



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**CLOURRO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA
CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO
DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD
DE KOJRA AZÁNGARO 2024**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHAYDI YUDIXA CCALLO CACERES

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
CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA
CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO
DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD
DE KOJRA AZÁNGARO 2024

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. JHAYDI YUDIXA CCALLO CACERES

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. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

ASESOR DE TESIS

:


Dr. ARNALDO YANA TORRES

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : SANEAMIENTO AMBIENTAL – P22



"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1700-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 06 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 18056 presentado por el (la) Bachiller: **JHAYDI YUDIKA CCALLO CACERES** 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. **JHAYDI YUDIKA CCALLO CACERES**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **CLOURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024**, 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, **Dr. ARNALDO YANA TORRES.**

ARTICULO TERCERO. - APROBAR, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **JHAYDI YUDIKA CCALLO CACERES**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **CLOURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental.** de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : viernes 13 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 12:00 p.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.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.



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

DR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

cc.
Archivo
interesado (a)



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

Dr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

**RESOLUCIÓN DECANAL N° 449-2024-D-UI-FICP-UANCV**

Juliaca, 17 de junio del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 6546 por el o (la) Bachiller: **JHAYDI YUDIXA CCALLO CACERES** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO - N° 467 - 2024-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 018 - 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 o (la) Bachiller: **JHAYDI YUDIXA CCALLO CACERES**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024**, 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° 018 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024**, 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 o (la) Bachiller: **JHAYDI YUDIXA CCALLO CACERES**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024** 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. ARNALDO YANA TORRES**.

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. PURASDR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURASDr. Efraín Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓNcc.
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 221-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 3388, presentado por el señor (a) **JHAYDI YUDIXA CCALLO CACERES** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el **PROVEIDO - N° 220 -2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 32 -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 (la) estudiante: **JHAYDI YUDIXA CCALLO CACERES** ha presentado su propuesta de investigación **Titulado: CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024**, 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° 32 -2024- aprobando la propuesta de investigación **titulado: CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024**.

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 o (la) Bachiller: **JHAYDI YUDIXA CCALLO CACERES**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Sanitario y Ambiental**, con el Tema **Titulado: CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024** 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. ARNALDO YANA TORRES**.

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

[Signature]
.....
DR. ALITHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"
.....
Dr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



CLORURO FERRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSENICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

17%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	14%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	2%
3	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	<1%



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	JHAYDI YUDIXA CCALLO CACERES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	47515301
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0008-5331-1343
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ARNALDO YANA TORRES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	41414676
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-6740-5024
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>País: Perú Departamento: Puno Provincia: Azángaro Distrito: Azángaro Comunidad de Kojra Coordenadas: Latitud: -15.0776185 Longitud: -70.3262643 URL Maps https://maps.app.goo.gl/2axbgzkkVEbuuzCD7</p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Agosto 2024 – Diciembre 2024
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html Librería	<p>Ingeniería ambiental https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.00</p> <p>Ciencias del medio ambiente https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.08</p>

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO VICERRECTOR CACERES DEL SOLQUEZ
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECCIÓN
Dr. Eirain Pantoja Sosa
DIRECCIÓN
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN



DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo JHAYDI YUDIXA CCALLO CACERES, identificado con DNI Nro. 47515301, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

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

CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024

Asesorado por: Dr. ARNALDO YANA TORRES

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 23 de diciembre del 20 24


Firma del Asesor


Firma del Estudiante


Huella



DEDICATORIA

A Dios, cuya gracia y amor incondicional han sido el faro que ilumina cada paso de mi sendero y quien me dio el regalo más grande de mi vida, mi hijo mi mayor bendición y fuente inagotable de inspiración. Eres mi príncipe, mi razón de ser y el motor que impulsa mis sueños.

A mis padres, Julián Ccallo Garate y Tomasa Cáceres Cáceres, quienes me dieron la vida y me enseñaron el valor del esfuerzo y la dedicación. Su amor y apoyo inquebrantable han sido mi apoyo en los momentos más arduos. Agradezco tu confianza en mí y tu apoyo para alcanzar mis objetivos.

A mis hermanos y amigos, por su apoyo incesante, palabras de ánimo y el tiempo dedicado a escucharme y apoyarme en cada etapa de este viaje. Vuestra confianza y amistad han sido un regalo invaluable.

A todos aquellos que han sido parte de mi camino, gracias por formar parte de esta travesía llena de aprendizaje y crecimiento. Este logro no solo es mío, sino de todos los que han estado a mi lado, brindándome su amor, comprensión y aliento.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios y a mis padres por sostenerme en los momentos de mayor desafío y por infundirme la determinación para seguir adelante.

A los ingenieros que han sido mis docentes en este camino universitario, compartiendo sus conocimientos y experiencias, desafiándonos a alcanzar nuevas alturas tanto en teoría como en práctica. Sus ejemplos vivientes de la excelencia profesional a la que aspiro.

A mi asesor, cuya orientación experta y consejos sabios han sido fundamentales en el desarrollo de esta investigación. Agradezco sinceramente su dedicación y compromiso con mi crecimiento académico y profesional.

A la UANCV, mi alma mater, por ofrecerme la posibilidad de realizar mis estudios profesionales y permitir que obtenga mi título como Ingeniero Sanitario y Ambiental. Gracias por ser el escenario donde forjé los cimientos de mi futuro profesional y personal.



ÍNDICE DE CONTENIDO

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

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.	1
1.2. Planteamiento del problema.....	2
1.2.1. Problema general	2
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	3
1.5. Hipótesis de la investigación	4
1.5.1. Hipótesis general.....	4



1.5.2. Hipótesis específica.	4
1.6. Variables	5
1.6.1. Variable independiente.....	5
1.6.2. Variable dependiente	5
1.7. Operacionalización de variables.....	5

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	7
2.1.3. Antecedentes regionales.....	11
2.2. Bases teóricas	12
2.2.1. Aguas subterráneas	12
2.2.2. Clasificación de las aguas subterráneas	14
2.2.3. Calidad de las aguas subterráneas.....	15
2.2.4. Características físicas de las aguas subterráneas	17
2.2.5. Características químicas de las aguas subterráneas	18
2.2.6. Captación de aguas subterráneas	19
2.2.7. Coagulación - Floculación	24
2.2.8. Tipos de coagulación	25
2.2.9. Fases de la coagulación.....	27



2.2.10. Consideraciones para elegir un coagulante.....	29
2.2.11. Floculación	29
2.2.12. Mecanismos de coagulación y floculación	30
2.2.13. Factores que influyen en el proceso de coagulación – floculación	31
2.2.14. Cloruro Férrico	37
2.2.15. Prueba de jarras.....	39
2.3. Marco conceptual	40

CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación	43
3.2. Nivel de investigación	43
3.3. Diseño de investigación.....	43
3.4. Método de investigación.....	44
3.5. Diseño estadístico	44
3.6. Técnicas e instrumentos de la investigación.....	45
3.6.1. Materiales y equipos	45
3.7. Ubicación política.....	46
3.8. Ubicación de la zona en estudio.....	47
3.9. Población y muestra	47
3.9.1. Población.....	47
3.9.2. Muestra.....	47



3.10. Metodología para alcanzar los objetivos planteados. 47

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados 54

4.2. Discusiones..... 73

CONCLUSIONES..... 74

RECOMENDACIONES 75

BIBLIOGRAFÍA 76

ANEXOS..... 80

Anexo 1: Matriz de consistencia 81

Anexo 2. Límites Permisibles de parámetros 83

Anexo 3. Resultados de laboratorio..... 84



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables de la investigación.....	5
Tabla 2: Características de las aguas subterráneas	18
Tabla 3: Características del Cloruro Férrico	39
Tabla 4: Tratamientos para la disminución de metales	51
Tabla 5: Concentración inicial de los parámetros de interés.....	54
Tabla 6: Primer tratamiento	56
Tabla 7: Segundo tratamiento	56
Tabla 8: Tercer tratamiento	57
Tabla 9: Cuarto tratamiento	58
Tabla 10: Quinto tratamiento	59
Tabla 11: Promedio de tratamientos.....	60
Tabla 12: Porcentajes de remoción de los metales	63



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Agua subterránea.....	13
Figura 2: Ubicación del agua subterránea	14
Figura 3: Calidad del agua subterránea.....	17
Figura 4: Puntos de Captación de Agua subterránea.....	19
Figura 5: Pozo excavado, perforado y aprovechamiento directo del manantial..	24
Figura 6: Formación de flóculos por Adsorción.....	25
Figura 7: Formación de Flóculos por Barrido.....	26
Figura 8: Proceso de coagulación química	27
Figura 9: Fases de la coagulación	27
Figura 10: Índice de Willcomb para determinar el tamaño del flóculo	37
Figura 11: Mapa político de la Región de Puno.....	46
Figura 12: Ubicación del punto de muestreo en Pozo tipo Caisson	48
Figura 13: Toma de muestra de 500 ml en la comunidad Kojra.....	49
Figura 14: Muestreo de agua subterránea para los tratamientos.....	50
Figura 15: Conducta del pH en los diferentes tratamientos.....	60
Figura 16: Conducta del Arsénico en los diferentes tratamientos	61
Figura 17: Conducta del Aluminio en los diferentes tratamientos	62
Figura 18: Conducta del Sodio en los diferentes tratamientos	63
Figura 19 Remoción de los metales:.....	64
Figura 20 Coeficientes validados para regresión lineal y cuadrática para la hipótesis	646
Figura 21 Coeficientes validados para regresión lineal y cuadrática para la hipótesis	649
Figura 22 Coeficientes validados para regresión lineal y cuadrática para la hipótesis	72



RESUMEN

El análisis efectuado poseyó como propósito primordial "Determinar la reunión óptima de Cloruro férrico en la disminución de la reunión de Aluminio, Sodio y Arsénico de aguas acuíferas de la Comunidad de Kojra Azángaro" la metodología utilizada para el muestro de aguas acuíferas se realizó en base a un plan de muestreo de aguas acuíferas, se realizaron 5 procesamientos T1, T2, T3, T4 Y T5 a diferentes reuniones (25, 30, 35, 40 y 50) mg/l respectivamente, las velocidades de mezcla vertiginosa de 180 RPM durante un tiempo de 2 min, una mezcla lenta de 70 RPM por 15 min y un tiempo de sedimento de 35 min. Los resultados iniciales fueron. temperatura 15 ° C, pH 7.2, Arsénico 0.0191 mg/l, aluminio 0.44 mg/l, sodio 220 mg/l, los porcentajes de eliminación de cada uno de los procesamientos son variados, para el caso del Arsénico se puede ver que la máxima remoción se dio en el procesamiento T3 con 47.6440 % y para el Aluminio también se dio en el procesamiento T3 el mayor porcentaje de remoción siendo este 57.9545 % y para el sodio en el procesamiento T3 se removi6 en mayor porcentaje con un 4.2857. concluyendo que si bien es cierto que se encontr6 una dosis 6ptima el cual disminuy6 las reuniones de aluminio, sodio y ars6nico, dichos procesamientos no garantizan el consumo de las aguas acuíferas de la comunidad Kojra por no estar dentro de los LMP del D.S 031-2010 SA.

Palabras clave: Agua subterránea, Arsénico, dosis, remoci6n, sedimentaci6n



ABSTRACT

The analysis carried out had as its main objective "To determine the optimal meeting of ferric chloride in the decrease of the Aluminum, Sodium and Arsenic meeting of aquiferous waters of the Community of Kojra Azángaro" the methodology used for the sampling of aquiferous waters was supported out on the basis of a sampling plan of aquiferous waters, 5 processings T1, T2, T3, T4 and T5 were supported out at different meetings (25, 30, 35, 40 and 50) mg/l respectively, dizzying mixing speeds of 180 RPM for a time of 2 min, a slow mixing of 70 RPM for 15 min and a sediment time of 35 min. The initial results were: temperature 15 ° C, pH 7.2, Arsenic 0.0191 mg/l, aluminum 0.44 mg/l, sodium 220 mg/l, the removal percentages of each of the processes are varied, for the case of Arsenic it can be seen that the maximum removal occurred in the processing T3 with 47.6440 % and for Aluminum also occurred in the processing T3 the highest percentage of removal being this 57.9545 % and for sodium in T3 processing the highest percentage was removed with 4.2857 %, concluding that despite it is true that an optimal dose was found which decreased the meetings of aluminum, sodium and arsenic, these processes do not guarantee the consumption of the aquiferous waters of the Kojra community since they are not within the LMP of the D.S 031-2010 SA.

Keywords: Groundwater, Arsenic, dose, removal, sedimentation



INTRODUCCIÓN

Sin duda, una de las principales complicaciones de la polución del agua con la que nos enfrentamos hoy en día es la polución por metales sólidos, especialmente el arsénico en sus formas inorgánica (III) y orgánica (V), debido a su alta presencia en aguas de superficie y acuíferas.

El agua con presencia de arsénico constituye una amenaza para la mayoría de los seres vivos, debido a que este contaminante, en reuniones superiores a 0,01 mg As/L, puede causar diversas enfermedades cancerígenas. El arsénico se disuelve en forma de oxianiones, y su presencia puede ser natural o resultar de actividades humanas, encontrándose en todo el mundo.

En el Perú, el arsénico presente en las fuentes de agua superficiales y subterráneas tiene un origen natural. Las comunidades rurales son las más afectadas, ya que consumen agua sin procesar y no están al tanto de los riesgos tóxicos asociados con este elemento.

El cloruro férrico ha surgido como una alternativa efectiva en la eliminación de contaminantes como aluminio, sodio y arsénico en aguas acuíferas.

En el contemporáneo estudio, se ensayará el papel de este compuesto en la disminución de la reunión de estos elementos en las aguas de la comunidad de Kojra, Azángaro. Se pretende analizar el impacto del cloruro férrico en la condición del agua y sus beneficios para la salubridad de la población local.

De igual manera, el estudio se divide en cuatro capítulos. El primero presenta el problema, las preguntas de investigación, los objetivos, la justificación, las variables y su operacionalización. El segundo capítulo desarrolla el marco teórico,



incluyendo antecedentes, bases teóricas sobre sistemas de abastecimiento de agua, sus tipos y el marco conceptual. El tercero describe la metodología: tipo de estudio, técnicas e instrumentos, ubicación, población y muestra, y procedimientos. Finalmente, el cuarto capítulo presenta y discute los resultados obtenidos, mostrando los hallazgos a la luz de las metodologías empleadas.



CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática.

La polución de H₂O acuíferas es una situación problemática que afecta a nivel mundial y que posee graves secuelas para el ambiente y la salubridad de las personas. Este fenómeno se produce cuando sustancias contaminantes, como productos químicos, pesticidas, metales pesados y aguas residuales, se infunden en la superficie y llegan a los acuíferos subterráneos, que son fuentes importantes de agua dulce en muchas regiones del mundo.

Los efectos de la polución de las aguas acuíferas son devastadores. No solo afecta las disponibilidades de agua potable para ingesta humana, sino que también puede provocar la pérdida de la biodiversidad acuática, la adulación de los ambientes acuáticos y la disminución de biodiversidad. Conjuntamente, la existencia de contaminantes en el H₂O acuífera puede poseer efectos negativos en la salubridad de los individuos, causando enfermedades como cáncer, problemas respiratorios, trastornos hormonales y daños en el sistema nervioso.

En definitiva, la polución de las aguas acuíferas es un problema serio que demanda acciones inmediatas y coordinadas a nivel local, nacional e internacional,



para asegurar el acceso a agua potable segura y proteger el entorno para las futuras generaciones.

La presencia de aluminio, sodio y arsénico son contaminantes que pueden impactar denegadamente la salubridad humana y el ambiente. El aluminio en altas reuniones puede causar perjuicios en el sistema nervioso y óseo, tal como inconvenientes renales. El sodio en exceso puede provocar hipertensión y otros problemas cardiovasculares, mientras que el arsénico es un elemento altamente tóxico, se sabe que provoca cáncer y enfermedades de la piel, pulmones y riñones.

El cloruro férrico es un producto químico comúnmente esgrimido en el procesamiento de aguas para precipitar y eliminar contaminantes como metales pesados. Su uso en este caso podría ayudar a disminuir las reuniones de aluminio, sodio y arsénico en aguas acuíferas de la sociedad de Kojra, mejorando así la condición del agua y reduciendo los peligros para la salubridad de los habitantes.

En resumen, el uso de cloruro férrico para reducir las reuniones de aluminio, sodio y arsénico en aguas acuíferas de la sociedad de Kojra en Azangaro es una medida prometedora para tratar la problemática de la polución del agua, pero debe ser implementada de manera cuidadosa y considerando los posibles impactos secundarios.

1.2. Planteamiento del problema.

1.2.1. Problema general

¿Cómo influirá el Cloruro férrico en la disminución de la concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico de aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra Azángaro 2024?



1.2.2. Problemas específicos

- ¿Qué concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico tendrán las aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra?
- ¿Qué dosis y velocidades de mezcla permitirán una reducción de las concentraciones de Aluminio, Sodio y Arsénico de las aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Determinar la concentración óptima de Cloruro férrico en la disminución de la concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico de aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra Azángaro 2024.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✍ Hallar la concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico tendrán las aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra.
- ✍ Determinar la dosis y velocidades de mezcla permitirán una reducción de las concentraciones de Aluminio, Sodio y Arsénico de las aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra.

1.4. Justificación de la investigación

El estudio sobre el uso de cloruro férrico en la disminución de la reunión de aluminio, sodio y arsénico en aguas acuíferas de la sociedad de Kojra - Azángaro es de vital importancia debido a varios factores: En primer lugar, la existencia de elevados niveles de aluminio, sodio y arsénico en el agua dulce representa un serio riesgo para la salubridad de la urbe local. El consumo de agua contaminada con



estos elementos puede producir una sucesión de problemas de salubridad, como enfermedades gastrointestinales, daños en el riñón, problemas de piel, entre otros.

Además, la comunidad de Kojra - Azángaro depende en gran medida de las aguas acuíferas para su suministro de agua dulce, por cual es crucial encontrar soluciones efectivas para tratar y optimar la condición del agua disponible en la región.

Por el contrario, el cloruro férrico ha demostrado ser un agente efectivo en la eliminación de estos metales solidos del agua, por lo que su uso en este contexto se presenta como una solución prometedora y viable para combatir la polución del agua en la zona.

En resumen, la investigación sobre el uso de cloruro férrico en la disminución de la reunión de aluminio, sodio y arsénico en aguas acuíferas de la sociedad de Kojra - Azángaro es relevante y necesaria para proteger la salubridad de la urbe y avalar el acceso a agua dulce de condición en la región.

1.5. Hipótesis de la investigación

1.5.1. Hipótesis general

La concentración optima de Cloruro férrico en la disminución de la concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico de aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra será significativa.

1.5.2. Hipótesis específica.

- ♦ La concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico en aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra superaran la normatividad.



- ♦ La dosis y velocidades de mezcla permitirán una reducción significativa de las concentraciones de Aluminio, Sodio y Arsénico de las aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

Cloruro férrico.

1.6.2. Variable dependiente

Concentración del agua en base a los parámetros aluminio, arsénico y sodio.

