



UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL



**CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y
METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE
CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ROY MILTON FEIJO FLORES

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 REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y
METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE
CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO**

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ROY MILTON FEIJO FLORES

**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

:

Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

:

CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1872-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 24 de diciembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024- 19097 presentado por el (la) Bachiller: **ROY MILTON FEIJO FLORES** 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. **ROY MILTON FEIJO FLORES**, quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulado: **CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO**, la misma que pertenece a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental.

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

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

RESUELVE:

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

- * **Presidente** : Dr. MILTHON QUISPE HUANCA
- * **1er Miembro** : Mgtr. FRANZ JOSEPH BARAHONA PERALES
- * **2do Miembro** : M.Sc. JESÚS ESTEBAN CASTILLO MACHACA

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

ARTICULO TERCERO . – **APROBAR**, la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de el (la) bachiller: **ROY MILTON FEIJO FLORES**; del informe final de la investigación (tesis) titulado: **CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO** para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental. de acuerdo al siguiente detalle:

- * **FECHA** : Martes 31 de diciembre del 2024
- * **HORA** : 09:00 horas
- * **LUGAR** : Aula 306 - FICP

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 "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

.....
DR. MILTHON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790



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

.....
DR. Efraín Ramírez Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Art Invo
interesado (s)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 1509-2024-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 15 de noviembre del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU - 15670 por el señor (a): **ROY MILTON FEJO FLORES** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el **PROVEIDO - N° 1289- 2024-UI-FICP-UANCV/J**, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato N° 094 - 2024 del integrante del comité de investigación **EPISA** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **ROY MILTON FEJO FLORES**, ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulado: **CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO**, 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° 094 - 2024 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO**, Correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

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

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

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN**, presentado por el señor (a): **ROY MILTON FEJO FLORES**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**, en virtud a los considerandos expuestos.

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

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.


UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
.....
Dr. MILTHON QUISEP HUANCA
DECANO
CIP. 47790


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

CC:
Archivo
interesado (a)



RESOLUCIÓN DECANAL N° 222-2024-D-III-FICP-UANCV

Juliaca, 29 de abril del 2024

VISTO: El expediente N° 2024-CU- 3794, presentado por el señor (a) **ROY MILTON FEJO FLORES** solicitando **APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** el PROVEIDO - N° 254-2024-UI-FICP-UANCV/J. v la **FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN** formato N° 33 -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: **ROY MILTON FEJO FLORES** ha presentado su propuesta de investigación Titulado: **CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO**, 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° 33 -2024- aprobando la propuesta de investigación titulado: **CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO**.

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 (a) ~~Requiere:~~ **ROY MILTON FEJO FLORES**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Sanitario y Ambiental, con el Tema Titulado: **CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO** correspondiente a la línea de investigación **CONTAMINACION Y CALIDAD AMBIENTAL**.

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

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente **Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS**.

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

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

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

D. MILTON QUISPE HUANCA
DECANO
CIP. 47790

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

Dr. Efraim Parillo Sosa
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2024
Interesado (a)



CLORURO FERRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

15%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	14%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
3	repositorio.uancv.edu.pe Fuente de Internet	<1%
4	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	dialnet.unirioja.es Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.uap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	es.scribd.com Fuente de Internet	<1%



Metadatos complementarios

Título de la Tesis	
CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ROY MILTON FEIJO FLORES
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	77540854
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-0700-6636
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02383061
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-5101-4264
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	Contaminación y Calidad Ambiental – P22
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	<p> País: Perú Departamento: Puno Provincia: San Román Distrito: Cabanilla Coordenadas: Latitud: -15.6177960 Longitud: -70.3452363 URL Maps: https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1GTbBCy_nwryQ-gqzxiGD6BIq5jdoyz4&usp=sharing </p> 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2024 – Enero 2025
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 ANDINA "NESTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
 FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS EXACTAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
 DIRECTOR
 UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ROY MILTON FEIJO FLORES, identificado con DNI
Nro. 77540854, en mi condición de egresado de:

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

INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

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

CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE
AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO

Asesorado por: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Es un tema original.

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

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

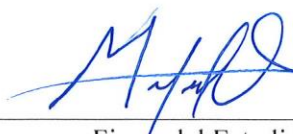
Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

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

Juliaca 03 de ABRIL del 2025



Firma del Asesor
(obligatoria)



Firma del Estudiante
(obligatoria)



Huella



DEDICATORIA

A mi creador por proporcionarme la existencia y bienestar, por iluminarme en el camino hacia mis objetivos y por las diversas bendiciones interminables que me otorga.

A mis patriarcas, por su apoyo incondicional en mi desarrollo profesional, por guiarme por el sendero adecuado con sus enseñanzas y su ejemplo; ellos son mi mayor motivación para seguir adelante. Los amo profundamente.



AGRADECIMIENTO

Agradezco a la "UANCV", especialmente a la "EPISA", donde pasé cinco años inolvidables aprendiendo y conducta valiosos instantes con mis profesores y camaradas, siempre guardando con cariño esos hermosos recuerdos. Agradezco a todos los profesores por aportar a mi crecimiento profesional y académico.

Estoy agradecido con mis patriarcas por ser los mayores motivadores de mis ensueños, por poseer confianza en mis metas, por enseñarnos principios y valores, y por brindarme siempre su apoyo incondicional para lograr nuestros propósitos académico y personales.

Agradezco a los miembros del jurado y a mi asesor por su guía y respaldo otorgado para ultimar este trabajo.



ÍNDICE GENERAL

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

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

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



1.5.	Hipótesis.....	6
1.5.1	Hipótesis general	6
1.5.2	Hipótesis específicas.....	6
1.6.	Variables.....	6
1.6.1	Variable independiente:	6
1.6.2	Variable dependiente:	6
1.6.3	Operacionalización de variables	7

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1.	Antecedentes del estudio	8
2.1.1	A nivel internacional.....	8
2.1.2	A nivel nacional.....	10
2.1.3	A nivel regional	15
2.2.	Bases teóricas	18
2.2.1	Agua.....	18
2.2.2	Propiedades generales del agua	18
2.2.3	Calidad del agua de riego en la agricultura.....	20
2.2.4	Efectos asociados a la mala calidad de agua de riego	21
2.2.5	Generalidades de la influencia de la calidad del agua sobre el suelo y los cultivos.	22
2.2.6	Coagulación y floculación	23
2.2.7	Mecanismos de coagulación y floculación	25
2.2.8	Factores que influyen en la coagulación	26



2.2.9	Cloruro férrico	28
2.2.10	Remoción de turbiedad	30
2.2.11	Metales pesados	32
2.2.12	Efectos de los metales pesados en la salud del ser humano.....	33
2.2.13	Metales y su toxicidad.....	35
2.3.	Marco Conceptual	38
2.3.1	Aguas superficiales	38
2.3.2	Prueba de jarras	39
2.3.3	Coagulantes sintéticos.....	39
2.3.4	Dosis optima	39
2.3.5	Espectrofotometría.....	40
2.3.6	Calidad Ambiental.....	40
2.3.7	Estándar de la calidad del agua para riego (ECA)	40

CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1.	Diseño de investigación.....	41
3.2.	Tipo de investigación	41
3.3.	Nivel de investigación	41
3.4.	Diseño estadístico	42
3.5.	Técnicas e instrumentos de la investigación	43
3.6.	Materiales y equipos.....	44
3.7.	Lugar de estudio	45



3.8. Población y muestra 46

3.9. Procedimiento Metodológico 47

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados..... 54

4.1.1 Resultados de la concentración de turbidez en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno. 54

4.1.2 Resultados de la concentración de metales pesados en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno. 56

4.1.3 Resultados del porcentaje y la dosis optima del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno..... 60

Análisis estadístico..... 64

4.2. Discusiones 78

CONCLUSIONES 82

RECOMENDACIONES 83

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 84

ANEXOS 92



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de variables de la presente investigación..... 7

Tabla 2 *Descripción de los factores de la coagulación.* 27

Tabla 3 Coordenadas de los puntos de muestreo de la investigación. 45

Tabla 4 Ensayos de prueba de jarras con la adición del cloruro férrico..... 53

Tabla 5 Concentración de la turbiedad de las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno..... 54

Tabla 6 Concentración de metales pesados en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno..... 56

Tabla 7 Concentracion final (Repeticion 1 y 2) de la turbidez y metales solidos de las aguas del distrito de Cabanilla empleando como coagulante el cloruro ferrico. 60

Tabla 8 Dosis Óptima para la remoción de turbidez en las aguas del distrito de Cabanilla empleando como coagulante el cloruro ferrico..... 61

Tabla 9 Dosis Óptima para la remoción de metales pesados en las aguas del distrito de Cabanilla empleando como coagulante el cloruro ferrico. 62

Tabla 10 Porcentaje de remocion de la turbidez y metales pesados de las aguas del distrito de Cabanilla empleando como coagulante el cloruro ferrico. 63

Tabla 11 Resumen del modelo: dosis optima del cloruro férrico a en la remoción de turbidez 64

Tabla 12 Análisis de ANOVA, para evaluar dosis optima del cloruro férrico a en la remoción de turbidez..... 64



Tabla 13 Coeficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la turbiedad en función de la dosis cloruro férrico.....	65
Tabla 14 Resumen del modelo: dosis optima del cloruro férrico a en la remoción de arsénico.....	68
Tabla 15 Análisis de ANOVA, para evaluar dosis optima del cloruro férrico a en la remoción de arsénico	68
Tabla 16 Coeficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la remoción de arsénico en función de la dosis cloruro férrico	69
Tabla 17 Resumen del modelo: dosis optima del cloruro férrico a en la remoción de hierro	71
Tabla 18 Análisis de ANOVA, para evaluar dosis optima del cloruro férrico a en la remoción de hierro	72
Tabla 19 Coeficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la remoción de hierro en función de la dosis cloruro hierro	73
Tabla 20 Resumen del modelo: dosis optima del cloruro férrico a en la remoción de manganeso	75
Tabla 21 Análisis de ANOVA, para evaluar dosis optima del cloruro férrico a en la remoción de manganeso.....	75
Tabla 12 Coeficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la remoción de arsénico en función de la dosis cloruro manganeso	76



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Coagulación por Adsorción.	24
Figura 2 Coagulación por barrido.	25
Figura 3 Proceso de coagulación y floculación.	26
Figura 4 Remoción de turbiedad.	31
Figura 5 Localización del punto de muestreo de agua del canal de riego del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.	46
Figura 6 Concentración de la relación de: Temperatura, pH y turbiedad en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.	55
Figura 7 Concentración del arsénico en las aguas del distrito de Cabanilla del departamento de Puno.	57
Figura 8 Concentración del hierro en las aguas del distrito de Cabanilla del departamento de Puno.	58
Figura 9 Concentración del manganeso en las aguas del distrito de Cabanilla del departamento de Puno.	59
Figura 10 Relación entre la dosis del cloruro férrico y la turbiedad	67
Figura 11 Relación entre la dosis del cloruro férrico y el arsénico	70
Figura 12 Relación entre la dosis del cloruro férrico y el hierro.	74
Figura 13 Relación entre la dosis del cloruro férrico y el manganeso	77



RESUMEN

Este análisis poseyó como finalidad analizar la eficacia del Tricloruro de hierro en la disminución de turbidez y eliminación de los metales solidos en de Cabanilla, en el departamento de Puno. El método esgrimido fue de tipo cuantitativo y experimental, con diseño de laboratorio a pequeña escala. Realizamos algunos experimentos con tricloruro de hierro para purificar el agua, usando diferentes cantidades: 30, 35, 25, 15 y 20 miligramos por litro. Lo mezclamos rápidamente a 200 vueltas por minuto durante un minuto y medio, luego lentamente a 80 vueltas durante 15 minutos y lo dejamos reposar 40 minutos. Después de analizar el agua, encontramos lo siguiente: estaba un poco turbia (52,5 NTU); contenía una pequeña cantidad de arsénico (0,0176 mg/L), más hierro (0,5520 mg/L) y una buena cantidad de manganeso (0,78 mg/L). El arsénico y el hierro se encontraban en niveles seguros para regar las plantas y dar de beber a los animales, pero había demasiado manganeso según las normas. Con tricloruro de hierro, la mejor purificación se obtuvo con 30 miligramos por litro. Esto hizo que el agua fuera mucho más clara, reduciendo la turbidez a 3,45 NTU, ¡un 93 % mejor! El arsénico bajó a 0,0100 mg/L, un 43 % mejor, y el hierro a 0,2813 mg/L, casi un 49 % mejor. El manganeso también bajó a 0,3113 mg/L., con un porcentaje de eliminación del 60.90%. Se concluye que, a mayor dosis de coagulante, los niveles de turbidez y los metales solidos en el H₂O se reducen de forma notable.

Palabras clave: Metales pesados, cloruro férrico, dosis optima y test de jarras.



ABSTRACT

The purpose of this analysis was to assess the effectiveness of iron trichloride in reducing turbidity and removing solid metals in Cabanilla, Puno. The method used was quantitative and experimental, with a small-scale laboratory design. We conducted several experiments with iron trichloride to purify water, using different quantities: 30, 35, 25, 15, and 20 milligrams per liter. We mixed it rapidly at 200 revolutions per minute for a minute and a half, then slowly at 80 revolutions per minute for 15 minutes, and let it stand for 40 minutes. After analyzing the water, we found the following: it was slightly cloudy (52.5 NTU); it contained a small amount of arsenic (0.0176 mg/L), more iron (0.5520 mg/L), and a good amount of manganese (0.78 mg/L). Arsenic and iron were at safe levels for watering plants and providing water to animals, but there was too much manganese according to regulations. With iron trichloride, the best purification was achieved with 30 milligrams per liter. This made the water much clearer, reducing turbidity to 3.45 NTU, a 93% improvement! Arsenic dropped to 0.0100 mg/L, a 43% improvement, and iron to 0.2813 mg/L, almost 49% improvement. Manganese also dropped to 0.3113 mg/L, with a 60.90% removal rate. It is concluded that, with higher coagulant doses, turbidity levels and solid metals in the water are significantly reduced.

Keywords: Heavy metals, ferric chloride, optimal dose and jar test.



INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico es, indudablemente, fundamental para la coexistencia de los diversos seres vivos; sus disponibilidades y características químicas, biológicas y físicas conmueven la capacidad de los entornos marítimos para preservar la salubridad de los ambientes. Sin embargo, este expediente tan valioso está cada vez más en peligro a causa de desarrollo de la población humana, que exige mayores cantidades y mejor calidad de agua para fines domésticos y actividades económicas, lo cual, a corto o largo plazo, impacta negativamente en estos entornos. Considerando la relevancia del estado del H₂O no solo para el ecosistema, sino asimismo para la salubridad y el bienestar de las individuos, es fundamental garantizar su amparo y fomentar un manejo sostenible (Cano, 2010).

En la Oquedad del Efluente Cabanillas, se encuentra una zona clave para el desarrollo agrícola y ganadero sostenible, debido a que cuenta con 8 sistemas de irrigación que integran el Sistema Integral Lagunillas. Los cultivos predominantes incluyen habas, quinua, papa dulce, entre otros, y se estima que la producción y rentabilidad son bastante bajas; en ciertos casos, los costes superan los beneficios obtenidos. Los recursos agrostológicos, como las praderas, presentan niveles bajos de capacidad de carga, y se realiza un sobrepastoreo que contribuye a la degradación del suelo. Aunque la producción ganadera es una actividad que genera mayores beneficios y derivaciones económicas para los residentes de la zona, las urbes de animales se toman en cuenta reducidas debido a diferentes factores, fundamentalmente por la escasez de forrajes y pastos, derivación de la inadecuada gestión del H₂O de regadío en los sistemas de irrigación de la oquedad (Mayta Quispe, 2020).



En función a lo expuesto anteriormente, el actual estudio primero estableciera el conjunto de turbidez y los metales solidos en el H₂O de Cabanilla y posterior a ello valorara la eficacia del Tricloruro de hierro en la exclusión de turbidez y metales solidos de H₂O del distrito de Cabanilla, departamento de Puno, ya que aplicando dicha tecnología contribuiremos con disyuntivas para optimizar la condición de H₂O para riego.

El análisis actual está formado en los capítulos subsiguientes: en el CAPÍTULO I, se muestra el análisis de la problemática, junto con las interrogaciones y finalidades. Asimismo se incluye la apología del análisis, la operacionalización y las hipótesis de variables, en el CAPITULO II: se presentaron los antecedentes del análisis muy similares de otros autores, marco conceptual y bases teóricas, en la que se precisa los términos primordiales en base al análisis, en el CAPITULO III: muestra el método del análisis, incluyendo el diseño y el tipo, las técnicas y los instrumentos, tal como el lugar, la población y el muestreo, detallando el procedimiento metodológico y en el CAPÍTULO IV: se exponen los análisis y derivaciones, en la que se detallan los datos emanados en el análisis, acompañados de su interpretación y comparativa con demás autores.



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Análisis de la situación problemática

1.1.1. A nivel internacional

A nivel global, se asemejó una notable escasez de soluciones para encontrarse las alarmantes problemáticas que afectan presentemente al agua. Este recurso, que personifica un gran % de la superficie terrestre en sus diferentes estados, solo incluye una fracción de agua dulce que podemos utilizar principalmente para el riego de cultivos. Sin embargo, al ser transportada a través de diversas infraestructuras hidráulicas, el agua se ve afectada por fenómenos naturales y por las diligencias humanas, las cuales pueden trastornar su condición física, química y biológica de formas simples o complejas, y en desemejantes grados de intensidad a causa de la presencia de compendios tóxicos. Esto provoca un impacto significativo en su condición y en sus parámetros, los cuales pueden modificar las características de la superficie y, por lo cual, el beneficio de los cultivos. Este rendimiento está fundamentalmente influenciado por las sales actuales en el H₂O, que determinan si el desarrollo de plantas es adecuado o no (Perez Valverde, 2021).



1.1.2. A nivel nacional

En Perú, la existencia de los metales sólidos en H₂O constituye uno de las problemáticas socioambientales y de salubridad pública más importantes. El origen es variado: debido a las particularidades y métodos geológicos de las zonas, el vertido de aguas remanentes y desechos industriales, los productos agroquímicos, los restos mineros y los pasivos ambientales. Conjuntamente, las magnitudes y la trascendencia de los impactos negativos provocan alteraciones en la sanidad de los individuos, el ambiente natural y la producción (MVCS, 2021).

Asimismo, la incierta de metales sólidos en el H₂O para riego en Perú surge principalmente por la actividad minera, industrial y la descarga de aguas remanentes sin procesamiento adecuado, lo que afecta tanto a los cultivos como a la salud de las personas. Los metales sólidos, tal como el arsénico, plomo y cadmio, son absorbidos por las plantas, reduciendo la condición de los productos agrícolas y exponiendo a los consumidores a riesgos de salud graves, como enfermedades renales y cáncer. Regiones como Puno, Junín y la costa norte enfrentan altos niveles de contaminación, lo que exige un mayor control, procesamiento de aguas y monitoreo constante para mitigar estos impactos.

1.1.3. A nivel local

En Cabanillas, el factor relacionado con la gestión del H₂O para riego está afectando tanto a nivel de los agricultores como en la intervención de autoridad encargada del H₂O (Estado), que participa de manera limitada. La situación se agrava en el sistema de riego debido a problemas como: mantenimiento escaso para una maniobra eficiente, distribuciones



desorganizadas del H₂O, fallas en el diseño de infraestructura que dificultan su funcionamiento, y en demás sistemas de riego, la edificación esgrime tecnología primitiva (como en los casos de Cayachirá, Yocará, etc.) Por otro lado, el aspecto económico también representa un problema crítico en la actualidad, limitando las oportunidades de modernización y rehabilitación del sistema de riego. Asimismo, se suman las deficiencias operativas, la distribución inadecuada del H₂O y la endeble colocación de los beneficiarios del riego en cuanto a toma de decisiones y autoridad. Esto genera conflictos en la comunidad, pues los habitantes excluyen las condiciones del H₂O depositada al riego, la cual es esencial para diligencias agrícolas.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1 *Problema general*

¿Cuál es la eficiencia del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno?

