ordenadas de mínimo a mayor contenido.
- El trazado de la absorbancia en base del contenido y la lectura o registro de los patrones de elementos dio lugar a la construcción de una curva de calibración.

Determinación:

- Tras introducir las muestras para el análisis y registrar las lecturas de absorbancia, se utilizó el blanco de reactivos. Cada conjunto de muestras tenía al menos un blanco de reactivo que se examinó.
- Resultados expresados en mg/L



d. Trabajo en gabinete

Tras recibir los resultados, la información se creó utilizando el programa Excel para crear tablas y figuras que mostraban los contenidos de concentración de los datos. A continuación, se compararon en cumplimiento con las normas de la LMP para el agua.

3.4.2. Objetivo 2: Determinar la dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.

a. Preparación del coagulante:

Los coagulantes naturales, que incluyen harina de maíz y harina de judías, se prepararon primero en varias cantidades y se pesaron con una balanza analítica. A continuación, se disolvieron en 100 mililitros de agua y se agitaron hasta que la mezcla quedó totalmente diluida.

b. Prueba de Jarras

Una vez obtenida la solución de coagulante natural, preparamos el aparato de prueba de los tarros. Se utilizaron frascos de dos litros y, después de enjuagarlos con agua destilada, se realizaron pruebas en seis frascos. Cada frasco contenía 500 mililitros de muestra de agua subterránea, la cual fue tomada del pabellón hidráulico de la UANCV Juliaca. Luego se dosificaron los coagulantes a diferentes concentraciones -10, 15, 20, 25 y 30 mg/L- utilizando pipetas. Se emplearon dos métodos de agitación diferentes en el aparato de ensayo del frasco: agitación vertiginosa a 180 RPM con un lapso de 1,6 minutos

y agitación moderada a 70 RPM con un lapso de 15 minutos. Después, se dejó reposar el tarro durante un rato.

Tabla 4

Ensayos de prueba de jarras con la adición de coagulantes: harina de habas y harina de maíz.

Coagulantes naturales (harina de habas y maíz)				
N° de tratamiento	Dosis (mg/L)	Cantidad de Muestra (ml)	Agitación Rápida (RPM)	Agitación Lenta (RPM)
T1	10	500	180	80
T2	15	500	180	80
T3	20	500	180	80
T4	25	500	180	80
T5	30	500	180	80

Tras la sedimentación, se extrajeron muestras y se examinaron en cada frasco para detectar la presencia de metales pesados (cadmio y arsénico).

3.5. Materiales y equipos

a. Materiales:

- Balde transparente.
- Cooler.
- Frascos de PVC y vidrio.
- Recipientes precipitados.
- Pipetas.
- Probetas.
- Tubos de ensayo.
- Matraces.



- Espátula.
- Vagueta.
- Fiola de 100 ml.
- Gradillas.
- Bolsas ziploc.
- Cinta.
- Rotulador de tinta indeleble

b. Equipos e instrumentos:

- Mufla.
- GPS.
- Balanza analítica.
- Dispositivo de prueba de jarras.
- Aparato fotográfico.
- Equipo de espectrofotómetro.

c. Reactivos e Insumos:

- Agua destilada.
- Muestra de agua.
- Harina de habas y maíz.

3.6. Técnicas e instrumentos

3.6.1. Técnicas

El investigador esgrime estos instrumentos para recopilar y documentar datos: cuestionarios, evaluaciones, valoraciones y actitudes.

La investigación actual se valió de las siguientes técnicas:

- Revisión.



- Observación.
- Análisis estadístico.

3.6.2. Instrumentos

- Fichas de campo.
- Control de la evidencia.
- Libreta de campo.
- Para la gestión de información.

3.7. Población y muestra

3.7.1. Población

Teniendo en cuenta la definición dada por Hernández y Fernández (2018): « La población y/o universo hace referencia a un conjunto de individuos u objetos que se seleccionan para un estudio. Para este trabajo, se considera como población al pabellón de hidráulica de la UANCV.

3.7.2. Muestra

Considerando que " Una muestra es un grupo seleccionado para representar las características de la población total y permitir análisis estadísticos" (Hernández & Fernández, 2018).

En el contexto de este trabajo la muestra representa los 30 litros de agua subterránea del pabellón de hidráulica de la UANCV. En donde, la ubicación o coordenadas del punto de monitoreo se exhibe.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

4.1.1. Concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.

Los resultados de la concentración de metales pesados (arsénico y cadmio) son el seguimiento de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV Juliaca.

De igual manera, es crucial resaltar que la normativa peruana empleada fue el "Normas de calidad del agua potable, Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM, Anexo III: LMP para Parámetros Químicos Inorgánicos y Orgánicos.

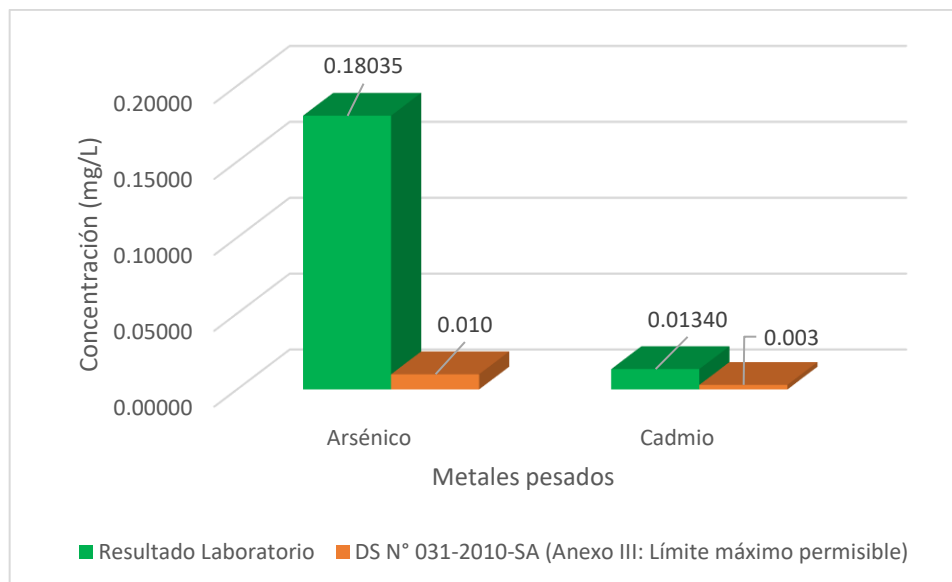
Tabla 5

Concentración del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.

Parámetro	Unidad	Resultado	DS N° 031-2010-SA Límite máximo permisible según la norma
Arsénico	mg/L	0.18035	0.010
Cadmio	mg/L	0.01340	0.003

Figura 6

Concentración de arsénico y cadmio de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV VS los LMP del D.S. N° 010 - 2010 – MINAM.



La tabla 4 y figura 6, manifiesta los niveles de arsénico y cadmio en las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV; en donde, se puede apreciar que para el As se halló un contenido de 0.18035 mg/L y para el cadmio se halló una contenido de 0.01340 mg/L ambos metales pesados superan el "LMP, el cual para arsénico nos da un valor de 0.010 mg/L y para cadmio nos da un valor de 0.003mg/L. La identificación de metales como el arsénico y cadmio en las aguas subterráneas puede estar relacionada con la composición geológica del suelo y las rocas. Estos elementos pueden hallarse presentes de manera natural en los minerales que forman el subsuelo y pueden disolverse en el agua subterránea, especialmente en condiciones específicas de pH y oxidación.

4.1.2. Dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.

En las siguientes tablas se presenta la erradicación de metales como el arsénico y cadmio de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.

Tabla 6

Concentración inicial y final del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV después de utilizar el coagulante natural "harina de habas".