1.7. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables de la investigación

Variable	Dimensiones	Indicador
V. Independiente		
Cloruro férrico	Dosis de cloruro férrico	Mg/l
V. Dependiente		
Aluminio	Concentración de aluminio arsénico y sodio	Mg/L
Arsénico		
Sodio.		



CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. *Antecedentes internacionales*

Conforme con (Franco M. & Carro Pérez, 2014) en su estudio, su objetivo era analizar la eficacia de la eliminación de arsénico en el agua potable.. En las pruebas efectuadas, ajustó la cuantía de congeladores entre 5 y 500 mg/L, las partículas sólidas entre 0 y 6000 mg/L, y la reunión originaria de arsénico entre 0.5 y 5 mg/L. Con estas variables, ha ejecutado más de 100 experimentos combinándolas. Los % de mitigación del arsénico obtenidos oscilaron entre 0 y 95 %. La adición de cloruro férrico logró una eliminación de arsénico del 95%, mientras que el sulfato de aluminio alcanzó un 80% en soluciones con arsenato. Sin embargo, concentraciones de cloruro férrico superiores a 50 mg/L redujeron significativamente la eficacia de la remediación en comparación con el sulfato de aluminio, independientemente del tipo y cantidad de sólidos presentes. Las eliminaciones más elevadas se consiguieron a un pH entre 3 y 5, en soluciones enmohecidas. A partir de estos resultados y el análisis ejecutado con regresiones lineales múltiples que presentaron valores de $R > 0.90$, La eficacia de la eliminación



depende de la dosis del floculante, el pH y la concentración de partículas en suspensión.. La composición mineralógica de los sólidos y el tipo de floculante tendrían un impacto menor en la eliminación a través de coagulación-floculación. Estos resultados son relevantes tanto para el tratamiento de agua potable a gran escala como para métodos de purificación casera.

De acuerdo con (Rivera Huerta y otros, 2011) en su investigación, Indica que el proceso de congelación con cloruro férrico, continuo de floculación, sedimentación y filtración, es una excelente opción de procesamiento para eliminar arsénico del H₂O destinada a la ingesta humana. En un estudio piloto realizado con agua de un pozo en Torreón, Coahuila (México), con una concentración promedio de arsénico de 67 µg/L, se logró una eliminación del 93% de arsénico y del 98% del hierro añadido (utilizando 8.5 mg/L de hierro como coagulante y 0.2 mg/L de un polímero aniónico). Los niveles de sólidos disueltos y el pH no mostraron cambios significativos tras el tratamiento. Los residuos generados, no clasificados como peligrosos según la prueba CRIT (Corrosividad, Reactividad, Inflamabilidad y Toxicidad), pueden ser espesados y dispuestos en un relleno sanitario. El costo de procesamiento fue de USD 0.0942 por metro cúbico, incluyendo reactivos y energía.

2.1.2. Antecedentes nacionales

De acuerdo con (Aycache Zapata, 2023) con su estudio, se propuso como finalidad: Este estudio busca determinar la concentración de arsénico (III) y las características fisicoquímicas (conductividad, pH y turbidez) del agua. Se analizará el impacto de diferentes concentraciones de cloruro férrico (0, 50 y 100 mg/L) y velocidades de agitación (0, 100 y 200 rpm) en la eliminación de arsénico (III) y en las propiedades fisicoquímicas del agua contaminada. Se evaluará la influencia de



la adición de cloruro férrico (0, 50 y 100 mg/L) y la velocidad de agitación (0, 100 y 200 rpm) en la remoción de arsénico (III). El estudio incluyó 9 procesamientos con 3 repeticiones cada uno, totalizando 27 procesamientos, cada uno con una capacidad de 1 litro. Se aplicaron diferentes cuantías de coagulante (cloruro férrico) y se sometieron a desemejantes prontitudes de agitación. Los datos obtenidos para las características fisicoquímicas fueron los siguientes: con una reunión de 100 mg/L y una prontitud de agitación de 0 rpm, se registró un pH de 10.03; con una reunión de 100 mg/L y una prontitud de agitación de 0 rpm, las conductividades eléctricas fueron de 573.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$; mientras que con una reunión de 0 mg/L y una prontitud de agitación de 200 rpm, la turbidez fue de 0.05 UNT. Respecto a la eliminación de arsénico, se logró el rendimiento más efectivo utilizando una reunión de 50 mg/L y una prontitud de agitación de 0 rpm, alcanzando un contenido de arsénico de 1,647 mg/L.

De acuerdo con (Caicedo Vásquez & Fuentes Muñoz, 2020) en su investigación la finalidad primordial del estudio fue la eliminación del arsénico existente en las aguas acuíferas del distrito de Pacora, con la finalidad de hacerlas aptas para la ingesta humana, utilizando el proceso de adsorción con cuantía de óxido de hierro. Examinó la pureza del agua, así como la disminución y el aumento del nivel de arsénico tras la implementación de los procedimientos. Evalué un análisis estadístico de varianza y un cotejo de medias de Tukey, utilizando un nivel de significancia de $\alpha = 0.05$. De acuerdo con los hallazgos, el procesamiento T1 (filtro con 100 % de óxido de hierro) consiguió eliminar el 87.5 % del arsénico presente en el agua acuífera, reduciendo el nivel inicial de arsénico de 0.012 mg/L a 0.0015 mg/L. Esto resulta significativo dado que el LMP de arsénico en agua para ingesta humana, según la OMS, es de 0.01 mg/L. En conclusión, se sugiere



emplear el filtro compuesto por óxido de hierro al 100 % para purificar el agua acuífera del distrito de Pacora, complementándolo con simientes de moringa y jugo de limón para reducir la turbidez y ajustar el pH del H₂O.

Considerando a (Flores Cotrado, 2021), en su investigación, cuyo objetivo fue el de examinar la eliminación del arsénico en las muestras de agua del río mencionado, las cuales fueron previamente analizadas en la fase inicial del estudio según el informe de monitoreo llevado a cabo por la Autoridad Nacional del Agua, del 24 al 29 de noviembre del 2014, concluyendo que el grado de polución por arsénico en las aguas de superficie que esgrimen los habitantes del distrito de Sama Inclan, ubicado en la región Tacna, Perú, supera los 0,44 mg/L, mediante el empleo de la técnica de coagulación esgrimiendo hipoclorito de sodio y cloruro férrico, tomando en cuenta una variedad de cuantías de ambos reactivos químicos, asimismo de supervisar demás variables como los tiempos de sedimentación, floculación y agitación en el dispositivo de ensayo de jarras. Al concluir el experimento, se encontró que la eliminación más efectiva de arsénico total alcanzó el 98,06 % y que el residuo de hierro residual fue de 0,143 ppm. Esto se logró mediante la aplicación de una cuantía de 0,074 ppm de hipoclorito de sodio y 87,04 ppm de cloruro férrico, junto con un tiempo de sedimentación de 45 min.

Según (Pomalaza & Rivera, 2016) en su estudio de tesis llamado, su propósito fue mejorar el proceso de coagulación - floculación para eliminar el arsénico presente en las fuentes de agua dulce del distrito de La Unión Leticia mediante el uso de sulfato de aluminio tipo A. Durante los estudios químicos de metales totales mediante Espectrometría de masas con plasma conectado inductivamente (ICP-MS), se determinó que las fuentes de agua dulce del distrito de La Unión Leticia poseen una concentración de arsénico de 0.09440 mg As/L. Además,



en el análisis fisicoquímico se encontraron los siguientes valores: 123.4 mg CaCO₃/L de alcalinidades totales, 6.580 mg NO₂/L de nitritos, 0.204 mg NO₃/L de nitratos y 403.1 mg SO₄/L de sulfatos. La dosis óptima de sulfato de aluminio tipo A (120 mg Al₂(SO₄)₃/L) para eliminar arsénico se estableció mediante pruebas de jarras (27 experimentos con dosis de 118, 120 y 122 mg Al₂(SO₄)₃/L). Estas pruebas se llevaron a cabo bajo condiciones específicas de temple de 15,8°C, pH de 8, y diferentes tiempos de mezcla rápida (3, 5 y 7 min), con una prontitud de mezcla vertiginosa de 200 rpm. Además, se mantuvo un tiempo de mezcla lenta de 15 min, a una velocidad de 60 rpm, y un tiempo de sedimento de 30 min. La fórmula de eficiencia obtenida fue $Y = -0.0146x^2 + 3.5698x - 128.2$, derivada de la representación gráfica en Excel de la relación entre la dosis y el porcentaje de eliminación de arsénico en 12 pruebas preliminares ejecutadas con el equipo de test de jarras. Estas pruebas se llevaron a cabo esgrimiendo cuantías de sulfato de aluminio tipo A de 100 mg Al₂(SO₄)₃/L a 133 mg Al₂(SO₄)₃/L, en contextos de temple de 16,5°C, pH 8, y diferentes tiempos de mezcla rápida (1, 3, 5 y 7 minutos), con una prontitud de mezcla rápida de 200 rpm. Además, se aplicó un tiempo de mezcla lenta de 15 min, a una prontitud de 60 rpm, seguido de un período de sedimentación de 30 min. Igualmente, se alcanzó una eliminación del 89,14% del arsénico existente en las fuentes de agua dulce del Distrito de La Unión Leticia, lo que equivale a una reducción de 0,0958 mg de As/L a 0,0104 mg de As/L. Este resultado se logró esgrimiendo el equipo de test de jarras con la cuantía óptima de coagulante de 120 mg de Al₂(SO₄)₃/L, a un temple de 16°C, un pH de 8, durante 5 minutos de mezcla vertiginosa, y con una velocidad de mezcla rápida de 200 rpm, duración del proceso de mezcla suave durante 15 min, con un gradiente de agitación de 60 rpm y un período de sedimento de 30 min. La dosis óptima de



coagulante para la eliminación de arsénico en agua dulce se obtuvo mediante un modelo de optimización del proceso de coagulación-floculación, encontrando que 122,25 mgAl₂(SO₄)₃/L es la dosis más efectiva, lo que indica que el método se optimiza en comparación con la dosis previamente considerada de 120 mgAl₂(SO₄)₃/L.

2.1.3. Antecedentes regionales

Teniendo en cuenta a (Toledo Quispe, 2021), En su investigación denominada, el objetivo fue determinar la relación entre el nivel de Arsénico en el abastecimiento de agua y sus impactos en la salubridad en la comunidad de Chacaconiza - Corani. Se ejecuto un análisis bajo un enfoque Retrospectivo, donde los datos se obtuvieron de las historias clínicas entre 2015 y 2018. Además, se empleó un enfoque cuantitativo de investigación, y debido a la naturaleza de las revisiones, se adoptó un diseño descriptivo correlacional transversal. Se empleó una ficha clínica para recopilar la información proveniente de los registros médicos. Se aplicó la prueba de Chi cuadrado para valorar las hipótesis trazadas. Los hallazgos revelaron notables disparidades en los suministros de agua dulce, con valores que oscilan entre 8.2 y 42.7 µg/L. Los hallazgos del estudio evidencian una correlación estadísticamente significativa entre los niveles de arsénico en el H₂O y los síntomas asociados con intoxicación nutricional, gastrointestinal, neurológica y cutánea. Los mayores porcentajes de adelgazamiento (18.8%), dolor espontáneo (50.9%), diarrea (64.1%) y melanosis (18.8%) se observaron con mayor frecuencia, respectivamente. En consecuencia, se determinó que la presencia de arsénico en el agua está significativamente asociada con los efectos en la salud de la comunidad de Chacaconiza - Corani.



Según (Chumbes Chacón, 2018) en su estudio titulado "Reducción de las concentraciones de arsénico en el agua acuíferas empleando alambre de hierro en distintas proporciones, en la localidad de Taparachi, Juliaca, durante el año 2018". El propósito de este estudio fue disminuir la cantidad de arsénico en las aguas subterráneas de Juliaca-Taparachi. Actualmente, estas aguas contienen un nivel de 0.06 mg/L de arsénico, lo cual supera el Límite Máximo Permisible (LMP) de 0.05 mg/L establecido por las regulaciones técnicas peruanas, así como el estándar de 0.01 mg/L recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS).. Introdujo la técnica de eliminación de arsénico por medio de enmohecimiento solar, en el que incorporó jugo de limón como un agente catalizador para acelerar la enmohecimiento del alambre de hierro en presencia de oxígeno y radiación solar, facilitando la producción de especies altamente reactivas que oxidaron el Arsénico. Los derivaciones obtenidos de las 12 pruebas experimentales realizadas en aguas de Juliaca-Taparachi revelaron una reducción del porcentaje de arsénico en un rango entre el 97% y el 98%.La eliminación más efectiva de arsénico se alcanzó combinando 6 kilogramos de alambre de hierro, 1.3 mililitros de jugo de limón y 8 horas de exposición a la radiación solar, logrando una reducción del 98.18%.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Aguas subterráneas

El H₂O acuíferas desempeñan un papel vital, ya que proporcionan casi la mitad de todo el suministro de agua potable del planeta, representando una reserva crítica durante los períodos de sequía y contribuyendo al mantenimiento de diversos ecosistemas. No obstante, una investigación reciente encabezada por Andreas Hartmann, profesor de Hidrología en la Universidad Albert-Ludwigs, sugiere que la polución de estos acuíferos podría ser más grave de lo anticipado. Las aguas

acuíferas son las que se hallan por debajo de la superficie, constituyendo una de las partes fundamentales del ciclo hidrológico. Cuando ocurre la precipitación en forma de lluvia o nieve, una porción del agua penetra el suelo hasta encontrar una roca impermeable, llenando sus poros y grietas y almacenándose en acuíferos (iberdrola, 2024)

Figura 1

Agua subterránea



Nota. Extraído de (Decología.info, s.f.)

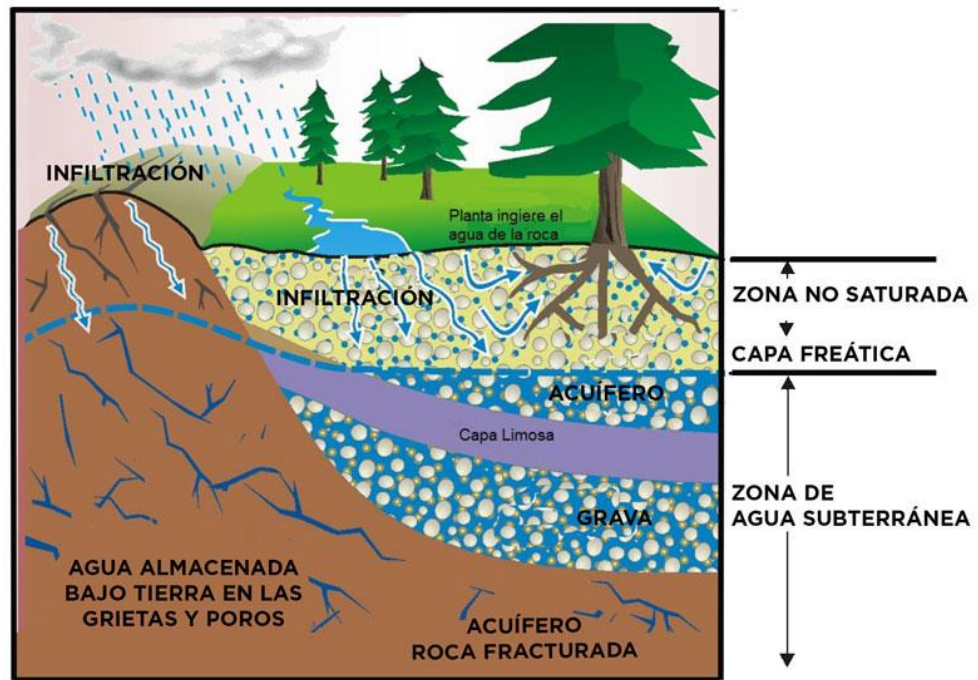
(Línea verde Huelva, 2023) Las aguas acuíferas son cuerpos de agua localizados debajo de la superficie terrestre, acumulándose en las diversas capas permeables de la corteza terrestre. Generalmente se hallan en formaciones geológicas impermeables conocidas como acuíferos. Se generan, principalmente, a partir de precipitaciones en forma de lluvia o nieve. En general, conservan una temperatura muy parecida al promedio anual de la zona en la que se ubican. Por este motivo, en las regiones árticas, pueden congelarse.

Las aguas acuíferas no absorben directamente el agua de las precipitaciones, sino que esta se filtra a través de las diversas capas permeables

de la corteza terrestre hasta alcanzar un punto de saturación donde el agua ya no puede seguir filtrándose. Son parte del ciclo hidrológico y su papel es fundamental en la actividad humana y en la conservación de los ecosistemas.

Figura 2

Ubicación del agua subterránea



Nota: Obtenido de (aquabook, s.f.)

2.2.2. Clasificación de las aguas subterráneas

(Valdivielso, s.f.) Se categorizan de 2 formas diferentes:

a) En función del ciclo hidrológico, se puede diferenciar:

Aguas meteóricas: Estas aguas se infiltran, son absorbidas por las plantas y regresan a la atmósfera mediante transpiración y evaporación, o bien se desplazan hacia áreas de afloramiento de aguas subterráneas, como manantiales, ríos y lagos.

Aguas fósiles: Estas aguas, caracterizadas por su elevada salinidad, se encuentran geológicamente aisladas y, por lo tanto, no interactúan con el ciclo hidrológico superficial.

Aguas juveniles o magmáticas: Estas aguas provienen de grandes profundidades y que pueden integrarse al ciclo hidrológico durante erupciones géiseres y volcánicas.

b) **En función de la zona donde las aguas acuíferas se encuentran.** Hay dos tipos:

Aguas edáficas: Aguas acuíferas presentes en la zona de ventilación, que se retienen a través de la acción capilar entre las partículas. de la superficie y son esenciales para el crecimiento vegetal.

Aguas freáticas: Aguas acuíferas localizadas en la parte de saturación, la cual constituye la capa superior de agua acuífera encontrada durante una perforación y es altamente vulnerable a la polución provocada por actividades humanas.

2.2.3. Calidad de las aguas subterráneas

(RS Ingeniería, 2024) La relevancia de mantener la condición de las aguas acuíferas y de superficie es evidente, ya que gran parte de los recursos que consumimos se obtienen de los diversos manantiales, pozos y fuentes disponibles, los cuales abastecen tanto a seres humanos como a animales, actividades agrícolas e industriales. En muchas áreas, el agua acuífera constituye la principal fuente de agua dulce.



A menudo se asume que la perforación de un pozo y la extracción de un caudal adecuado de aguas acuíferas resuelven problemas de suministro, sin considerar la condición de estas. La condición del agua se determina mediante indicadores que evalúan sus características químicas, físicas y biológicas.

Aparte de la cuantía de agua acuífera disponible, también debemos tener en cuenta el estado cualitativo de las masas de H₂O.

La condición del H₂O acuífera se relaciona con aspectos como la temperatura, la ausencia de contaminantes biológicos y tóxicos, así como la reunión de sólidos disueltos. Además, es fundamental que el agua presente niveles adecuados de sales y minerales para considerarse potable.

Un agua con elementos químicos o una elevada reunión de sustancias disueltas por la alteración del suelo puede tener un sabor amargo, lo que se conoce como H₂O dura, y no es apropiada para la ingesta humana ni recomendable para uso doméstico, ya que es la causa de la acumulación de cal en diversos dispositivos. Aunque el suelo actúa como un eficaz filtro de partículas, las aguas acuíferas pueden contener gases y compuestos químicos disueltos que pueden ocasionar problemas graves.