1.2.2 *Problemas específicos*

- A. ¿Cuál es la concentración de turbidez en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno?
- B. ¿Cuál es la concentración de metales pesados en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno?
- C. ¿Cuál será el porcentaje y la dosis óptima del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno?



1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1 *Objetivo general*

Evaluar la eficiencia del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.

1.3.2 *Objetivos específicos*

- A. Determinar la concentración de turbidez en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.
- B. Determinar la concentración de metales pesados en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.
- C. Determinar el porcentaje y la dosis óptima del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.

1.4. Justificación del estudio

1.4.1 *Justificación técnica*

Se justifica por la necesidad de encontrar soluciones eficaces y accesibles para optimizar la condición del H₂O en una región afectada por la polución, principalmente debido a diligencias mineras e industriales. El Tricloruro de hierro es un coagulante ampliamente esgrimido en el procesamiento de H₂O, con alta eficiencia en la exclusión de partículas suspendidas y las precipitaciones de los metales como arsénico, manganeso y hierro. Esta investigación no solo permitirá evaluar la efectividad de este procesamiento en condiciones locales, sino que asimismo contribuirá a la consumación de tecnologías de procesamiento



ambientalmente sostenibles, mejorando la salud pública y promoviendo un manejo más seguro del H₂O para riego e ingesta humana en Puno.

1.4.2 Justificación ambiental

Radica en la necesidad de aminorar los bombazos negativos de la contaminación hídrica en el ecosistema local. Las diligencias mineras y agrícolas han incrementado el conjunto de los metales sólidos, como arsénico y hierro, y la turbidez en las fuentes de H₂O, lo que afecta tanto la biodiversidad acuática como la condición del suelo utilizado para la agricultura. Implementar un procesamiento basado en Tricloruro de hierro no solo puede optimizar significativamente la condición del H₂O, sino además reducir los riesgos de bioacumulación de contaminantes en las cadenas alimenticias, protegiendo así la salubridad de los ecosistemas y favoreciendo el desarrollo sustentable de la región.

1.4.3 Justificación social

Se fundamenta en el amparo de la salubridad pública y la fortuna de la comunidad local. La población de esta zona depende de fuentes de H₂O contaminadas tanto para la ingesta humana como para diligencias agrícolas, lo que acrecienta el peligro de enfermedades relacionadas con las exposiciones a metales sólidos, como problemas renales, daños neurológicos y cáncer. Al implementar un procesamiento efectivo y accesible como el Tricloruro de hierro, se puede optimizar la condición del H₂O, reduciendo la carga de males y garantizando un acceso más seguro al H₂O potable, lo que contribuye



directamente a optimizar la condición de vida y los contextos socioeconómicos de la población.

1.5. Hipótesis

1.5.1 *Hipótesis general*

La eficiencia del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno, es eficiente.

1.5.2 *Hipótesis específicas*

- A. La concentración de turbidez en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno, no supera la normativa del ECA agua.
- B. La concentración de metales pesados en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno, supera la normativa del ECA agua.
- C. El porcentaje y la dosis óptima del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno, es óptima a más del 50%.

1.6. Variables

1.6.1 *Variable independiente:*

- Cloruro férrico.

1.6.2 *Variable dependiente:*

- Remoción de turbidez y metales pesados de las aguas del distrito de Cabanilla.



1.6.3 Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de variables de la presente investigación.

VARIABLES	DIMENSIÓN DE ANÁLISIS	INDICADOR	UNIDAD DE MEDIDA
Variable Independiente: Cloruro férrico.	Concentración de cloruro férrico	Dosis	mg/L
		Agitación	RPM
		Tiempo	Min
Variable dependiente: Remoción de turbidez y metales pesados de las aguas del distrito de Cabanilla.	Concentración de turbidez	Nivel de turbidez, antes y después del tratamiento	NTU
	Concentración de metales pesados	Nivel de Arsénico, hierro y manganeso antes y después del tratamiento	mg/L
	% de eliminación de turbidez y metales pesados	Porcentaje	%



CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes del estudio

2.1.1 *A nivel internacional*

Según el análisis de Hernández et al. (2016) denominada "Valoración de un posprocesamiento físico-químico para la eliminación de opacidad en los afluentes de una Tenería", el propósito fue valorar el desempeño de estos coagulantes ensayados de manera individual en la eficacia para remover turbidez. En la metodología del análisis, se ejecutó un posprocesamiento físico-químico de floculación-coagulación a escalas de recinto, empleando la prueba de jarra a los afluentes de una tenería que habían sido procesados biológicamente. Se emplearon coagulantes nativos (H₂O de mar) y coagulantes químicos (Tricloruro de hierro) con una cuantía constante de 30 mL/L de floculantes policloruros de Al marca Nalco (10 g/1000 mL). El post procesamiento se realizó en dos fases, siendo la primera la intrepidez del pH inapreciable. Un pH de 11 consintió que los coagulantes funcionaran de forma eficiente. En la fase segunda, se estableció la cuantía adecuada de cada coagulante. Según los resultados, la cuantía optimizada para el Tricloruro de hierro fue de 10 mL/L, en tanto que para el H₂O de océano la cuantía adecuada fue de 20 mL/L,



alcanzando en los dos casos una remoción de turbidez cercana al 100%. En esta segunda fase, los dos coagulantes consiguieron eliminar la turbidez a niveles indetectables. Se ultima que la implementación de un post procesamiento físico-químico centrado en procesos de floculación-coagulación admitió obtener un afluente cuya turbidez desempeña con los requisitos establecidos en los estándares ambientales venezolana para H₂O tipo 1, sub-tipo 1A.

Sin embargo, Aguilar (2005) en su tesis "Separación de arsénicos en H₂O acuífera de la Comarca Lagunera", el propósito fue desenvolver una tecnología accesible para la desinfección de H₂O, que sea económica e independiente, y que permita eliminar, a nivel municipal, el As existente de forma nativa en las H₂O acuíferas manejadas para el abastecimiento de H₂O potable en la Comarca Lagunera. En su método, los parámetros de diseño consideraron inicialmente la reunión máxima de As encontrada en las muestras, que fue de 0.264 mg/L. Cuantía necesaria: 24 mg/L, seguido por un caudal de diseño de 100 Lps, en la que se considera un flujo modular con soluciones de Tricloruro de hierro al 20%, en jornadas laborales de 8 h, con una carga superficial para el aljibe de sedimento de 20 m³/m². De este modo, se obtuvieron las siguientes derivaciones. La reunión promedio de arsénico en el transcurso de todo el periodo de filtración fue de 0.016 mg/L.

En su trabajo de investigación de Ormachea et al. (2016) titulada "Geoquímica del arsénico natural en aguas acuíferas y superficiales en la parte sur de la oquedad del lago Poopó, Bolivia Altiplano", informaron que las aguas acuíferas de los acuíferos someros y las aguas superficiales de los afluentes en la región sur de la oquedad del marisma Poopó, en el territorio Boliviano,



presentan serios problemáticas de condición, como elevadas salinidades y altas reuniones de arsénico (As). Se hallaron en muestreos de H₂O tomadas de pozos poco profundos excavados manualmente (1-9 m de profundidad, con un promedio de 3 m), reuniones de arsénico de gran magnitud (3-3497 µg/L) durante la estación seca, mostrando un pH ligeramente alcalinos con valores entre 5.5 y 8.7, y el 90% de las muestras superaron el límite de referencia de la OMS de 10 µg/L de arsénico.

2.1.2 A nivel nacional

En la tesis desarrollada por Huaira y Moran (2024) denominada "Valoración del ADEBAC y Tricloruro de hierro en la deflación de turbidez de H₂O del afluente Shulcas", el propósito fue analizar el efecto de la diligencia de coagulantes ADEBAC y Tricloruro de hierro en el % de exclusión de turbidez en muestras de H₂O extraídas del afluente Shulcas. Para desempeñar con esta finalidad, se ejecutaron ensayos de coagulación en muestreos de H₂P de este afluente, situado en la localidad de Huancayo, esgrimiendo los dos coagulantes. La metodología empleada para las pruebas de coagulación se fundamentó en un diseño factorial, considerando como elementos la reunión del coagulante y el tiempo de agitación, aplicados por separado para cada coagulante. Se evaluó el Tricloruro de hierro en reuniones de 300 mg/L y 150 mg/L, en tanto que el ADEBAC fue probado en reuniones de 400 mg/L y 200 mg/L, empleando como ingrediente activo el cloruro de benzalconio, el Tricloruro de hierro mostró un porcentaje de remoción que osciló entre 61.5% y 66.7% para las dos concentraciones analizadas. Por otro lado, con el ADEBAC, se alcanzó un % de eliminación de opacidad que varió entre 62.6% y 76.1%, proporcionalmente. Del



análisis de las derivaciones, se ultima que, con los dos coagulantes, tanto la reunión como el periodo de conmovión, tal como las interacciones entre estos 2 elementos, influyen significativamente en el % de remoción de turbidez.

Por otro lado, la tesis presentada por Cahuana y Meza (2022) denominado "Estudio de influencias de coagulantes Tricloruro de hierro y sulfato de AL en la eliminación de opacidad de H₂O del afluyente Shullcas, Huancayo, 2022", su objetivo fue examinar el efecto de congeladores sulfato de Tricloruro de hierro y AL en la eliminación de opacidad de H₂O del afluyente Shullcas, Huancayo – 2022. En la metodología de investigación, se utilizó la observación experimental de procesamientos de congelación de partículas y sólidos suspendidos, empleando ambos coagulantes por separado en muestras de agua tomadas del río mencionado. El plan experimental se elaboró siguiendo diseños factoriales 2², en la que las variables controladas fueron la reunión del congelador y el periodo de sedimento. Se consiguieron las siguientes derivaciones: la reunión de sulfato de aluminio fue de 143.29 ppm y 286 ppm, mientras que para Tricloruro de hierro fueron de 333.33 ppm y 166.67 ppm. El periodo de sedimento en ambos casos fue de 10 y 30 min. La proporción de eliminación obtenida con ambos coagulantes varió de 0.669 a 0.686 en el caso del Tricloruro de hierro, y de 0.673 a 0.738 para sulfato de AL. Tras analizar los efectos de los dos congeladores, se determinó que los factores de concentración y tiempo de precipitación tienen un impacto notable.

En la tesis presentado por Quispe y Zavala (2022) denominada "Impacto del tiempo, Tricloruro de hierro y prontitud de conmovión en el procesamiento de H₂O ácida del afluyente Obscurecido, en Olleros, Huaraz", poseyó como finalidad



analizar el impacto de la cuantía de coagulantes (Tricloruro de hierro al 0,1 % P/V), el periodo y la prontitud de conmovición en la eliminación de metales solidos (As y Fe) del H₂O agria del afluente Negro, situado en Olleros – Huaraz. En la metodología de investigación, la etapa experimental necesitó 20 L de H₂O del afluente, especializada por bajos niveles de pH, elevados niveles de metales disueltos y turbidez como hierro y arsénico, los cuales son altamente nocivos para la salubridad de los habitantes del sitio a causa de que ingesta el H₂O del efluente. Se empleó la prueba de jarras para fijar los contextos ideales de los procesos de procesamiento y las derivaciones se contrastaron con los valores inorgánicos de la Clase 1 – A1 de las Normativas de Condición de H₂O (DS-004-2017 MINAM). Se alcanzaron buenos porcentajes de eliminación de hierro y arsénico: 96% y 99%, proporcionalmente, al procesar el H₂O agria usando el ensayo de jarras con las subsiguientes medidas: $V_{ag} = 50$ RPM, $D_o = 24$ mL, $T_{ag} = 15$ min.

Según Herrera (2020) en su análisis designada “Eliminación de As en aguas acuíferas de Mórrope esgrimiendo cal y Tricloruro de hierro”, tuvo como objetivo valorar la eficacia de la exclusión del As mediante Tricloruro de hierro y cal, los congeladores, al ser introducidos al H₂O, poseen la cabida de desorganizar partículas disueltos. Los compuestos químicos se consideran sistemáticas eficientes para remover el As presente en H₂O acuíferas. El H₂O de la muestra fue recolectada del pozo en la comunidad menor Cruz del Médano – Mórrope, con una reunión de 0.10 mg/l. Este análisis se ejecutó a nivel de recinto mediante técnicas de floculación/coagulación, con un total de 15 experimentos, en los cuales se llevaba a cabo la oxidación de As (III) a As (V) en



4 litros de H₂O esgrimiendo 2 partículas de hipoclorito de sodio, conforme a lo propuesto por la bibliografía examinada. Se aplicaron cuantías de Tricloruro de hierro de 300 mg/l, 100 mg/l y 200 mg/l, y se aumentó la cuantía necesaria de cal para conseguir los valores de pH determinados de 5, 6, 7 y 8. La mezcla se realizó paralelamente bajo agitación lenta y rápida, con los siguientes contextos: 1 min a 100 rpm y 10 min a 30 rpm. Se estableció la reunión final esgrimiendo el método Gutzeit – Arsenic test MQuant TM, obteniendo derivaciones de remoción de 0.00 mg/l, el que demuestra que este tipo de procesamiento es efectivo para eliminar metales sólidos.

Por otro lado, en la investigación de Rashuaman (2023) titulada “Comparación de la eficacia de procesamiento en la exclusión de materia orgánica entre opuntia ficusindica y Tricloruro de hierro para las H₂O del afluente Mantaro-2023”, en el laboratorio, analizamos el agua antes y después de añadir estos limpiadores en diferentes cantidades. Comprobamos su claridad, su temperatura, su capacidad de transporte de electricidad, su acidez (pH) y la cantidad de sustancias nocivas que contenía. Al usar mucho tricloruro de hierro, el agua transportaba mejor la electricidad que antes, aumentando aproximadamente un 13 %. Sin embargo, al usar un poco de Opuntia ficus-indica, la capacidad de transporte de electricidad disminuyó ligeramente, aproximadamente un 2 %. El tricloruro de hierro acidificó el agua, reduciendo considerablemente el pH de 8 a 4,4. La Opuntia ficus-indica solo la acidificó un poco, pasando de 8 a 7,5, lo cual no es demasiado ácido. El agua se volvió mucho más clara con tricloruro de hierro, dejándola casi 43 veces más clara. Con Opuntia ficus-indica, también se volvió más clara, pero no tanto. Por lo tanto, esta



prueba nos indica que estos limpiadores pueden ayudar a mejorar el agua de diferentes maneras. El tricloruro de hierro funciona bien para aclarar el agua y modificar su acidez, mientras que la Opuntia ficus-indica es un poco más suave

En la tesis de Garay (2018) denominada "Eficacia en la eliminación de As por medio del proceso de floculación/coagulación en las H₂O remanentes de mina artesanal Llacuabamba, ubicada en el distrito de Parcoy, Pataz, La Libertad", la finalidad fue excluir el arsénico actual en aguas remanentes de la mina de Llacuabamba, realizando ensayos en recinto basados en procesos de floculación-coagulación, en la que se evaluó la influencia del pH, la reunión de Tricloruro de hierro y los coagulantes. En los experimentos efectuados, se ajustó la cuantía de coagulantes entre 5 y 15 mg/L, en distintos valores de pH (4 y 7.5), así como el tipo de floculantes (Praestol 851 y floculantes de sábila) al 1%. Con estas inconstantes se llevaron a cabo 16 mezclas. Se consiguieron rendimientos de remoción de As que fluctuaron entre el 39.5% y el 87.9%. Las derivaciones admitieron alcanzar una remoción del 87.9% al añadir 15 mg/L de Tricloruro de hierro a un pH de 7.5, esgrimiendo los floculantes Praestoles 851 al 1%. Para una cuantía de 5 mg/L de Tricloruro de hierro, la eficacia de eliminación redujo ampliamente, mientras que al aplicar 15 mg/L de Tricloruro de hierro, la eficacia de eliminación aumentó. Las mejores eliminaciones se consiguieron a un pH de 7.5. Con base en las derivaciones conseguidas y sus respectivos estudios estadísticos, se estableció que la síntesis que influyen en el vigor de eliminación son la cuantía de floculantes, el pH del H₂O remanente y la cuantía de coagulantes añadidos. Las derivaciones conseguidas son significativas para la separación de As en centros de procesos de aguas remanentes mineras.



En su investigación de Valverde y Tafur (2017) denominada “Análisis del sulfato de AL y Tricloruro de hierro, así como agentes coagulantes en los procesos de saneamiento del H₂O, en relación con las turbideces y el pH, de las aguas del barranco Rumiyacu, distrito de Moyobamba”, análisis del sulfato de Al y Tricloruro de hierro, como agentes coagulantes en proceso de purificación del H₂O, en relación con la turbidez y el pH, de las aguas del barranco Rumiyacu, distrito de Moyobamba. Se consiguieron las siguientes derivaciones: A lo largo de los meses de mayo y junio de 2017, los muestreos de H₂O del barranco Rumiyacu presentaron opacidad y pH variables, siendo más elevados en junio debido a los aguaceros. Por lo tanto, se puede afirmar que los coagulantes (Tricloruro de hierro y sulfato de Al) proceden de maneras desemejantes en cuanto a los medidas de turbidez y pH, yaciendo el sulfato de Al un buen coagulante, pues al ser el H₂O alcalina, este regula las variaciones del pH sin generar acidez y reduciendo la turbidez casi en su totalidad, alcanzando los LMP. Conjuntamente, se evidenció su eficacia como floculante y como complemento del Tricloruro de hierro, que es más eficaz en la mejora del tono del H₂O.

2.1.3 A nivel regional

En la tesis presentada por Monteagudo (2015) denominada “Estudio semejante de los parámetros de condición del agua en los efluentes Lampa y Cabanillas”, Tuvo como propósito calcular los Índices de condición del H₂O, con el fin de cotejar y generar una herramienta de gestiones para la organización y preservación de los dos efluentes. El método aplicado para la intrepidez de los Índices de condición de H₂O se centro en el método ICA de la NSF. Para el estudio microbiológico y físico-químico, se arrebataron 8 muestreos del afluente



Lampa y 7 del afluente Cabanillas. Se analizaron nueve parámetros en cada muestra, incluidos pH, temperatura, oxígeno diluido, turbidez, fosfatos, DBO5, sólidos totales, nitratos y coliformes fecales, cuyas mediciones fueron utilizadas para calcular el índice respectivo. Los datos obtenidos evidencian que el río Lampa tiene un Índice de condición de H2O promedio de 70.16, mientras que el afluente Cabanillas presenta un valor de 54.14. Ambos resultados caen dentro de la clasificación de condición media, según la normativa de la Autoridad Nacional del H2O. Los indicadores medidos en los dos afluentes desempeñan con los requisitos de condición ambiental establecidos para aguas; exceptuando el DBO5 del efluente Cabanillas, los cuales valores superan los 15 mg/L, con un minúsculo de 16.8 mg/L y un mayúsculo de 42.3 mg/L. Al cotejar las derivaciones logradas entre los dos afluentes, se ultima que índices de condición de H2O del efluente Lampa son significativamente diferentes de los del afluente Cabanillas. Esto sugiere que el efluente Cabanillas muestra un mayor nivel de polución.

Por otro lado, Mamani (2018) en su análisis denominada "Eliminación de As en H2O nativas por medio de procesos de enmohecimiento, coagulación, decantación y filtración", el propósito fue examinar la eliminación de As en soluciones líquidas y en H2O nativas del afluente Ayaviri, cuyos muestreos estuvieron tomadas en las ejes UTM $x = 314682.62m$ y $y = 8362441.88m$, y tratadas por enmohecimiento con Tricloruro de hierro, floculación-sedimento con cal filtración y artesanal en catre de grava I.F. Las derivaciones de eliminación de As fueron comparadas con los LMP establecidos por las Reglas Ambientales Nacionales de Condición de Agua. El análisis es de tipo explicativo y experimental, y se ejecutó en Recinto de Tecnologías de H2O de la FIQ de la



UNAP, en contextos ambientales de 460 mm de Hg, a una elevación de 3812 msnm y con temples variables entre 12 y 15 °C. En el estudio se esgrimieron 14,64 mg/L de FeCl_3 para el menoscabo óptimo del As, y se usó como floculante 0,022 g/L de CaO con una pureza del 52,52%, filtrando por medio de una columna de arena y grava a un flujo de 10,5 L/min. Se alcanzó una exclusión de arsénico del 93,75% en soluciones líquidas y en muestreos de H₂O de superficies del afluente Ayaviri; los niveles de arsénico removido fueron inferiores a los LMP según las Reglas Nacionales de Condición Ambiental del H₂O ECA D.S. 004-2017 MINAN, Perú.