Tratamiento	Dosis de la harina de habas (mg/L)	Arsénico inicial (mg/L)	Arsénico final (mg/L)	Cadmio inicial (mg/L)	Cadmio final (mg/L)
T1	10	0.18035	0.18000	0.01340	0.01338
T2	15	0.18035	0.17530	0.01340	0.01332
T3	20	0.18035	0.16480	0.01340	0.01328
T4	25	0.18035	0.16510	0.01340	0.01230
T5	30	0.18035	0.16500	0.01340	0.01235

La tabla 6, manifiesta el contenido inicial y final del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV después de emplear como coagulante a la harina de habas, en donde podemos indicar que en el tratamiento 4 (T4) se observa una mejor remoción para el arsénico teniendo un contenido inicial de 0.18035 mg/L después de utilizar como coagulante la harina de habas este resultado inicial redujo a una concentración de 0.16510 mg/L; de igual manera para el cadmio al inicio se observó una manifestación de 0.01340 mg/L después de utilizar como coagulante la harina de habas este resultado inicial redujo a una

concentración de 0.01230 mg/L por lo que también se podría indicar que se obtuvo un mejor resultado en el tratamiento 4 (T4) con una dosis del coagulante a 25 mg/L.

Tabla 7

Concentración inicial y final del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV después de utilizar el coagulante natural "harina de maíz".

Tratamiento	Dosis de la harina de maíz (mg/L)	Arsénico inicial (mg/L)	Arsénico final (mg/L)	Cadmio inicial (mg/L)	Cadmio final (mg/L)
T1	10	0.18035	0.18033	0.01340	0.01325
T2	15	0.18035	0.17620	0.01340	0.01322
T3	20	0.18035	0.14205	0.01340	0.01320
T4	25	0.18035	0.10201	0.01340	0.01290
T5	30	0.18035	0.10211	0.01340	0.01293

La tabla 7, manifiesta la manifestación inicial y final del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV después de emplear como coagulante a la harina de maíz, en donde podemos indicar que en el tratamiento 4 (T4) se observa una mejor remoción para el arsénico teniendo un contenido inicial de 0.18035 mg/L después de utilizar como coagulante la harina de maíz este resultado inicial redujo a una concentración de 0.10201 mg/L; de igual manera para el cadmio al inicio se observó una manifestación de 0.01340 mg/L después de utilizar como coagulante la harina de maíz este resultado inicial redujo a una concentración de 0.01290 mg/L por lo que también se podría indicar que se obtuvo un mejor resultado en el tratamiento 4 (T4) con una dosis del coagulante a 25 mg/L.

A continuación, en las siguientes figuras teniendo en cuenta las concentraciones iniciales del arsénico y cadmio mencionadas en la tabla 6 y 7 se muestran los porcentajes de depuración para cada coagulante, para así estimar el contenido óptimo para la remoción del arsénico y cadmio empleando coagulantes de origen natural como la harina de habas y harina de maíz, en el cual el proceso de mezcla consistió en 1.5 minutos a 180 rpm, 15 minutos a 80 rpm y una precipitación de 40 minutos.

Harina de habas:

Tabla 8

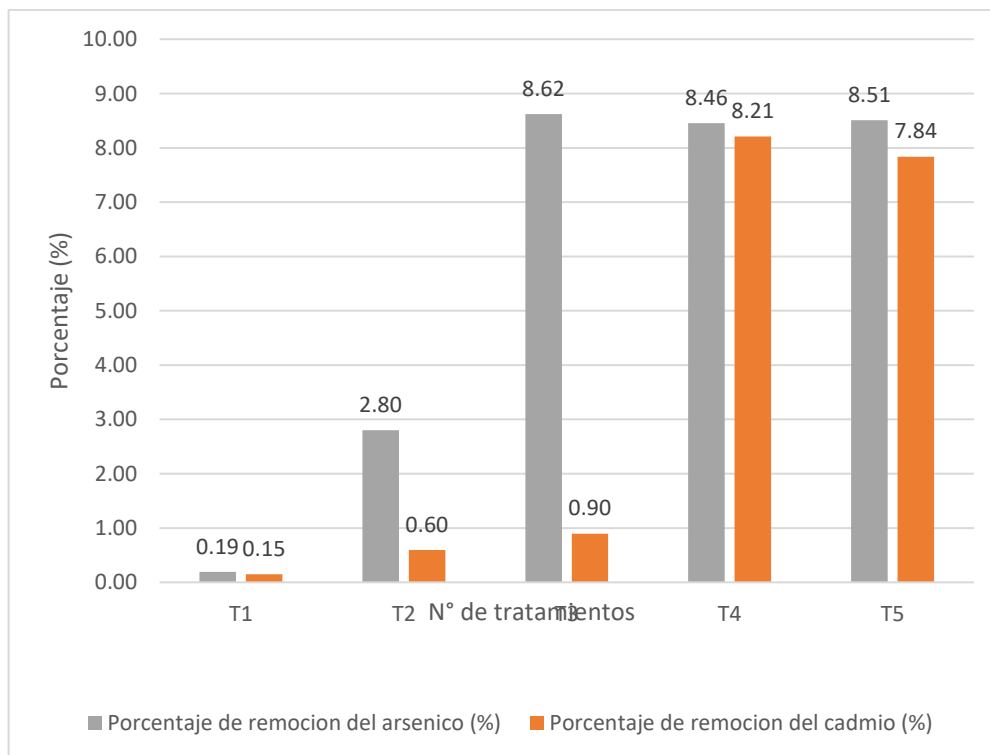
Dosis optima de la harina del haba como coagulante en la remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV.

Tratamiento	Dosis de la harina de habas (mg/L)	Porcentaje de remoción del arsénico (%)	Porcentaje de remoción del cadmio (%)
T1	10	0.19	0.15
T2	15	2.80	0.60
T3	20	8.62	0.90
T4	25	8.46	8.21
T5	30	8.51	7.84

En la tabla 8, se observa la dosis optima de la harina del haba como coagulante en la remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV; en donde para ello se trabajaron con 05 concentraciones diferentes: T1=10mg/L, T2=15mg/L, T3=20mg/L, T4=25mg/L, T5=30mg/L; en donde se exhibe que el tratamiento 04 (T4) con un contenido del coagulante harina de haba al 25mg/L se obtuvo un resultado optimo en la remoción del arsénico con una reducción porcentual de 8.46% y para el cadmio se alcanzó un porcentaje de remoción del 8.21%.

Figura 7

Porcentaje de remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV utilizando como coagulante a la harina de habas.



En la figura 7, se exhibe la remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV utilizando como coagulante a la harina de habas, en donde se aprecia un mayor porcentaje de reducción en ambos metales pesados en el tratamiento 4 (T4), consiguiendo para arsénico un porcentaje de reducción del 8.46% y para el cadmio se alcanzó un porcentaje de remoción de 8.21%.