Las aguas acuíferas pueden ser afectadas por compuestos químicos industriales, domésticos o agrícolas que se encuentran en la superficie. Asimismo, en regiones frías o costeras, pueden contaminarse debido a un exceso de sal, mientras que, en zonas rurales, la polución puede originarse por los pozos sépticos.

Por consiguiente, es imperativo regular y examinar la extracción de agua acuífera destinada al consumo humano para prevenir los múltiples problemas que podrían derivarse de su ingesta y afectar la salud.

Figura 3*Calidad del agua subterránea*

Nota. Considerado de (RS Ingeniería, 2024)

2.2.4. Características físicas de las aguas subterráneas

(RS Ingeniería, 2024) La estructura química de las aguas acuíferas está intrínsecamente ligada a la naturaleza geológica del suelo a través del cual fluyen. Este equilibrio dinámico entre el suelo y el agua acuífera es fundamental para entender sus propiedades. Por ejemplo, en sustratos arenosos o graníticos, el agua tiende a ser ácida y contiene menos minerales. Por otro lado, en suelos limosos y arcillosos, las aguas acuíferas tienden a ser alcalinas y ricas en bicarbonatos. Esta diversidad química es fundamental para la existencia de subsistencia en el planeta y afecta considerablemente la condición del agua que ingerimos.

Tabla 2*Características de las aguas subterráneas*

Propiedad	Aguas Subterráneas
Temperatura	Estable en su mayor parte
Turbidez, SS	Mínimo o inexistente (a excepción de en suelos cársticos)
Color	Determinado por los sólidos disueltos existentes
Contenido Mineral	Suelen mantenerse constantes, típicamente significativamente mayores que en el agua superficial de la misma región
Fe y Mn divalentes en la solución	Presencia frecuente
CO ₂ Agresivo	Presencia frecuente
O ₂ Disuelto	Normalmente ninguno
H ₂ S	Presencia frecuente
NH ₃	Presencia frecuente
Nitratos	Niveles en ocasiones altos
Sílice	Nivel frecuente alto
Minerales y Microcontaminantes Orgánicos	En la mayoría de los casos, no existen, pero en caso de un derrame accidental, persiste durante un largo período
Organismos Vivos	Bacterias del hierro frecuentes
Solventes Clorinados	Presencia frecuente
Naturaleza de Eutrofización	Ninguno

Nota: Extraído de (RS Ingeniería, 2024)

2.2.5. Características químicas de las aguas subterráneas

(Collazo Caraballo & Montaña Xavier, 2012) Entre ello se tiene:

- **pH:** Es la evaluación de la reunión de iones hidrógeno en el H₂O o en la solución, influenciada por interacciones químicas y balance iónico existentes. En las aguas acuíferas, oscila entre 6.5 y 8.5.

- **Demanda química de oxígeno (DQO):** Evalúa la habilidad de un cuerpo de agua para absorber oxígeno a lo largo reacciones químicas. En las aguas acuíferas, los valores típicos oscilan entre 1 y 5 mg/l de O₂.
- **Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO):** Consiste en la cuantificación del oxígeno requerido para descomponer la materia orgánica existente en el agua por medio de la respiración aeróbica. Es un indicador crucial de la polución del H₂O y se refiere a un periodo específico (24 h, 5 días, etc.). Valores mayores a 1 ppm de O₂ muestran polución.

2.2.6. Captación de aguas subterráneas

(SONDAGUA, 2022) La captación de aguas acuíferas se refiere a cualquier estructura o instalación destinada a obtener niveles de agua con el propósito de satisfacer una demanda específica, ya sea en una formación acuífera, en los suelos, subsuelos y sus distintas capas. Mediante diversos sistemas y métodos, algunos más complejos que otros, se puede intervenir en los terrenos para extraer recursos hídricos.

Figura 4

Puntos de Captación de Agua subterránea



Nota. Obtenido de (SONDAGUA, 2022)

2.2.6.1. Captaciones Horizontales:

(García, 2018) Estos métodos de captación pueden categorizarse en tres clases: zanjas, galerías y drenajes.

a) Zanjas:

Las zanjas son estructuras, generalmente creadas, al descubierto, que aprovechan la proximidad del nivel piezométrico a la superficie. Este tipo básico de construcciones se realiza típicamente en materiales poco consolidados y consiste en una excavación más o menos lineal destinada a llegar al nivel saturado. El agua generalmente se drena por gravedad si el terreno tiene la pendiente adecuada, o mediante bombeo, ya sea dentro de la zanja misma o en un pozo colector. En la actualidad, estas operaciones son relativamente simples gracias al uso de maquinaria que facilita alcanzar profundidades de varios metros (de 4 a 8 metros).

Cuando se pretende mantener la zanja abierta, es necesario que las paredes tengan una inclinación adecuada para garantizar su estabilidad y evitar derrumbes. A menudo se emplea una relación de 2:1 (ancho: profundidad), aunque esta medida puede variar según el tipo de terreno.

Las excavaciones al aire libre se utilizan típicamente como sistemas de drenaje en áreas donde el nivel freático es elevado y está cerca de la superficie, y ocasionalmente como fuentes de agua potable, aunque esto último es poco común debido al riesgo de polución fácil.

b) Galerías:

Las galerías son estructuras más elaboradas, típicamente situadas debajo del lecho de un río o en formaciones geológicas acuíferas. Estas construcciones son conocidas desde tiempos remotos, como demuestran



los kanats, sistemas de irrigación acuífera originarios de Armenia hace unos 2700 años, y posteriormente adoptados en Persia, Pakistán, Egipto y regiones cercanas.

En la actualidad, se edifican pocas galerías, excepto en situaciones especiales, debido al alto costo de inversión que suele requerir este tipo de infraestructura. Sin embargo, una vez construida, el mantenimiento de la galería es económico y el suministro de agua se alcanza en la mayoría de las ocasiones mediante la gravedad, es decir, sin necesidad de utilizar energía eléctrica.

c) Drenes:

Los drenajes son estructuras de diversas complejidades diseñadas para extraer agua acuífera de acuíferos que pueden ser poco profundos (acuífero libre, semilibre o confinado somero). Los drenajes se emplean en acuíferos poco profundos que no permiten una explotación económica mediante pozos. Asimismo, este tipo de estructuras se utilizan en regiones costeras con el fin de obtener agua dulce del pequeño lente que se encuentra sobre el agua (flotante) con altos niveles de salinidad. Los desagües pueden ser elaborados utilizando tuberías de plástico, fibrocemento y preferentemente con filtros de ranuras continuas, del tipo autolimpiante. Este conducto de entrada, habitualmente colocado de forma perpendicular, oblicua o paralela al flujo subterráneo, transporta el agua capturada hacia un colector principal (pozo de amplio diámetro o cámara colectora) desde donde puede ser bombeada o distribuida por gravedad. Una idea extendida es que los desagües, cuando se sitúan cerca de un río o incluso en la llanura de inundación de un curso de agua,



aprovechan el agua de superficie que se filtra debido a la presencia de la estructura de captación. Dado que los drenajes son estructuras acuíferas, una de sus primordiales ventajas reside en la capacidad para capturar y distribuir volúmenes significativos de agua sin sólidos suspendidos. Esta circunstancia se origina porque, durante la fase de construcción de estas estructuras, se siguen procesos análogos a los empleados en la edificación de pozos verticales profundos. Es decir, se presta especial atención al diseño de la sección de captación, considerando aspectos texturales y granulométricos del material que constituye el depósito y la sección activa de captación (filtros).

2.2.6.2. Captaciones Verticales:

Estas atracciones pueden clasificarse en 2 categorías: pozos cavados y pozos perforados. Son adecuadas en acuíferos con poca, mediana o alta profundidad, con un espesor considerable y una buena capacidad de permeabilidad.

a) **Pozos excavados:**

Se trata de pozos poco profundos que se construyen manualmente o con maquinaria ligera, con diámetros comparativamente amplios (> 1m). Es factible excavar hasta lograr el nivel del agua acuífera. (Collazo Caraballo & Montaña Xavier, 2012)

Los pozos contemporáneos se encuentran revestidos con anillos de hormigón armado prefabricados. La parte superior de la estructura está protegida por un brocal o una losa sellada que cuenta con un sistema de ventilación. Se dispone arcilla o hormigón entre el revestimiento y el suelo, a partir del nivel de la superficie hasta una hondura adecuada, con el



propósito de garantizar la impermeabilidad y prevenir la filtración de aguas potencialmente contaminadas.

El pozo tiene la capacidad de extraer agua acuífera, ya sea de forma lateral, desde el fondo o de ambas maneras simultáneamente. En el método de captación lateral, la parte captadora debe sumergirse en el acuífero al menos 5 o 7 metros por debajo del nivel del agua, para lo cual se utilizan perforaciones en las paredes laterales. (García, 2018)

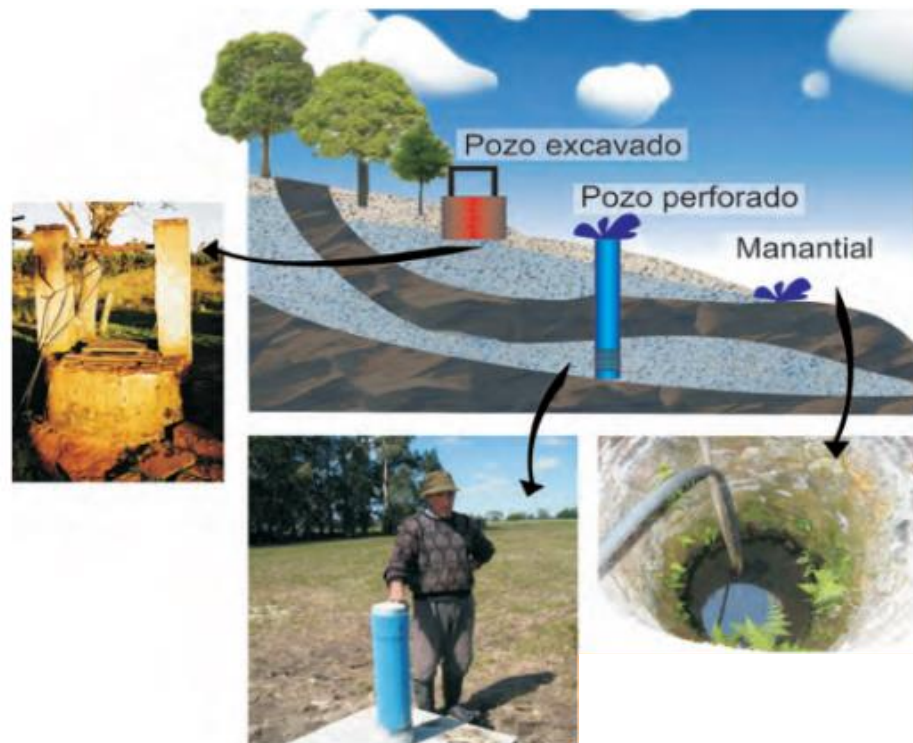
b) **Pozos perforados o tubulares:**

Con también denominados como pozos semisurgentes. Normalmente tienen un diámetro pequeño, oscilando entre 6 y 12 pulgadas, y se construyen utilizando maquinaria de perforación con diversos sistemas según el tipo de material del acuífero a atravesar. (Collazo Caraballo & Montaña Xavier, 2012)

Los pozos perforados representan el método más habitual y generosamente empleado para la captación de aguas acuíferas. Implica realizar perforaciones en el suelo hasta llegar al nivel freático o al acuífero. Estos pozos pueden ser poco profundos, como los pozos de absorción, que recogen agua de la zona saturada próxima a la superficie, o hondos, como los pozos de extracción, que extirpan agua de acuíferos más productivos y profundos. (SONDAGUA, 2023)

Figura 5

Pozo excavado, perforado y aprovechamiento directo del manantial



Nota. Considerado de (Collazo Caraballo & Montano Xavier, 2012)

2.2.7. Coagulación - Floculación

Mediante coagulación-floculación se eliminan las partículas que se encuentran en suspensión a causa de su reducida dimensión (generalmente inferior a $10\ \mu\text{m}$), no se sedimentarían en un lapso de período adecuado (de 30 a 60 minutos) en términos operativos de una planta de procesamiento de H₂O (Bratby, 2006).

La coagulación-floculación es una técnica complicada que abarca una amplia gama de reacciones y productos químicos posibles. Aunque presentemente se han sugerido definiciones y terminología para aclarar ciertas ambigüedades no existe una estandarización universal para los términos de coagulación y floculación, lo que a veces permite su uso intercambiable.

La coagulación se define como un proceso unitario que induce la agregación de partículas de sustancias en suspensión que no se sedimentan y partículas coloidales presentes en el agua y en las aguas remanentes; el proceso implica la reducción de las fuerzas de repulsión interparticulares en el sistema coloidal con la finalidad de formar partículas más magnas que sedimentan eficazmente. Estos procedimientos implican la incorporación de compuestos químicos al agua, su dispersión homogénea en ella y la creación de un precipitado floculante que se sedimenta con facilidad. (Wilderer y otros, 2003)

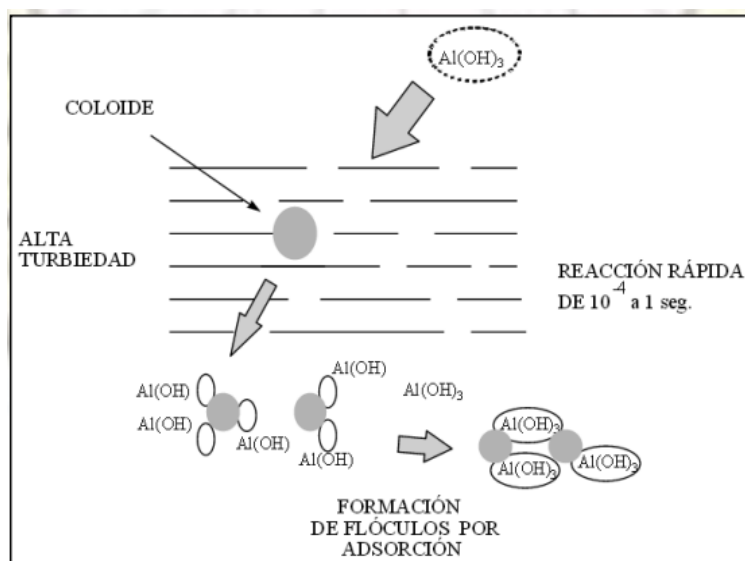
2.2.8. Tipos de coagulación

a) Coagulación por adsorción

La coagulación se manifiesta eficientemente en aguas con elevada concentración de partículas coloidales. La adición del coagulante resulta en la inmediata formación de flóculos debido a la adsorción de los iones metálicos liberados por el coagulante sobre la superficie de las partículas coloidales.

Figura 6

Formación de flóculos por Adsorción



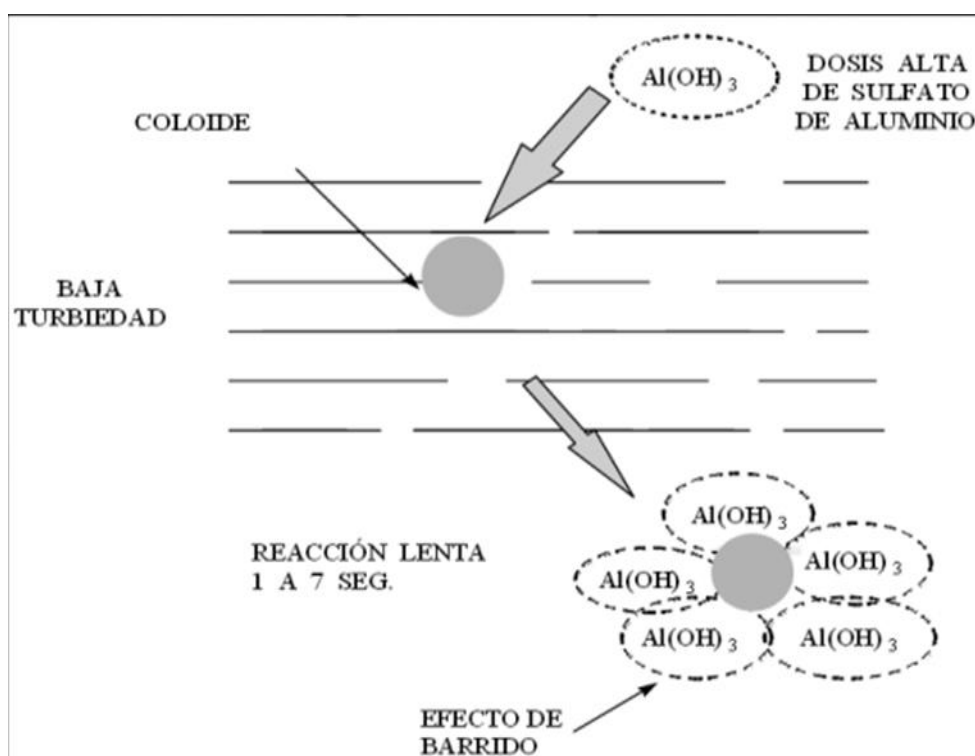
Nota. Fuente (Desjardins, 1992)

b) Coagulación por Barrido

Este tipo de coagulación tiene lugar cuando el H₂O se encuentra clara (con baja turbidez) y contiene reducida presencia de partículas dispersas; por consiguiente, las partículas se capturan por sobresaturación de precipitados.

Figura 7

Formación de Flóculos por Barrido



Nota. Fuente (Desjardins, 1992)

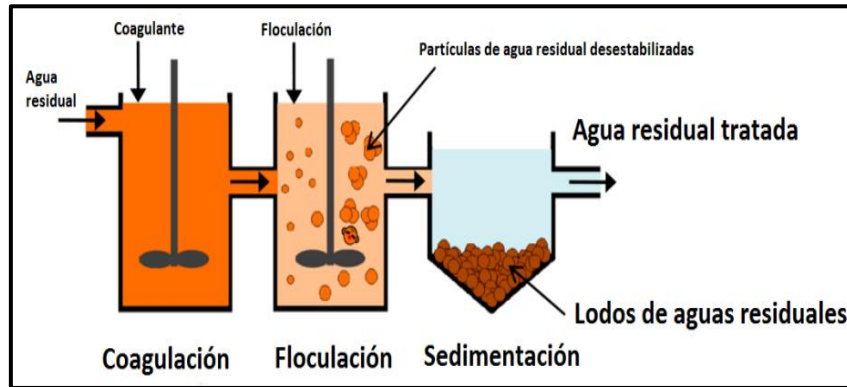
c) Coagulación Química

Las coagulaciones químicas se puede describir como un "proceso unitario destinado a inducir la fusión o unión de sustancias en suspensión que no se sedimentan y partículas coloidales presentes en el agua residual". (Nemerow, 1977). Durante este proceso, se disminuyen las fuerzas de aversión entre los coloides para generar partículas de mayor masa que se precipitan por medio de procedimientos denominado sedimentación. La coagulación, frecuentemente, se

menciona como la etapa que incluye la adición de coagulante, la mezcla rápida, la floculación y la sedimentación (Edeline, 1993).