En la investigación presentada por Vilavila (2018) denominada "Evaluación de la eliminación de turbidez en H₂O del afluente Ayaviri en el área de atracción para ingesta humana esgrimiendo elastómero de goma de Tara – Puno, 2018", la finalidad fue instituir la reducción de turbidez en H₂O del afluente Ayaviri en la zona de atracción para ingesta humana esgrimiendo el elastómero goma de tara como coadyuvante de coagulaciones. El método utilizado fue la del CEPIS, y mediante el ensayo de jarros se estableció la cuantía óptima de $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ y goma de tara, con condiciones firmes de temple (15°C), turbidez (175 UNT) y pH nativo (7.73 promedio). La cuantía ideal de la combinación de sulfato de Al y goma de tara fue de 45 mg/L y 15 mg/L proporcionalmente, a un pH promedio de 1.58, obteniendo como cuantía terminable de optimizaciones 35 mg/L de los coagulantes químicos, con un pH promedio de 1.51, consiguiendo disminuir la turbidez del H₂O a 1.14 UNT promedio. Se ultima que la goma de tara es efectiva como auxiliar del $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ para reducir la opacidad del H₂O.



2.2. Bases teóricas

2.2.1 Agua

Es una sustancia cuya estructura está formada por un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno. Es un fluido carente de aroma, sin saborcillo y transparente, no obstante, asimismo puede encontrarse en forma sólida (cuando se denomina hielo) o en forma gaseosa (vapor) (Porto & Gardey, 2010).

El H₂O es el mecanismo más exuberante en la superficie de la Tierra, cubriendo cerca del 71% de la capa terrestre. Se encuentra en mares, corrientes y aguaceros, y es también un componente vital de los diversos seres vivos. Su circulación en los ambientes ocurre por medio de un ciclo que contiene transpiración o vaporización, desplazamiento y precipitación hacia los océanos (Porto & Gardey, 2010).

De esta manera, estos recursos hídricos son esencial para la mayoría de los organismos vivos conocidos, incluyendo a los humanos. En las últimas décadas, el acceso a agua potable ha aumentado a nivel global. No obstante, análisis de la FAO aprecian que uno de cada 5 patrias en desarrollo enfrentará escasez de H₂O para el año 2030; en estas patrias, es fundamental disminuir el consumo de H₂O en la agronomía por medio de la innovación de sistemas de regadío (Mite, R. B., Ochoa, L. S., Osorio, B. G., & Suatunce, 2016, págs. 109-117).

2.2.2 Propiedades generales del agua

Las disposiciones tetraédricas de electrones en torno a la partícula de O posibilitan que cada corpúsculo se vincule a otras cuatro moléculas vecinas mediante enlaces de hidrógeno (Teijon, 2005), esto da lugar a una fuerte



cohesión interna, que es fundamental para sus características, de las cuales las más destacadas son:

- **Densidad:** Es cuando el temple del H₂O llega a 3.98 °C que alcanza sus mayores densidades de 1kg/m³; por abajo del temple, el agua reduce su densidad hasta congelarse. Al disminuir el temple, las moléculas derrochan agilidad y extienden a acoplar más, pero se apartan unas de otras, sometiendo así su consistencia y acrecentando su volumen (Andrew, 1983).
- **Capilaridad y tensión superficial:** Es la cabida de un líquido para elevarse a través de un tubo. El H₂O posee una sublime tensión superficial debido a sus enlaces de H, que tienden a adherirse a las paredes del tubo (Baez, 2012).
- **Solubilidad:** La estructura dipolar de la molécula de agua le permite disolver con facilidad compuestos iónicos, polares y grasas, además de repeler los corpúsculos de demás sustancias (Baez, 2012).
- **Calor específico:** Es la suma total de energía necesaria para elevar el temple de 1 g de una sustancia en 1°C, siendo el valor para el H₂O entre 14.5 y 15.5 °C por caloría (Baez, 2012).
- **Calor de vaporización:** Es la cuantía de ardor requerida para convertir 1g de líquido en vapor; para el H₂O, este valor es de 536 calorías. En consecuencia, admite que el temple del cuerpo se mantenga más baja que la del entorno cuando el ambiente está caluroso (Baez, 2012).



2.2.3 Calidad del agua de riego en la agricultura

El regadío, como técnica de producciones, deberá ajustarse a medidas físicos, Químicos y biológicos, centrándose en una constitución que no sobrepase los límites o estándares establecidos, sin necesidad de cumplir con los mismos requisitos que el H₂O consignada a la ingesta humana. Consiguientemente, la valoración de los indicadores de condición es crucial, pues se debe realizar durante etapas extendidos; en este contexto, conforme a las normativas internacionales y locales en Perú, es necesario analizar: la reunión de sólidos diluidos, salinidad, cuantía de bicarbonatos y de carbonatos, reunión de demás iones específicos, y niveles de Mn y Fe (Castellón, Bernal, & Hernández, 2014).

Como Bojórquez (2008) "En la producción intensiva de cultivos, un aspecto clave, además de disponibilidades de H₂O, es su estado". El prosista señala que el estudio de la condición del H₂O es uno de los aspectos clave para evaluar la viabilidad de instituir un sistema de elaboración intensa. No obstante, si bien se cuentan con datos sobre los contextos óptimos de dureza o alcalinidad, pH y conductividad eléctrica del agua, cada recinto realiza sus propias interpretaciones, lo que genera una falta de pesquisa que entorpece la toma de decisiones.

Para el regadío agrícola, la condición del H₂O se basa principalmente en dos componentes: el agua y los nutrientes, los cuales deben hallarse disueltos en el H₂O para ser absorbidos por las plantas. Es fundamental saber qué tipo de agua se utiliza para regar un cultivo, ya que, dependiendo de la condición del H₂O, o sea, de sus características químicas, biológicas y físicas, podremos



determinar si es adecuada o no para el cultivo. La condición y cuantía del cultivo dependerán de esto. Si se dispone de H₂O de buena condición, los cultivos serán limpios y de alta condición, lo que se traducirá en una mayor elaboración. Sin embargo, si el H₂O de regadío es de mala condición, se pueden causar daños al suelo debido a la acumulación de sales y también afectar a las plantas quemando algunas de sus partes (Lopez Salazar & Camacho Cotrina, 2024).

En consecuencia, resulta decisiva elaborar una evaluación del H₂O de regadío precedentemente de resolver el área y las siembras a laborar. Las condiciones del agua en algunas fuentes puede fluctuar elocuentemente según la temporada del año (como en los períodos de sequía o lluvias), por lo que se sugiere tomar múltiples muestras en diversos intervalos de tiempo (Atoc Ospinal, 2019).

Los factores que precisan la condición del H₂O de regadío se agrupan en 3 clases: químicas, biológicas y físicas. En esta revisión, se abordan las particularidades químicas del H₂O esgrimida para regadío. Las propiedades químicas del H₂O de regadíos están relacionadas con la cuantía de sales existentes en el H₂O, tal como con las medidas derivadas de la composición salina, como la TDS y la CE (Conductividad Eléctrica / sólidos disueltos totales), dureza, RAS y alcalinidad (Atoc Ospinal, 2019).

2.2.4 Efectos asociados a la mala calidad de agua de riego

Las condiciones impropias del agua de riego puede generar problemas que afectan tanto a los suelos como a los cultivos, entre los principales problemas se destacan: el riesgo de salinidad, que tiene un mayor impacto en los cultivos, reduciendo su rendimiento y afectando la fertilidad de las floras y su



absorción de nutrimentos, así como problemáticas de permeabilidad y infiltración debido a los altos niveles de sodio, que provocan la descomposición de las partículas del suelo y disminuyen la capacidad de filtración, además de la toxicidad de iones determinados como el sodio, los cloruros y el boro (García Hidalgo, 2015). Este fenómeno tiene lugar dentro de las plantas, donde empapan los iones y los acopian en sus tejidos. Las obstrucciones de los sistemas de riego, ya sea parcial o total, puede generar problemáticas de naturaleza física, biológica y química, así como otros inconvenientes diversos (INTAGRI, 2018).

Algunos de las problemáticas que pueden surgir según el tipo de regadío incluyen la acumulación de las sales en la parte superior de los surcos de regadío en el sistema de cauces, en los sistemas de regadío por aspersiones puede ocurrir toxicidades iónicas específicas, en el riego por goteo, la sal puede acumularse en el área entre la parte superior del suelo y donde gotea el agua. (Aragüés, 2011).

2.2.5 Generalidades de la influencia de la calidad del agua sobre el suelo y los cultivos.

En líneas generales, la influencia de las características del H₂O de regadío en la estabilidad estructural de las superficies debe analizarse teniendo en cuenta el efecto combinado de la salinidad (CE), que resulta beneficioso, y los efectos adversos de la sodicidad y alcalinidad. Asimismo, la toxicidad iónica debe abordarse desde un enfoque holístico. En caso de no contar con técnicas de manejo que prevengan el daño irreversible en las superficies, es más aconsejable seguir las indicaciones que recomiendan el empleo de H₂O con un bajo nivel de sales. El riego con agua de baja condición suele aumentar la salinidad y, como resultado, el uso prolongado de agua salina puede reducir el



desarrollo de las plantas y causar la adulación de las superficies. Estas problemáticas podrían mitigarse o evadir por medio de una gestión adecuada de la tierra y los cultivos, lo cual ayudaría a disminuir el impacto de usanzas de H₂O salina en la agricultura. Asimismo, los cultivadores deben ser conscientes del peligro que representa el uso de agua de bajas condiciones sin un manejo adecuado de las superficies regados con ella (Atoc Ospinal, 2019).

Los impactos externamente son positivos y están alineados con la conservación de condiciones de H₂O que reciben los residuos de regadío. En contraste, los impactos íntimos resultan nocivos para superficies y cultivos, dependiendo de las condiciones del H₂O de regadío y su índice de evapoconcentración (contrario a la fracción de ablución en equilibrio estacionario) en la disolución de la superficie. Estos efectos son opuestos, por lo cual es imprescindible alcanzar un equilibrio que minimice los impactos de las poluciones difusa generada por el regadío, sin poner en peligro las condiciones de la superficie (Aragües , 1989).

2.2.6 Coagulación y floculación

Se emplean métodos químicos y físicos para eliminar los residuos disueltos en las aguas remanentes de la industria. Este procedimiento ocurre al añadir coagulantes, que "neutraliza las cargas electrostáticas de partículas mientras genera una presión de la corteza difusa que envuelve los coloides", permitiendo así la alineación de flóculos por medio de una interacción de puentes entre estos átomos, fundando una estructura porosa según su tamaño práctico, y facilitando la captura de grandes flóculos (Andia, Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico, 2000).

En otro sentido, el objetivo de las congelaciones es: "perturbar los átomos disueltos que se hallan en suspensiones, para beneficiar el grupo; de este modo, estas partículas suspendidas son eliminadas; igualmente, la coagulación disminuye la cantidad de materia orgánica y bacterias existentes" (Andia, Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico, 2000).

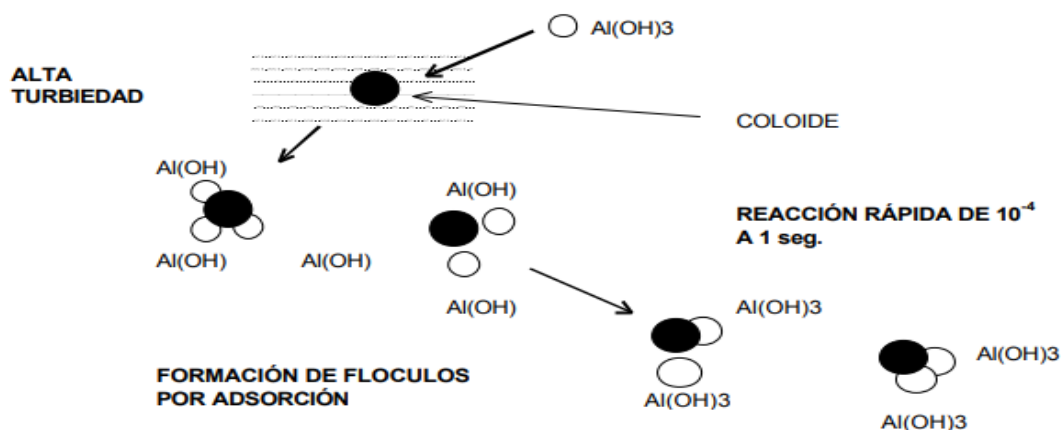
Por otra parte, Cordova, (2019) indica que el propósito de las floculaciones es reunir pequeños flóculos para crear átomos con "un peso superior al del H₂O, lo que permite concentrar el flóculo disminuyendo su nivel de absorción, y así disminuir el volumen, lo que facilita operaciones como filtración y sedimento".

Asimismo, Andia, (2000) menciona que hay 02 tipologías básicas de coagulaciones:

a. Coagulación por adsorción: "Si el H₂O contiene una alta cantidad de átomos en estado coloidal, al añadir coagulantes, estos son absorbidos por los coloides y generan flóculos casi de inmediato en el H₂O turbia" (Andia, Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico, 2000).

Figura 1

Coagulación por Adsorción.

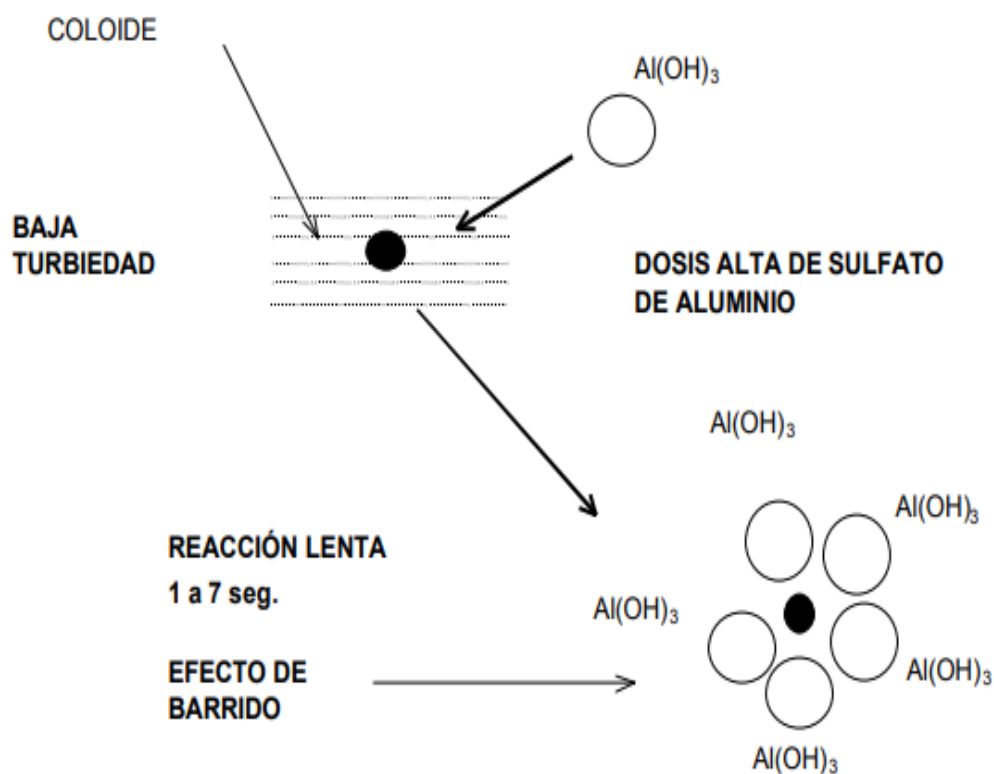


Nota. "Hacer que los coágulos de sangre", citado por Andia (2000).

b. Coagulación por barrido: "Ocurre cuando el H₂O posee baja turbidez y la cantidad de partículas coloidales es mínima; en este caso, los átomos permanecen descubiertas al generar una sobresaturación de precipitado de sulfato de aluminio o Tricloruro de hierro" (Andia, Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico, 2000).

Figura 2

Coagulación por barrido.



Nota. Tomado de "Coagulación por Adsorción", citado por Andia (2000).

2.2.7 Mecanismos de coagulación y floculación

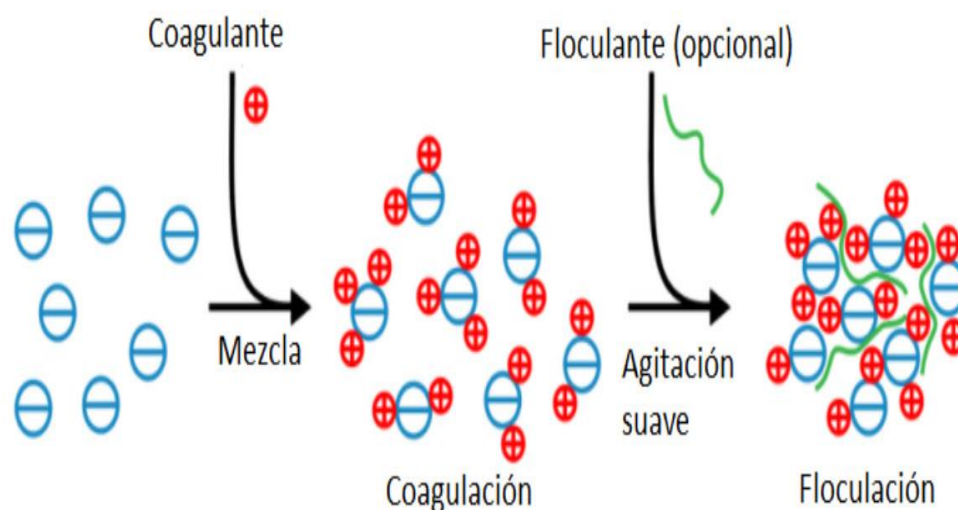
Los dispositivos clave de floculación y coagulación se realizaron por medio de la interrupción de cargas, disposición de canales, interacción electrostática y purificación, para explicar cómo los diferentes coagulantes interactúan con los átomos disueltos en H₂O. Con la correcta cuantía de los

coagulantes en aguas de remansos, el condensador interactúa con las disoluciones suspendidas a través de la adhesión mediante fuerzas electrostáticas como "fuerzas de van der Waals" y vínculos de hidrógeno (Bravo Gallardo, 2017).

Estos procesos causan que los coloides pierdan estabilidad y se mantengan en suspensión, lo que genera un "reordenamiento en estructura del polímero absorbido, permitiendo que las partículas en suspensión se unan y formen flóculos de mayor dimensión" (Bravo Gallardo, 2017).

Figura 3

Proceso de coagulación y floculación.



Nota. Tomado del "Proceso de coagulación y floculación", citado por Matelco (2021).

2.2.8 Factores que influyen en la coagulación

Como Andia (2000) muestra que: "En las coagulaciones, hay diversos elementos que pueden resultar favorables; tanto así para desmoronar los átomos coloidales, para la alineación de los flóculos o para su sedimentación".