Harina de maíz:**Tabla 9.**

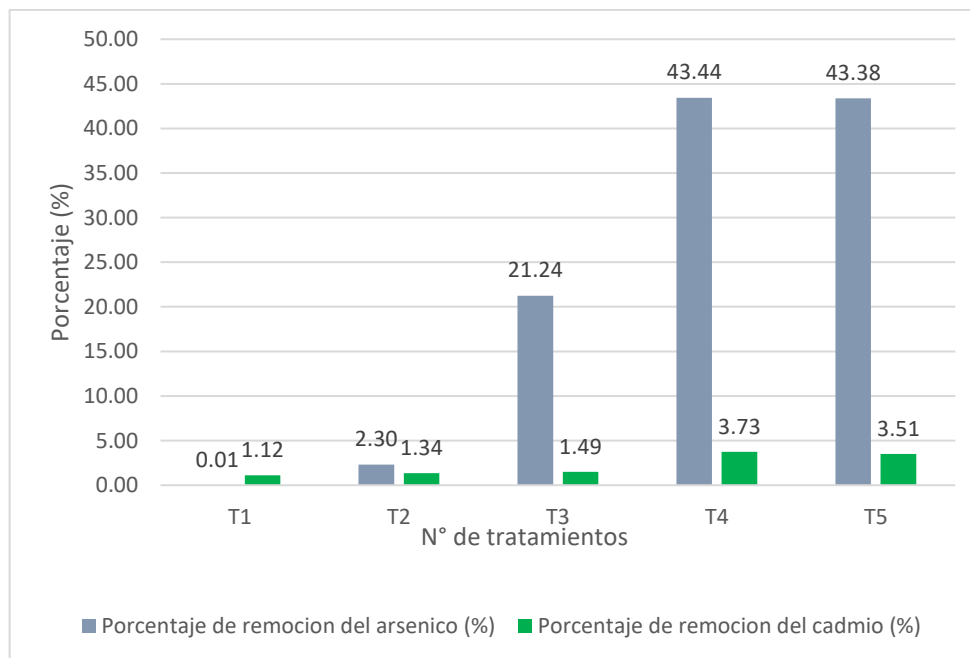
Dosis óptima de la harina del maíz como coagulante en la remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV.

Tratamiento	Dosis de la harina de maíz (mg/L)	Porcentaje de remoción del arsénico (%)	Porcentaje de remoción del cadmio (%)
T1	10	0.01	1.12
T2	15	2.30	1.34
T3	20	21.24	1.49
T4	25	43.44	3.73
T5	30	43.38	3.51

En la tabla 9, se exhibe un contenido óptimo de la harina del maíz como coagulante en la remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV; en donde para ello se trabajaron con 05 concentraciones diferentes: T1=10mg/L, T2=15mg/L, T3=20mg/L, T4=25mg/L, T5=30mg/L; en donde se exhibe que el tratamiento 04 (T4) con una dosis del coagulante harina de maíz al 25mg/L se obtuvo un resultado óptimo en la remoción del arsénico con un porcentaje de reducción de 43.44% y para el cadmio se alcanzó un porcentaje de reducción del 3.74%.

Figura 8

Porcentaje de remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV utilizando como coagulante a la harina de maíz.



La figura 8, evidencia el porcentaje de remoción del arsénico y cadmio de las aguas subterráneas de la UANCV utilizando como coagulante a la harina de maíz, en donde se aprecia un mayor porcentaje de reducción en ambos metales pesados en el tratamiento 4 (T4), consiguiendo para arsénico un porcentaje de reducción del 43.44% y para el cadmio se alcanzó un porcentaje de reducción de 3.73%.

Prueba de hipótesis.

- a) La dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de As de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, son efectivas.

Tabla 10

Resumen del modelo: dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de arsénico de aguas subterráneas

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,889	0,791	0,721	0,022

La VI es Dosis de la harina de habas (mg/L).

En la tabla 10 se exhibe, el modelo que analiza la asociación entre la dosis de harina de habas y la reducción de arsénico en aguas subterráneas muestra una fuerte tendencia a aumentar juntas, con un coeficiente de correlación (R) de 0.889. Además, el R cuadrado de 0,791 sugiere que el 79,1% de la variabilidad en la remoción de arsénico puede explicarse por la dosis aplicada, lo que demuestra una excelente habilidad predictiva del modelo. El R cuadrado ajustado (0,721) confirma la robustez del modelo, y un error estándar de 0,022 sugiere que las predicciones del modelo son exactas.

Tabla 11

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,005	1	,005	11,357	,043
Residuo	,001	3	,000		
Total	,007	4			

La VI Dosis de la harina de habas (mg/L).

La Tabla 11 del ANOVA manifiesta el modelo de regresión tiene un valor F de 11,357, lo que indica una significancia estadística. ($p = 0,043$) es inferior a 0,05, Lo que sugiere que se presenta una relación óptima entre la dosis de harina de habas y la eliminación de arsénico. La suma de cuadrados de regresión (0,005) refleja la variabilidad en los datos que el modelo puede predecir, mientras

que la suma cuadrática (0,001) indica la variabilidad que no se explica. Esto indica que el modelo es eficaz para explicar la mayor parte de la variación en la remoción de As en relación con la dosis administrada.

Tabla 12

Coefficientes de la ecuación de regresión exponencial para el arsénico en función de la dosis de la harina de habas

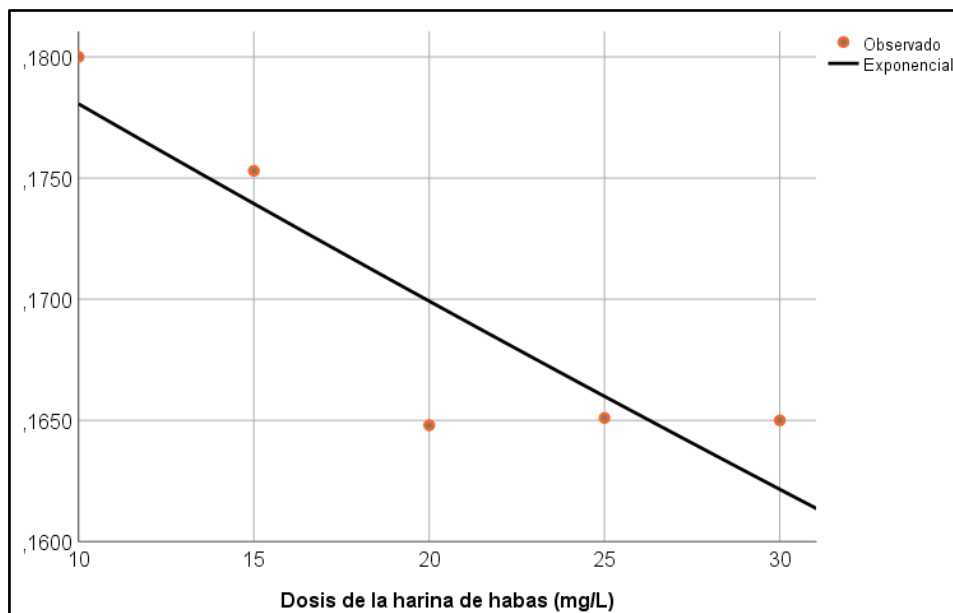
	Coeficientes no estandarizados		Coeficiente s estandarizados	t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta		
Dosis de la harina de habas (mg/L)	-0,005	0,001	-0,889	-3,370	0,043
(Constante)	0,187	0,005		33,950	0,000

La VI es $\ln(\text{Arsénico final (mg/L)})$.

La Tabla 12 evidencia los coeficientes de una regresión exponencial que relaciona la dosis de harina de habas con la separación de arsénico. El coeficiente no estandarizado para la dosis de la harina de habas es -0,005, lo que alude que por cada incremento de 01 mg/L en la dosis, el valor del arsénico disminuye en 0,005 mg/L. El valor de $t = -3,370$ y el valor de significancia ($p = 0,043$) demuestra que esta relación es estadísticamente significativa al nivel del 5%, lo que indica una correspondencia negativa entre la dosis y el contenido de arsénico. La constante es 0,187, lo que representa el valor esperado de la concentración de arsénico cuando la dosis de harina de habas es cero.

Figura 9

Relación entre el arsénico y la dosis de la harina de habas



La figura 9, representa el modelo exponencial, muestra una tendencia claramente decreciente. Esto indica que al incrementar la dosis de harina de habas, la concentración de arsénico tiende a disminuir.

b) La dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, son efectivas.

Tabla 13

Resumen del modelo: dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas subterráneas

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,884	0,782	0,709	0,023

La VI es Dosis de la harina de habas (mg/L).