Figura 8

Proceso de coagulación química



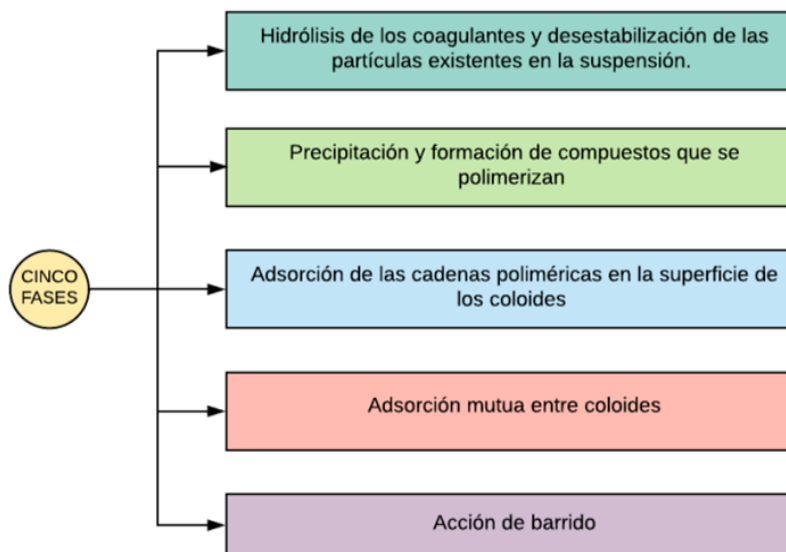
Nota. Adaptado de Chee Yang Teh

2.2.9. Fases de la coagulación

Durante el proceso de coagulación se desarrollan sucesivamente cinco etapas donde se pueden observar tanto procesos físicos como químicos, los cuales se detallan posteriormente:

Figura 9

Fases de la coagulación



Nota. Adaptación de las fases de la coagulación por (Pérez, 1986)



Fase uno: Mientras se agrega los coagulantes al H₂O, este interactúa con las moléculas del líquido y puede resultar en las desestabilizaciones de las partículas. Esto puede ocurrir por medio de la unión electrostática de iones hidrolíticos (generalmente con carga positiva) a la superficie de los coloides, ocurriendo dentro de la doble capa eléctrica que los rodea con carga negativa (Reducción del potencial zeta o equilibrio electrostático), o mediante uniones químicas con los grupos ionizables de la superficie. (Arboleda, 1972)

Fase dos: La generación de compuestos que se polimerizan tiene lugar como resultado de las resistencias de la fase inicial. Estas cadenas o compuestos desarrollan un extremo activo crucial en procesos para continuar su reacción.

Fase tres: La absorción de cadenas en suspensión mantiene los extremos cargados

Fase cuatro: Unión de los extremos por los coloides que presenten falta de carga, lo que resulta en la formación de conglomerados esponjosos de partículas en suspensión ligadas por cadenas macromoleculares.

Fase cinco: Sedimentación de los coágulos generados mediante un proceso de arrastre (que recoge demás coloides).

Los restos de coloides disgregados pueden ser capturados en un conglomerado cuando se agrega una cuantía adecuada de coagulante, generalmente compuestos salinos de metales trivalentes, como el sulfato de cloruro férrico FeCl₃ o aluminio Al₂(SO₄)₃. El conglomerado está compuesto por moléculas de Al(OH)₃ o Fe(OH)₃.

Durante la formación del floc, las partículas coloidales actúan como núcleos; este proceso puede mostrar una correlación inversa entre la turbidez y la cuantía

de coagulantes necesaria. Es decir, una alta reunión de partículas en suspensión puede necesitar menos coagulante.

2.2.10. Consideraciones para elegir un coagulante

(Sela, 2018) La selección del coagulante estará sujeta a diversos factores, los cuales abarcan:

- ❖ La cantidad necesaria
- ❖ Costo y accesibilidad
- ❖ El nivel de acidez del agua
- ❖ El impacto del coagulante en el nivel de acidez y la alcalinidad
- ❖ Efectividad para ciertos parámetros específicos
- ❖ Potencial corrosivo

Para seleccionar el coagulante más adecuado, o una combinación de coagulantes, para el agua específica que se va a tratar, se debe llevar a cabo una prueba de jarra. La prueba de jarra estándar se realiza en un entorno de laboratorio, utilizando seis recipientes, donde se evalúan diferentes condiciones. Al modificar las variables del proceso, como la dosificación, el pH, el tiempo de coagulación, el tiempo de sedimentación, la intensidad de la agitación, entre otras, se pueden determinar las condiciones óptimas.

2.2.11. Floculación

(Bratby, 2006) y (AWWA, 1990), se señaló que las floculaciones consiste en el agrupamiento de agregados pequeños que se combinan para crear estructuras más grandes, pesadas y resistentes conocidos como flóculos, los cuales sedimentan con mayor rapidez. Estas definiciones de coagulación y floculación

suelen derivar de las prácticas en la ingeniería de procesamiento de aguas, aunque pueden existir otras interpretaciones.

Generalmente, el proceso de coagulación-floculación se lleva a cabo en dos tipos de tanques dispuestos en secuencia: el primero es el tanque de mezcla rápida, donde se produce la hidrólisis del coagulante para desestabilizar la carga de partículas precede al tanque de mezcla lenta, en el que se favorece el empalme entre las partículas ya desestabilizadas y asociadas en microfloculos. (AWWA, 1990).

2.2.12. Mecanismos de coagulación y floculación

(Duan & Gregory, 2003) se señaló que la efectividad en la eliminación de partículas en el agua depende de la neutralización de la carga eléctrica en su entorno, y los métodos más comunes para lograr este proceso son los siguientes:

- ⇒ La disminución de la doble capa eléctrica debido a la alta concentración de iones es un proceso que se manifiesta cuando la cantidad de iones en el medio aumenta, lo que genera una atracción electrostática que reduce el espesor de la capa de carga eléctrica en la superficie de las partículas.
- ⇒ La desestabilización por interacción electrostática. Se presenta cuando 2 partículas con cargas opuestas en sus superficies se encuentran, anulándose ambas cargas al entrar en contacto.
- ⇒ La unión entre las partículas. Se puede lograr empleando polímeros, que consisten en cadenas extensas de moléculas con carga eléctrica. Estos polímeros poseen la capacidad de formar uniones o enlaces que desestabilizan las partículas en suspensiones.



⇒ El fenómeno de coagulación por barrido se produce cuando ciertos compuestos metálicos se hidrolizan, lo que genera un precipitado insoluble y amorfo, comúnmente el hidróxido del metal. Este precipitado captura las partículas suspendidas en el agua, sedimentándolas a través de una acción de barrido. Este método ha sido probado como más efectivo para eliminar partículas del agua al neutralizar su carga, aunque se requieran mayores cantidades de coagulante para formar el precipitado amorfo.

2.2.13. Factores que influyen en el proceso de coagulación – floculación

(Spellman, 2008) y (Montgomery, 1985) Se ha informado que hay múltiples variables que afectan el método de coagulación-floculación del H₂O, lo que sugiere la complejidad del procedimiento. Estas variables pueden clasificarse en cuatro categorías primordiales:

- ❖ pH.
- ❖ Nivel de turbidez.
- ❖ Reunión de sales disueltas.
- ❖ Temperatura del medio acuoso.
- ❖ Variante del agente coagulante empleado.
- ❖ Parámetros de agitación.
- ❖ Métodos de diligencia de los coagulantes.
- ❖ Diversidad de mezclas y su tonalidad.

a) Influencia del pH

El pH representa la reunión de iones hidrógeno en una solución, y se precisa como:

$$\text{pH} = -\log \{H^+\}$$



La acidez o alcalinidad es el factor primordial a considerar durante el proceso de coagulación, pues cada tipo de H₂O posee un intervalo de pH ideal para una coagulación eficaz, determinado por la composición iónica y las alcalinidades del H₂O. El intervalo de pH está determinado por el tipo de coagulante seleccionado y las características intrínsecas del agua a tratar; si la congelación se lleva a cabo fuera de este intervalo óptimo, se debe acrecentar la cuantía de coagulante, resultando en una dosis elevada. Por ende, es esencial ajustar el pH dentro de los parámetros adecuados. El rango de pH adecuado para las sales de aluminio para la coagulación varía entre 6.5 y 8.0, mientras que para las sales de hierro, el intervalo no significativo se encuentra entre 5.5 y 8.5.

b) **Influencia de la turbiedad**

La opacidad es una manera evasiva de evaluar la densidad de partículas en suspensión dentro de un líquido; evalúa cómo estas partículas dispersan la luz y está influenciada por la cantidad, grande y configuración de las partículas. La turbidez del H₂O en la superficie se debe principalmente a partículas de lodo de sílice con diámetros que van de 0.2 a 5 µm. La coagulación de estas partículas ocurre de manera natural cuando el pH se mantiene dentro del rango adecuado. Es posible hacer las siguientes predicciones a partir de los cambios en la aglomeración de estas partículas.

- Cada nivel de opacidad requiere una dosificación específica de coagulante para alcanzar el menor residuo de turbidez, lo que representa la cuantía ideal.
- Cuando la turbidez incrementa, la adición extra de coagulante no es excesiva a causa de la alta probabilidad de colisión entre las partículas, facilitando así la coagulación. En cambio, la baja turbidez dificulta la coagulación,



requiriendo un mayor uso de coagulante requerida puede ser equivalente o mayor que en aguas con alta turbidez. (Andia, 2000).

- Cuando la opacidad alcanza niveles muy altos, es recomendable llevar a cabo una pre-sedimentación, ya sea de forma natural o inducida, utilizando un polímero aniónico en este último caso.
- Resulta más sencillo llevar a cabo la coagulación en aguas con baja opacidad y en aquellas afectadas por vertidos de desechos domésticos e industriales, dado que necesitan una dosis superior de coagulante en comparación con las no contaminadas.

c) **Influencia de las sales disueltas**

Los compuestos salinos existentes en el agua tienen los siguientes efectos sobre los métodos de floculación y coagulación:

- Alteración del intervalo de pH ideal.
- Cambio en el periodo necesario para la formación de flóculos.
- Ajuste en la cantidad requerida de coagulante.
- Modificación en la cantidad remanente de coagulante en el efluente.

d) **Influencia de la temperatura del agua**

Un cambio de 1°C en el temple del agua produce variaciones en la densidad y, por ende, en la generación de corrientes con intensidades variables impacta la energía de movimiento de las partículas suspendidas, ralentizando el proceso de coagulación; temples muy altos asimismo son desfavorables para la coagulación. Disminuir la temperatura del agua en un tanque de sedimentación provoca un incremento en su viscosidad, lo que genera dificultades en la sedimentación de un flóculo (Andia, 2000).



e) Influencia de la dosis del coagulante

La dosis de coagulantes empleada influye derechamente en la eficacia del proceso de coagulación:

- ✍ La dosis insuficiente de coagulante no logra neutralizar completamente la carga superficial de las partículas, lo que limita la formación de flocúlos de tamaño adecuado y, por ende, en una alta turbidez remanente.
- ✍ Una elevada cantidad de coagulante invierte la carga de las partículas, produciendo numerosos microflocúlos de tamaño muy pequeño, que sedimentan lentamente, resultando en una alta turbidez residual.
- ✍ La elección del coagulante y la dosificación ideal se instituyen a través de pruebas de jarra.

f) Influencia de mezcla

La intensidad de la conmoción aplicada al H₂O al acrecentar el coagulante es determinante para conseguir una coagulación completa; las turbulencias desiguales pueden resultar en una distribución desigual de coagulante, con algunas áreas con reuniones altas y otras con reuniones bajas o nulas; es esencial que la agitación sea vigorosa y uniforme en toda la masa de agua para garantizar una mezcla apropiada entre el H₂O y el coagulante, así como la correcta realización del proceso químico que equilibra las cargas opuestas de las partículas. En el proceso de floculación y coagulación, se realiza la combinación de productos químicos en dos etapas. En la etapa primera, se realiza una agitación vigorosa y breve (máximo 60 segundos), acreditada como mezcla vertiginosa (Andía, 2000).

- ⇒ **Mezcla rápida:** El propósito de esta primera etapa de mezcla es asegurar la distribución homogénea del coagulante en todo el volumen del agua a tratar,



mientras que, en la segunda fase, la mezcla se vuelve más lenta y tiene como propósito fomentar la formación de microflóculos. La mezcla rápida hace referencia a las condiciones de agitación intensa y el tiempo de retención que el agua debe mantener durante la adición del coagulante, con el fin de asegurar que las reacciones de coagulación ocurran en las condiciones inapreciables correspondientes al mecanismo de coagulación predominante; Se lleva a cabo para la incorporación de productos químicos en una zona de alta turbulencia; una mezcla rápida inadecuada resulta en un incremento en la dosis de los productos químicos (Andia, 2000).

g) **Sedimentación**

Basándose en la concentración, las propiedades y la propensión a interacciones de partículas, se pueden identificar 4 categorías diferentes de sedimento:

- 1) Sedimentaciones de partículas individuales
- 2) Sedimentaciones aglomeradas
- 3) Sedimentaciones estratificada o retardada
- 4) Sedimentaciones por compactación

A lo largo del proceso de sedimentaciones, las partículas pueden interactuar entre sí, por lo que, dependiendo de las fuerzas que actúan entre ellas, pueden producirse 4 tipos de interacciones:

- i. Que se sedimenten de manera individual, sin interacción apreciable con las partículas adyacentes.

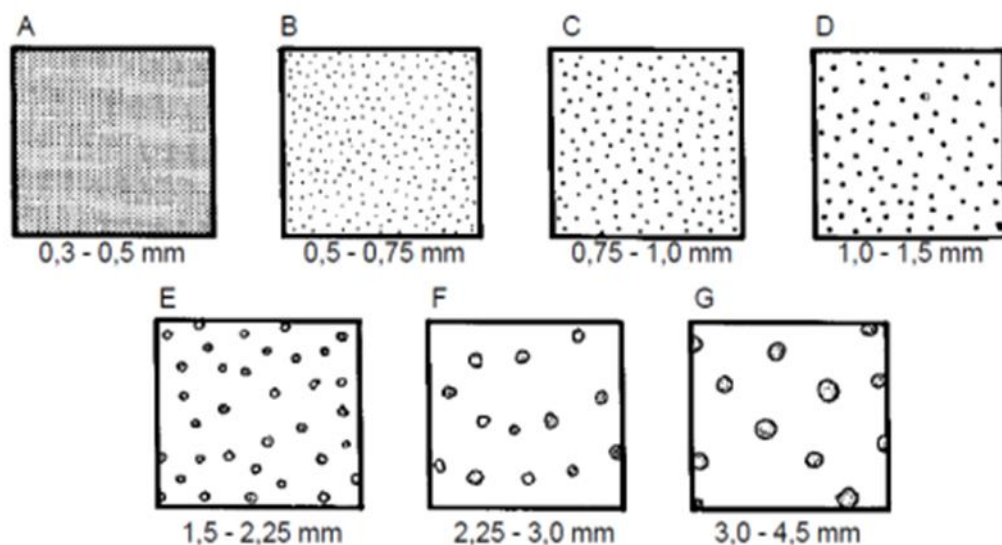
- ii. Que ocurra una interacción entre las partículas, con tendencia a unirse y formar conglomerados más grandes conocidos como "flóculos", los cuales sedimentan a una velocidad superior.
- iii. Que las partículas estén tan cercanas entre sí que el movimiento del fluido se vea limitado y movimiento cohesivo de las partículas, preservando su disposición espacial.
- iv. Que las partículas estén agrupadas de manera que posibilite la formación de una estructura capaz de compactarse bajo la presión de las partículas adicionales, sedimentando a partir del líquido remanente, esta compresión expulsa el agua presente en los espacios interpartículas y al aumento de la aglomeración (Ekama & Maris, 2004).

Sedimentación floculada (Tipo II): En reposo, las partículas suspendidas en el H₂O tienden a agruparse naturalmente, formando partículas más grandes a medida que se sedimentan. Este proceso también es denominado sedimento floculado o sedimento tipo II. Este tipo se caracteriza por la variabilidad en la densidad y el volumen de las partículas varían en la medida que se unen por medio del proceso de floculación y precipitaciones químicas. Por consiguiente, la prontitud de sedimentaciones aumenta progresivamente con el tiempo (Ekama & Maris, 2004).

Diámetro de los flóculos: La dimensión de los flóculos presenta una amplia variación, desde menos de 0,001 mm hasta más de 5 mm, dependiendo de las condiciones de mezcla y floculación que engloban los gradientes de intensidad de mezcla y el tiempo de residencia. Willcomb propone una clasificación de los flóculos según su tamaño, como se observa en la figura siguiente:

Figura 10

Índice de Willcomb para determinar el tamaño del flóculo



Nota. Categorización de flóculos por su tamaño como (Gordon, 1993).

2.2.14. Cloruro Férrico

El polímero químico puede encontrarse en estado sólido o líquido; la forma líquida es la más comúnmente empleada en el procesamiento de coagulación y floculación. La estructura sólida es cristalina, de tonalidad parda, delicuescente, con una fórmula teórica. (Díaz, 2014).



Esta solución presenta un color marrón oscuro (ámbar) y una viscosidad baja; se genera a partir de la reacción del mineral de hierro con ácido clorhídrico y cloro. En estado sólido, es altamente higroscópica en el entorno. Comercialmente, está disponible como una solución con un rango de reunión del 40% al 42%. El cloruro férrico es un compuesto muy versátil con aplicaciones en diversos sectores industriales. Su efectividad en la floculación lo convierte en un coagulante altamente



eficiente en el tratamiento de aguas potables y aguas residuales, tanto domésticas como industriales. Además, su capacidad para coagular en un amplio rango de pH lo hace un producto especialmente útil en comparación con otras sustancias químicas empleadas para el mismo fin. Este producto se usa para eliminar fósforo y sulfuro de efluentes, en el tratamiento de lodos, como catalizador, en la oxidación de asfalto, producción de pigmentos y otras aplicaciones industriales. (Efice. Buena química, 2023)

Algunas de sus características incluyen:

- Aspecto: La solución exhibe una consistencia viscosa y una tonalidad ámbar oscuro, mientras que el sólido presenta una tonalidad amarillo anaranjado.
- Densidad: La solución tiene una densidad específica de 1.43 g/ml, mientras que la del sólido es de 1.69 g/ml.
- Solubilidad: El cloruro férrico se disuelve en etanol, acetona, glicerina, benceno y agua en cualquier proporción.
- Reactividad: Este producto es altamente oxidante y puede corroer metales, incluido el cobre.

Se emplea como agente coagulante, ya que presenta ventajas en comparación con otros productos similares, como su eficacia en una amplia gama de pH y temple. Además, crea iones trivalentes de mayor peso molecular, los cuales son fundamentales para el proceso de coagulaciones. (Zebatto, y otros, 2009)

Tabla 3*Características del Cloruro Férrico*




Características Físico - Químicas		Unidades
Fórmula química	FeCl ₃	--
Concentración	39% a 45%	--
Color	Líquido café oscuro	--
Peso molecular	162,2	--
Densidad (20°C)	1,405 – 1,485	gr/cc
pH	<1	--
Presión de vapor	40	mmHg
Puntos de cristalización	-10	°C
Calor de dilución de 40 a 1%	38 56	KJ/mol Kcal/Kg
Viscosidad cinemática	8	mm ² /s

Nota. (Occidental Chemical)

2.2.15. Prueba de jarras

(Flowen, 2022) Durante las pruebas de jarras, se mantiene constante todo excepto las variables bajo análisis. En estas evaluaciones, el indicador que reflejará una mejora es la turbidez.