Tabla 2*Descripción de los factores de la coagulación.*

FACTOR	DESCRIPCIÓN
Tipo de coagulante	<p>Hay diversos tipos de los coagulantes, cada uno con características químicas y físicas diferentes, ciertos son usados en H₂O duras, en tanto que otros se emplean para regular el pH dentro de un rango óptimo de coagulación. Las selecciones del coagulante deben basarse en análisis de recinto para ejecutar un cotejo precisas entre los coagulantes disponibles y una muestra del agua a procesar.</p>
Cantidad del coagulante	<p>La cuantía de coagulante empleada afecta directamente la efectividad de la coagulación, de esta forma:</p> <ul style="list-style-type: none">• Una cuantía escasa de coagulantes no consigue neutralizar completamente la carga de la partícula, lo que deriva en una alineación mínima de micro flóculos y, por ende, una alta turbidez residual.• Una cuantía excesiva de coagulantes incentiva las inversiones de la carga de átomos, lo que da sitio a la alineación de cuantiosos micro flóculos de tamaño pequeño, los cuales poseen velocidades de sedimentación reducidas, resultando en una turbidez remanente equivalentemente elevada.
Temperatura	<p>Una disminución en el temple del H₂O en un decantador provoca un acrecentamiento en su viscosidad, lo que dificulta el sedimento de los flóculos.</p>
Mezcla	<p>La intensidad del agitado durante la incorporación del coagulante influye en efectividad de coagulaciones; la mezcla debe ser homogénea y enérgica en toda el agua, garantizando que el H₂O y el coagulante se mezclen correctamente y que ocurra la reacción química necesaria para neutralizar las cargas.</p>

Turbiedad	Es un método indirecto para evaluar la reunión de átomos suspendidas en un fluido; calcula el efecto de dispersiones que estos átomos generan al interactuar con la luz y depende del dígito, dimensión y forma de los átomos. La turbidez del H ₂ O superficiales se debe primariamente a átomos de sedimentaciones de sílice con diámetros de entre 0.2 y 5 µm. Las coagulaciones de estos átomos son fáciles de conseguir cuando el pH se conserva adentro de una clase óptima.
pH	El pH es el factor más relevante a considerar durante las coagulaciones, pues cada tipo de H ₂ O posee un rango de pH ideal en el que las coagulaciones ocurre de forma eficaz, lo cual pende de las composiciones iónica y la alcalinidad del H ₂ O.
Dosis coagulante	La cuantía de coagulantes que se agrega al H ₂ O se realiza de del manera constante y homogénea en la unidad de mezcla veloz, asegurando que los coagulantes se dispersen y mezcle completamente con el H ₂ O.

Nota. Tomado del “Descripción de los factores de la coagulación”, citado por Andia (2000).

2.2.9 Cloruro férrico

El Tricloruro de hierro actúa como coagulantes principales eficiente en el procesamiento químico del H₂O para ingesta y en el procesamiento de H₂O remanentes, conteniendo un 40% de hierro (como FeCl₃). Facilita las deshidrataciones del fango activo y reduce el hedor a sulfuro de hidrógeno. El Tricloruro de hierro es fundamentalmente eficaz para procesar aguas remanentes con un elevado contenido de materia orgánica. Este coagulante es de fácil aplicación, se disuelve de forma rápida y sencilla en agua, lo que permite una dosificación exacta (Pochteca, 2021).

Este compuesto químico posee diversos usos. Alrededor del 60% de las producciones de Tricloruro de hierro se aprovecha en el proceso de H₂O



remanentes, dado que es un agente floculante eficaz, cuyas características explicaremos más adelante (Pochteca, 2021).

a. Usos y aplicaciones del cloruro férrico:

El Tricloruro de hierro se esgrime en diversas áreas, a partir de procesos de H₂O y restos industriales hasta la producción de circuitos impresos. Posteriormente, se mencionan algunas de las más destacadas:

• Tratamiento de aguas

Tal como se mostró antes, la aplicación más habitual del Tricloruro de hierro es en los procesamientos de aguas remanentes y agua dulce, tanto de uso doméstico como industrial, ya que sus procesos y aditivos efectivos eliminan MO, sólidos disueltos, turbidez, metales sólidos y malos aromas de forma eficiente y funcional (Amoquimicos, 2019).

En este campo, el Tricloruro de hierro compite y, en ciertos casos, sustituye a demás compuestos, como el sulfato de hierro, el Al, el tricloruro de hierro es más económico y funciona mejor que otras opciones como el sulfato férrico y otros tipos de cloro. Requiere solo la mitad de la cantidad de producto para su efecto que el sulfato de aluminio, que se usa habitualmente. Esto es muy beneficioso para los lugares que purifican el agua, ya que les ahorra mucho costo. (Amoquimicos, 2019).

En la purificación del H₂O, el Tricloruro de hierrose utiliza como un floculante sumamente eficientemente, agrupando las partículas pequeñas restantes para facilitar su exclusión. Esto es clave, ya que, si bien en la purificación del H₂O se eliminan sólidos grandes como insectos, hojas, polvo y



desechos orgánicos, aún quedan partículas suspendidas que pueden comprometer su condición (Amoquimicos, 2019).

- **Electrónica**

En la industria electrónica, el Tricloruro de hierro se esgrime en la producción de placas de circuitos impresos en pequeñas cantidades, pues este compuesto reacciona con el Cu, produciendo Tricloruro de hierro y cloruro cúprico (Amoquimicos, 2019).

- **Laboratorios**

El Tricloruro de hierro asimismo tiene múltiples diligencias en recintos de química, desempeñando la función de ácido en procesos catalíticos, como las cloraciones y las reacciones de Friedel-Crafts con compuestos odoríferos. Conjuntamente, se esgrime para controlar las corrosiones, evitar la alineación de estruvita en reactores anaeróbicos, excluir As y flúor, deshidratar en ciertos procedimientos y suprimir fósforo y sulfatos (Pochteca, 2021).

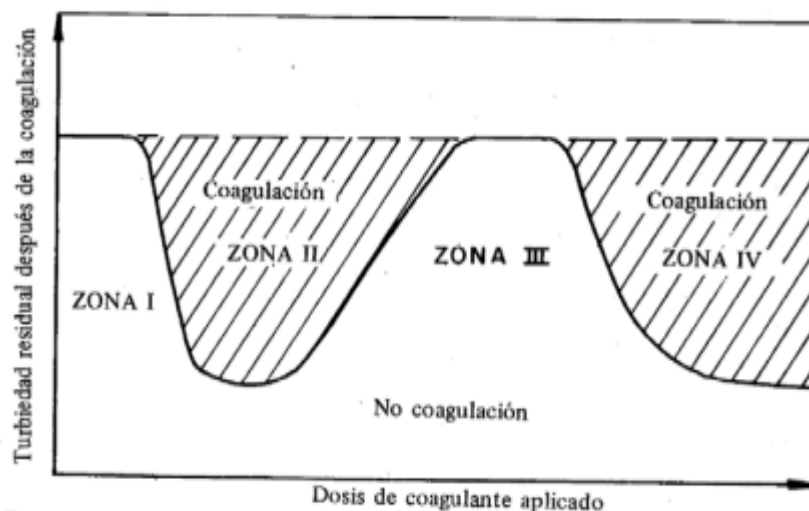
2.2.10 Remoción de turbiedad

La opacidad es una particularidad del H₂O ocasionada por la existencia de átomos coloidales suspendidos en ella, cuya dimensión varía a partir de suspensiones gruesas hasta coloides, tanto de origen orgánico como inorgánico, así como de plancton y demás organismos microscópicos. La dispersión y absorción de luz se produce debido a estas partículas (Richter, Azevedo, & Neto, 2003).

Cuando se agrega una mayor cuantía de coagulante a un H₂O con partículas responsables de la turbidez, se produce el siguiente proceso, que se puede dividir en cuatro etapas:

Figura 4

Remoción de turbiedad.



Nota. Tomado de la teoría, diseño y control de procesos de clarificación del H₂O, citado por Richter (2003).

En donde:

- Zona 1: La cantidad de coagulantes es escasa para desmoronar los átomos, por lo que no se origina coagulación.
- Zona 2: Se aumenta la cuantía de coagulante y se crea una vertiginosa agregación de coloides.
- Zona 3: Con un incremento mayor de la cuantía, los coloides se estabilizan nuevamente y no se logra una coagulación eficaz.
- Zona 4: La cuantía se incrementa hasta alcanzar la saturación máxima, lo que causa una rápida sedimentación de los coagulantes, tirando las partículas de turbiedad.



2.2.11 Metales pesados

Los metales sólidos son sustancias químicas con una consistencia superior a 5 y masas atómicas entre 63.5 y 200.6. Se distinguen por ser tóxicos incluso en bajas concentraciones, no ser descomponibles ni biodegradables, y acumularse en los tejidos de varios organismos, lo que los hace nocivos para la salud. Algunos de estos metales son considerados micronutrientes necesarios para plantas y animales, mientras que otros son esenciales solo para los animales. Sin embargo, su efecto positivo desaparece cuando sus concentraciones superan ciertos umbrales, ya sea por causas naturales o diligencias humanas, volviéndose tóxicos. En altas dosis, pueden ser cancerígenos y se han asociado con enfermedades como el Alzheimer (Rubio, 2015) .

La contaminación medioambiental por metales sólidos ha ido creciendo y no son biodegradables, con el tiempo están expuestos a que se acumule en el organismo de los individuos y los animales. Los metales en su mayoría son tóxicos hasta en bajas concentraciones, depende de la capacidad de solubilidad (Moreno, 2003).

En el grupo de metales sólidos, se diferencian dos clases:

- 1. Los Micronutrientes:** Son esenciales para el desarrollo de ciertos organismos, se necesitan en ciertas dosis o en trazas, y cuando superan un umbral específico, se convierten en tóxicos; dentro de esta categoría se incluyen Co, Cu, Cr, As, Mn, Fe, Se, Mo, V, Zn (Galán, 2008).
- 2. Metales pesados no esenciales:** Son metales que, al encontrarse en ciertos niveles dentro de los organismos vivos, generan



alteraciones en su operación. Son extremadamente venenosos y tienen la capacidad de acopiarse en los seres vivientes. Estos incluyen primariamente: Cd, Be, Sn, Ni, Hg, Sb, Pb yTi (Galán, 2008).

Por otro lado, Zafra y López (2009) , Sostiene que los metales solidos integran a los sistemas acuáticos por tres rutas principales:

1. **La vía atmosférica:** Ocurre como resultado de la degradación de átomos redimidas en la atmosfera por procesos nativos o causados por el ser humano, especialmente la combustión de inflamables fósiles y la fundición de metales.
2. **La vía terrestre:** Es consecuencia de la filtración de derramados, del drenaje superficial de áreas contaminadas (como minas, usanza de fangos como fertilizantes, lixiviados de desechos sólidos y precipitaciones atmosféricas) y demás causas nativas.
3. **La vía directa:** Es el resultado de los derramados seguidos de aguas remanentes urbanas y industriales en los afluentes

2.2.12 Efectos de los metales pesados en la salud del ser humano

Conforme con la lista de poluciones principales de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 2015), los metales peligrosos comprenden titanio, Cr, níquel, zinc, Cu, arsénico, cadmio, cobalto, selenio, mercurio y Pb.

Los metales sólidos (como Cu, As, mercurio, plomo, Cd) son nocivos y tienen la capacidad de acopiarse en los organismos vivientes e integrarse en la



cadena trófica. Cuando los metales sólidos se alteran de su forma nativa, sus efectos tóxicos varían. La gravedad de la intoxicación por la ingestión de estos metales puede ir desde daños graves hasta la muerte. Con una reunión de cobre de 1 ppm (1.000 ppb), este metal se considera un nutriente esencial. Es necesario en pequeñas cantidades para diversas reacciones enzimáticas en el organismo. Aunque no se conocen completamente los efectos a plazo largo de la inoculación por Cu, los síntomas a corto plazo contienen náuseas y dolor abdominal. La DIGESA, por medio de la Resolución Directoral N° 1152-2005/DIGESA/SA, ha clasificado los cuerpos de agua más importantes del Perú, asignándoles la categoría III (aguas destinadas al regadío y consumo animal) (Vega González, 2012).

Los científicos han estado estudiando cómo ciertos metales sólidos y sus análogos metálicos pueden causar cáncer. La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (CIAC) ha clasificado estas sustancias según su probabilidad de causar cáncer. En su sistema, existe un grupo denominado "Carcinógenos para los Humanos" que incluye sustancias como el cromo (un tipo de metal), el arsénico, el cadmio (que se puede encontrar en dos formas), el hierro (especialmente en ciertos trabajos) y el níquel. También existe un grupo denominado "Posiblemente Carcinógenos para los Humanos", que contiene plomo inorgánico y sustancias relacionadas (IARC, 2002).

Los metales sólidos incluyen tanto elementos esenciales como no esenciales, y tienen una relevancia especial en la ecotoxicología. Son altamente persistentes y poseen el potencial de ser perjudiciales para los organismos vivos. Las reuniones de estos metales en los ecosistemas acuáticos se monitorean

generalmente a través de la medición de sus niveles en el agua, ya que las diligencias humanas han causado la acumulación de metales peligrosos en el entorno, mientras que la explotación intensiva de los recursos naturales ha incrementado la presión sobre los ecosistemas acuáticos. Como resultado de un incremento en la carga de metales sólidos en los ecosistemas acuáticos, estos han experimentado alteraciones significativas. Los niveles elevados de contaminantes en estos ambientes han ocasionado la acumulación de metales peligrosos, creando un grave desafío ambiental que pone en peligro tanto a los organismos acuáticos como a la salubridad humana (Bertran, 2017).

2.2.13 Metales y su toxicidad

A través de corteza terrestre, los metales sólidos se distribuyen de forma natural; no obstante, estos metales pueden convertirse en agentes contaminantes cuando las industrias y las diligencias mineras liberan sus desechos en las entidades de H₂O, alterando la reunión de estos metales. Dependiendo de su nivel, pueden causar efectos nocivos sobre la salubridad y el ambiente a causa de su alta toxicidad. De acuerdo con las normativas de contextos ambientales para el H₂O de superficie, se procederá a detallar algunos de estos metales y sus consecuencias negativas (Chavez, 2011).

A continuación, se menciona los metales sólidos más resaltantes para nuestra investigación:

a. Arsénico (As)

El As es un mecanismo químico de la tabla de elementos químicos con el símbolo As y el dígito atómico 33. Se muestra en desemejantes



formas, como compuestos inorgánicos y orgánicos, y se caracteriza por su naturaleza semimetálica. Este elemento está existente de forma originaria en la corteza terrestre y puede liberarse al entorno tanto por procesos geológicos como por diligencias humanas, como la minería y la agricultura. A causa de su amplia distribución, el arsénico puede hallar en el H₂O, el suelo y en algunos alimentos, lo que lo convierte en un elemento de interés tanto en la química como en la salud pública (Altamirano & Delgado, 2020).

Toxicidad:

El arsénico es extremadamente venenoso y se clasifica como un carcinógeno humano, lo cual implica que tiene el potencial de causar cáncer en los individuos. La exposición al arsénico, ya sea por la ingestión de agua contaminada, la infiltración de polvo o el empalme con la piel, puede generar diversos efectos negativos en la salubridad. Estos incluyen problemas gastrointestinales, daño a la piel, trastornos neurológicos y efectos en el sistema inmunológico. Las exposiciones crónicas al arsénico se han coligado con enfermedades cardiovasculares y diabetes, así como con un acrecentamiento en la incidencia de cáncer de piel, vejiga y pulmón. Por estas razones, es fundamental controlar y monitorear los niveles de arsénico en el entorno para resguardar la salubridad pública (Quenta, 2015).

b. Hierro (Fe)

El Fe es un componente de la tabla periódica con número atómico 26. Este metal de transición se halla en grandes cuantías en la capa



terrestre y es vital para la existencia. Es reconocido por sus destacadas conductividades eléctricas y térmicas, así como por su maleabilidad y capacidad para alargarse. En el entorno, el hierro se encuentra primariamente en forma de óxidos y sulfuros, y es un componente esencial de la hemoglobina en glóbulos rojos, facilitando así el transporte de O en el organismo. Además, el hierro tiene un rol crucial en la industria, ya que es indispensable en la producción de acero y demás aleaciones (Mamani Arpasi, 2023).

Toxicidad:

No obstante, el hierro es un nutrimento fundamental para el organismo, su toxicidad puede presentarse en condiciones de sobredosis o acumulación excesiva. La ingesta de magnas cuantías de hierro puede producir toxicidad aguda, que se manifiesta con síntomas como vómitos, náuseas, diarrea y dolor abdominal. En cuestiones severas, puede llevar a daño hepático, insuficiencia renal y, en situaciones extremas, a la muerte. La toxicidad crónica por hierro, conocida como hemocromatosis, puede resultar en la acumulación de hierro en órganos vitales, lo que puede provocar enfermedades como cirrosis, diabetes y problemas cardíacos. Consiguientemente, es transcendental mantener un equilibrio apropiado en la ingesta de hierro para evitar efectos adversos en la salud (Aragües , 1989).

c. Manganese (Mn)

El manganese es un mecanismo del tablón de elementos químicos con el número atómico 25 y el símbolo Mn. Son metales de metamorfosis



que se halla en la naturaleza principalmente en minerales como la pirolusita. El manganeso es fundamental para la vida, pues rescata un papel crucial en diversas funciones biológicas, incluyendo la formación de huesos, el metabolismo de carbohidratos y la función antioxidante. Además, se utiliza en la industria para la producción de acero y aleaciones, así como en la fabricación de baterías y productos químicos (Cusiche Pérez, Espinoza Tumialán, & Espinoza Tumialán, 2021).

Toxicidad:

La toxicidad del manganeso puede ocurrir principalmente a través de la exposición prolongada a altas reuniones, especialmente en entornos laborales. La inhalación de polvo de manganeso puede llevar a una condición conocida como manganismo, que es un trastorno neurológico similar al Parkinson, caracterizado por sintomatologías como temblores, rigidez muscular y problemáticas de coordinación. La exposición prolongada también puede inquietar el sistema nervioso céntrica y producir cambios en el comportamiento y funciones mentales. Por lo tanto, es fundamental inspeccionar los niveles de manganeso en el ambiente laboral y en la alimentación para prevenir efectos adversos en la salud (Cusiche Pérez, Espinoza Tumialán, & Espinoza Tumialán, 2021).

2.3. Marco Conceptual

2.3.1 Aguas superficiales

Hace mención a efluentes, lagos, arroyos, estanques y embalses. Las entidades de agua de superficie usualmente reciben agua de las lluvias, aunque



diversos también reciben aportes de agua acuífera, cuyo flujo suele incrementarse durante periodos de bajo caudal. Los arroyos y afluentes típicamente se forman donde el agua de superficie se acumula y fluye desde áreas de mayor elevación hacia zonas más bajas, hasta llegar a los océanos. Mientras tanto, los lagos y estanques se originan cuando el agua de superficie se recoge en áreas planas, en relación con el terreno circundante (Chapman, Kay, & Mitchell).

2.3.2 Prueba de jarras

Reside en agregar reuniones del coagulante en los frascos de ensayo que sujetan muestreos de H₂O con desemejantes niveles de turbidez. Paralelamente, los frascos son sometidas a agitación vertiginosa para homogeneizar la mezcla, seguido de una conmoción tarda para facilitar la alineación de los flóculos. Subsiguientemente, la conmoción se contiene y se deja reposar antes de examinar los muestreos de agua (Andia , Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. Tratamiento de Agua: Coagulación Floculación, 2000).

2.3.3 Coagulantes sintéticos

Estos congeladores se esgrimen usualmente en el proceso de H₂O remanentes industriales y domésticas, así como para la separación de metales sólidos, aceites, fosfatos, grasas, demás. (Nieto & Orellana, 2011).

2.3.4 Dosis optima

Es la suma precisa de coagulante que se debe agregar al H₂O para conseguir la máxima eficacia en la separación de partículas y poluciones sin



provocar efectos adversos. Esta dosis permite una adecuada formación de flóculos que facilitan la sedimentación o filtración, minimizando la turbidez y la existencia de contaminantes como metales sólidos o MO (Casty, 2010).

2.3.5 Espectrofotometría

Se enfoca en las interacciones entre la materia y la energía. El tipo de espectrometrías depende de las cuantías físicas medidas a partir de esa correspondencia, siendo comúnmente la cuantía de energía empapada o creada la que se mide (Guijarro, 2010).