En la tabla 13, el modelo muestra una **fuerte correlación** ($R = 0,884$) entre la dosis de harina de habas (mg/L) y la remoción de cadmio en aguas subterráneas, indicando que, a mayor dosis, mejor es la remoción. El **R cuadrado** de 0,782 sugiere que el 78,2% de la variabilidad en la remoción de cadmio se explica por la dosis utilizada, y el **R cuadrado ajustado** de 0,709 ratifica la robustez del modelo al ajustar por la cantidad de variables. Además, el **error estándar de la estimación** (0,023) es mínimo, lo que refleja una alta exactitud en los pronósticos del modelo.

Tabla 14

ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,006	1	,006	10,731	,047
Residuo	,002	3	,001		
Total	,007	4			

La VI es Dosis de la harina de habas (mg/L).

La Tabla 14 de ANOVA muestra que el modelo es estadísticamente robusto (Sig. = 0,047), lo que indica que la dosis de harina de habas (mg/L) tiene repercusiones en relevante en la eliminación de cadmio en aguas subterráneas. El valor F de 10,731 sugiere que la dispersión explicada por el modelo es ampliamente mayor que el error, y la suma de cuadrados explicados por la regresión (0,006) explica gran parte de la variabilidad total (0,007). Esto confirma que el modelo concuerda bien a la información.

Tabla 15

Coeficientes de la ecuación de regresión exponencial para el cadmio en función de la dosis de la harina de habas

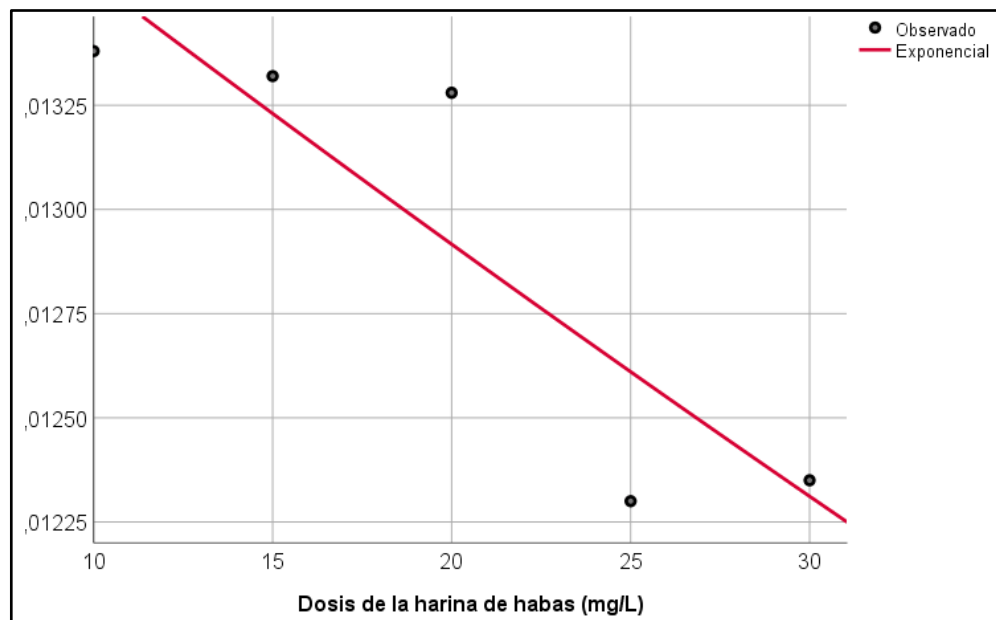
	Coeficientes				
	Coeficientes no estandarizados		estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
Dosis de la harina de habas (mg/L)	-,005	,001	-,884	-3,276	,047
(Constante)	,014	,000		32,188	,000

La VI es $\ln(\text{Cadmio final (mg/L)})$.

La Tabla 15 presenta los coeficientes de una regresión exponencial que modela la asociación entre la dosis de harina de habas y la remoción de cadmio en aguas subterráneas. El coeficiente no estandarizado para la dosis de harina de habas es -0,005, lo que alude que por cada ampliación de 1 mg/L en la dosis, el valor de Cadmio disminuye en 0,005 mg/L. El coeficiente estandarizado Beta (-0,884) muestra una fuerte asociación negativa entre la dosis y la remoción de cadmio. El valor t (-3,276) y la significancia (0,047) sugieren que esta relación es estadísticamente significativa. La constante (0,014) corresponde al valor de $\ln(\text{Cadmio final})$ cuando la dosis es cero, con un valor t alto (32,188) y significancia de 0,000, confirmando su importancia en el modelo.

Figura 10

Relación entre el cadmio y la dosis de la harina de habas



La figura 10, representa el modelo exponencial, muestra una tendencia claramente decreciente. Esto indica que con el aumento de la dosis de harina de habas, la concentración de arsénico tiende a disminuir.

c) La dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de arsénico de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, son efectivas.

Tabla 16

Resumen del modelo: dosis de la harina de maíz y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de arsénico de aguas subterráneas

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,951	0,905	0,873	0,100

La VI es Dosis de la harina de maíz (mg/L).

La Tabla 16 muestra una síntesis del modelo que examina la asociación entre la dosis de harina de maíz (mg/L) y la depuración de arsénico en aguas subterráneas. El coeficiente de relación R (0,951) señala una asociación positiva significativa, sugiriendo que un aumento en la dosis de harina de maíz está asociado con una mayor remoción de arsénico. El R cuadrado (0,905) muestra que el 90,5% de la variabilidad en la remoción de arsénico se explica por la dosis, mientras que el R cuadrado ajustado (0,873) confirma la solidez del modelo, ajustando por el número de variables. El error estándar de la estimación (0,100) es mínimo, lo que alude que el modelo tiene una buena precisión predictiva.

Tabla 17
ANOVA

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0,284	1	0,284	28,562	0,013
Residuo	0,030	3	0,010		
Total	0,313	4			

La VI es Dosis de la harina de maíz (mg/L).

La Tabla 17 de ANOVA muestra que el modelo que relaciona la dosis de harina de maíz (mg/L) con la depuración de arsénico en aguas subterráneas es estadísticamente significativo (Sig. = 0,013). La suma cuadrática de la regresión (0,284) explica la mayor parte de la variabilidad total (0,313), lo que alude que la dosis tiene un impacto considerable en la depuración de arsénico. El valor F de 28,562 sugiere que la variabilidad expuesta por el modelo es significativamente mayor que el error (residuo), con una media cuadrática de 0,284 para la regresión frente a 0,010 para el residuo. Esto corrobora la aplicabilidad del modelo y que la dosis de harina de maíz tiene una consecuencia relevante en la reducción de arsénico.

Tabla 18

Coefficientes de la ecuación de regresión exponencial para el arsénico en función de la dosis de la harina de maíz

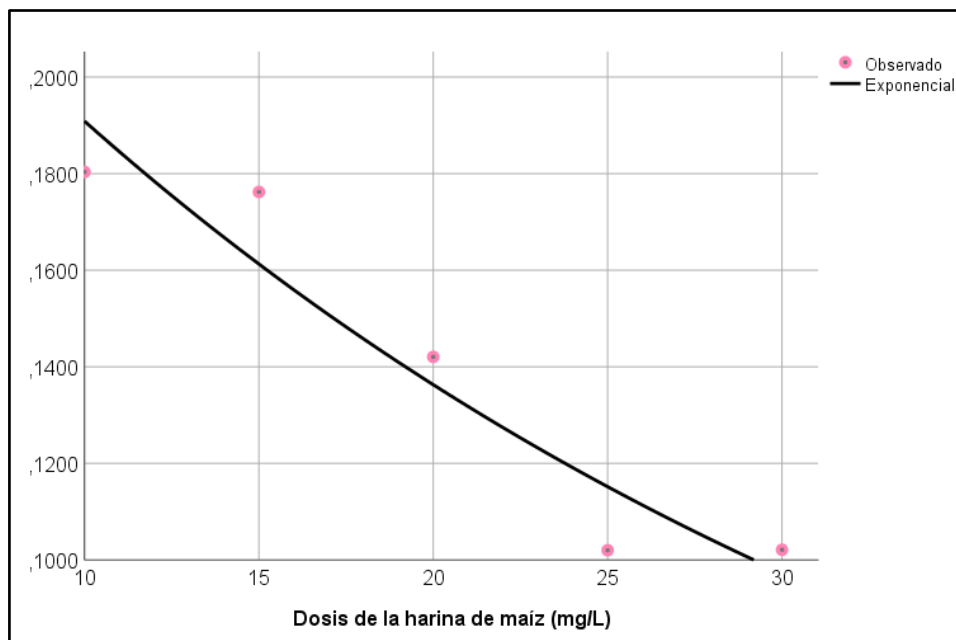
	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta			
Dosis de la harina de maíz (mg/L)	-0,034	0,006	-0,951		-5,344	0,013
(Constante)	0,267	0,036			7,480	0,005

La VI es $\ln(\text{Arsénico final (mg/L)})$.