Los parámetros a estudiar son:

-  pH óptimo
-  Reunión óptima
-  Dosis óptima

Para determinar la dosis ideal, se deben llevar a cabo pruebas de coagulación en las cuales se mantengan todas las condiciones constantes, salvo la variable en cuestión; es decir, la única que variará será la dosis.



El método a seguir para la prueba es:

- ❖ Requerir 4 o más muestras de un mismo efluente en condiciones idénticas.
- ❖ Añadir el coagulante y llevar a cabo un proceso de agitación rápida.
- ❖ Aguardar 5 minutos después de la agitación rápida para permitir la decantación y clarificación del efluente.
- ❖ Evaluar la turbidez final.

2.3. Marco conceptual

a) Agua subterránea

Aguas acuíferas son las que se hallan bajo las superficies del suelo o del fondo marino, o aquellas que emergen naturalmente, como manantiales y fuentes en zonas de afloramiento, o las que requieren construcciones como pozos, galerías filtrantes, entre otras. (Red Río, 2011)

b) Coagulación

La coagulación constituye una técnica ampliamente empleada en el tratamiento de aguas residuales. Este proceso posibilita la exclusión de partículas coloidales y en suspensión del H₂O, así como la reducción de la turbidez y en parte del color, además de la eliminación de bacterias y virus (Villabona, Guzman, & Tejada, 2013)

c) Coagulación química:

La coagulación química utiliza un agente coagulante que neutraliza la carga de los coloides, formando flóculos más grandes y pesados; las sales de aluminio y hierro son las más efectivas. La eficacia de la coagulación depende del pH y la alcalinidad, usándose principalmente para eliminar turbidez y color. (Vargas, 2004).



d) Floculación:

La floculación implica la mezcla de la suspensión coagulada para favorecer el desarrollo y unión de los flóculos recientemente formados, con el fin de acrecentar su tamaño y peso para que puedan sedimentarse con mayor facilidad. En otras palabras, los flóculos iniciales, que son pequeños, se unen para formar conglomerados más grandes capaces de sedimentarse. (Villabona, Guzman, & Tejada, 2013)

e) Cloruro férrico:

El tricloruro de hierro, también conocido como cloruro férrico o cloruro de hierro (III), es un compuesto químico con base de hierro y fórmula química $FeCl_3$. Es soluble en disolventes orgánicos y reacciona con el agua, liberando una gran cantidad de calor y volviéndose corrosivo. Estas propiedades lo convierten en un agente efectivo para purificar el agua de impurezas, tratar aguas residuales, potabilizar el agua y realizar grabados químicos en la industria eléctrica. (Vadequímica, 2022)

f) Aluminio:

El aluminio se encuentra en prácticamente todas las aguas nativas en forma de sales solubles, coloide o compuesto insoluble, debido a su amplia distribución en minerales, rocas y arcillas. Su presencia en aguas naturales está regulada por el pH y por partículas minerales muy finamente suspendidas. (Hanna, s.f.)

g) Arsénico:

El arsénico es un componente nativo presente en la corteza terrestre. Cuando el H₂O atraviesa ciertas formaciones peñascosas, el arsénico



puede disolverse y migrar hacia acuíferos, arroyos o afluentes que pueden servir como fuentes de agua dulce. Se cuantifica en partes por mil millones (ppb). (Oregon Health)

El arsénico es altamente perjudicial en su forma inorgánica. La ingesta de agua contaminada representa una vía de exposición a niveles altos de arsénico inorgánico el procesamiento de alimentos usando agua contaminada el riego de cultivos con agua contaminada, procesos industriales, la ingesta de alimentos contaminados y la ingesta de tabaco. La exposición prolongada a arsénico inorgánico, especialmente debido a la ingesta de agua y alimentos no aptos para consumo, puede generar una intoxicación crónica. Los efectos más frecuentes abarcan lesiones cutáneas y cáncer de piel. (Organización Mundial de Salud, 2022)

h) Pozo de agua:

Un pozo de H₂O es una perforación vertical realizada en el suelo para extraer agua acuífera almacenada en el acuífero o en el subsuelo. (administrativando, 2022)



CAPITULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación

La Investigación en cuestión se clasifica como estudio cuantitativo, dado que se basa en la compilación de datos para valorar la eficacia de una solución a un problema particular. En términos de su fin, se trata de un estudio aplicado.

3.2. Nivel de investigación

La naturaleza del propósito se corresponde con un enfoque correlacional, que persigue instituir relaciones entre las variables objeto de estudio a partir de los procesamientos o experimentos realizados. En este caso, se busca indagar sobre la relación entre las diversas reuniones de cloruro férrico y los periodos de sedimentaciones, con el fin de observar cómo altera la eficacia en cada procesamiento.

3.3. Diseño de investigación

La metodología de este estudio consistió en experimental, lo que implica la manipulación de la variable independiente con el objetivo de determinar un punto



inapreciable que irradie una mayor eficacia de disminución de los niveles de aluminio, sodio y arsénico en el agua acuíferas. Todo esto se llevó a cabo en un entorno experimental en el laboratorio de condición ambiental.

3.4. Método de investigación

Enfoque inductivo: Se recopilaron inicialmente los datos de las variables en estudio para luego procesarlos mediante un modelo analítico.

Enfoque deductivo: Se extrajeron conclusiones basadas en la aplicación del modelo y su confrontación con la teoría, en consonancia con las hipótesis formuladas.

3.5. Diseño estadístico

Modelo de regresión polinomial de segundo grado o cuadrática

Los modelos de regresión polinomial de segundo grado, también conocidos como modelos cuadráticos, son herramientas valiosas para medir parámetros en diversos contextos. Su ecuación, $y = \beta_0 + \beta_1x + \beta_2x^2 + \varepsilon$, permite capturar relaciones no lineales entre la variable dependiente (y) y la variable independiente (x).

El proceso de medición involucra definir la relación entre las variables, recopilar datos, ajustar el modelo, interpretar los coeficientes (β_0 , β_1 y β_2) y evaluar el modelo.

Estos modelos ofrecen flexibilidad para modelar relaciones no lineales y sus coeficientes son relativamente fáciles de interpretar. Sin embargo, es importante considerar su sensibilidad a valores atípicos y la posibilidad de sobreajuste.

En general, los modelos de regresión polinomial de segundo grado son una herramienta útil para medir parámetros en diversos campos, siempre que se utilicen con precaución y se consideren sus limitaciones (Black, 2019)

3.6. Técnicas e instrumentos de la investigación

Técnicas de Recopilación de datos.

Las herramientas de recopilación de datos que se esgrimió en el estudio fueron:

- Revisión de tesis, artículos y libros
- Observación directa
- Análisis de que método estadístico se utilizara

Instrumentos de recolección de datos

Respecto a los dispositivos empleados para recopilar información en este estudio, se esgrimieron:

- ♦ La normativa o protocolo de monitoreo de agua ANA 2016
- ♦ Protocolos de transporte y conservación de muestras
- ♦ Fichas de campo
- ♦ Cadena de custodia

3.6.1. Materiales y equipos

Materiales

- Cuaderno de apuntes
- Lapiceros

Equipos

- EPPs
- Cámara

- Balanza
- GPS
- Test de jarras
- pHmetro

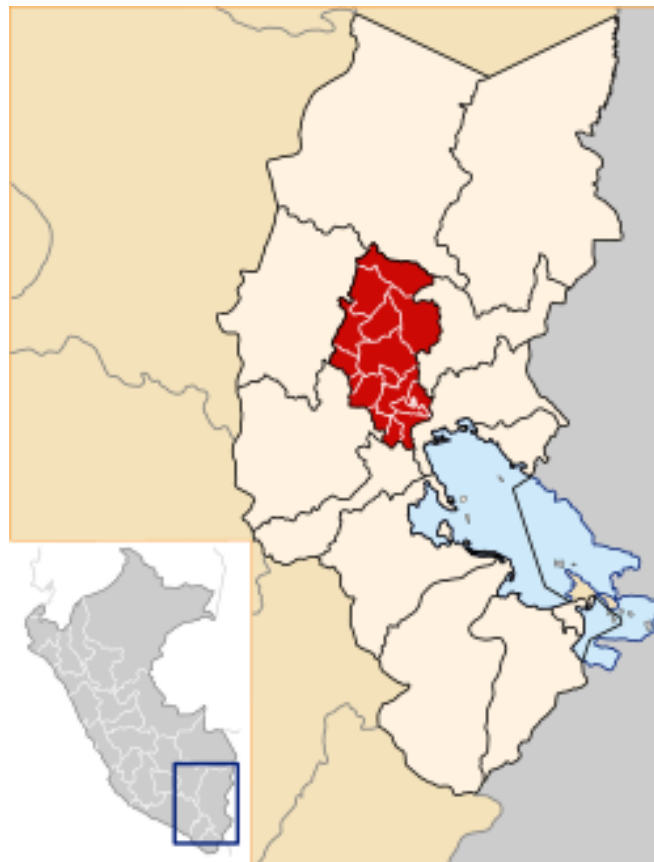
Como reactivo cloruro férrico

3.7. Ubicación política

El desarrollo de esta investigación tuvo lugar en el Departamento de Puno, individualmente en la provincia de Azángaro, ubicada en el Distrito de José Domingo Choquehuanca.

Figura 11

Mapa político de la Región de Puno



Nota: Extraído de (Wikipedia, 2024)



3.8. Ubicación de la zona en estudio

Para esta investigación se consideró:

Centro Poblado : Kojra

Distrito : Jose Domingo Choquehuanca

Provincia : Azángaro

Región : Puno

Latitud Sur : 15° 4' 13.5" S (-15.07042591000)

Longitud Oeste : 70° 20' 40.5" W (-70.34458814000)

Altitud : 3880 m s. n. m.

a) Punto de muestreo.

El actual estudio se efectuó en el centro poblado de Kojra.

3.9. Población y muestra

3.9.1. Población

La investigación está formada por las aguas acuíferas de la Comunidad de Kojra Azángaro

3.9.2. Muestra

Como Hernández, 2018 indica que el muestreo es una parte de la población y esta se eligió por conveniencia y de acuerdo a la accesibilidad de la zona. En este caso la muestra fue de 40 litros divididos en dos bidones.

3.10. Metodología para alcanzar los objetivos planteados.

Hallar la reunión de Aluminio, Sodio y Arsénico tendrán las aguas acuíferas de la Comunidad de Kojra.

La metodología utilizada para este objetivo se realizó de la siguiente manera:

Definición del plan de muestreo

La zona de muestreo de las aguas acuíferas está situada en la región Puno, provincia de Azángaro, distrito José Domingo Choquehuanca, centro poblado Kojra, la cual fue elegida por conveniencia para esta investigación, el tipo de muestra que se esgrimo fue la puntual con un tamaño de muestra de 500 mililitros para el análisis inicial de las medidas de interés y para los procesamientos se tomaron 20 litros de agua acuífera del pozo tipo Caisson.

Figura 12

Ubicación del punto de muestreo en Pozo tipo Caisson



Nota. La ubicación se realizó a conveniencia en el pozo

En la ilustración siguiente se detalla la ubicación de la toma de muestras destinada al análisis en el recinto de condición ambiental de la Facultad de

Ingenierías y Ciencias Puras de la UANCV, perteneciente a la Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria y Ambiental.

Figura 13

Toma de muestra de 500 ml en la comunidad Kojra



Nota: La toma de muestras se realizó ayudándonos de un balde para la ejecución de la toma de muestra y así determinar la reunión inicial de los metales Arsénico, Aluminio y sodio.

En la siguiente figura se puede ver la toma de muestra de los 20 litros para los diferentes procesamientos que se realizara, para dichas muestras nos ayudamos con un balde como se puede ver en la figura siguiente.

Figura 14*Muestreo de agua subterránea para los tratamientos*

Nota. La muestra de 20 litros servirá para realizar los diferentes procesamientos y a su vez nos servirá para la realización del análisis del laboratorio de los diferentes procesamientos.

En cuanto a: Determinar la dosis y velocidades de mezcla permitirán una reducción de las reuniones de Aluminio, Sodio y Arsénico de las aguas acuíferas de la Comunidad de Kojra, se realizó de la siguiente manera:

Se realizó 5 procesamientos diferentes para los cuales se realizaron las siguientes pesadas de cloruro férrico sólido que viene a una reunión del 40%:

T1: se pesó 25 mg de cloruro férrico y se trasvasó a una de las jarras del test de jarras que contenía un litro de muestra de agua.

T2: se pesó 30 mg de cloruro férrico y se trasvasó a una de las jarras del test de jarras que contenía un litro de muestra de agua

T3: se pesó 35 mg de cloruro férrico y se trasvasó a una de las jarras del test de jarras que contenía un litro de muestra de agua.

T4: se pesó 40 mg de cloruro férrico y se trasvasó a una de las jarras del test de jarras que contenía un litro de muestra de agua.

T5: se pesó 50 mg de cloruro férrico y se trasvasó a una de las jarras del test de jarras que contenía un litro de muestra de agua.

Una vez que todas las jarras contienen el cloruro férrico con las aguas acuíferas se procede a darles la agitación rápida y lenta para disminuir las reuniones de Arsénico, Aluminio y Sodio como se puede ver en la siguiente tabla.

Tabla 4

Tratamientos para la disminución de metales

Código	Temperatura	pH	Arsénico	Aluminio	Sodio
T1	°C	unidad	mg/L	mg/L	mg/L
RT1	°C	unidad	mg/L	mg/L	mg/L
T2	°C	unidad	mg/L	mg/L	mg/L
RT2	°C	unidad	mg/L	mg/L	mg/L
T3	°C	unidad	mg/L	mg/L	mg/L
RT3	°C	unidad	mg/L	mg/L	mg/L
T4	°C	unidad	mg/L	mg/L	mg/L
RT4	°C	unidad	mg/L	mg/L	mg/L
T5	°C	unidad	mg/L	mg/L	mg/L
RT5	°C	unidad	mg/L	mg/L	mg/L

Nota. Diferentes procesamientos para cumplir el segundo objetivo

En la tabla se muestra la forma como se realizará los procesamientos para la disminución de los metales.

T1: para el procesamiento uno se agregó a la jarra número Uno 25 mg de cloruro férrico el cual contenía un litro de muestra de agua se provino a encender el equipo a una prontitud de mezcla rápida de 180 RPM durante un tiempo de 2 min, una mezcla lenta de 70 RPM por 15 min y un tiempo de sedimento de 35 min, luego de este tiempo de sedimentación se proviene a tomar los muestreos para el estudios de Arsénico, Aluminio y sodio en el laboratorio de condiciones ambientales



de la EPISA, cuyos resultados serán anotados en la tabla que se muestra más arriba.

T2: para el procesamiento uno se agregó a la jarra número Uno 30 mg de cloruro férrico el cual contenía un litro de muestra de agua se provino a encender el equipo a una prontitud de mezcla rápida de 180 RPM durante un período de 2 min, una mezcla lenta de 70 RPM por 15 min y un tiempo de sedimento de 35 minutos, luego de este tiempo de sedimentación se procede a tomar los muestreos para el análisis de Arsénico, Aluminio y sodio en el laboratorio de condiciones circunstanciales de la EPISA, cuyos resultados serán anotados en la tabla que se muestra más arriba.

T3: para el procesamiento uno se agregó a la jarra número Uno 35 mg de cloruro férrico el cual contenía un litro de muestra de agua se siguió a encender el equipo a una prontitud de mezcla rápida de 180 RPM durante un tiempo de 2 min, una mezcla lenta de 70 RPM por 15 min y un período de sedimento de 35 min, luego de este tiempo de sedimentación se procede a tomar los muestreos para los estudios de Arsénico, Aluminio y sodio en el laboratorio de condiciones ambientales de la EPISA, cuyos resultados serán anotados en la tabla que se muestra más arriba.

T4: para el procesamiento uno se agregó a la jarra número Uno 40 mg de cloruro férrico el cual contenía un litro de muestra de agua se siguió a encender el equipo a una prontitud de mezcla rápida de 180 RPM durante un tiempo de 2 min, una mezcla lenta de 70 RPM por 15 min y un tiempo de sedimento de 35 min, luego de este tiempo de sedimento se proviene a tomar las muestras para el estudio de Arsénico, Aluminio y sodio en el laboratorio de condiciones ambientales de la EPISA, cuyos resultados serán anotados en la tabla que se muestra más arriba.



T5: para el procesamiento uno se agregó a la jarra número Uno 50 mg de cloruro férrico el cual contenía un litro de muestra de agua se siguió a encender el equipo a una prontitud de mezcla rápida de 180 RPM durante un tiempo de 2 min, una mezcla lenta de 70 RPM por 15 min y un tiempo de sedimento de 35 min, luego de este tiempo de sedimento se proviene a tomar las muestras para el estudio de Arsénico, Aluminio y sodio en el laboratorio de condiciones ambientales de la EPISA, cuyos resultados serán anotados en la tabla que se muestra más arriba.

El mismo procedimiento se realizó una vez más y de esta manera tenemos las pruebas con una repetición. RT1, RT2, RT3, RT4 Y RT5. De esta manera sabremos cual es la cuantía óptima para una mayor eliminación de los metales en estudio o de nuestras variables de interés.



CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados

Los objetivos del estudio guiaron la obtención de los resultados que se presentan a continuación:

Para el objetivo específico 01 la tabla siguiente exhibe los resultados derivados en la determinación de la reunión de aluminio, sodio y arsénico en las aguas acuíferas de la Comunidad de Kojra.

Tabla 5

Concentración inicial de los parámetros de interés

Código	Temperatura °C	pH	Arsénico mg/L	Aluminio mg/L	Sodio mg/L
M1	15	7.2	0.0191	0.44	210
LMP DS031-2010	-	6.5-8.5	0.01	0.2	200

Nota: En base a estos resultados obtenidos se ejecutarán las pruebas de jarras para su disminución.

En la tabla podemos ver que el temple del agua acuífera proveniente de la Comunidad de Kojra, la temperatura es de 15 °C, el pH es de 7.2 indicándonos que



el agua es ligeramente básica debido a que un pH 7 muestra que el agua es neutra y que esta agua en base a este parámetro si está dentro de la normatividad que va de 6.5 – 8.5 y por consiguiente si es apta para consumo humano. Para el metal Arsénico la reunión inicial es de 0.0191 mg/l el cual sobrepasa los LMP del D.S 031-2010 SA esta agua esta califica de acuerdo a la normatividad como no apta para consumo humano y que podría aportar a largo plazo consecuencia a la salubridad como causar cáncer (piel, pulmón y vejiga) y lesiones cutáneas esto debido a que interfiere directamente con la respiración celular. Para el metal aluminio se observa que la reunión es de 0.44, reunión que sobrepasa los LMP del D.S 031-2010 SA y que dichas aguas para este parámetro no son apta para consumo humano y si se consume a largo plazo podría causar enfermedades o sintomatologías de esta enfermedad contienen fiebre, dolor de cabeza, sabor metálico, dolores, escalofríos, opresión en el pecho y tos ya que el LMP es de 0.2 mg/l. Para sodio podemos observar que su reunión es de 220 mg/l y que de acuerdo a LMP del estas aguas no es recomendable para personas y que un consumo constante podría provocar hipertensión arterial, problemas cardíacos como la insuficiencia cardíaca y los infartos, accidentes cerebrovasculares (hemorragia cerebral), daño renal que puede derivar en insuficiencia renal, y hasta la posibilidad de desarrollar cáncer de estómago, dado que el límite de reunión es de 200 mg/l.