2.3.6 Calidad Ambiental

La legislación sobre condiciones ambientales es una norma jurídica que define el nivel de reunión o la cuantía de sustancias, compendios o indicadores químicos, físicos y biológicos en la atmósfera, agua o tierra, actuando como receptor, sin que represente una inseguridad considerable para la salubridad pública ni para el ambiente (MINAM, 2015).

2.3.7 Estándar de la calidad del agua para riego (ECA)

Las normativas de condición del H₂O son un grupo de directrices ecológicas, cuyos valores reflejan la salubridad de un ecosistema fijo. En este contexto, el Ministerio del Ambiente, a través de un Orden Supremo, definió una serie de parámetros que deben ser cumplidos por los responsables de proyectos relacionados con el uso, gestión y conducción de los recursos hídricos (MINAM, 2017).



CAPÍTULO III

METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

3.1. Diseño de investigación

El estudio actual sigue un enfoque de análisis experimental (en recinto), yaciendo de naturaleza experimental pura, pues se controla de forma premeditada la variable independiente (Tricloruro de hierro) y se mide la variable dependiente (remoción de turbidez y metales sólidos en H₂O del distrito de Cabanilla), las cuales se supervisan y se validan (Hernández Sampieri, 2014).

3.2. Tipo de investigación

Conforme con los fines del análisis y tomando como referencia a Hernández y Fernández (2010), este análisis tiene un enfoque cuantitativo experimental, dado que se recogen datos para comprobar la hipótesis, esgrimiendo mediciones numerales y estudios estadísticos.

3.3. Nivel de investigación

El tipo de análisis es explicativo, pues posee como fin analizar la seguridad de la exclusión de turbidez y metales solidos mediante el uso de Tricloruro de hierro.

3.4. Diseño estadístico

Estos modelos son ampliamente empleados en ingeniería, pues se esgrimen para inspeccionar la conducta de variables de ingreso (o regresoras) y de escapatoria (o respuesta), permitiendo ejecutar pronósticos y apreciaciones (Montgomery et al., 2006).

En este análisis, la variable emancipada es la (cuantía de Tricloruro de hierro), mientras que las variables dependientes es la "separación de opacidad y metales solidos de aguas del distrito de Cabanilla".

La fórmula representa un modelo de regresiones lineales simple, en el que, Y es la variable de salida, X es la variable independiente, β_0 y β_1 son los coeficientes del modelo y ε es el término de error.

La fórmula presenta el modelo recto de regresiones lineales simple, en el que \hat{Y} es el valor predicho o anticipado de la variable dependiente a partir de la variable independiente X.

Los indicadores del modelo se estiman a través de los métodos de los minúsculos cuadrados, aplicando las ecuaciones que se presentan a continuación:

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}_i)(x_i - \bar{x}_i)}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}_i)^2}$$

$$b_0 = \bar{y} + b_1 \bar{x}$$



3.5. Técnicas e instrumentos de la investigación

Los objetivos del estudio coinciden con las herramientas de investigación y los métodos que planeamos utilizar. A continuación, explicaremos qué herramientas y métodos podrían ser útiles:

3.5.1. Técnicas de la investigación:

Es el proceso esgrimido por el estudiador para conseguir y registrar los datos: cuestionarios, pruebas, escalas de opinión y actitudes.

En este estudio se emplearon las siguientes metodologías:

- Revisión de estudio, libros y artículos científicos.
- Observación directa e indirecta.
- Cédulas para muestreo.
- Prueba estadística.

3.5.2. Instrumentos de la investigación:

Los medios de recolección de datos son cualquier herramienta, equipo o formulario (digital o física) esgrimido para conseguir, registrar o acopiar pesquisa.

En el actual estudio se emplearon los instrumentos:

- Formulario de caracterización del sitio de muestreo.
- Registro de datos del campo.
- Etiqueta para muestreos de H₂O.
- Control de custodia.
- Cuaderno de campo.
- Para la gestión de los datos se esgrimió Microsoft Excel y SPSS.



3.6. Materiales y equipos

Los recursos y dispositivos excedentes en este análisis fueron los subsiguientes:

a. Materiales:

- Varillas de vidrio.
- Vasos de precipitación.
- Probetas.
- Frascos Erlenmeyer.
- Pipetas de 2, 5, 10ml.
- Frascos de plásticos y vidrio de 1000ml.
- Matraz de 1000ml.
- Espátulas.
- Cooler de Tecnopor.
- Embudo.
- Bidones de agua.
- Baldes.
- Guantes.
- Papel filtro.
- Papel toalla.
- Jarras de 500ml.
- Plumones y lapiceros.
- Mandil.

b. Equipos e instrumentos:

- .
- Medidor de pH.



- Espectrofotómetro.
- Equipo de test de jarras.
- GPS.
- Balanza analítica.
- Cámara de fotos.
- Turbidímetro
- Equipo de cómputo.

c. Equipos e instrumentos:

- Reactivos químicos para determinar Metales sólidos.
- Cloruro ferrico.
- Muestreo de H2O.
- H2O destilada.

3.7. Lugar de estudio

En el marco de este análisis, la muestra se obtuvo del canal de riego, del distrito de Cabanilla, puesta en el siguiente sitio geográfica:

Departamento : Puno

Provincia : Lampa

Distrito : Cabanillas

Tabla 3

Coordenadas de los puntos de muestreo de la investigación.

CODIGO	TIPO	USO	COORDENADAS	
			ESTE	NORTE
P – 01	Agua superficial	Riego de vegetales y bebida de animales	355584.00	8273658.00

Asimismo, se puede visualizar detalladamente en la siguiente figura:

Figura 5

Localización del punto de muestreo de agua del canal de riego del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.

*



Nota. Tomado del Google Earth.

3.8. Población y muestra

a. Población

Teniendo en cuenta que la urbe y/o universo se refiere al conjunto de individuos y fines sobre los que se busca obtener información en un análisis (Hernández & Fernández, 2018). En este análisis, se toma como la población el canal de riego del distrito de Cabanillas, puesto en Lampa, departamento de Puno, cuyos ejes se encuentran en la tabla 3 y figura 5.

b. Muestra

Hernández y Fernández (2010) se sostiene que el muestreo es un subconjunto de la metrópoli, o sea, forma parte del grupo fijo por sus peculiaridades. Asimismo, se señala que las tipologías de muestreos pueden ser probabilísticos o no probabilísticos. En este análisis, se empleó una muestra no probabilística, pues la selección de compendios depende de las circunstancias relacionadas con las características del análisis. En este caso, se esgrimió una muestra intencional, donde se eligen individuos representativos o típicos de la población.

En este análisis, los muestreos de H₂O fueron tomadas del canal de riego del distrito de Cabanillas, siguiendo los criterios determinados para el análisis. Se recolectó un total contiguo de 40 L de H₂O en el transcurso el mes de mayo de 2024.

3.9. Procedimiento Metodológico

3.9.1. *Objetivo 01: Determinar la concentración de turbidez en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.*

Para desempeñar con la presente finalidad se ejecutó lo siguiente:

a. Toma de muestras:

La recolección de muestras se ejecutó conforme al "Protocolo nacional para el inspección de la condición de los recursos acuáticos de superficies" (Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA), empleando asimismo la cadena de custodia para garantizar su traslado al recinto,

asegurando que las muestras permanecieran intactas en su composición (MINAM, 2010).

En ese lugar se ejecutó lo siguiente:

- Al comenzar la muestra, se registró el temple en el sitio.
- Luego de esterilizar los frascos, se retiraron las envolturas y tapas, después se sumergieron verticalmente, para finalmente recoger el frasco con el líquido adentro, cerrarlo y rotularlo.
- Cada muestra fue identificada con la subsiguientemente información: número de muestra, fecha y hora de recopilación, nombre de la provincia y el distrito, nombre y ubicación de la zona de muestra, y la denominación del garante de la toma.
- Posteriormente, los muestreos fueron almacenadas en una hielera, previamente refrigerada, para conservar el temple del H₂O y sortear alteraciones en su condición original.
- Al final, los muestreos fueron transportadas al recinto de Condición Ambiental, de la EPISA, de la FICP de la U.A.N.C.V., para ejecutar los estudios pertinentes.

b. Análisis de la concentración de Turbidez:

Para medir la turbidez, se llevó a cabo el siguiente procedimiento:

- **Calibración del turbidímetro:** Se enciende y calibra el turbidímetro con estándares de turbidez conocidos (generalmente soluciones de formazina) para garantizar la precisión del equipo.



- **Homogeneización de la muestra:** Se agita suavemente el muestreo para asegurar que las partículas estén distribuidas uniformemente, pero sin causar burbujas o espuma.
- **Medición:** Se vierte el muestreo en la celda o cubeta del turbidímetro, asegurándose de que no haya burbujas ni huellas en las paredes de la cubeta. Luego, se introduce la celda en el equipo para tomar la lectura.
- **Registro del valor:** El turbidímetro proporciona una lectura en unidades de turbidez nefelométrica (NTU). Se anota el valor obtenido.

c. Trabajo en gabinete:

Una vez obtenidas las ramificaciones de recinto, se introdujeron los datos en el programa Microsoft Excel con el propósito de determinar los niveles de reunión por medio de tablas y gráficos; prontamente, se contrastaron estos resultados con los valores establecidos por los Estándares de calidad ambiental para el agua.

3.9.2. **Objetivo 02: Determinar la concentración de metales pesados en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.**

Para desempeñar con este propósito se ejecutó el siguiente procedimiento metodológico:

a. Toma de muestras:

La recolección del muestreo se llevó a cabo siguiendo las directrices de los "formalidades fijas para toma de muestras y la cadena de custodia para la



transferencia al recinto, con la finalidad de conservarlas sin alterar su constitución, como lo indicado por la ANA” (MINAM, 2010).

En el que se elaboró lo siguiente:

- Inicialmente, se desinfectaron los frascos, luego se retiró el paquete y la válvula. A continuación, se hundió el frasco de manera vertical, y luego se prosiguió a extraer la botella con el líquido para cerrarlo y rotulo.
- Cada muestra recibió una etiqueta con los siguientes datos: número de muestra, hora de compilación, fecha, designación de la provincia, distrito, nombre y sitio del lugar de la toma; supremamente, se registró la designación del encargado de la recolección.
- Después, los muestreos se almacenaron en una frigorífico tras ser enfriadas anticipadamente, el cual ayudó a mantener el temple del H₂O y evitar cambios en las condiciones originales de los muestreos.
- Al final, los muestreos fueron trasladadas al recinto de Condición Ambiental de la EPISA, de la FICP de la U.A.N.C.V., para llevar a cabo los estudios proporcionados.

b. Análisis de la concentración de metales pesados:

Para la determinación los metales solidos se realizaron lo siguiente:

Método: Espectrofotometría de absorción atómica (AAS),



Calibración de los instrumentos:

- El equipo fue ajustado conforme a las conjeturas del manual.
- Se comprobó la sensibilidad del dispositivo empleando las soluciones estándar de cada mecanismo, dispuestas según las reuniones especificadas en el manual de operaciones.
- El equipo fue calibrado a 0 esgrimiendo el blanco de calibraciones y soluciones estándar, de mínimo a mayor reunión, reconociendo al menos 3 lecturas de absorbancia para cada una.
- Se fabricó una curva de calibración registrando los valores del mecanismo y representando la absorbancia o la altura del pico en función de la reunión.

Determinación:

- Se ajustó el instrumento a 0 empleando el blanco de calibraciones y soluciones estándar en orden ascendente de reunión, realizando al menos tres mediciones de absorbancia para cada solución.
- Expresiones de la derivación: mg/L

c. Trabajo en gabinete:

Tras conseguir los datos del recinto, se registraron en el programa Microsoft Excel, con el propósito de analizar por medio de tablas y de gráficos los niveles de reunión; subsiguientemente, se contrastaron estos valores con los parámetros definidos por las Normas ambientales para el agua.



3.9.3. Objetivo 03: Determinar el porcentaje y la dosis optima del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.

Para desempeñar con este propósito se ejecutó el siguiente procedimiento metodológico:

a. Preparación del coagulante:

En primer lugar, se preparó los coagulantes (Tricloruro de hierro) en diversas reuniones, para lo cual se pesó con una balanza de precisiones, luego se deslió en 100 ml de H₂O condensada y se agitó hasta conseguir una disolución completa.

b. Prueba de Jarras:

Una vez preparada las soluciones de Tricloruro de hierro, se procedió a preparar el equipo de prueba con las jarras, utilizando jarras de 2 L de capacidad, previamente enjuagadas con H₂O destilada. Se realizaron pruebas en 5 jarras, en las cuales se vertieron 500 ml de H₂O del canal de regadío de Cabanilla, y luego se añadieron los coagulantes en diferentes reuniones: 15 mg/L, 20 mg/L, 25 mg/L, 30 mg/L y 35 mg/L, esgrimiendo pipetas para la dosificación. En el equipo de prueba con jarras se esgrimieron dos tipos de revolución: una conmovión vertiginosa a 200 RPM en el lapso de 1.5 min y una conmovión lenta a 80 RPM en el transcurso 15 min. Posteriormente, se dejó reposar la mezcla durante 40 minutos para admitir el sedimento.

Tabla 4

Ensayos de prueba de jarras con la adición del cloruro férrico.

Coagulante (Cloruro férrico)				
N° de tratamiento	Dosis (mg/L)	Cantidad de Muestra (ml)	Agitación Rápida (RPM)	Agitación Lenta (RPM)
T1	15	500	200	80
T2	20	500	200	80
T3	25	500	200	80
T4	30	500	200	80
T5	35	500	200	80

c. Porcentaje de remoción:

Una vez obtenidos las derivaciones, se calcularon los % de eliminación de los indicadores investigados en este estudio, utilizando las siguientes fórmulas:

$$\% \text{ remoción} = \frac{\text{Valor}_{\text{inicial}} - \text{Valor}_{\text{final}}}{\text{Valor}_{\text{inicial}}} * 100$$

d. Trabajo en gabinete:

Una vez conseguidos las derivaciones del recinto, los datos fueron ingresados en el software Microsoft Excel, con el objetivo de mostrar en los gráficos y las tablas los niveles de reunión de los mismos.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. Resultados

4.1.1 *Resultados de la concentración de turbidez en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.*

Subsiguientemente, se exponen las ramificaciones entregadas por el laboratorio de condición Ambiental de la EPISA de la FICP de la U.A.N.C.V., los cuales se detallan en la siguiente figura y tabla.

Tabla 5

Concentración de la turbiedad de las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.

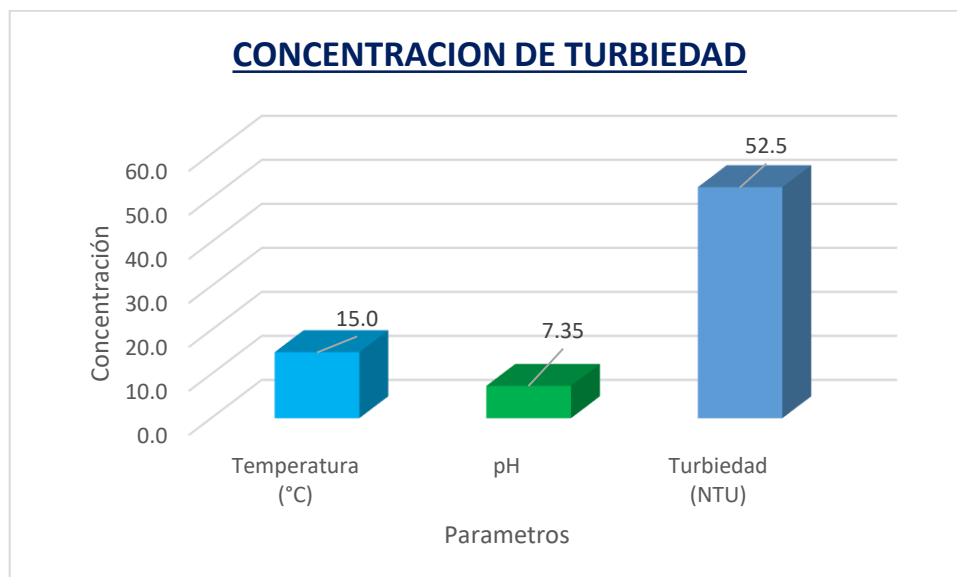
Código	Temperatura (°C)	pH	Turbiedad (NTU)
M1	15.0	7.35	52.5

Se puede ver en la table 5 las derivaciones de la reunión de turbiedad de H2O de Cabanilla, del departamento de Puno. Se evidencia una turbiedad de 52.5 NTU, lo que significa que estas aguas muestreadas del canal de riego del distrito de Cabanillas, presenta un nivel elevado de partículas suspendidas, lo cual puede ser preocupante. Este grado de turbidez puede taponar los sistemas

de regadío por goteo o aspersión, reduciendo su eficiencia y aumentando la necesidad de mantenimiento. Además, la presencia de partículas podría estar relacionada con contaminantes como sedimentos, materia orgánica o microorganismos, lo que podría afectar la condición del suelo y la salubridad de los vegetales. Es recomendable considerar el procesamiento del H₂O para someter la turbidez y asegurar un riego más efectivo y seguro.

Figura 6

Concentración de la relación de: Temperatura, pH y turbiedad en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.



Se puede ver en la figura 6 las ramificaciones de la reunión de temple, pH y turbiedad de H₂O de Cabanilla del departamento de Puno. El H₂O con una turbidez de 52.5 NTU (Unidades Nefelométricas de Opacidad) es relativamente alta, lo que indica una cantidad significativa de partículas en suspensiones, lo que puede afectar la condición del riego al cerrar los sistemas de regadío o afectar la impregnación de agua por las plantas. Un pH de 7.35 es ligeramente alcalino, lo que es apropiado para la mayor parte de los cultivos, ya que se

encuentra dentro del rango óptimo para la absorción de nutrientes. La temperatura de 15°C es fresca y generalmente adecuada para el riego, sin representar un riesgo significativo para el crecimiento de las plantas.

4.1.2 Resultados de la concentración de metales pesados en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.

En la siguiente tabla, se muestra las ramificaciones de la reunión de As, hierro y manganeso en aguas de Cabanilla, del departamento de Puno. En donde, estos resultados se cotejarán con la normativa de los ECA para H₂O, Clase 3: Regadío de vegetaciones y bebida de animales.

Tabla 6

Concentración de metales pesados en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.

Parámetro	Unidad de medida	Expresión	Resultado	ECA para agua-CAT. 3	
				D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Arsénico	mg/L	As	0.0176	0.1	0.2
Hierro	mg/L	Fe	0.5520	5.0	**
Manganeso	mg/L	Mn	0.78	0.2	0.2

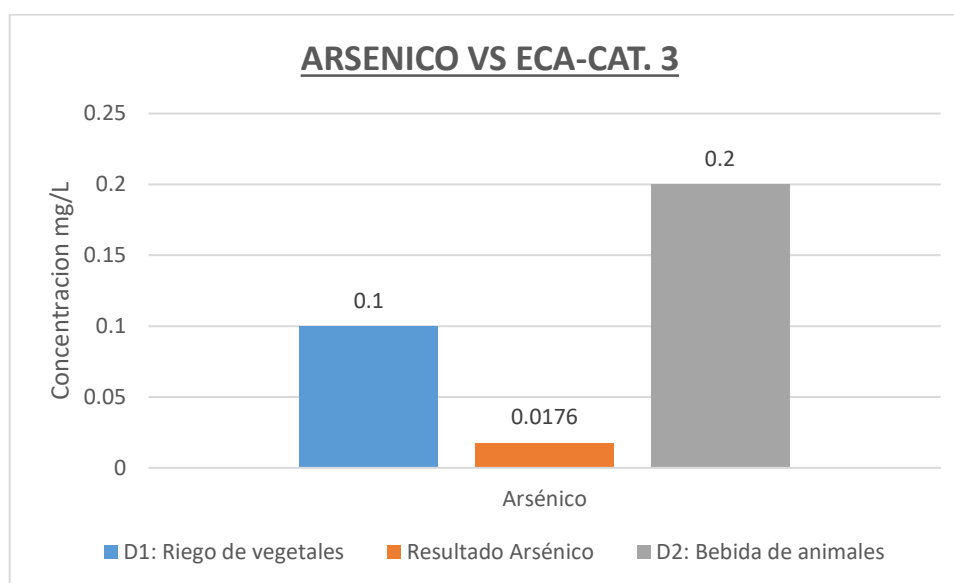
Se puede ver en la tabla 6 las ramificaciones de reuniones de metales sólidos en las del distrito de Cabanilla, en el departamento de Puno. El arsénico mostró reuniones de 0.0176 mg/L, el hierro una reunión de 0.5520 mg/L y el manganeso 0.78 mg/L. Tanto el arsénico como el hierro se hallan por abajo de los ECA para H₂O, Clase 3: Regadío de vegetaciones y bebida de animales, mientras que el manganeso excede los valores establecidos por dichos estándares.