La Tabla 18 evidencia los coeficientes de una regresión exponencial que modela la relación entre la dosis de harina de maíz (mg/L) y la remoción de arsénico en aguas subterráneas. El coeficiente no estandarizado para la dosis de harina de maíz es -0,034, lo que alude que por cada ampliación de 1 mg/L en la dosis, el valor de Arsénico disminuye en 0,034 mg/L. El coeficiente estandarizado Beta (-0,951) muestra una fuerte relación negativa, lo que sugiere que el aumento en la dosis reduce significativamente la concentración de arsénico. El valor t (-5,344) y la significancia (0,013) indican que esta relación es estadísticamente significativa. La constante (0,267) refleja el valor de arsénico cuando la dosis es nula con un valor t de 7,480 y una significancia de 0,005.

Figura 11

Relación entre el arsénico y la dosis de la harina de maíz



La figura 11, representa el modelo exponencial, muestra una tendencia claramente decreciente. Esto indica que conforme aumenta la dosis de la harina de maíz, la concentración de arsénico tiende a disminuir.

d) La dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, son efectivas.

Tabla 19

Resumen del modelo: dosis de la harina de maíz y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de cadmio de aguas subterráneas

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,891	0,795	0,726	0,007

La variable independiente es Dosis de la harina de maíz (mg/L).

La Tabla 19 muestra el resumen de un modelo que explora la asociación entre la dosis de harina de maíz (mg/L) y la remoción de cadmio en aguas subterráneas. El coeficiente de relación R (0,891) demuestra una correlación positiva robusta entre la dosis y la remoción de cadmio. El R cuadrado (0,795) revela que el 79,5% de la variabilidad en la remoción de cadmio se explica por la dosis de harina de maíz, mientras que el R cuadrado ajustado (0,726).

Tabla 20

ANOVA

	Suma de		Media		
	cuadrados	gl	cuadrática	F	Sig.
Regresión	0,001	1	0,001	11,614	0,042
Residuo	0,000	3	0,000		
Total	0,001	4			

La variable independiente es Dosis de la harina de maíz (mg/L).

La Tabla 20 de ANOVA muestra que el modelo que relaciona la dosis de harina de maíz (mg/L) con la remoción de cadmio en aguas subterráneas es estadísticamente significativo (Sig. = 0,042). La suma de cuadrados de la regresión (0,001) explica prácticamente toda la variabilidad total (0,001), lo que demuestra que la dosis tiene un efecto considerable en la depuración de cadmio. El valor F de 11,614 sugiere que la variabilidad expuesta por el modelo es significativamente mayor que el error, lo que confirma que el modelo es adecuado para predecir la eliminación de cadmio en base de la cantidad de harina de maíz.

Tabla 21

Coeficientes de la ecuación de regresión exponencial para el cadmio en función de la dosis de la harina de maíz

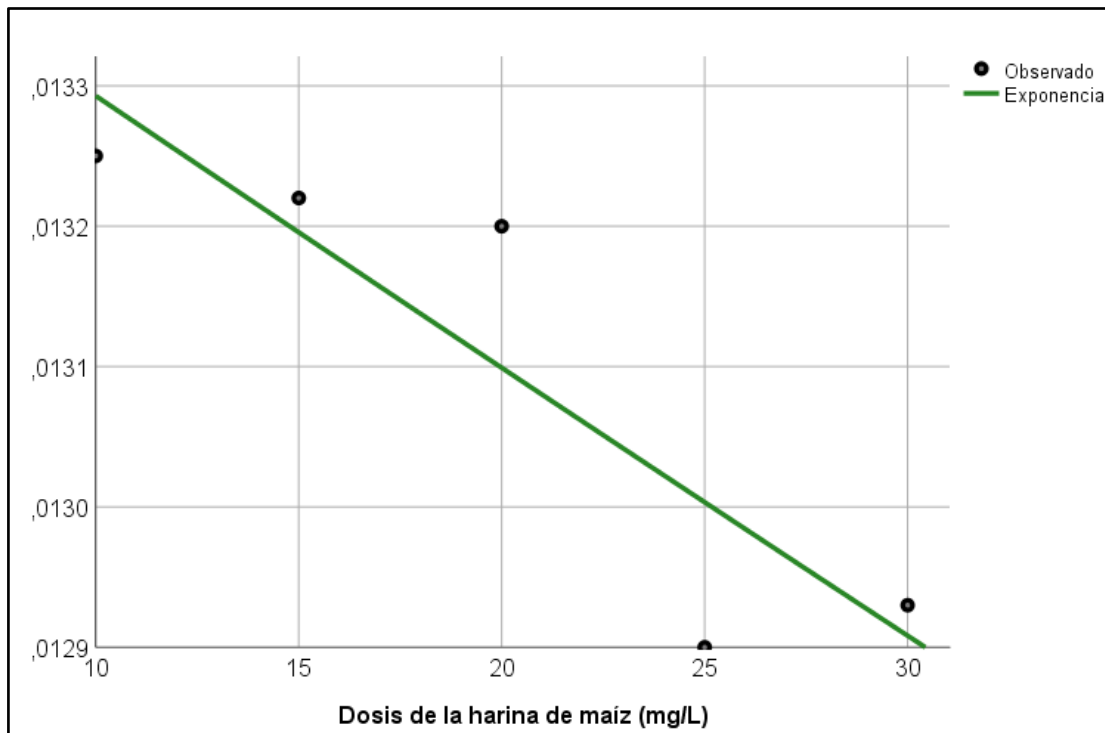
	Coeficiente				
	Coeficientes no estandarizados		s estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
Dosis de la harina de maíz (mg/L)	-0,001	0,000	-0,891	-3,408	0,042
(Constante)	0,013	0,000		109,436	0,000

La variable dependiente es $\ln(\text{Cadmio final (mg/L)})$.

La Tabla 21 presenta los coeficientes de la regresión exponencial que relaciona la dosis de harina de maíz (mg/L) con la remoción de cadmio en aguas subterráneas. El coeficiente no estandarizado para la dosis de harina de maíz es -0,001, lo que alude que por cada incremento de 1 mg/L en la dosis, el valor de Cadmio disminuye en 0,001 mg/L. El coeficiente estandarizado Beta (-0,891) refleja una fuerte relación negativa entre la dosis y la remoción de cadmio. El valor t (-3,408) y la significancia (0,042) sugieren que esta relación es estadísticamente significativa. La constante (0,013) representa el valor de Cadmio cuando la dosis es cero, con un valor t extremadamente alto (109,436) y una significancia de 0,000.

Figura 12

Relación entre el cadmio y la dosis de la harina de maíz



La figura 12, representa el modelo exponencial, muestra una tendencia claramente decreciente. Esto demuestra que con un incremento en la dosis de la harina de maíz la concentración de arsénico tiende a disminuir.