Para el segundo objetivo en cuanto a la Determinación de la cuantía de cloruro férrico que permitirán una reducción de las reuniones de Aluminio, Sodio y Arsénico de las aguas acuíferas de la Comunidad de Kojra, se pueden ver en las tablas siguientes:

Tabla 6*Primer tratamiento*

Código	Temperatura °C	pH	Arsénico mg/L	Aluminio mg/L	Sodio mg/L
M1	15	7.2	0.0191	0.44	210
T1	15.2	7.15	0.0137	0.37	208
RT1	14.5	7.08	0.0133	0.35	209
Promedio	14.85	7.115	0.0135	0.36	208.5

Nota: procesamiento que se realiza con 25 mg de cloruro férrico.

En la tabla podemos ver los resultados del primer procesamiento donde la temperatura en promedio es de 14.85 no existiendo mucha variación, en cuanto al promedio del pH = 7.115 la variación tampoco es mucha encontrando dentro de lo permitido a los LMP del D.S 031-2010 SA y estando apta para ingesta humana en referencia a esta medida. Para el arsénico se observa en la tabla que su reunión disminuye en este primer procesamiento de 0.0191 mg/l a 0.0135 mg/l en promedios, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y no siendo apta esta agua acuífera para ingesta humana. Para el aluminio se observa en la tabla que su reunión disminuye en este primer procesamiento de 0.44 mg/l a 0.36 mg/l en promedios, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y no siendo apta esta agua acuífera para ingesta humana. Para el sodio se observa en la tabla que su reunión disminuye en este primer procesamiento de 210 mg/l a 208.5 mg/l en promedio, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y no siendo apta esta agua acuífera para ingesta humana.

Tabla 7*Segundo tratamiento*

Código	Temperatura °C	pH	Arsénico mg/L	Aluminio mg/L	Sodio mg/L
M1	15	7.2	0.0191	0.44	210
T2	15.4	7.41	0.0115	0.25	206
RT2	14.7	7.14	0.0124	0.21	208
Promedio	15.05	7.275	0.01195	0.23	207

Nota: procesamiento que se realiza con 30 mg de cloruro férrico

En la tabla podemos ver los resultados del segundo procesamiento donde la temperatura en promedio es de 15.05 no existiendo mucha variación, en cuanto al promedio del pH = 7.275 variación mínima en referencia al pH inicial encontrando dentro de lo permitido a los LMP del D.S 031-2010 SA y estando apta para ingesta humana en referencia a esta medida. Para el arsénico se observa en la tabla que su reunión disminuye en este primer procesamiento de 0.0191 mg/l a 0.01195 mg/l en promedios, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y no siendo apta para ingesta humana en base a este parámetro. Para el aluminio se observa en la tabla que su reunión disminuye en este primer procesamiento de 0.44 mg/l a 0.23 mg/l en promedios, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y no siendo apta para ingesta humana. Para el sodio se observa en la tabla que su reunión disminuye en este segundo procesamiento de 210 mg/l a 207 mg/l en promedio, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y no siendo apta para ingesta humana.

Tabla 8*Tercer tratamiento*

Código	Temperatura °C	pH	Arsénico mg/L	Aluminio mg/L	Sodio mg/L
M1	15	7.2	0.0191	0.44	210
T3	15.3	7.21	0.0100	0.18	202
RT3	14.6	7.17	0.0100	0.19	200
Promedio	14.95	7.19	0.01	0.185	201

Nota. procesamiento que se realiza con 35 mg de cloruro férrico

En la tabla podemos ver los resultados del tercer procesamiento donde la temperatura en promedio es de 14.95 no existiendo mucha variación, en cuanto al promedio del pH = 7.19 variación mínima en referencia al pH inicial encontrando dentro de lo permitido a los LMP del D.S 031-2010 SA y estando apta para ingesta

humana en referencia a esta medida. Para el arsénico se observa en la tabla que su reunión disminuye en este primer procesamiento de 0.0191 mg/l a 0.01 mg/l en promedios, reunión que cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y por consiguiente dichas aguas acuíferas no es recomendable para ingesta humana en base a este parámetro. Para el aluminio se observa en la tabla que su reunión disminuye en este primer procesamiento de 0.44 mg/l a 0.185 mg/l en promedios, reunión que cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y siendo apta para ingesta humana. Para el sodio se observa en la tabla que su reunión disminuye en este tercer procesamiento de 210 mg/l a 201 mg/l en promedio, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y no siendo apta para ingesta humana.

Tabla 9*Cuarto tratamiento*

Código	Temperatura °C	pH	Arsénico mg/L	Aluminio mg/L	Sodio mg/L
M1	15	7.2	0.0191	0.44	210
T4	15.2	7.35	0.0105	0.21	204
RT4	14.5	7.27	0.0105	0.25	203
Promedio	14.85	7.31	0.0105	0.23	203.5

Nota. procesamiento que se realiza con 40 mg de cloruro férrico

En la tabla podemos ver los resultados del cuarto procesamiento donde la temperatura en promedio es de 14.85 no existiendo mucha variación, en cuanto al promedio del pH = 7.31 variación mínima en referencia al pH inicial encontrando dentro de lo permitido a los LMP del D.S 031-2010 SA y estando apta para ingesta humana en referencia a esta medida. Para el arsénico se observa en la tabla que su reunión disminuye en este primer procesamiento de 0.0191 mg/l a 0.0105 mg/l en promedios, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y por consiguiente dichas aguas acuíferas no es recomendable para ingesta humana en

base a este parámetro. Para el aluminio se observa en la tabla que su reunión disminuye en este cuarto procesamiento de 0.44 mg/l a 0.23 mg/l en promedios, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y siendo no apta para ingesta humana. Para el sodio se observa en la tabla que su reunión disminuye en este primer procesamiento de 210 mg/l a 203.5 mg/l en promedio, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y no siendo apta para ingesta humana.

Tabla 10*Quinto tratamiento*

Código	Temperatura °C	pH	Arsénico mg/L	Aluminio mg/L	Sodio mg/L
M1	15	7.2	0.0191	0.44	210
T5	15.3	7.42	0.0104	0.23	206
RT5	14.3	7.36	0.0109	0.28	204
Promedio	14.8	7.39	0.01065	0.255	205

Nota. procesamiento que se realiza con 50 mg de cloruro férrico

En la tabla podemos ver los resultados del quinto procesamiento donde la temperatura en promedio es de 14.8 no existiendo mucha variación, en cuanto al promedio del pH = 7.39 variación mínima en referencia al pH inicial encontrando dentro de lo permitido a los LMP del D.S 031-2010 SA y estando apta para ingesta humana en referencia a esta medida. Para el arsénico se observa en la tabla que su reunión disminuye en este primer procesamiento de 0.0191 mg/l a 0.01065 mg/l en promedios, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y por consiguiente dichas aguas acuíferas no es recomendable para ingesta humana en base a este parámetro. Para el aluminio se observa en la tabla que su reunión disminuye en este quinto procesamiento de 0.44 mg/l a 0.255 mg/l en promedios, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y siendo no idónea para ingesta humana. Para el sodio se observa en la tabla que su reunión disminuye en

este primer procesamiento de 210 mg/l a 205 mg/l en promedio, reunión que no cumple los LMP del D.S 031-2010 SA y no siendo apta para ingesta humana.

En la siguiente tabla se muestra el resumen de promedios y LMP del D.S 031-2010 SA

Tabla 11

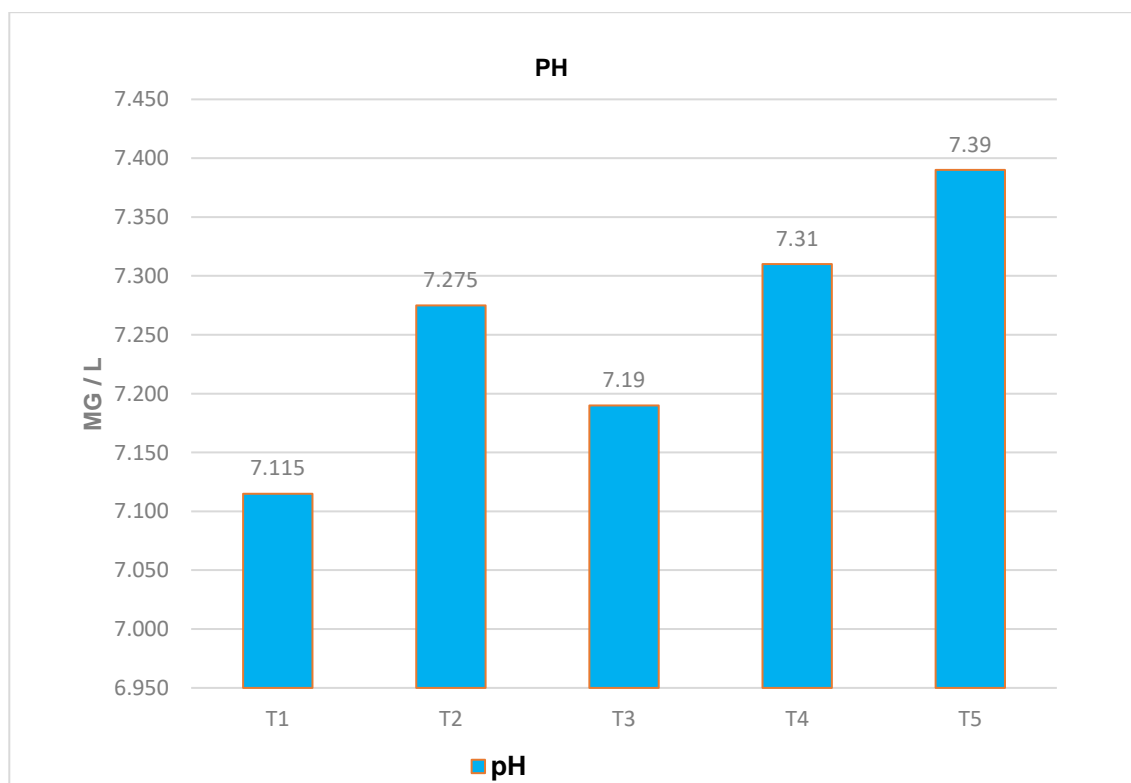
Promedio de tratamientos

Código	Temperatura °C	pH	Arsénico mg/L	Aluminio mg/L	Sodio mg/L
T1	14.85	7.115	0.0135	0.36	208.5
T2	15.05	7.275	0.0120	0.23	207
T3	14.95	7.19	0.0100	0.185	201
T4	14.85	7.31	0.0105	0.23	203.5
T5	14.8	7.39	0.0107	0.255	205
LMP DS031-2010	-	6.5-8.5	0.01	0.2	200

Nota. Tabla comparativa de los tratamientos con la normatividad

Figura 15

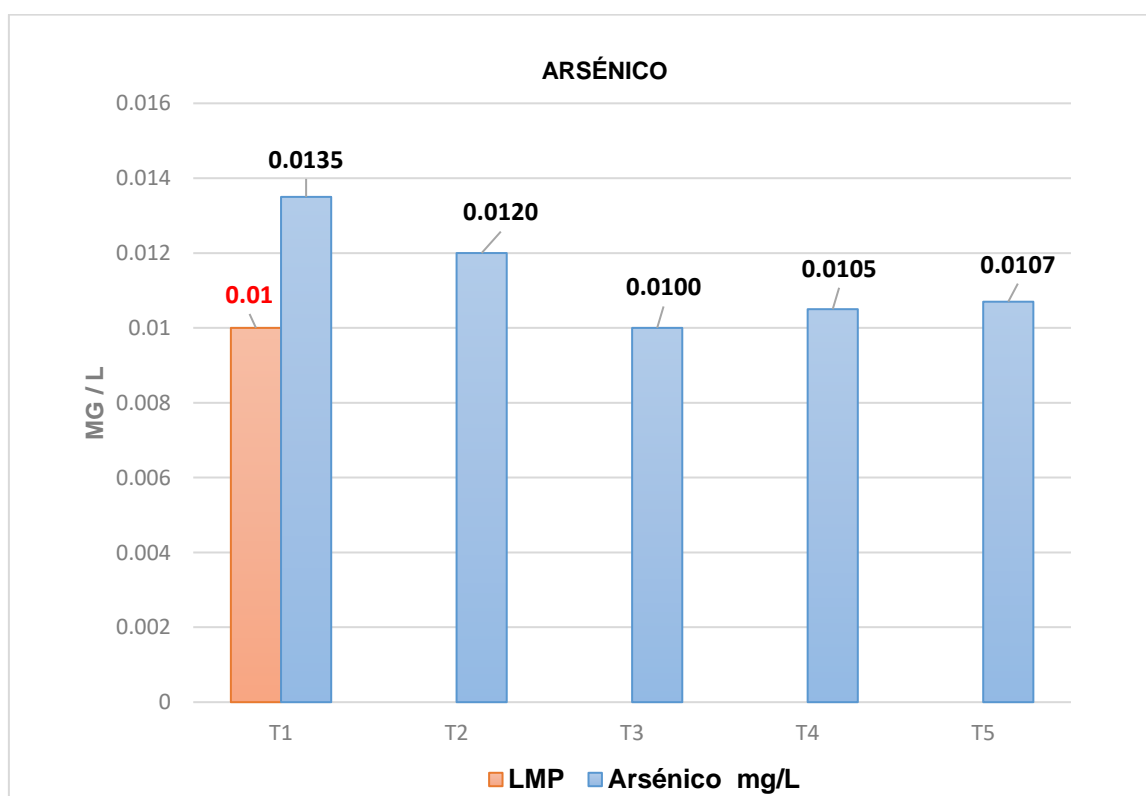
Conducta del pH en los diferentes tratamientos



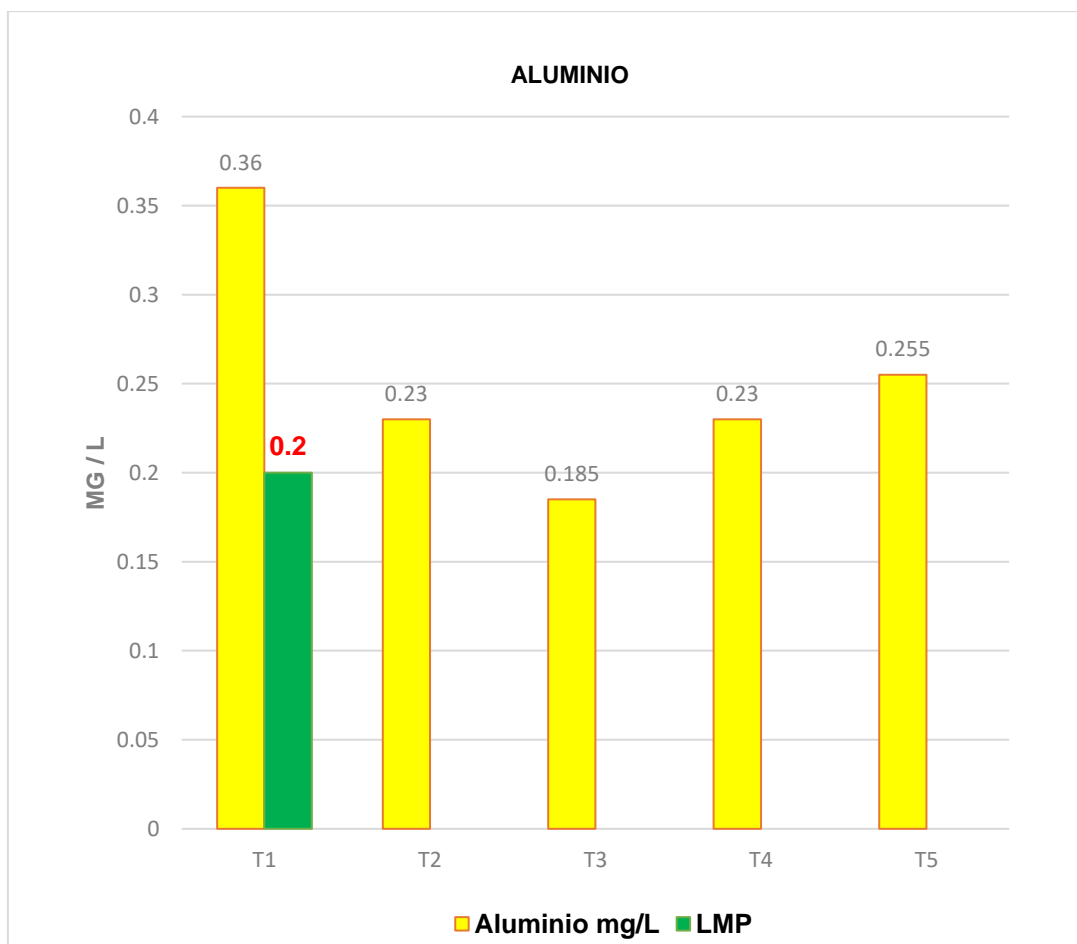
En la figura se aprecian la conducta del pH en los diferentes procesamientos se puede observar que la variación o el rango está dentro de 7.115 a 7.39 unidades de pH, se observa que prácticamente vira en un entorno ligeramente básico o alcalino

Figura 16

Conducta del Arsénico en los diferentes tratamientos



El comportamiento del arsénico en los diferentes procesamientos y en comparación con los LMP según normatividad se observa que los procesamientos T1, T2, T4 Y T5, no están dentro de los LMP en cambio el T3 es el único que removi6 la reuni6n de arsénico el cual es igual al que muestra la normatividad y siendo esta agua apta para ingesta en funci6n a este parámetro.

Figura 17*Conducta del Aluminio en los diferentes tratamientos*

El comportamiento del Aluminio en los diferentes procesamientos y en comparación con los LMP según normatividad se observa que los procesamientos T1, T2, T4 Y T5, no están dentro de los LMP en cambio el T3 es el único que removió la reunión de aluminio el cual es igual al que muestra la normatividad y siendo esta agua apta para ingesta en función a este parámetro.

Figura 18

Conducta del Sodio en los diferentes procesamientos



El comportamiento del sodio en los diferentes procesamientos y en comparación con los LMP según normatividad se observa que los procesamientos T1, T2, T3, T4 Y T5, no están dentro de los LMP están por encima de lo que indica la normatividad y siendo esta agua no apta para consumo en función a este parámetro.