Posteriormente, se ejecutará el cotejo de las derivaciones hallados para cada uno de los parámetros examinados: Arsénico, hierro y manganeso con los ECA para H₂O, Categoría 3: Regadío de vegetales y bebida de animales.

ARSENICO (As):

Figura 7

Concentración del arsénico en las aguas del distrito de Cabanilla del departamento de Puno.



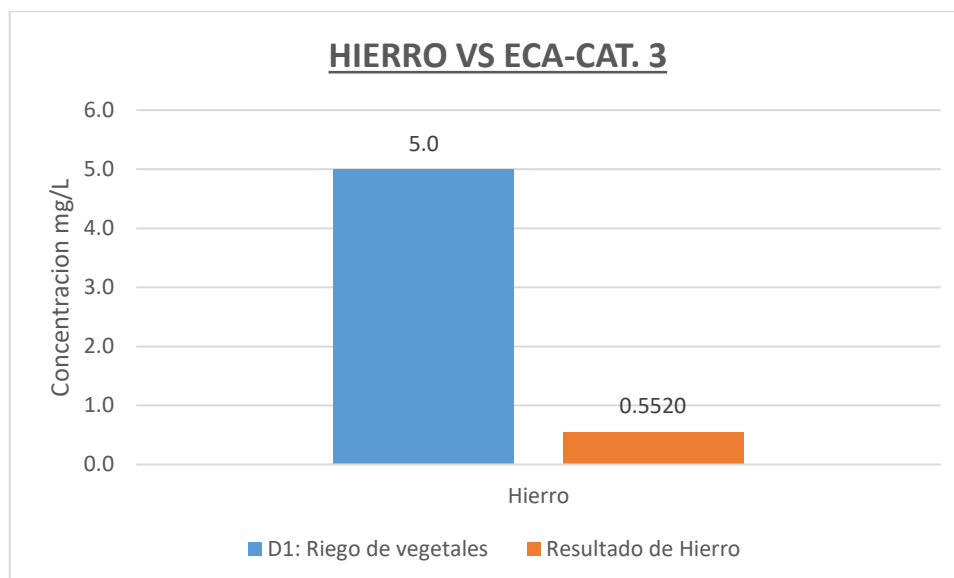
Se puede ver en la figura 7 las ramificaciones de la reunión del arsénico en aguas de Cabanilla del departamento de Puno, en donde se evidencia un arsénico con una reunión de 0.0176 mg/L, este resultado se halla por abajo de los ECA para H₂O, Clase 3, cuyo valor indicado es de 0.1 mg/L para Regadío de vegetaciones y 0.2 mg/L para liquido de animales. El resultado encontrado indica que, aunque esta cantidad de arsénico podría no representar un riesgo inmediato para el riego de vegetales, el uso prolongado podría acumular el metal en la superficie y eventualmente en los cultivos, conmoviendo la seguridad alimentaria. Además, para el consumo de animales, este nivel de arsénico puede

ser preocupante, ya que la ingesta continua puede generar problemas de salud en el ganado, afectando tanto su bienestar como la seguridad de los productos derivados de ellos. Se recomienda tomar medidas para reducir los niveles de arsénico antes de esgrimir el H₂O para estos fines.

HIERRO (Fe):

Figura 8

Concentración del hierro en las aguas del distrito de Cabanilla del departamento de Puno.



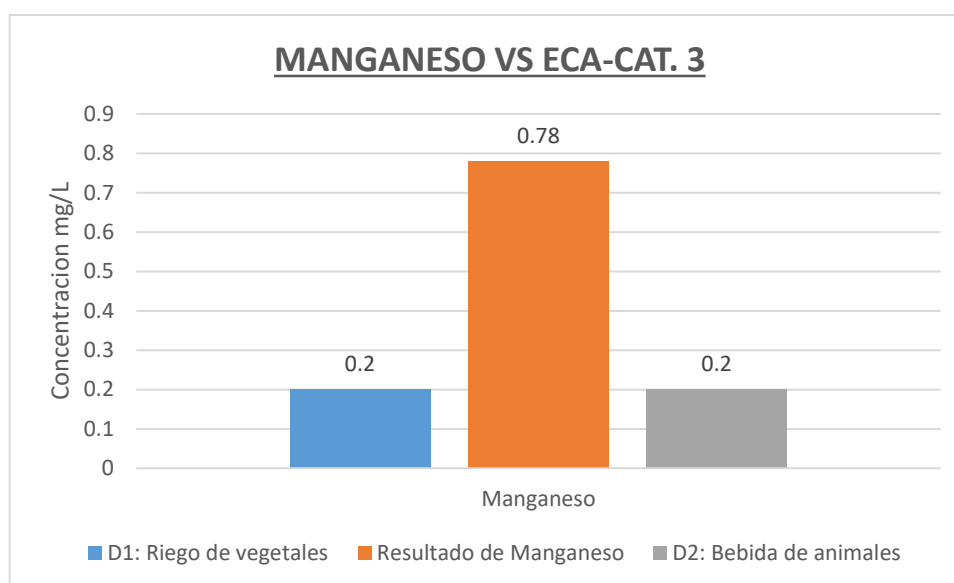
Se muestra en la figura 8 las ramificaciones de la reunión del hierro en las H₂O del distrito de Cabanilla del departamento de Puno, en donde se evidencia un hierro con una reunión de 0.5520 mg/L, este resultado se halla por abajo de los ECA para H₂O, Clase 3, cuyo valor indicado es de 5 mg/L para Regadío de vegetales. Si bien el hierro es un nutrimento fundamental para las plantas en pequeñas cuantías, niveles elevados como los encontrados pueden causar problemas en el riego de vegetales, ya que pueden obstruir los sistemas de riego,

formar depósitos en las tuberías y afectar la impregnación de otros nutrimentos por las plantas.

MANGANESO (Mn):

Figura 9

Concentración del manganeso en las aguas del distrito de Cabanilla del departamento de Puno.



Se puede ver en la figura 9 los resultados de la reunión del manganeso en aguas de Cabanilla del departamento de Puno, en donde se evidencia con una reunión de 0.78 mg/L, este resultado se halla por arriba de los ECA para H₂O, Clase 3, cuyo valor indicado es de 0.2 mg/L para Regadío de vegetaciones y para líquido de animales. Por otro lado, se sabe que el manganeso es necesario en pequeñas cuantías para el incremento de las plantas, en reuniones tan elevadas puede afectar la absorción de otros nutrimentos y acumularse en el suelo, lo que podría impactar negativamente la condición de los vegetales y su seguridad para la ingesta humana. Para la bebida de animales, niveles tan altos de manganeso también pueden ser preocupantes, ya que su consumo

prolongado puede causar efectos hostiles en la salubridad de los animales, afectando su rendimiento y bienestar.

4.1.3 Resultados del porcentaje y la dosis optima del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.

En la tabla siguiente se presentan las dosis ideales para la exclusión de turbidez y metales solidos utilizando Tricloruro de hierro como coagulante para las diferentes reuniones aplicadas. Se ejecutaron pruebas en 5 jarras, cada una de ellas con 500 ml de muestreo de H₂O del canal de regadío del distrito de Cabanilla. Luego, se añadió Tricloruro de hierro en diversas cuantías: 15mg/L, 20mg/L, 25mg/L, 30mg/L y 35mg/L, utilizando pipetas para su dosificación. Para la agitación, se usaron dos tipos de movimientos en el equipo de prueba de jarras: conmoción rápida a 200 RPM en el transcurso de 1.5 min y conmoción lenta a 80 RPM por 15 min, para luego dejar reposar las muestras durante 40 min para su sedimentación.

Tabla 7

Concentracion final (Repeticion 1 y 2) de la turbidez y metales solidos de las aguas del distrito de Cabanilla empleando como coagulante el cloruro ferrico.

Código	Dosis mg/L	pH		Turbidez (NTU)		Arsénico (mg/L)		Hierro (mg/L)		Manganeso (mg/L)	
		Rep. 1	Rep. 2	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 1	Rep. 2	Rep. 1	Rep. 2
T1	15	7.84	7.62	25.3	27.3	0.0130	0.0137	0.4620	0.4580	0.72	0.75
T2	20	7.76	7.56	15.0	14.3	1.0125	1.0130	0.4412	0.4430	0.60	0.58
T3	25	7.54	7.40	8.6	9.3	0.0110	0.0107	0.3820	0.3950	0.45	0.42
T4	30	7.60	7.77	3.4	3.5	0.0100	0.0100	0.2801	0.2825	0.30	0.31
T5	35	7.79	7.62	4.3	4.8	0.0105	0.0103	0.3203	0.3240	0.38	0.40

Se puede ver en la tabla 7 las derivaciones de un experimento para establecer la cuantía optimizada de Tricloruro de hierro como coagulante en la

separación de turbidez y metales solidos (arsénico, hierro y manganeso) en muestras de H₂O de un canal de riego del distrito de Cabanilla. Se realizaron ensayos en cinco jarras, cada una con 500 ml de muestreo de H₂O, donde se aplicaron desemejantes cuantías de Tricloruro de hierro (15 mg/L, 20 mg/L, 25 mg/L, 30 mg/L y 35 mg/L). El proceso incluyó conmoción rápida y lenta, seguido de un tiempo de sedimentación. Las derivaciones revelan que, a mayor dosis de coagulante, se reducen significativamente los niveles de turbidez y metales solidos en el H₂O, siendo más eficiente en dosis más altas como 30 mg/L y 35 mg/L.

Tabla 8

Dosis Óptima para la remoción de turbidez en las aguas del distrito de Cabanilla empleando como coagulante el cloruro ferrico.

Tratamiento	Dosis del		pH final	Turbiedad inicial (NTU)	Turbiedad final (NTU)
	cloruro ferrico (mg/L)	pH inicial			
T1	15	7.35	7.73	52.5	26.30
T2	20	7.35	7.66	52.5	14.65
T3	25	7.35	7.47	52.5	8.95
T4	30	7.35	7.69	52.5	3.45
T5	35	7.35	7.71	52.5	4.55

Se puede ver en la tabla 8 las derivaciones de la cuantía óptima para la exclusión de turbidez en H₂O del distrito de Cabanilla empleando como coagulante el Tricloruro de hierro. Donde, se axioma mejores derivaciones en procesamientos 4 (T4) con una cuantía del Tricloruro de hierro de 30 mg/L, un pH inicial de 7.35 obtuvieron mejores derivaciones en la exclusión de turbidez de 52.5 NTU logro reducir a 3.45 NTU; esto indica que a mayor dosis del coagulante

en un agua ligeramente alcalina aplicando como coagulante el Tricloruro de hierro se obtienen resultados eficaces para someter la turbidez en las aguas.

Tabla 9

Dosis Óptima para la remoción de metales pesados en las aguas del distrito de Cabanilla empleando como coagulante el cloruro ferrico.

Tratamiento	Dosis del cloruro férrico (mg/L)	pH inicial	Arsénico inicial (mg/L)	Arsénico final (mg/L)	Hierro inicial (mg/L)	Hierro final (mg/L)	Manganeso inicial (mg/L)	Manganeso final (mg/L)
T1	15	7.35	0.0176	0.0134	0.5520	0.4600	0.78	0.74
T2	20	7.35	0.0176	1.0128	0.5520	0.4421	0.78	0.59
T3	25	7.35	0.0176	0.0109	0.5520	0.3885	0.78	0.44
T4	30	7.35	0.0176	0.0100	0.5520	0.2813	0.78	0.31
T5	35	7.35	0.0176	0.0104	0.5520	0.3222	0.78	0.39

Se puede ver en la tabla 9 las derivaciones de la cuantía óptima para la exclusión de metales sólidos (arsénico, manganeso y hierro) en H₂O del distrito de Cabanilla empleando como coagulante el Tricloruro de hierro. En donde, se evidencia mejores resultados en el procesamiento 4 (T4) con una cuantía del Tricloruro de hierro de 30 mg/L, un pH primera de 7.35 se obtuvo mejores derivaciones en la separación de metales sólidos: al inicio el arsénico tuvo una reunión de 0.0176 mg/L y posteriormente del procesamiento con el Tricloruro de hierro redujo a 0.0100 mg/L, de igual manera al inicio se tuvo el hierro con una reunión de 0.5520 mg/L y posteriormente del procesamiento con el Tricloruro de hierro redujo a 0.2813 mg/L y finalmente, se tuvo un manganeso primera de 0.78 mg/L y posteriormente del procesamiento con el Tricloruro de hierro redujo a 0.31 mg/L; por lo que se considera una dosis óptima en el T4 con la aplicación de 30 mg/L de Tricloruro de hierro.

Tabla 10

Porcentaje de remoción de la turbidez y metales pesados de las aguas del distrito de Cabanilla empleando como coagulante el cloruro ferrico.

Tratamiento	Dosis del cloruro férrico (mg/L)	Porcentaje de remoción de la turbidez (%)	Porcentaje de remoción del arsénico (%)	Porcentaje de remoción del hierro (%)	Porcentaje de remoción del manganeso (%)
T1	15	49.90	24.15	16.67	5.77
T2	20	72.10	-5654.26	19.91	24.36
T3	25	82.95	38.35	29.62	44.23
T4	30	93.43	43.18	49.04	60.90
T1	35	91.33	40.91	41.64	50.00

Se muestra en la tabla 10 los % de exclusión de metales sólidos y turbidez como: arsénico, hierro y manganeso, en H₂O del distrito de Cabanilla esgrimiendo v como coagulante. Se muestran diferentes procesamientos con cuantías de Tricloruro de hierro, que transforman de 15 mg/L a 35 mg/L. Los resultados indican que, a mayor cuantía de Tricloruro de hierro, se acrecienta la eficiencia en la eliminación de turbidez, alcanzando hasta un 93.43% en el procesamiento T4 (30 mg/L). Asimismo, la exclusión de metales sólidos varía, siendo más eficaz con dosis mayores, especialmente en la eliminación de manganeso y hierro. En donde, en el procesamiento T4 se evidencia mejores resultados de porcentaje de remoción para el arsénico se obtuvo un 43.18%, para el hierro se obtuvo 49.04 % y para el manganeso se obtuvo 60.90%; siendo este procesamiento el más eficiente a comparación de los otros procesamientos T1, T2, T3 y T5.

Análisis estadístico

a) La dosis óptima del cloruro férrico a en la remoción de turbidez de aguas del distrito de Cabanilla.

Tabla 11

Resumen del modelo: dosis óptima del cloruro férrico a en la remoción de turbidez

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,995	0,990	0,987	0,994

La variable independiente es Dosis de cloruro férrico (mg/l).

Turbidez es altamente significativa y bien ajustada. Un valor de R cuadrado de 0,995 indica una estrecha relación entre la cantidad de cloruro férrico utilizado y la claridad del agua. Un R cuadrado de 0,990 significa que el 99 % del cambio en la claridad del agua se debe a la cantidad de cloruro férrico añadido. Además, tras ajustar diferentes factores con un R cuadrado de 0,987, nuestros resultados siguen siendo sólidos. El error estándar es de 0,994, un valor bastante bajo. Esto significa que las estimaciones de nuestro modelo sobre la claridad del agua son muy cercanas a lo que realmente ocurre. En conjunto, estos resultados indican que añadir cloruro férrico mejora notablemente la claridad del agua.

Tabla 12

Análisis de ANOVA, para evaluar dosis óptima del cloruro férrico a en la remoción de turbidez

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	692,774	2	346,387	350,276	0,000
Residuo	6,922	7	,989		
Total	699,696	9			

La variable independiente es Dosis de cloruro férrico (mg/l).

El estudio demuestra que usar la cantidad adecuada de cloruro férrico realmente ayuda a aclarar el agua. Su eficacia tiene un sólido respaldo científico. Las cifras del estudio, como 692.774, indican que muchos de los cambios en la claridad del agua se deben a la cantidad de cloruro férrico que utilizamos. Una puntuación alta, 350.276, significa que el método del estudio es sólido y que modificar la cantidad de cloruro férrico marca una diferencia real. Además, una puntuación muy baja, 0.000, muy inferior a 0.05, deja claro que el agua más clara con cloruro férrico no es casualidad; es real.

Tabla 13

Coefficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la turbiedad en función de la dosis cloruro férrico

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		Sig.
	B	Desv. Error	Beta	t	
Dosis de cloruro férrico (mg/l)	-4,765	,378	-4,028	-12,591	0,000
Dosis de cloruro férrico (mg/l) ²	0,073	,008	3,125	9,768	0,000
(Constante)	81,151	4,474		18,138	0,000



Los coeficientes de la regresión cuadrática para la turbidez en función de la dosis de cloruro férrico indican una relación no lineal significativa entre la dosis del coagulante y la remoción de turbidez. La ecuación de regresión cuadrática es la siguiente:

$$\text{Turbiedad} = 81,151 - 4,765(X) + 0,073(X)^2$$

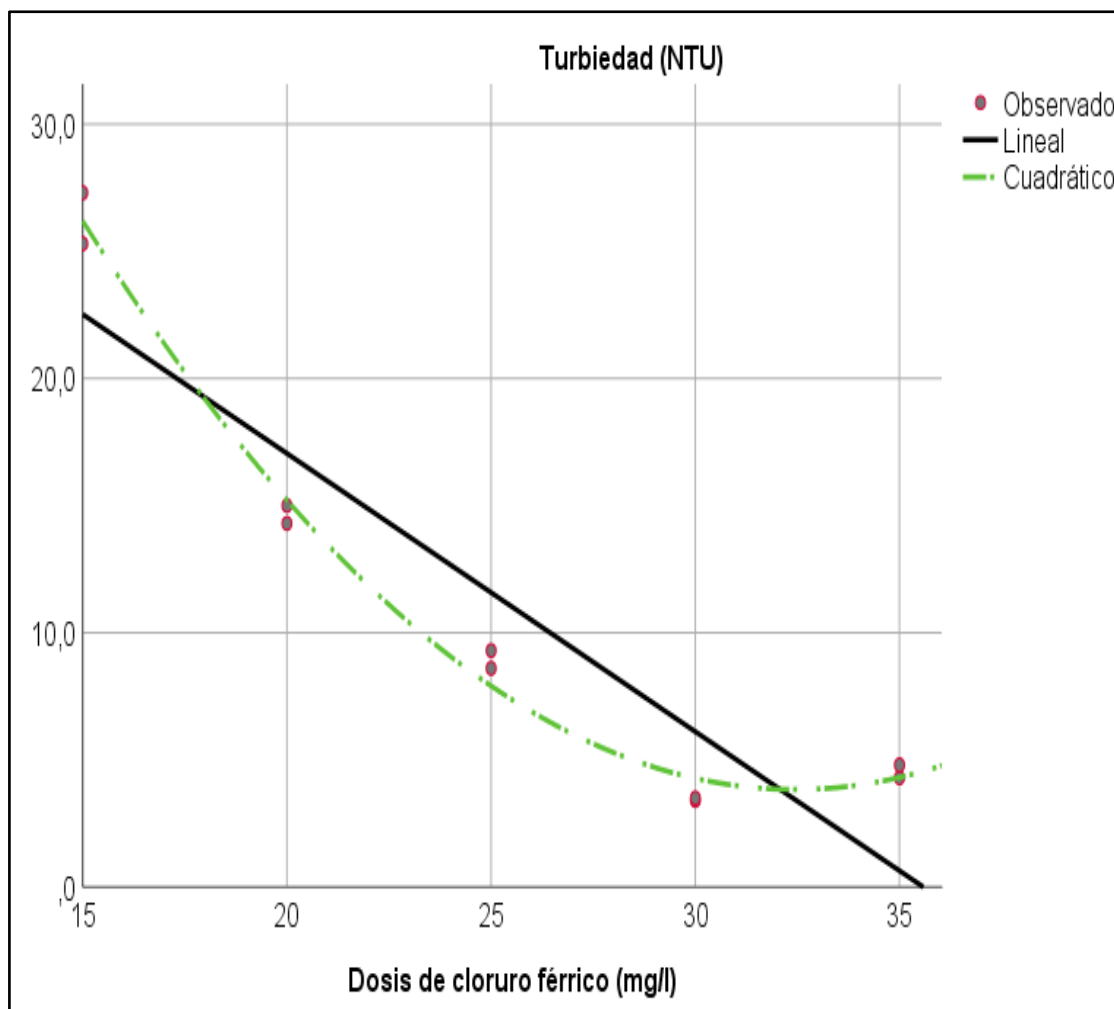
Donde:

X = Dosis de cloruro ferrico

La constante de 81,151 representa el valor de turbidez cuando la dosis de cloruro férrico es cero. El coeficiente de la dosis de cloruro férrico es -4,765, lo que indica que, al principio, la turbidez disminuye a medida que se aumenta la dosis del coagulante. Sin embargo, el coeficiente cuadrático de 0,073 indica que la relación se vuelve positiva después de cierto punto, lo que sugiere que la turbidez comienza a aumentar nuevamente a medida que la dosis de cloruro férrico sigue incrementándose. Esto es típico en una regresión cuadrática, donde una dosis demasiado alta puede no ser eficaz para la remoción de turbidez. Todos los coeficientes tienen un valor de p menor a 0,05 ($p = 0,000$), lo que indica que estos efectos son altamente significativos. En resumen, la dosis de cloruro férrico influye de manera no lineal en la turbidez, con una dosis óptima que se encuentra dentro de un rango específico.