4.3. Discusiones

Con respecto a los niveles de metales pesados presentes en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, en nuestra investigación se halló el arsénico con una concentración de 0.18035 mg/L y para el cadmio se encontró un contenido de 0.01340 mg/L ambos metales pesados superan el "LMP, el cual para arsénico nos da un cifra de 0.010 mg/L y para cadmio nos da un valor de 0.003mg/L. En cambio, Castillo (2021) en su estudio halló las siguientes concentraciones de metales pesados: Cadmio se registró un valor de 0.02 mg/L, plomo se alcanzó un nivel de 0.01 mg/L y mercurio se alcanzó con una concentración de 0.006 mg/L. En ambas investigaciones podemos observar que la cuantía de metales pesados analizados varía esto ocurre como consecuencia de la existencia de metales pesados en aguas subterráneas puede estar relacionada con la composición geológica del suelo y las rocas. Estos elementos pueden encontrarse presentes de manera natural en los minerales que forman el subsuelo y pueden disolverse en el agua subterránea, especialmente en condiciones específicas de pH y oxidación. Asimismo, podría deberse a las actividades humanas como la contaminación industrial que manejan o generan residuos que contienen metales pesados pueden ser responsables de la contaminación de las aguas freáticas; por actividades mineras, uso de agroquímicos o por sistemas de alcantarillado deficientes o los pozos sépticos mal mantenidos pueden permitir que los contaminantes ingresen al agua subterránea.

Con respecto a obtención de la dosis y concentración más efectiva de coagulantes orgánicos en la eliminación de metales pesados de aguas



subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, en el trabajo de indagación se obtuvo una óptima dosis optima utilizando como coagulante la harina de habas y maíz en el tratamiento 4 (T4) a una concentración de 25mg/L, utilizándose una mezcla rápida de 180 rpm por 1.5 min., mezcla lenta a 80 rpm por 16 minutos y una sedimentación de 41 minutos. En donde, utilizando como coagulante la harina de habas redujo el arsénico inicial de 0.18035 mg/L a 0.16510 mg/L obteniendo un porcentaje de extracción del 8.46% en cambio para el cadmio con un nivel inicial de 0.01340 mg/L tras el tratamiento con la coagulante harina de haba redujo a 0.01230 mg/L obteniendo un porcentaje de remoción del 8.21%. De igual manera, utilizando el coagulante la harina de maíz se consiguió una dosis optima en el tratamiento 4 (T4) a una concentración de 25mg/L, en donde de una concentración del arsénico inicial 0.18035 mg/L redujo a un nivel de 0.10201mg/L alcanzando una eficiencia de remoción del 43.44% para el cadmio con un nivel inicial de 0.01340 mg/L una vez finalizado el tratamiento con la coagulante harina de maíz redujo a 0.01290 mg/L obteniendo una eficiencia de remoción del 3.73%. Sin embargo, De la Cruz y Quiroz (2020) en sus resultados derivados manifestaron que las cáscaras alcanzaron porcentajes de eliminación de 91.7, 91.4, 86.5 y 92.12% para Pb Cd Cu y Cr respectivamente. Podemos apreciar que el porcentaje de depuración de metales pesados varia debido a varios elementos que inciden en la eficiencia de la coagulación-floculación. Estos factores incluyen la naturaleza del coagulante, las características del agua, la concentración y tipo de metales pesados, y las condiciones de operación.



CONCLUSIONES

- Primera:** Basado en los resultados obtenidos de la concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, se encontró el arsénico con un nivel de 0.18035 mg/L y el cadmio con una concentración de 0.01340 mg/L concluyéndose que ambos metales pesados superan el "LMP.
- Segunda:** Respecto a la obtención de la dosis y concentración óptima de coagulantes orgánicos en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, se llega a concluir mejores resultados en el tratamiento 4 (T4) a una manifestación de 25mg/L del coagulante harina de habas y maíz con un proceso de mezclado que se realiza en tres etapas: una fase rápida de 180 rpm durante 1.5 minutos, una agitación suave a 80 rpm por un cuarto de hora, seguida de una decantación por dos tercios de hora.
- Tercera:** En base a la efectividad de coagulantes naturales para la depuración de metales pesados presentes en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, se concluye que se obtuvo un mejor resultado empleando como coagulante la harina de maíz consiguiendo un porcentaje de remoción para arsénico de 43.44% y para cadmio 3.73%.



RECOMENDACIONES

- Primera:** Para detectar con prontitud la contaminación y sus efectos en la calidad y cantidad del agua, así como para diseñar estrategias de remediación que mejoren la calidad del agua, se aconseja que los futuros investigadores realicen estudios de monitoreo durante las estaciones seca y lluviosa. 1. Se debe dar rastreo a los datos de los pozos descubiertos con dificultades específicos de contaminación con metales (arsénico y cadmio). Para ello, deberán medirse con una frecuencia que consienta la seguridad de su empleo
- Segunda:** Se aconseja que los futuros investigadores monitoreen los datos físicos, químicos y bacteriológicos para echar de ver la calidad del agua de los pozos de la UANCV de Juliaca.
- Tercera:** Para mejorar el resultado de la erradicación de metales pesados y otros parámetros, se sugiere realizar más investigaciones comparativas sobre la uso de coagulantes naturales y sintéticos.



BIBLIOGRAFÍA

Aramburo Vélez, D. A. (2011). *Investigación introductorio de los conceptos y principios fundamentales que se emplearán en el laboratorio de crudos y aguas.*

Obtenido de <https://n9.cl/db8zk>

Barajas Garzón, C. L., & León Luque, A. J. (2015). *Determinación de la dosis adecuada de sulfato de aluminio ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$) en el proceso de coagulación-floculación para el tratamiento de agua potable por medio del uso de una red neuronal artificial.* Bogotá.

Bendezú Torres, J. R. (2016). *Capacidad de la cáscaras de habas como agente de clarificación de aguas superficiales para uso doméstico en Ascope, La Libertad 2016.* Universidad Cesar Vallejo, Lima - Perú.

Bohuslav Dobias, H. S. (2005). *Flocculation and Sedimentation.* United States of America.: 2nd ed.

Bolto, G. (2007). Polielectrolitos orgánicos en el tratamiento de aguas. *Agua*, 2301-2324.

Borrego, J., Morales,, J. A., De la Torre, M., & Grande, J. (2022). *Geochemical Features of Heavy Metal Pollution in Surface Sediments of the Tinto and Odiel River Estuary (Southwestern Spain).* Environmental Geology .

Bravo Gallardo, M. A. (2017). *Coagulantes y floculantes de origen natural empleados en la clarificación de agua, reduciendo la turbidez y los sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales.* Bogota.



- Castaño, S. (2010). *Vertederos e impacto sobre las aguas subterráneas*. Instituto Geológico y Minero de España, Rio Rosas. Obtenido de <https://n9.cl/f3x5gx>
- Contreras, J., Mendoza, C. L., & Gómez, A. (2004). *Determinación de metales pesados en aguas y sedimentos del río Haina*. Cienc. Soc.
- Contreras, K., Contreras, J., Corti, M., De Sousa, J., Durán, M., & Escalante, M. (2008). *El agua un recurso para preservar*. Tesis, Mérida.
- Curo Vilca, M. (2017). *Calidad bacteriana y química del agua de pozos destinados al consumo humano en Huata, Puno, 2016*. Puno. Obtenido de <chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://n9.cl/em0pm>
- De La Cruz Vilchez, J. R., & Quiroz Alcocer, H. M. (2020). *Revisión sistemática y meta-análisis sobre la eficiencia de cáscaras naturales en la remoción de Pb, Cd, Cu y Cr en aguas contaminadas*. Lima - Perú. Obtenido de <https://n9.cl/knrjs>
- EPA. (2015). *Programa de conservación de agua Watersense*. Obtenido de <https://n9.cl/7kmucu>
- Esparza, M. (2005). *Estudio para optimizar la calidad del agua de pozos en áreas rurales de Puno*. Lima.
- Galán, E. (2008). *The impact of clay minerals in extracting and immobilizing heavy metals from polluted soils "Proceedings of the 1st. Latin American Clay Conference"*.