Tabla 12

Porcentajes de remoción de los metales

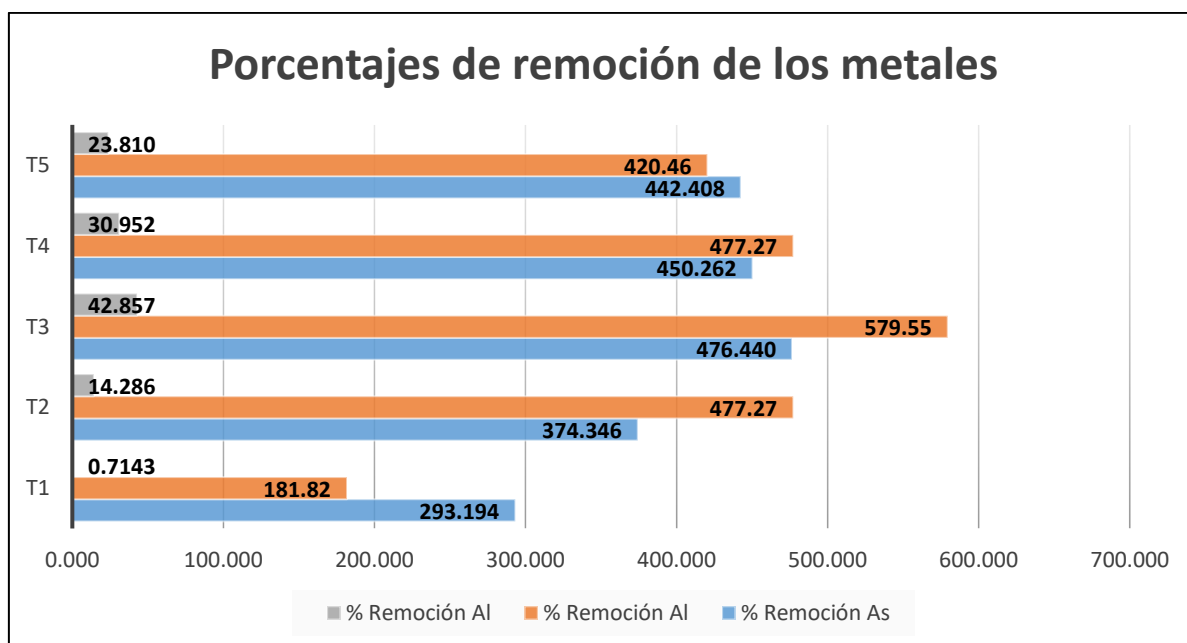
Código	Arsénico mg/L	% Remoción As	Aluminio mg/L	% Remoción Al	Sodio mg/L	% Remoción Al
T1	0.0135	29.3194	0.36	18.1818	208.5	0.7143
T2	0.0120	37.4346	0.23	47.7273	207	1.4286
T3	0.0100	47.6440	0.185	57.9545	201	4.2857
T4	0.0105	45.0262	0.23	47.7273	203.5	3.0952
T5	0.0107	44.2408	0.255	42.0455	205	2.3810

Nota: Resumen de porcentajes de remoción en promedio

En la presente tabla se puede ver los % de eliminación de cada uno de los procesamientos con las diferentes cuantías de cloruro férrico, para el caso del Arsénico se puede ver que la máxima remoción se dio en el procesamiento T3 con 47.6440 % y para el Aluminio también se dio en el procesamiento T3 el mayor porcentaje de remoción siendo este 57.9545 % y para el sodio en el procesamiento T3 se removió en mayor porcentaje con un 4.2857.

Figura 19

Remoción de los metales



Prueba de hipótesis.

- a) La dosis permitirá una reducción significativa de las concentraciones de Aluminio de las aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra

Tabla 13

Resumen del modelo, Dosis del cloruro férrico en la remoción de aluminio

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,866	0,750	0,679	0,037

La variable independiente es Dosis del cloruro férrico (g/L).

Bondad de ajuste

El R cuadrado de 0,750 indica que el modelo de regresión cuadrático es capaz de explicar aproximadamente el 75.0% de la variabilidad observada en los niveles de aluminio en base a la dosis de cloruro férrico.

Coefficiente de correlación R

Con un coeficiente de correlación de 0.866, se observa una fuerte relación entre la dosis de cloruro férrico aplicada y la cantidad de aluminio removido.

Tabla 14

Coefficientes de la Ecuación de regresión

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
Dosis del cloruro férrico (g/L)	-0,055	0,013	-7,782	-4,278	0,004
Dosis del cloruro férrico (g/L) ²	0,001	0,000	7,428	4,083	0,005
(Constante)	1,289	0,235		5,494	0,001

Para la variable. Dosis del cloruro férrico (mg/L): El coeficiente (B) es -0,055, lo que indica que por cada aumento de 1 mg/L en la dosis de cloruro férrico, el aluminio se elimina en 0,055 mg/L, manteniendo constantes los demás factores. Sin embargo, el valor de Sig. (p-valor) asociado a este coeficiente es 0,004, que es menor que 0,05, lo que indica que este efecto es estadísticamente significativo.

Dosis del cloruro férrico (mg/L)²: El coeficiente (B) es 0,001, lo que indica que por cada aumento de un 1 mg/L en el cuadrado de la dosis de cloruro férrico, el aluminio se aumenta en 0,001 mg/L, manteniendo constantes los demás factores. Sin embargo, el valor de Sig. (p-valor) asociado a este coeficiente es 0,005, que es menor a 0,05, lo que indica que este efecto es estadísticamente significativo

Constante: El coeficiente (B) es 1,289 mg/L, que es el valor esperado del aluminio final cuando la dosis de cloruro férrico es 0 mg/L. El valor de Sig. (p-valor)

asociado a este coeficiente es 0,001, que es menor que 0,05, lo que indica que este coeficiente es estadísticamente significativo.

De acuerdo con lo expuesto, la ecuación de regresión se presenta de la siguiente manera:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$$

Reemplazando los coeficientes:

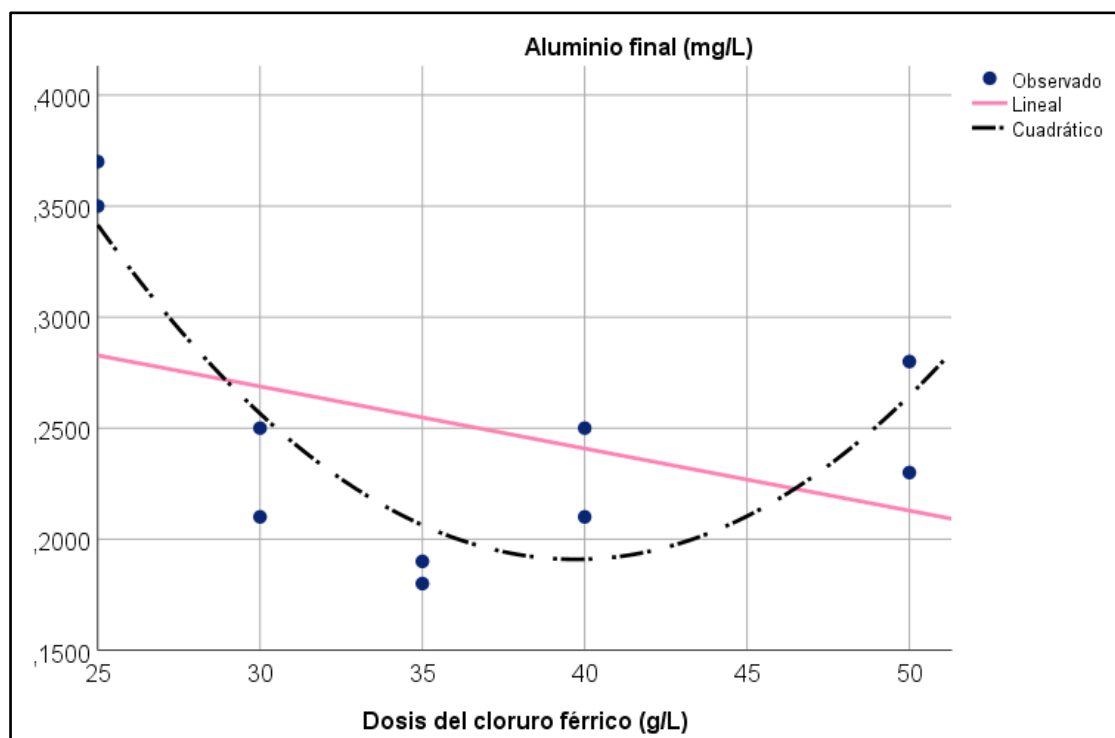
$$Y = 1,289 + (-0,055)X + 0,001X^2$$

En consecuencia, la ecuación del modelo de regresión cuadrática se expresa como:

$$\text{Concentración de aluminio} = 1,289 - 0,055 \text{ Dosis} + 0,001 \text{ Dosis}^2$$

Figura 20

Coefficientes validados para regresión lineal y cuadrática para la hipótesis



Los puntos en la gráfica de dispersión corresponden a la dosis de cloruro férrico en el eje X y al aluminio en el eje Y, lo que permite observar la naturaleza de la relación entre estas variables.

Si la gráfica muestra una curva en forma de parábola, con un vértice, esto respalda la idea de una relación curvilínea entre la dosis del cloruro férrico y el aluminio, siguiendo un patrón cuadrático. Esto implica que, al aumentar la dosis del cloruro férrico, el aluminio puede decrecer inicialmente, alcanzar un punto máximo y luego aumentar nuevamente.

b) La dosis permitirá una reducción significativa de las concentraciones de sodio de las aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra

Tabla 15

Resumen del modelo, Dosis del cloruro férrico en la remoción de sodio

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,822	0,675	0,582	1,878

La variable independiente es Dosis del cloruro férrico (g/L).

Bondad de ajuste

El R cuadrado de 0,822 indica que el modelo de regresión cuadrática es capaz de predecir el 82,2% de los cambios en los niveles de sodio en base a la dosis de cloruro férrico, lo que demuestra la efectividad del modelo en la relación entre ambas.

Coefficiente de correlación R

El valor de "R" es de 0,675, lo que revela que existe una correlación significativa entre la dosis de cloruro férrico y remoción de sodio.

Tabla 16*Coefficientes de la Ecuación de regresión*

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
Dosis del cloruro férrico (g/L)	-2,266	0,665	-7,072	-3,410	0,011
Dosis del cloruro férrico (g/L) ²	0,028	0,009	6,665	3,214	0,015
(Constante)	247,990	12,062		20,559	0,000

Para la variable. Dosis del cloruro férrico (mg/L): El coeficiente (B) es -2,226, lo que indica que por cada aumento de 1 mg/L en la dosis de cloruro férrico, el sodio se elimina en 2,066 mg/L, manteniendo constantes los demás factores. Sin embargo, el valor de Sig. (p-valor) asociado a este coeficiente es 0,011, que es menor que 0,05, lo que indica que este efecto es estadísticamente significativo.

Dosis del cloruro férrico (mg/L)²: El coeficiente (B) es 0,028, lo que indica que por cada aumento de un 1 mg/L en el cuadrado de la dosis de cloruro férrico, el sodio se aumenta en 0,028 mg/L, manteniendo constantes los demás factores. Sin embargo, el valor de Sig. (p-valor) asociado a este coeficiente es 0,015, que es menor a 0,05, lo que indica que este efecto es estadísticamente significativo

Constante: El coeficiente (B) es 247,990 mg/L, que es el valor esperado del aluminio final cuando la dosis de cloruro férrico es 0 mg/L. El valor de Sig. (p-valor) asociado a este coeficiente es 0,000, que es menor que 0,05, lo que indica que este coeficiente es estadísticamente significativo.

Con base en lo anterior, la ecuación de regresión se expresa como:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$$

Reemplazando los coeficientes:

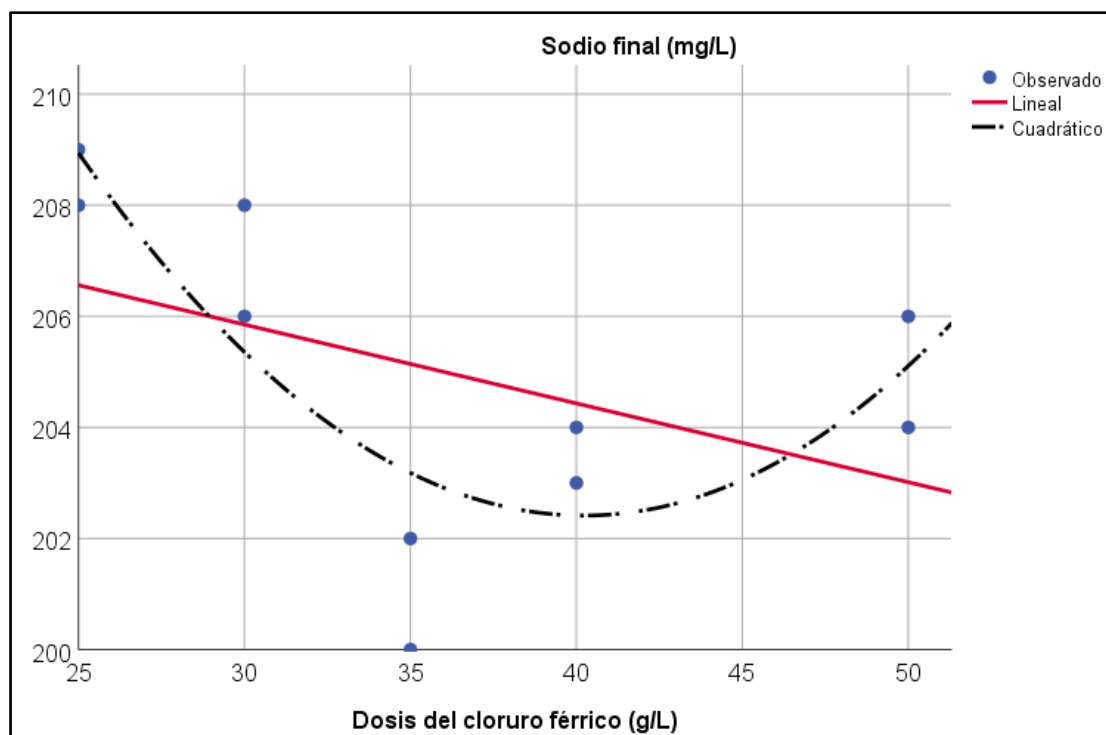
$$Y = 247,990 + (- 2,266)X + 0,028X^2$$

En consecuencia, la ecuación que representa el modelo de regresión cuadrática se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Concentración de aluminio} = 247,990 - 2,266 \text{ Dosis} + 0.028 \text{ Dosis}^2$$

Figura 11

Coefficientes validados para regresión lineal y cuadrática para la hipótesis



La gráfica de dispersión, con el cloruro férrico en el eje x y el sodio en el eje y, representa la distribución de los datos y permite observar la relación entre estas variables.

Si la gráfica muestra una curva en forma de parábola, con un vértice, esto respalda la idea de una relación curvilínea entre la dosis del cloruro férrico y el sodio, siguiendo un patrón cuadrático. Esto implica que, al aumentar la dosis del cloruro férrico, el sodio puede decrecer inicialmente, alcanzar un punto máximo y luego aumentar nuevamente.

c) La dosis permitirá una reducción significativa de las concentraciones de Arsénico de las aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra

Tabla 17

Resumen del modelo, Dosis del cloruro férrico en la remoción de arsénico

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,943	0,890	0,858	0,001

La variable independiente es Dosis del cloruro férrico (g/L).

Bondad de ajuste

R cuadrado de 0.890 indica que el modelo de regresión cuadrática es capaz de predecir el 89% de los cambios en los niveles de arsénico en base a la dosis de cloruro férrico, lo que demuestra la efectividad del modelo en la relación entre ambas.

Coefficiente de correlación R

El valor de "R" es de 0,858, lo que evidencia que existe un alto grado de correlación entre la dosis de cloruro férrico y remoción de arsénico.

Tabla 18

Coefficientes de la Ecuación de regresión

	Coefficientes no estandarizados		Coefficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
Dosis del cloruro férrico (g/L)	-0,055	0,013	-7,782	-4,278	0,004
Dosis del cloruro férrico (g/L) ²	0,001	0,000	7,428	4,083	0,005
(Constante)	1,289	0,235		5,494	0,001

Tabla 19*Coefficientes de la Ecuación de regresión*

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		
	B	Desv. Error	Beta	t	Sig.
Dosis del cloruro férrico (g/L)	-0,001	0,000	-6,709	-5,552	0,001
Dosis del cloruro férrico (g/L) ²	1,000012	0,000	6,037	4,996	0,002
(Constante)	0,031	0,003		9,483	0,000

Para la variable. Dosis del cloruro férrico (mg/L): El coeficiente (B) es -0,001, lo que indica que por cada aumento de 1 mg/L en la dosis de cloruro férrico, el arsénico se elimina en 0,001 mg/L, manteniendo constantes los demás factores. Sin embargo, el valor de Sig. (p-valor) asociado a este coeficiente es 0,001, que es menor que 0,05, lo que indica que este efecto es estadísticamente significativo.

Dosis del cloruro férrico (mg/L)²: El coeficiente (B) es 0,00001, lo que indica que por cada aumento de un 1 mg/L en el cuadrado de la dosis de cloruro férrico, el arsénico se aumenta en 0,00001 mg/L, manteniendo constantes los demás factores. Sin embargo, el valor de Sig. (p-valor) asociado a este coeficiente es 0,002, que es mayor que 0,05, lo que indica que este efecto es estadísticamente significativo

Constante: El coeficiente (B) es 0,031 mg/L, que es el valor esperado del arsénico cuando la dosis de cloruro férrico es 0 mg/L. El valor de Sig. (p-valor) asociado a este coeficiente es 0,000, que es menor que 0,05, lo que indica que este coeficiente es estadísticamente significativo.

Con base en lo anterior, la ecuación de regresión se formula de la siguiente forma:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 X^2$$

Insertando los coeficientes con sus respectivos valores numéricos:

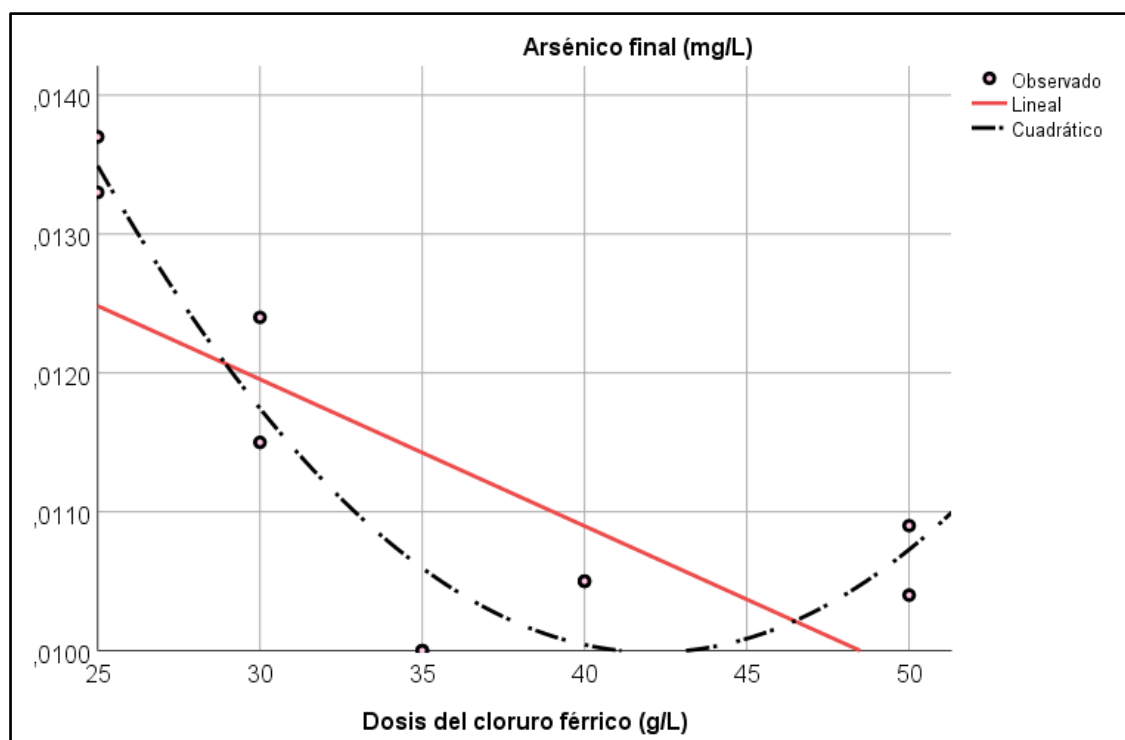
$$Y = 0,031 + (- 0,001)X + 0,00001X^2$$

En consecuencia, la ecuación que representa el modelo de regresión cuadrática se expresa como:

$$\text{Concentración de arsénico} = 0,031 - 0,001 \text{ Dosis} + 0,00001 \text{ Dosis}^2$$

Figura 22

Coefficientes validados para regresión lineal y cuadrática para la hipótesis



La gráfica de dispersión, con el cloruro férrico en el eje X y el arsénico en el eje Y, presenta una distribución de puntos que refleja la relación entre ambas variables.