Figura 10

Relación entre la dosis del cloruro férrico y la turbiedad



La gráfica muestra una relación inversamente proporcional entre la dosis de cloruro férrico y la turbidez del agua. A medida que se aumenta la cantidad de cloruro férrico agregado al agua, se observa una disminución en la turbidez. Sin embargo, la relación no es estrictamente lineal, sugiriendo que la efectividad del coagulante podría variar en función de otros factores como el pH, la temperatura o la composición del agua. A pesar de estas variaciones, los resultados sugieren que el cloruro férrico es una herramienta útil para el tratamiento de aguas turbias.

b) La dosis óptima del cloruro férrico a en la remoción de arsénico de aguas del distrito de Cabanilla.

Tabla 14

Resumen del modelo: dosis óptima del cloruro férrico a en la remoción de arsénico

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,341	0,117	-0,136	3,388

La variable independiente es Dosis de cloruro férrico (mg/l).

El resumen del modelo para la dosis óptima de cloruro férrico en la remoción de arsénico muestra que la relación entre la dosis de cloruro férrico y la remoción de arsénico no es particularmente fuerte. El valor de R es 0,341, lo que indica una correlación débil entre ambas variables. El R^2 de 0,117 sugiere que solo el 11,7% de la variabilidad en la remoción de arsénico puede ser explicada por la dosis de cloruro férrico. Además, el R^2 ajustado de -0,136, que es negativo, indica que el modelo no es adecuado para predecir la remoción de arsénico, ya que incluso después de ajustar por el número de variables en el modelo, la dosis de cloruro férrico no mejora la predicción de manera significativa.

Tabla 15

Análisis de ANOVA, para evaluar dosis óptima del cloruro férrico a en la remoción de arsénico

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	10,599	2	5,300	0,462	0,648
Residuo	80,339	7	11,477		
Total	90,938	9			

La variable independiente es Dosis de cloruro férrico (mg/l).

Realizamos una prueba científica para comprobar si añadir más cloruro férrico ayuda a eliminar mejor el arsénico. Sin embargo, los resultados no mostraron evidencia suficiente. Utilizamos un método matemático especial para comprobarlo, y los valores obtenidos (como 10,599 y 0,462) indican que el efecto no es significativo. Además, el nivel de significancia resultó ser 0,648, un valor muy superior al que solemos necesitar (0,05) para confirmar la veracidad de algo. Por lo tanto, no podemos afirmar con certeza que añadir más cloruro férrico suponga una gran diferencia en la eliminación del arsénico en esta ocasión.

Tabla 16

Coefficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la remoción de arsénico en función de la dosis cloruro férrico

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta			
Dosis de cloruro férrico (mg/l)	0,682	1,289	1,599		0,529	0,613
Dosis de cloruro férrico (mg/l) ²	-0,016	0,026	-1,873		-0,620	0,555
(Constante)	-5,218	15,242			-0,342	0,742

Los coeficientes de la regresión cuadrática para la remoción de arsénico en función de la dosis de cloruro férrico indican que no existe una relación significativa entre la dosis del coagulante y la remoción de arsénico. La ecuación de regresión cuadrática es la siguiente:

$$\text{Remocion de arsénico} = -5.218 + 0.682(X) - 0.016(X)^2$$

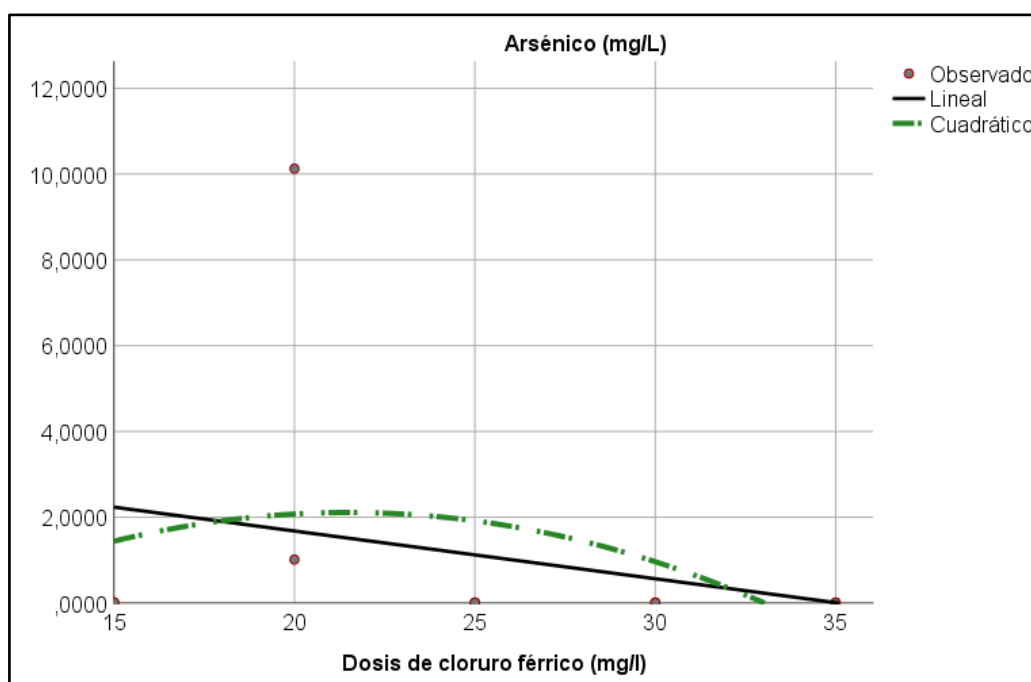
Donde:

X = Dosis de cloruro ferrico

La constante de -5.218 representa el valor de la remoción de arsénico cuando la dosis de cloruro férrico es cero. El coeficiente de la dosis de cloruro férrico es 0.682, lo que sugiere que, al principio, un aumento en la dosis podría incrementar la remoción de arsénico. Sin embargo, el coeficiente cuadrático de -0.016 indica que la relación se vuelve negativa después de cierto punto, lo que podría implicar que, en dosis más altas, la remoción de arsénico podría reducirse. A pesar de la forma cuadrática de la relación, los valores de p para todos los coeficientes son superiores a 0,05 ($p = 0.613$ para la dosis lineal y $p = 0.555$ para la dosis cuadrática), lo que indica que los efectos no son estadísticamente significativos. En resumen, la dosis de cloruro férrico no tiene un impacto significativo en la remoción de arsénico, y cualquier tendencia observada no es suficiente para ser considerada relevante en términos estadísticos.

Figura 11

Relación entre la dosis del cloruro férrico y el arsénico



La Figura muestra una relación contradictoria entre la dosis de cloruro férrico y la concentración de arsénico en el agua. Contrario a lo esperado, en lugar de disminuir la concentración de arsénico al aumentar la dosis de cloruro férrico, se observa un aumento inicial y luego una disminución. Esta tendencia no se ajusta a un modelo lineal o cuadrático simple, lo que sugiere una interacción más compleja entre ambas variables

c) La dosis óptima del cloruro férrico a en la remoción de Hierro de aguas del distrito de Cabanilla.

Tabla 17

Resumen del modelo: dosis óptima del cloruro férrico a en la remoción de hierro

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,908	0,825	0,774	0,034

La variable independiente es Dosis de cloruro férrico (mg/l).

El resumen del modelo para la remoción de hierro en función de la dosis de cloruro férrico muestra una relación significativa entre ambas variables. El valor de $R=0,908$ indica una fuerte correlación positiva entre la dosis de cloruro férrico y la remoción de hierro. El $R^2=0,825$ sugiere que aproximadamente el 82,5% de la variabilidad en la remoción de hierro puede ser explicada por el modelo de regresión basado en la dosis de cloruro férrico. El R^2 ajustado de 0,774 también confirma que el modelo tiene un buen ajuste, aunque el valor ajustado es ligeramente más bajo, lo que puede indicar que algunas variables no incluidas en el modelo podrían estar influyendo en la remoción de hierro.

Tabla 18

Análisis de ANOVA, para evaluar dosis optima del cloruro férrico a en la remoción de hierro

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0,039	2	0,019	16,446	0,002
Residuo	0,008	7	0,001		
Total	0,047	9			

La variable independiente es Dosis de cloruro férrico (mg/l).

El análisis de varianza (ANOVA) realizado para evaluar la dosis óptima de cloruro férrico para la eliminación de hierro indica que el modelo de regresión exhibe significancia estadística. La suma de cuadrados de la regresión se cuantifica en 0,039, acompañada de una estadística F de 16,446 y un valor p de 0,002. Estos resultados sugieren que la dosis de cloruro férrico ejerce una influencia estadísticamente significativa en la eliminación de hierro. Esto significa que la dosis del coagulante es un factor importante en la variabilidad observada en la remoción de hierro. La suma de cuadrados del residuo es 0,008, lo que representa la variabilidad no explicada por el modelo. La relación entre la dosis de cloruro férrico y la remoción de hierro está bien ajustada y la significancia estadística del modelo es fuerte, ya que el valor p es menor a 0,05. En resumen, la dosis de cloruro férrico influye significativamente en la remoción de hierro en las condiciones evaluadas.

Tabla 19

Coefficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la remoción de hierro en función de la dosis cloruro hierro

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta			
Dosis de cloruro férrico (mg/l)	-0,018	0,013	-1,843		-1,368	0,214
Dosis de cloruro férrico (mg/l) ²	0,000183	0,000	0,949		0,704	0,504
(Constante)	0,702	0,154			4,550	0,003

Los coeficientes de la regresión cuadrática para la remoción de hierro en función de la dosis de cloruro férrico sugieren que no existe una relación significativa entre estas dos variables. La ecuación de regresión cuadrática es la siguiente:

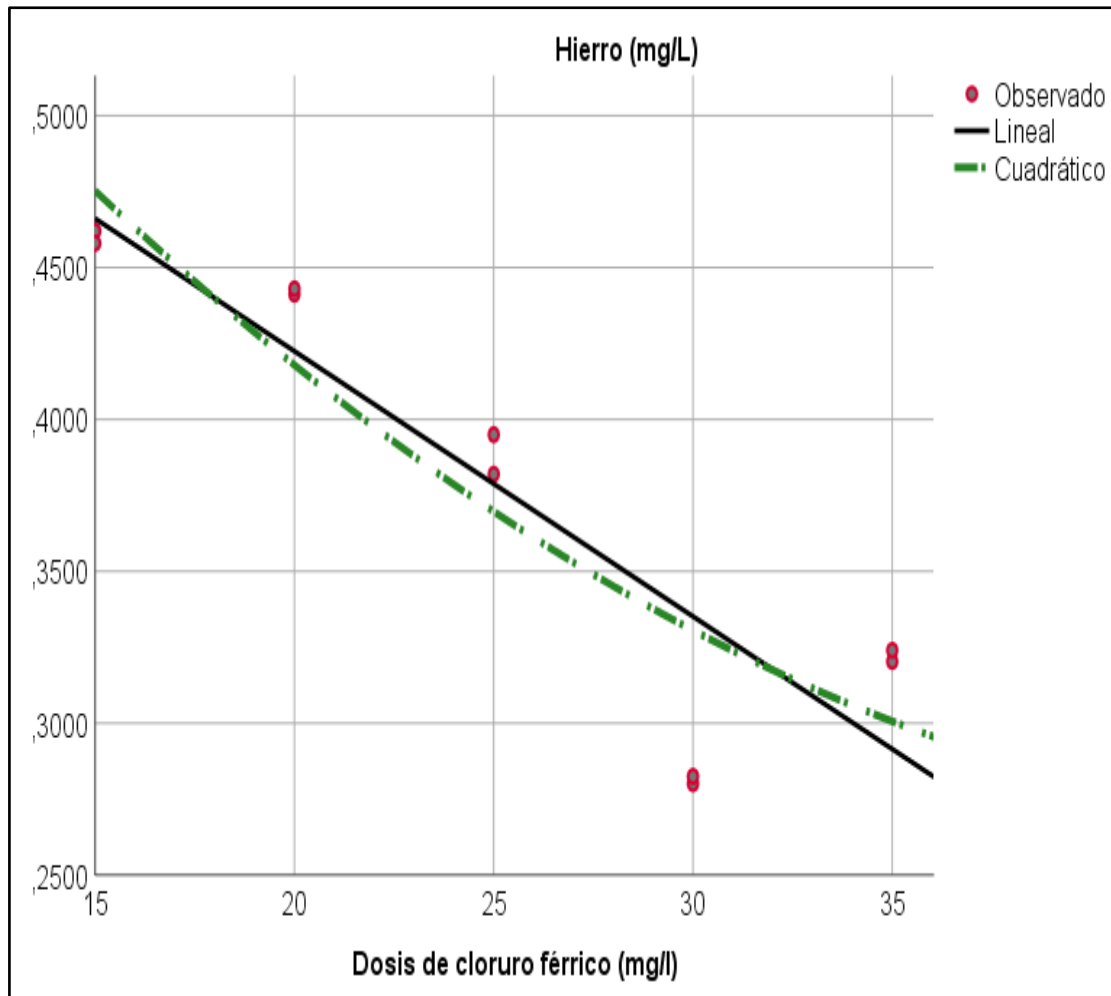
$$\text{Remocion hierro} = 0,702 - 0,018(X) + 0,000183(X)^2$$

Donde **X** es la dosis de cloruro férrico.

La constante de 0,702 representa el valor de hierro cuando la dosis de cloruro férrico es cero. El coeficiente lineal de -0,018 indica que, al principio, la remoción de hierro disminuye a medida que aumenta la dosis de cloruro férrico, mientras que el coeficiente cuadrático de 0,000183 sugiere que, después de cierto punto, la remoción de hierro podría aumentar con dosis más altas de cloruro férrico. Sin embargo, ambos coeficientes de la dosis de cloruro férrico (lineal y cuadrático) tienen valores p mayores a 0,05 ($p=0,214$ y $p=0,504$), lo que implica que estos efectos no son estadísticamente significativos. En conclusión, la dosis de cloruro férrico no tiene un impacto significativo en la remoción de hierro en las condiciones evaluadas.

Figura 12

Relación entre la dosis del cloruro férrico y el hierro



La Figura muestra una relación inesperada entre la dosis de cloruro férrico y la concentración de hierro en el agua. En lugar de observar una disminución en la concentración de hierro al aumentar la dosis de coagulante, como cabría esperar en un proceso de coagulación-floculación convencional, se aprecia un aumento inicial seguido de una disminución. Esta tendencia no se ajusta a un modelo lineal o cuadrático simple, lo que sugiere una interacción más compleja entre ambas variables.

d) La dosis óptima del cloruro férrico a en la remoción de manganeso de aguas del distrito de Cabanilla.

Tabla 20

Resumen del modelo: dosis óptima del cloruro férrico a en la remoción de manganeso

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
0,974	0,948	0,934	0,042

La variable independiente es Dosis de cloruro férrico (mg/l).

El resumen del modelo para la remoción de manganeso en función de la dosis de cloruro férrico muestra una alta correlación entre ambas variables, con un valor de $R=0,974$, lo que indica una fuerte relación lineal. El coeficiente de determinación $R^2=0,948$ sugiere que aproximadamente el 94,8% de la variabilidad en la remoción de manganeso puede ser explicada por la dosis de cloruro férrico. Además, el R^2 ajustado de 0,934 indica que el modelo es robusto, incluso después de considerar el número de variables en el análisis. El error estándar de la estimación es bajo (0,042), lo que refleja la precisión del modelo en la predicción de los valores de remoción de manganeso. En general, el modelo muestra una relación significativa y precisa entre la dosis de cloruro férrico y la remoción de manganeso.

Tabla 21

Análisis de ANOVA, para evaluar dosis óptima del cloruro férrico a en la remoción de manganeso

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	0,224	2	0,112	64,388	0,000
Residuo	0,012	7	0,0002		
Total	0,236	9			

La variable independiente es Dosis de cloruro férrico (mg/l).

El análisis de ANOVA para evaluar la dosis óptima de cloruro férrico en la remoción de manganeso muestra una diferencia significativa entre la regresión y el residuo. La suma de cuadrados de la regresión es 0,224, con una media cuadrática de 0,112, lo que da como resultado un valor de $F=64,388$. Este valor es significativamente alto, lo que indica que la dosis de cloruro férrico tiene un impacto considerable en la remoción de manganeso. El valor de $p=0,000$ es menor que 0,05, lo que confirma que el modelo es estadísticamente significativo. Por lo tanto, podemos concluir que la dosis de cloruro férrico tiene una influencia importante en la remoción de manganeso, y el modelo es adecuado para evaluar esta relación.