- Galdiano V., Souza M., Borella I. , & Quaglia C. . (2007). *Manual de perforación de pozos tubulares para la exploración y explotación de aguas subterráneas en «Sistema Acuífero Guaraní» Primera edición, Montevideo.*
- Gomez, V. E., Velásquez, J. A., & Quintana, G. C. (2013). *Lignina como adsorbente de metales pesados.* Rev. Investig. Apl.
- Gonzales Fuentes, C. S., & Segovia Alcázar, C. A. (2020). *Evaluación experimental e informatizada de la reducción de arsénico total en el agua potable distribuida en el distrito de Quequeña, Arequipa, utilizando sistemas de tratamiento basados en carbón activado de coronta de maíz blanco (Zea mays l).* Arequipa – Perú.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta. edición ed.). México: Mc Graw Hill Education.
- Hernández, R., & Fernández, C. (2018). *Metodología de la investigación.* Mexico: McGRAW-HILL.
- Kleimann, J., Gehin-Delval, C., Auweter, H., & Borkovec, M. (2005). Excess Charge Neutralization in Colloidal Dispersions of Particles and Polyelectrolytes. *Langmuir* 21, 3688–3698.
- Laines, J., Goñi, J., Howard, A., & Camacho, W. (2008). Mezclas de coagulantes para el tratamiento de lixiviados de un relleno sanitario. *Interciencia.*, 33.
- Ledo, P., Lima, R., Duarte, M., & Pauto, J. (2009). Estudio comparativa de sulfato de aluminio y semillas de Moringa oleifera para la clarificación de aguas



con baja turbidez. Universidad Federal do Rio Grande do Norte. Brasil.
Centro de Tecnología, 3-12.

López Pérez , M. (2018). *Evaluación sobre la eficacia de la chumbera (opuntia ficus-indica) como coagulante natural en el tratamiento de aguas*. Tesis Pregrado, Lima - Perú.

Mejia Clara, M. R. (2005). *Análisis de la calidad del agua destinada al consumo humano y la visión local sobre las tecnologías idóneas para su desinfección en el hogar, en la microcuenca El Limón, San Jerónimo, Honduras*. Tesis para optar el grado Magister, Honduras. Obtenido de <https://n9.cl/s2bc1p>

Mendoza, M. (1996). *Impacto del uso del terreno en la calidad del agua de la microcuenca del río Sabalos. Cuenca del río San Juan*. Turrialba: CR, CATIE.

Moreira Limongi, J., & Moreira Mendoza, C. (2021). *Aplicación de coagulantes naturales obtenidos de las semillas de habas (Vicia faba) y durazno (Prunus persica) en la potabilización del agua*. Universidad Técnica de Manabí, Ecuador, Ecuador.

Nieto, C., & Orellana, V. (2011). *Aplicación del quitosano para mejorar la floculación y reducir la contaminación*. Universidad Politécnica Salesiana.

OPS. (1995). *Análisis de la presencia de metales en agua potable y residual utilizando espectrofotometría de absorción atómica*. Obtenido de <https://n9.cl/nc9yg>

- Ordoñez Suarez , J. (2011). *Procesos y tecnologías para la descontaminación de aguas subterráneas afectadas por disolventes clorados*. Retrieved from.
- Pritchard, D. (2010). *Manejo de los recursos hídricos subterráneos: Normativas para la gestión de las aguas subterráneas para conservar las características ecológicas de los humedales*.
- Quispe Ccanto, E., & Torres Romero, R. (2024). *Remoción de metales pesados utilizando mucílago de cactus en la laguna Smelter de Cerro de Pasco, Perú - 2023*. Huancayo - Perú.
- Quispe Diaz, I. K., Ccama Vilca, J. W., Turpo Turpo, R. E., Vigo Rivera, J. E., Lozada Vilca, R., Argota Perez, G., & Prada Vega , P. (2022). *Ingeniería de soluciones para la purificación de aguas subterráneas contaminadas con arsénico mediante zeolitas naturales*. Puno - Perú.
- Rojas , R. (2002). *Guía para la supervisión y gestión de la calidad del agua potable*. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (OPS/CEPIS), Lima.
- Sánchez Anderson, M., Aroni Contreras, J. E., & Sánchez Anderson, M. (2018). *Utilización de harina de haba (Vicia Faba) como coagulante natural para la clarificación del agua potable*. Universidad Nacional de Ingeniería (Perú), Lima-Perú.
- Santa Cruz, K. (2013). *Índice de calidad del agua de tres pozos artesianos que suministran agua a la comunidad nativa Pueblo Nuevo Universidades nacional Agraria de la Selva*.



- Semarnat. (2015). *Informe sobre la situación ambiental en México. Colección de estadísticas sobre el medio ambiente. Indicadores clave, de desempeño ambiental y de crecimiento verde*. Mexico.
- Tapia, L. R. (2017). "Evaluación del impacto del arsénico en aguas subterráneas contaminadas del distrito de Taraco mediante el uso de chacko – Puno". (*Tesis para Título*). Universidad Nacional Del Altiplano - Puno, Puno.
- Tarbuck, E. , & Lutgens, F. . (2005). *Ciencias De La Tierra, Una Introducción A La Geología*. Prentice Hall.
- Velandia Zuluaga, J. L. (2021). *Evaluación de la capacidad del almidón de maíz y trigo para remover turbidez y color aparente en sistemas de agua potable rurales*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – Unad, Bogotá - Colombia.
- Vence, L., Rivera, M., Osorio, Y., & Castillo, A. (s.f.). *Caracterización de la calidad microbiológica y fisicoquímica de las aguas subterráneas municipales de la Paz y San Diego, Cesar, Colombia*. Revista de Investigación Agraria y Ambiental, Colombia.
- Vitela, A. V. (2011). "*Remoción de arsénico utilizando carbón activado modificado con nanopartículas de óxidos de hierro*". San Luis Potosi.
- World Health Organization. (2018). *Arsenic*. WHO. Obtenido de <https://n9.cl/nlixo2>



Yang, Shang, Lu, Chen, Huang, Chen, . . . Cheng. (2011). Evaluation of the flocculation properties..." is more formal and focuses on the evaluation of the flocculation properties. *Eng. J.*, 287–295.

Zafra Gómez, & López Hernández. (2009). *American Public Administration Research, 2009.*



ANEXOS



Anexo 1. Matriz de consistencia

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN
<p>¿Cuál es la eficiencia de coagulantes naturales en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS</p> <p>¿Cuál es la concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV?</p> <p>¿Cuál es la dosis y concentración optima de coagulantes orgánicos en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV?</p>	<p>Evaluar la eficiencia de coagulantes naturales en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca.</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</p> <p>Determinar la concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV.</p> <p>Determinar la dosis y concentración optima de coagulantes orgánicos en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV</p>	<p>La eficiencia de coagulantes naturales es óptima en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICA</p> <p>a) La concentración de metales pesados en aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, superan los LMP en agua.</p> <p>b) La dosis y concentración optima de coagulantes orgánicos en la remoción de metales pesados de aguas subterráneas del pabellón de hidráulica de la UANCV, son efectivas</p>	<p>Variable independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> Coagulantes naturales (habas y maíz) <p>Variables dependientes.</p> <ul style="list-style-type: none"> Remoción de metales pesados de aguas subterráneas 	<p>Tipo de investigación.</p> <p>El presente proyecto de investigación utiliza una técnica experimental cuantitativa en consonancia con los objetivos a investigar</p> <p>Nivel de investigación</p> <p>El estudio tiene un nivel de tipo descriptivo correlacional, el cual implica la definición y medición de variables para cuantificar</p> <p>Diseño de la investigación</p> <p>A razón de que la variable dependiente -la remoción de metales pesados del agua subterránea- es medida, controlada y validada, y la variable independiente -los coagulantes naturales- es alterada intencionalmente, este trabajo presenta un diseño de investigación experimental</p>



Anexo 2.