Si la gráfica muestra una curva en forma de parábola, con un vértice, esto respalda la idea de una relación curvilínea entre la dosis del cloruro férrico y el arsénico, siguiendo un patrón cuadrático. Esto implica que, al aumentar la dosis del cloruro férrico, el SST final puede decrecer inicialmente, alcanzar un punto máximo y luego aumentar nuevamente.



4.2. Discusiones

En el 2023 Aycache realiza su investigación titulada "Estudio sobre la inclusión de cloruro férrico y la prontitud de conmovición en las características fisicoquímicas y en la eliminación de arsénico (III) en agua poludida, año 2021", este estudio investiga el efecto de añadir cloruro férrico (en reuniones de 0, 50 y 100 mg/L) y variar la prontitud de agitación (0, 100 y 200 rpm) en la reducción de arsénico en el H₂O. Se observó que la mejor eliminación de arsénico se logró con una cuantía de 50 mg/L de cloruro férrico y una prontitud de conmovición de 100 rpm, alcanzando un nivel de arsénico de 1,647 mg/L. En cambio, en nuestra investigación a la misma dosis que Aycache se obtuvo una remoción de hasta 0.0100 mg/l estando el en LMP permitido y trata bajando en el test de jarras a velocidad de 200 RPM.

Fuentes en el 2020 plante como la meta fue eliminar el arsénico de las aguas acuíferas en el distrito de Pacora con el fin de hacerlas seguras para el consumo humano, esgrimiendo óxido de hierro en dosis de adsorción. Se alcanzó una reducción del 87.5% en el contenido de arsénico considerando apto para ingesta humana, en nuestra investigación a diferencia de Fuentes utilizamos cloruro férrico y para arsénico obtuvimos porcentajes de remoción de 47.6440 %, valor muy por debajo que el de fuentes y que las reuniones de arsénico se disminuyeron de 0.0191 mg/l a 0.01 mg/l valor que al igual que Fuentes es considerado apto para consumo humano para este parámetro.



CONCLUSIONES

1. Como primera conclusión tenemos que las reuniones de Aluminio, Sodio y Arsénico son 0.44, 210 y 0.0191 mg/l respectivamente, valores que sobrepasan la normatividad y que dichas aguas acuíferas de la Comunidad de Kojra no son idóneas para ingesta humana, pudiendo estas causar daños a la salud.
2. Como segunda conclusión que se llegó en base a las derivaciones conseguidos se tiene que: La dosis optima encontrada para permitirán una mayor reducción de las reuniones de Aluminio, Sodio y Arsénico de las aguas acuíferas de la Comunidad de Kojra es el procesamiento tres (T3) con 35mg/l de cloruro férrico.
3. Como conclusión general podemos decir que: si bien es cierto que se encontró una dosis optima el cual disminuyo las reuniones de aluminio, sodio y arsénico, dichos *procesamientos* no garantizan el consumo de las aguas acuíferas de la comunidad Kojra por no estar dentro de los LMP que la normatividad manda.



RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a futuros investigadores tener en cuenta el pH de la solución a ser tratada debido a que las remociones fueron muy bajas.
2. Se recomienda a futuros investigadores tener presente que otra variable que se debe de tener en cuenta es la mezcla lenta y mezcla rápida, ya que en nuestra investigación trabajamos con una sola velocidad de mezcla rápida y lenta.
3. Se recomienda a otros investigadores que puedan trabajar con mezcla de coagulantes para ver el efecto en la remoción de metales
4. Se recomienda plantear otro tipo de procesamiento para el sodio, debido a que con la floculación y coagulación las remociones son mínimas.



BIBLIOGRAFÍA

- administrativando*. (25 de Diciembre de 2022). <https://administrativando.es/pozo-de-agua/>
- Andia, Y. (2000). *Tratamiento de agua: coagulación y floculación*. Sedapal.
- aquabook*. (s.f.). https://aquabook.irrigacion.gov.ar/402_0
- Arboleda, J. (1972). *Teoría de la coagulación del agua en Teoría y práctica de la purificación del agua*. ACODAL, Bogotá - Colombia.
- AWWA. (1990). *Water quality and treatment*. USA.
- Aycache Zapata, K. (2023). *Evaluación de la influencia de la adición de cloruro férrico y la velocidad de agitación en las propiedades fisicoquímicas y la eliminación de arsénico (III) en agua contaminada, año 2021*. Universidad José Carlos Mariátegui, Moquegua - Perú.
- Bratby, J. (2006). *Coagulation and flocculation in water and wastewater treatment*. Inglaterra.
- Caicedo Vásquez, M., & Fuentes Muñoz, V. (2020). *Remoción de aguas subterráneas contaminadas con arsénico en el distrito de Pacora para consumo humano utilizando un método de adsorción*. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Lambayeque - Perú.
- Chumbes Chacón, J. (2018). *Reducción de arsénico en aguas subterráneas mediante el uso de alambre de hierro en diferentes concentraciones, Taparachi, Juliaca, 2018*. Universidad César Vallejo, Lima - Perú.
- Collazo Caraballo, M., & Montañó Xavier, J. (2012). *Manual de Agua Subterránea*. M.G.A.P.indd, Montevideo - Uruguay.
- Decología.info*. (s.f.). <https://decologia.info/ecosistemas/aguas-subterraneeas/#top>
- Desjardins, R. (1992). *Tratameinto del Agua*.



- Díaz, J. (2014). *oagulantes - floculantes orgánicos e inorgánicos fabricados a partir de recursos vegetales y chatarra reciclada, para el tratamiento de aguas residuales*. Universidad Pedagógica Nacional Francisco Morazán.
- Duan, J., & Gregory, J. (2003). *Coagulation by hydrolysing metal salts. Advances in Colloid and Interface Science*.
- Edeline, F. (1993). *Depuración Físicoquímica de las aguas. Elosegui*.
- Efice. Buena química. (Junio de 2023). https://www.efice.uy/producto/cloruro-ferrico2/?_sft_solucion=tratamiento-de-aguas
- Ekama, G., & Maris, P. (2004). Comparison of the 1D flux theory with a 2D hydrodynamic secondary settling tank model. *Water Sci. Technol*, 195 - 204.
- Flores Cotrado, N. (2021). *Evaluación de remoción de arsénico utilizando hipoclorito de sodio y cloruro férrico en el agua del río Sama, 2014*. Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann, Tacna - Perú.
- Flowen. (6 de Setiembre de 2022). <https://flowen.com.pe/proceso-de-coagulacion-y-floculacion/>
- Franco M., F., & Carro Pérez, M. (2014). Remoción de agua con alto contenido de arsénico utilizando técnicas de coagulación-floculación. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 30(2).
- García, R. F. (2018). *Apuntes sobre captación de aguas subterráneas*. Secretaria de Infraestructura y política hídrica.
- Gordon, M. (1993). *Purificación de aguas y tratamiento y remoción de aguas residuales*. México: LIMUSA.
- Hanna. (s.f.). <https://hannachile.com/aluminio/>
- iberdrola. (2024). <https://www.iberdrola.com/sostenibilidad/aguas-subterranas>
- Línea verde Huelva. (30 de Junio de 2023). <https://www.lineaverdehuelva.com/lv/noticiasDestacadas.asp?noticia=37797>
- Montgomery, J. (1985). *Water treatment principles and design*. EUA.



Nemerow. (1977). *Aguas residuales industriales: teorías, aplicaciones y tratamiento*.

Addison - Wesley.

Occidental Chemical . (s.f.). *Manual Cloruro Férrico (FeCL3)*. Chile.

file:///C:/Users/Users/Downloads/ManualCloruroF%C3%A9rrico_OFICIAL.pdf

Oregon Health. (s.f.). *El arsénico y el agua potable*. <https://n9.cl/olf31>

Organización Mundial de Salud. (7 de Diciembre de 2022). <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/arsenic>

Pérez, J. (1986). *Manual de Potabilización del agua*. Universidad Nacional de Colombia, Seccional de Medellín.

Pomalaza Bacilio, F., & Victoria Rivera, R. (2016). *Optimización del método de coagulación - floculación para la remoción de arsénico de fuentes de agua potable empleando sulfato de aluminio tipo A*. Universidad Nacional del Centro del Perú, Huancayo - Perú.

Red Río. (2011). *Lineamientos para exploración y perforación, realización de pruebas de bombeo y mantenimiento y limpieza de captaciones de aguas subterráneas*. Area Metropolitana - Valle de Aburrá, Medellín.

Rivera Huerta, M., Pérez Castrejón, S., Martín Domínguez, A., Gelover Santiago, S., Gómez Rojas, A., & Hernández Yáñez, C. (2011). Análisis de la viabilidad técnica y económica de la coagulación con cloruro férrico como método para remover arsénico del agua subterránea. *Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias ambientales: Investigación, desarrollo y práctica*, 4(1), 46 - 56.

RS Ingeniería. (14 de Enero de 2024). <https://www.rs-ingenieria.es/calidad-de-las-aguas-subterraneas/>

Sela, G. (12 de Setiembre de 2018). *Cropaia*.

SONDAGUA. (9 de Mayo de 2022). <https://www.sondagua.cl/blog/puntos-de-captacion-de-agua-subterranea/>



SONDAGUA. (31 de Agosto de 2023). <https://www.sondagua.cl/blog/principales-metodos-para-la-captacion-de-aguas-subterraneas/>

Spellman, F. (2008). *The science of water: concepts and applications*. EUA.

Toledo Quispe, L. M. (2021). *Concentración de arsénico en agua y los efectos sobre la salud en la comunidad de Chacaconiza - Corani 2020*. Universidad Privada San Carlos, Puno - Perú.

Vadequimica. (28 de Octubre de 2022). <https://www.vadequimica.com/blog/todos-los-articulos/cloruro-ferrico.html>

Valdivielso, A. (s.f.). *iagua*. <https://www.iagua.es/respuestas/que-son-aguas-subterraneas>

Wikipedia. (9 de Enero de 2024). <https://n9.cl/vn981>

Wilderer, P., Schwarzenbeck, N., & Zhu, J. (2003). *Water in China*. Inglaterra.



ANEXOS



Anexo 1: Matriz de consistencia

Título: CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN
¿Cómo influirá el Cloruro férrico en la disminución de la concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico de aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra Azángaro 2024?	Determinar la concentración optima de Cloruro férrico en la disminución de la concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico de aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra Azángaro 2024	La concentración optima de Cloruro férrico en la disminución de la concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico de aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra será significativa	Variable independiente. Dosis de cloruro férrico Dimensiones dosis Indicadores Mg/L	Tipo de investigación La presente investigación es de tipo cuantitativa ya que emplea la recolección de datos para determinar si es efectiva o no la solución a un problema en específico, en relación a la finalidad es de tipo aplicada Diseño de investigación El diseño de la investigación fue de tipo experimental (Hernández & Fernández, 2010), es decir que en dicha investigación se manipulo la variable independiente con la finalidad de alcanzar un punto óptimo donde refleje una mayor eficiencia en la reducción de la concentración de aluminio, sodio y arsénico de las aguas subterráneas, todo esto en un contexto de experimentación en el laboratorio de calidad ambiental
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS	variable dependiente	
<ul style="list-style-type: none"> ¿Qué concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico tendrán las aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra? ¿Qué dosis y velocidades de mezcla permitirán una reducción de las concentraciones de Aluminio, Sodio y Arsénico de las aguas 	<p>1 Hallar la concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico tendrán las aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra</p> <p>2 Determinar la dosis y velocidades de mezcla permitirán una reducción de las concentraciones de Aluminio, Sodio y Arsénico de las aguas</p>	<p>1 La concentración de Aluminio, Sodio y Arsénico en aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra superaran la normatividad.</p> <p>2.- La dosis y velocidades de mezcla permitirán una reducción significativa de las concentraciones de Aluminio, Sodio y Arsénico de las aguas subterráneas de la Comunidad de Kojra</p>	<p>Dimensiones</p> <p>Concentración de Arsénico, aluminio y sodio</p> <p>Indicadores</p> <p>Mg/L</p>	



subterráneas de la Comunidad de Kojra?
subterráneas de la Comunidad de Kojra

Dimensión
Dosis óptima cloruro férrico

Indicadores
Mg/L

Nivel de investigación

El nivel de investigación es el correlacional, donde se buscó relacionar las variables de estudio tras los tratamientos o experimentaciones planteadas. Es decir, la relación que existe entre las distintas dosis de concentración de cloruro férrico y los distintos tiempos de sedimentación para observar en cuanto varia la eficiencia en cada tratamiento.

Anexo 2. Límites Permisibles de parámetros

ANEXO II LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA

Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Olor	---	Aceptable
2. Sabor	---	Aceptable
3. Color	UCV escala Pt/Co	15
4. Turbiedad	UNT	5
5. pH	Valor de pH	6,5 a 8,5
6. Conductividad (25°C)	µmho/cm	1 500
7. Sólidos totales disueltos	mgL ⁻¹	1 000
8. Cloruros	mg Cl ⁻ L ⁻¹	250
9. Sulfatos	mg SO ₄ ²⁻ L ⁻¹	250
10. Dureza total	mg CaCO ₃ L ⁻¹	500
11. Amoníaco	mg N L ⁻¹	1,5
12. Hierro	mg Fe L ⁻¹	0,3
13. Manganeso	mg Mn L ⁻¹	0,4
14. Aluminio	mg Al L ⁻¹	0,2
15. Cobre	mg Cu L ⁻¹	2,0
16. Zinc	mg Zn L ⁻¹	3,0
17. Sodio	mg Na L ⁻¹	200

UCV = Unidad de color verdadero

UNT = Unidad nefelométrica de turbiedad

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. Níquel	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
Parámetros Orgánicos	Unidad de medida	Límite máximo permisible
1. Trihalometanos totales (nota 3)		1,00
2. Hidrocarburo disuelto o emulsionado; aceite mineral	mgL ⁻¹	0,01
3. Aceites y grasas	mgL ⁻¹	0,5
4. Alacloro	mgL ⁻¹	0,020
5. Aldicarb	mgL ⁻¹	0,010
6. Aldrín y dieldrín	mgL ⁻¹	0,00003
7. Benceno	mgL ⁻¹	0,010
8. Clordano (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,0002
9. DDT (total de isómeros)	mgL ⁻¹	0,001



Anexo 3. Resultados de laboratorio



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 027 – 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Jhaydi Yudixa Ccallo Caceres
- 1.2. **Proyecto** : CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO. SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
- 2.2. **Numero de muestras** : 01
- 2.3. **Muestreado por** : Jhaydi Yudixa Ccallo Caceres
- 2.4. **Fecha de ensayo** : 03/05/2024
- 2.5. **Departamento** : Puno
- 2.6. **Provincia** : Azángaro
- 2.7. **Distrito** : José Domingo Choquehuanca
- 2.8. **Centro Poblado** : Kojra
- 2.9. **Código, ubicación, fecha y hora de muestreo**

Código	Fecha de muestreo	Hora
P1	02/05/2024	10:00

III. RESULTADOS

Código	Temperatura (°C)	pH	Arsénico (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Sodio (mg/L)
M1	15.0	7.20	0.0191	0.44	210

IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"



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

Juliaca, 15 de mayo del 2024

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 028 – 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Jhaydi Yudixa Ccallo Caceres
1.2. **Proyecto** : CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
2.2. **Numero de muestras** : 05
2.3. **Muestreado por** : Jhaydi Yudixa Ccallo Caceres
2.4. **Fecha de ensayo** : 07/05/2024
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : San Román
2.7. **Distrito** : Juliaca

III. RESULTADOS

Código	Temperatura (°C)	pH	Arsénico (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Sodio (mg/L)
T1	15.2	7.15	0.0137	0.37	208
T2	15.4	7.41	0.0115	0.25	206
T3	15.3	7.21	0.0100	0.18	202
T4	15.2	7.35	0.0105	0.21	204
T5	15.3	7.42	0.0104	0.23	206

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, 15 de mayo del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"

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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 029 – 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. **Solicitante** : Jhaydi Yudixa Ccallo Caceres
1.2. **Proyecto** : CLORURO FÉRRICO EN LA DISMINUCIÓN DE LA CONCENTRACIÓN DE ALUMINIO, SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA AZÁNGARO 2024

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. **Producto** : Aguas
2.2. **Numero de muestras** : 05
2.3. **Muestreado por** : Jhaydi Yudixa Ccallo Caceres
2.4. **Fecha de ensayo** : 07/05/2024
2.5. **Departamento** : Puno
2.6. **Provincia** : San Román
2.7. **Distrito** : Juliaca

III. RESULTADOS

Código	Temperatura (°C)	pH	Arsénico (mg/L)	Aluminio (mg/L)	Sodio (mg/L)
RT1	14.5	7.08	0.0133	0.35	209
RT2	14.7	7.14	0.0124	0.21	208
RT3	14.6	7.17	0.0100	0.19	200
RT4	14.5	7.27	0.0105	0.25	203
RT5	14.3	7.36	0.0109	0.28	204

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, 15 de mayo del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

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



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 23/12/24

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: JHAYDI YUDIXA CCALLO CACERES

Dirección: URBANIZACION BUENOS AIRES

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 47515304

Teléfono: 983980513 email: yudizaccallocaceres@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Dr. ARNALDO YANA TORRES

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:
 Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: CLORURO FÉRRICO EN LA DISTRIBUCION DE LA CONCENTRACION DE ALUMINIO,
SODIO Y ARSÉNICO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LA COMUNIDAD DE KOJRA
AZÁNGARO 2024.

Palabras claves, (3 a 5 términos): DOSIS, REMOCIÓN, ARSÉNICO

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

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

23/12/24

Fecha