Resultados del análisis en 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 074 – 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Danitza Justo Toque
1.2. **Proyecto** : EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA JULIACA

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
2.2. **Numero de muestras** : 05
2.3. **Muestreado por** : Danitza Justo Toque
2.4. **Fecha de ensayo** : 05/08/2024
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : San Román
2.7. **Distrito** : Juliaca
2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
M - I	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/07/2024	15:00

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5
Arsénico	mg/L	0.18033	0.17620	0.14205	0.10201	0.10211
Cadmio	mg/L	0.01325	0.01322	0.01320	0.01290	0.01293
Calcio	mg/L	51.8	50.3	48.2	49.1	49.1
Magnesio	mg/L	14.2	12.4	12.2	12.1	12.4
Manganeso	mg/L	0.04630	0.04635	0.04605	0.04608	0.04610
Potasio	mg/L	14.0	13.7	13.4	13.7	13.9

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 073 – 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante** : Danitza Justo Toque
- 1.2. Proyecto** : EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA JULIACA

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto** : Aguas
- 2.2. Numero de muestras** : 05
- 2.3. Muestreado por** : Danitza Justo Toque
- 2.4. Fecha de ensayo** : 05/08/2024
- 2.5. Departamento** : Puno
- 2.6. Provincia** : San Román
- 2.7. Distrito** : Juliaca
- 2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
M - I	E: 380117.93 N: 8282287.07	30/07/2024	12:00

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	TH1	TH2	TH3	TH4	TH5
Arsénico	mg/L	0.18000	0.17530	0.16480	0.16510	0.16500
Cadmio	mg/L	0.01338	0.01332	0.01328	0.01230	0.01235
Calcio	mg/L	52.0	50.1	48.3	49.0	49.0
Magnesio	mg/L	13.0	12.5	12.0	12.0	12.2
Manganeso	mg/L	0.04638	0.04630	0.04622	0.04620	0.04622
Potasio	mg/L	14.3	14.2	14.0	14.1	14.1

IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"


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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 072 – 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Danitza Justo Toque
- 1.2. **Proyecto** : EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD ANDINA JULIACA

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
- 2.2. **Numero de muestras** : 01
- 2.3. **Muestreado por** : Danitza Justo Toque
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 05/08/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : San Román
- 2.7. **Distrito** : Juliaca
- 2.8. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
M - I	E: 380158 N: 8282325	30/07/2024	9:40

III. RESULTADOS

Parámetro	Unidad	Resultado
Arsénico	mg/L	0.18035
Cadmio	mg/L	0.01340
Calcio	mg/L	52.2
Magnesio	mg/L	14.7
Manganeso	mg/L	0.04643
Potasio	mg/L	14.8

IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

Juliaca, 12 de agosto del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"



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

**Anexo 3.**

DECRETO SUPREMO N° 010 - 2010 – MINAM

Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano.

ANEXO III**LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE
PARÁMETROS QUÍMICOS INORGÁNICOS Y ORGÁNICOS**

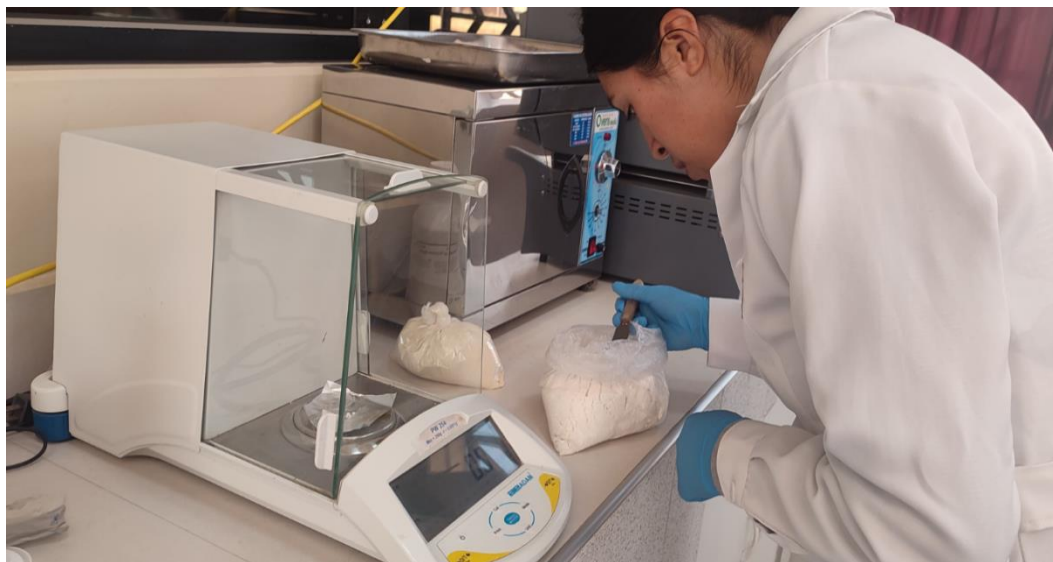
Parámetros Inorgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Antimonio	mg Sb L ⁻¹	0,020
2. Arsénico (nota 1)	mg As L ⁻¹	0,010
3. Bario	mg Ba L ⁻¹	0,700
4. Boro	mg B L ⁻¹	1,500
5. Cadmio	mg Cd L ⁻¹	0,003
6. Cianuro	mg CN ⁻ L ⁻¹	0,070
7. Cloro (nota 2)	mg L ⁻¹	5
8. Clorito	mg L ⁻¹	0,7
9. Clorato	mg L ⁻¹	0,7
10. Cromo total	mg Cr L ⁻¹	0,050
11. Flúor	mg F ⁻ L ⁻¹	1,000
12. Mercurio	mg Hg L ⁻¹	0,001
13. Niquel	mg Ni L ⁻¹	0,020
14. Nitratos	mg NO ₃ L ⁻¹	50,00
15. Nitritos	mg NO ₂ L ⁻¹	3,00 Exposición corta 0,20 Exposición larga
16. Plomo	mg Pb L ⁻¹	0,010
17. Selenio	mg Se L ⁻¹	0,010
18. Molibdeno	mg Mo L ⁻¹	0,07
19. Uranio	mg U L ⁻¹	0,015

Anexo 4.

Panel fotográfico



Fotografía 1. Toma de muestra de las subterráneas del pabellón de hidráulica de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez Juliaca.



Fotografía 2. Pesaje de los coagulantes naturales: Harina de habas y maíz a diferentes dosis, para la remoción de metales pesados.



Fotografía 3. Solución de la Harina de habas y harina de maíz a diferentes dosis, para la remoción de metales pesados.



Fotografía 4. Equipo del test de jarras empleando coagulantes naturales a diferentes dosis.



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 25 / 10 / 2024

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: DANITZA JUSTO TOQUE

Dirección: JIRÓN LOS LEONES

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 75601196

Teléfono: 930330273 email: DANITZAJUSTO554@GMAIL.COM

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Mgr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: EFICIENCIA DE COAGULANTES NATURALES EN LA REMOCIÓN DE METALES PESADOS
DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DEL PABELLÓN DE HIDRÁULICA DE LA UNIVERSIDAD
ANDINA NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ JULIACA

Palabras claves, (3 a 5 términos): METALES PESADOS, COAGULANTES, PRUEBA DE JARRAS

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV ^{1,2}?

1,2

¹ 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, entré otros relacionados.

² 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

25 DE OCTUBRE DEL 2024

Fecha