Tabla 22

Coefficientes de la ecuación de regresión cuadrática para la remoción de arsénico en función de la dosis cloruro manganeso

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados		t	Sig.
	B	Desv. Error	Beta			
Dosis de cloruro férrico (mg/l)	-0,089	0,016	-4,088		-5,597	0,001
Dosis de cloruro férrico (mg/l) ²	0,001	0,000	3,212		4,398	0,003
(Constante)	1,775	0,188			9,466	0,000

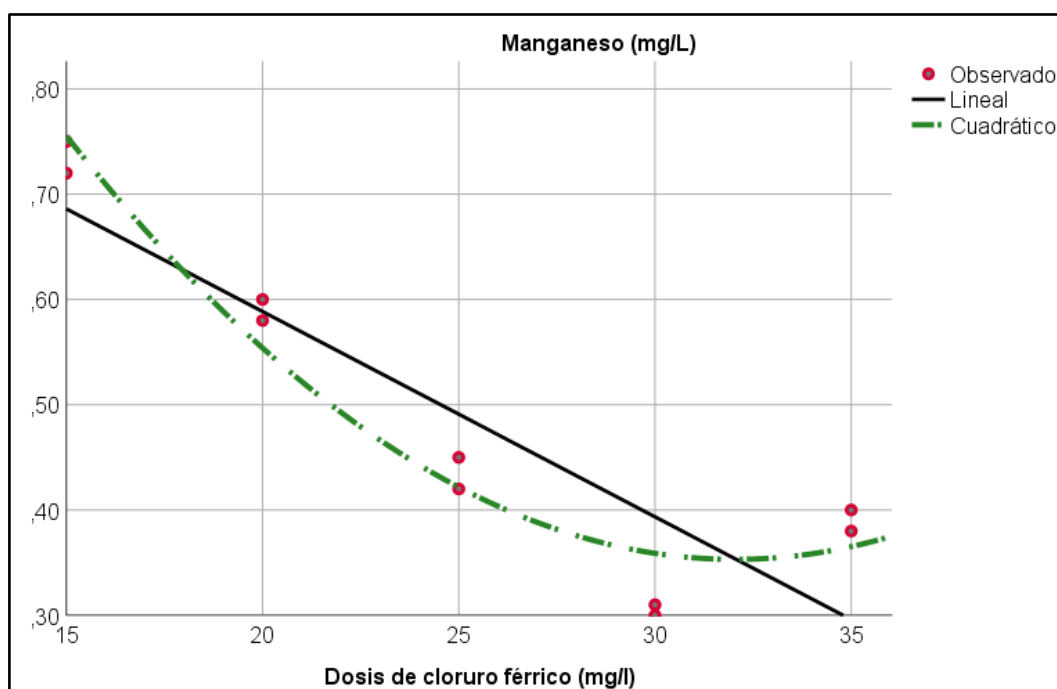
La forma en que se elimina el manganeso al usar cloruro férrico muestra un patrón especial. Este patrón no sigue una línea recta. Esto se aprende a partir de los números en una fórmula que sigue una curva:

$$\text{Remocion de manganeso} = 1,775 - 0,089(X) + 0,001(X)^2$$

La constante de 1,775 representa el valor de la remoción de manganeso cuando la dosis de cloruro férrico es cero. El coeficiente de la dosis de cloruro férrico, $-0,089$, indica que la remoción de manganeso disminuye al principio con el aumento de la dosis del coagulante. Sin embargo, el coeficiente cuadrático de $0,001$ sugiere que la remoción de manganeso mejora nuevamente después de cierto punto de dosis, lo que es típico en un modelo cuadrático donde una dosis más alta puede tener efectos opuestos en la remoción. Ambos coeficientes tienen valores de p menores a $0,05$, lo que indica que la relación es estadísticamente significativa. En resumen, la dosis de cloruro férrico tiene un efecto no lineal sobre la remoción de manganeso, con una dosis óptima en un rango específico.

Figura 13

Relación entre la dosis del cloruro férrico y el manganeso



La gráfica muestra una relación inversamente proporcional entre la dosis de cloruro férrico y el manganeso en el agua. A medida que se aumenta la



cantidad de cloruro férrico agregado al agua, se observa una disminución del manganeso. Sin embargo, la relación no es estrictamente lineal, sugiriendo que la efectividad del coagulante podría variar en función de otros factores como el pH, la temperatura o la composición del agua. A pesar de estas variaciones, los resultados sugieren que el cloruro férrico es una herramienta útil para el tratamiento de aguas con manganeso.

4.2. Discusiones

Con respecto a la reunión inicial de las turbideces en las aguas de Cabanilla, en el departamento de Puno, en nuestro análisis se halló una reunión de 52.5 NTU lo que indica una cantidad significativa de partículas suspendidas, lo que puede afectar la condición del riego al taponar los sistemas de regadío o afectar la impregnación de agua por las plantas. Por otro lado, la tesis presentada por Cahuana y Meza (2022) denominado "Estudios de la autoridad de coagulantes sulfato de Tricloruro de hierro y aluminio en la eliminación de opacidad de aguas del efluente Shullcas, Huancayo, 2022", obtuvo 41.12 NTU de turbidez. La diferencia en los valores de turbidez (52.5 NTU en una investigación y 41.12 NTU en otra) puede deberse a varios factores, como las condiciones del agua en los momentos de muestreo, la ubicación específica dentro del cuerpo de agua, las diligencias humanas cercanas o fenómenos naturales como lluvias que remueven sedimentos. Además, las diferencias en la metodología de muestreo y los instrumentos de medición utilizados pueden influir en los resultados, reflejando variabilidad natural o técnica entre los estudios.

Respecto al conjunto de los metales sólidos en las H₂O de Cabanilla, departamento de Puno, en nuestro análisis se halló el As con una reunión de



0.0176 mg/L, el hierro con una reunión de 0.5520 mg/L y el manganeso con una reunión de 0.78 mg/L. En la que el arsénico y el hierro se encuentran por abajo de los ECA para H₂O, Clase 3: Regadío de vegetales y bebida de animales. En cambio, el manganeso supera los ECA para H₂O, Clase 3: Regadío de vegetaciones y bebida de animales. En el análisis presentado por Mamani (2018) en su análisis denominada "Eliminación de AS en H₂O nativas por procesos de enmohecimiento, sedimento, filtración y floculación" encontró 14.64 mg/L. En la investigación sobre la reunión de metales sólidos en H₂O de Cabanilla, se reportaron niveles de hierro (0.5520 mg/L), arsénico (0.0176 mg/L) y manganeso (0.78 mg/L). De estos, tanto el arsénico como el hierro se hallan adentro de los LP por los ECA para Agua, Clase 3, que regula el H₂O esgrimida para el regadío de vegetaciones y el líquido de animales. Sin embargo, el manganeso excede los valores permitidos, lo que plantea un peligro potencial para el uso del agua en estas diligencias. Comparando con la tesis de Mamani (2018), quien reportó una reunión de arsénico significativamente mayor (14.64 mg/L), se observa una importante diferencia en los resultados, lo cual puede deberse a variaciones en las condiciones geográficas, el tipo de entidad de agua, o la posible influencia de fuentes contaminantes en las áreas estudiadas. Esto recalca el requerimiento de efectuar estrategias de control y monitoreo continuo para impedir la polución, especialmente en el caso de metales como el manganeso, que supera los estándares y puede afectar tanto la salud humana como el ecosistema.

Con respecto al porcentaje y la cuantía óptima del Tricloruro de hierro en la exclusión de turbidez y metales sólidos de H₂O de Cabanilla, departamento de Puno, en nuestra investigación se halló el porcentaje y dosis óptima en el cuarto procesamiento (T4) empleando 30 mg/L de Tricloruro de Fe, con un pH



inicial de 7.35, en donde la turbidez de 52.5 NTU con la aplicación del Tricloruro de hierro redujo a 3.45 NTU logrando un porcentaje de eliminación del 93.43%, el arsénico tuvo una reunión primera de 0.0176 mg/L posteriormente del procesamiento con el Tricloruro de hierro redujo a 0.0100 mg/L logrando un porcentaje de exclusión de 43.18%, el hierro tuvo una reunión inicial de 0.5520 mg/L posteriormente del procesamiento con el Tricloruro de hierro redujo a 0.2813 mg/L logrando un porcentaje de exclusión de 49.04% y finalmente el manganeso tuvo una reunión inicial de 0.78 mg/L posteriormente del procesamiento con el Tricloruro de hierro redujo a 0.31 mg/L logrando un porcentaje de exclusión de 60.90%. En la tesis presentado por Quispe y Zavala (2022) denominada "Influencia del Tricloruro de hierro, velocidad y tiempo de conmovión en procesamiento de H₂O ácida del afluente Negro, Olleros, Huaraz" consiguió excelentes derivaciones de eliminación de hierro y arsénico: 96% y 99%, proporcionalmente, en el procesamiento de H₂O ácida por medio de la ensayo de jarras con los parámetros subsiguientes: $V_{ag} = 50$ RPM, $T_{ag} = 15$ min y $D_o = 24$ mL. Es decir, en la investigación realizada en el distrito de Cabanilla, el uso de 30 mg/L de Tricloruro de hierro como coagulante mostró una elevada eficiencia en la eliminación de turbidez (93.43%) y una remoción moderada de metales solidos como arsénico (43.18%), hierro (49.04%) y manganeso (60.90%). Aunque los resultados fueron efectivos, al comparar con la tesis de Quispe y Zavala (2022), se evidencia que, bajo condiciones específicas de procesamiento como mayores dosis y parámetros de agitación ($V_{ag} = 50$ RPM, $T_{ag} = 15$ min, $D_o = 24$ mL), se lograron porcentajes de remoción significativamente más altos para arsénico (96%) y hierro (99%) en un contexto de aguas ácidas. Esta diferencia sugiere que las características iniciales del



agua, las optimizaciones de las variables de procesamiento y las condiciones específicas del proceso juegan papeles cruciales en la eficiencia de la remoción, destacando la necesidad de ajustar los procesamientos a las condiciones particulares de cada cuerpo de agua para maximizar los resultados.



CONCLUSIONES

Como las derivaciones conseguidas para cada propósito particular del estudio, se llega a las terminaciones siguientes:

1. Fundado en las derivaciones de la reunión inicial de la turbidez en aguas de Cabanilla, departamento de Puno, llegando a la conclusión que se halló una reunión de 52.5 NTU lo que indica una cantidad significativa de partículas suspendidas, lo que puede afectar la condición del riego al taponar los sistemas de regadío o afectar la absorción de agua por plantas.
2. En cuanto al agrupamiento de los metales solidos en H₂O de Cabanilla, en el departamento de Puno, se halló que el arsénico tenía una reunión de 0.0176 mg/L, el manganeso 0.78 mg/L y el hierro 0.5520 mg/L. Con lo cual se ultima que el arsénico y el hierro están por debajo de las Normas de condiciones Ambientales para H₂O, Clase 3: Regadío de vegetales y bebida de animales. Por otra parte, el manganeso excede dichos estándares.
3. Respecto al porcentaje y la cuantía optima del Tricloruro de hierro en la exclusión de turbidez y metales solidos de H₂O del distrito de Cabanilla, se ultima que se halló el porcentaje y dosis optima en el cuarto procesamiento (T4) empleando 30 mg/L de Tricloruro de hierro, con un pH inicial de 7.35, consiguiendo un porcentaje de remoción para turbidez de 93.43%, el arsénico obtuvo 43.18%, el hierro obtuvo 49.04% y el manganeso obtuvo 60.90%.



RECOMENDACIONES

Conforme al diagnóstico y a las derivaciones del actual estudio aconseja lo siguiente:

1. Se sugiere a los estudiosos posteriores efectuar un control constante de la reunión de parámetros fisicoquímicos, microbiológicos y metales sólidos en distintas temporadas del año para analizar las variaciones estacionales y las posibles fuentes de contaminación en las aguas del distrito de Cabanilla. Esto permitirá conseguir una visión más minuciosa y flexible sobre la condición del H₂O y los factores que contribuyen a su degradación.
2. A los estudiosos posteriores se les recomienda investigar la combinación de Tricloruro de hierro con otros coagulantes o agentes precipitantes, como el sulfato de aluminio o la cal. Estos compuestos podrían complementar la acción del Tricloruro de hierro y aumentar la eficiencia del procesamiento en casos específicos.
3. A los estudiosos posteriores se les sugiere plantear un sistema de procesamiento integral que combine procesos de coagulación-floculación con otras tecnologías como la filtración o adsorción, mejorando aún más la remoción de contaminantes y garantizando un agua segura para diversos usos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar Limón, K. J. (2005). *Remoción de arsénico en aguas subterráneas de la Comarca Lagunera*. Monterrey. Obtenido de chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://repositorio.tec.mx/bitstream/handle/11285/572421/DocsTec_2591.pdf;sequence=1
- Altamirano, M., & Delgado, V. (2020). *Contaminación natural por arsénico en las aguas subterráneas de la comunidad rural "la fuente", para sugerir y promover el uso de fuentes alternativas de agua segura municipio la paz centro, león, nicaragua*. Nicaragua.
- Amoquimicos. (26 de Agosto de 2019). *Amoquimicos*. Obtenido de <https://www.amoquimicos.com/noticias/propiedades-del-cloruro-ferrico>
- Andia , Y. (2000). *Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. Tratamiento de Agua: Coagulación Floculación*. Lima - Perú. Obtenido de Tratamiento de Agua: Coagulación Floculación.
- Andia, Y. (2000). *Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico*. Lima, Perú. SEDAPAL.
- Andrew, S. (1983). *Hidraulica Basica*. Mexico: Limusa S. A.
- Aragües , R. (1989). *Calidad de las aguas para riego: efectos sobre plantas y suelos*. España: Boletin agropecuario.
- Aragüés, R. (2011). *Calidad del agua para el riego: efectos sobre plantas y suelos*. Revista Montada.



- Atoc Ospinal, D. S. (2019). *Evaluación de la calidad de agua de riego en cultivos de pan llevar en la cuenca baja del río moche, provincia de Trujillo - 2019*. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion, Cerro de Pasco - Perú.
Obtenido de http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/1744/1/T026_70078439_T.pdf
- Baez, L. F. (2012). *Determinación de la eficiencia de las características coagulantes y floculantes del Tropaeolum Tuberossum, en el tratamiento del agua cruda de la planta de Puengasi de la EPMAPS*. Para optar el título profesional, Quito.
- Bertran, Y. (2017). *Guía para el manejo responsable y alternativas de eliminación del mercurio en ambientes de trabajo del sector minero*. Colombia: Alianza por la Minería Responsable.
- Bojórquez, F. (2008). *Parámetros de agua de riego*. Productores de hortalizas.
- Bravo Gallardo, M. A. (2017). *Coagulantes y floculantes naturales usados en la reducción de turbidez, sólidos suspendidos, colorantes y metales pesados en aguas residuales*. Bogotá.
- Cahuana Carbajal, Y. N., & Meza Silva, C. L. (2022). *Análisis de la influencia de los coagulantes sulfato de aluminio y cloruro férrico en la remoción de turbidez de las aguas del río Shullcas, Huancayo, 2022*. Universidad Continental, Huancayo - Perú.



- Cano, L. (2010). *Estudio Comparativo de índices de calidad del agua mediante la aplicación y evaluación de un modelo armonizado en Latinoamérica, caso de estudio río Loa*. Universidad Católica del Norte.
- Castellón, J., Bernal, R., & Hernández, M. (2014). *Calidad del agua para riego en la agricultura protegida en Tlaxcala*. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, México, Yucatán - Mexico.
- Casty. (27 de Diciembre de 2010).
- Chapman, P., Kay, P., & Mitchell, G. (s.f.). *Surface water quality*. In: Holden, J, (ed.) *Water resources: an integrated approach*. In Water resources: an integrated approach.
- Chavez, A. (2011). *Acumulación de metales pesados en sedimentos del ecosistema manglar en laguna de términos Campeche – México*. México.
- Cusiche Pérez, L. F., Espinoza Tumialán, C. L., & Espinoza Tumialán, G. E. (2021). *Determinación de metales pesados en agua para consumo humano de la ciudad de Junín*. Junin - Perú .
- EPA. (2015). *Programa de conservación de agua Watersense*. Obtenido de https://www3.epa.gov/watersense/our_water/como.html
- Galán, E. (2008). *The role of clay minerals in removing and immobilising heavy metals from contaminated soils*. In "Proceedings of the 1st. Latin American Clay Conference".
- Garay Casallo, Y. A. (2018). *Eficiencia de la remoción de arsénico mediante el proceso de coagulación/floculación, de las aguas residuales de la mina*



artesanal Llacuabamba, distrito de Parcoy, provincia de Patate-La Libertad. Huancayo - Perú.

García Hidalgo, Y. (2015). *Calidad de agua con fines de riego.*

Guijarro. (2010). *Análisis instrumental: Espectrometría de Absorción Atómica (EAA).* Universitat Politècnica de València, Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente.

Hernández José , E., Lameda Cuicas , E., Pire Sierra , M., Molina Quintero , L., & Pire Sierra , M. (2016). *Evaluación de un postratamiento fisicoquímico para la remoción de turbidez de efluentes de una Tenería.* Venezuela.

Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación* (6ta. edición ed.). México: Mc Graw Hill Education.

Hernández, R., & Fernández, C. (2010). *Metodología de la investigación.* Obtenido de https://www.esup.edu.pe/descargas/dep_investigacion/Metodologia%20de%20la%20investigaci%C3%B3n%205ta%20Edici%C3%B3n.pdf

Hernández, R., & Fernández, C. (2018). *Metodología de la investigación.* Mexico: McGRAW-HILL.

Herrera Santur, W. C. (2020). *Remoción de arsénico en aguas subterráneas del distrito de Mórrope utilizando cloruro férrico y cal.* Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo – Perú. Obtenido de file:///E:/TESIS%202023/LURDES/ANTECEDENTE%20Herrera_SWC-SD.pdf



- Huaira Tito, P. J., & Moran Espinoza, W. (2024). *Evaluación del cloruro férrico y amonio cuaternario en la reducción de turbidez de aguas del río Shulcas*. Universidad Continental, Huancayo - Perú.
- IARC. (2002). *Efectos Biológicos de campos magnéticos de muy baja frecuencia y radiofrecuencia en presencia de metales pesados: Cadmio y Mercurio*. AGENCIA INTERNACIONAL PARA LA INVESTIGACIÓN DEL CANCER. Obtenido de <http://m.autismoava.org./archivos/ucm-t25621.pdf>
- INTAGRI. (2018). *Clasificación de Aguas para Riego Agrícola*. Lima - Perú: Agua y Riego.
- Lopez Salazar, M. E., & Camacho Cotrina, C. A. (2024). *Evaluación de la calidad del agua para el uso de riego agrícola en la cuenca del río Chancay – Huaral, 2022*. Huacho – Perú.
- Mamani Arpasi, Y. M. (2023). *Determinación de metales pesados en aguas subterráneas para uso en actividades productivas en las comunidades de Queata, Cp Carata, Cupiro Pampa, Uquisilla, distrito de Coata, 2021*. Puno ' Perú.
- Mamani Parisuaña, M. W. (2018). *Remoción de arsénico (AS) en aguas naturales por procesos de oxidación, floculación, sedimentación y filtración*. UNA Puno, Puno. Obtenido de chrome-extension://efaidnbnmnnibpcajpcglclefindmkaj/http://tesis.unap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14082/12407/Pary_Anali_Mamani_Mauricio.pdf?sequence=1&isAllowed=y



- Matelco. (12 de marzo de 2021). Obtenido de Coagulación-Floculación:
<https://www.matelco.es/control-de-la-carga-organica-en-agua-potable-segunda-parte/coagulacion-floculacion-sedimentacion/>
- Mayta Quispe, J. (2020). *Gestión del agua de riego y niveles de producción agrícola en la cuenca del río Cabanillas*. Puno - Perú.
- MINAM. (2010). *MINISTERIO NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE*.
- MINAM. (2015). *Estándares de Calidad Ambiental para Agua*. Ministerio del Ambiente, Lima - Perú.
- MINAM. (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua*. Lima - Perú.
- Mite, R. B., Ochoa, L. S., Osorio, B. G., & Suatunce. (2016). *Calidad del agua destinada al consumo humano en un cantón de Ecuador/Quality of water intended for human consumption in a canton of Ecuador*. Ecuador.
- Monteagudo Quispe, M. A. (2015). *Análisis comparativo de los índices de calidad de agua de los ríos Lampa y Cabanillas*. Puno- Perú.
- Moreno, M. (2003). *Toxicología Ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana*. España.
- MVCS. (2021). *Plan Nacional de Saneamiento 2022-2026*. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, Lima - Perú.
- Nieto, C., & Orellana, V. (2011). *Aplicación del quitosano como promotor de floculación para disminuir la carga contaminante*. Universidad Politécnica Salesiana.



- Ormachea Muñoz, M. G. (2016). *Geochemistry of naturally occurring arsenic in groundwater and surface-water in the southern part of the Poopó Lake basin, Bolivian Altiplano*. Bolivia.
- Perez Valverde, C. C. (2021). *Evaluación de la calidad del agua para uso agrícola en el canal Chancarmayo, Ancash, 2020-2021*. UNASAM, Huaraz - Perú.
Obtenido de file:///C:/Users/user/Downloads/T033_46702561_T.pdf
- Pochteca. (28 de Abril de 2021). Obtenido de <https://guatemala.pochteca.net/cloruro-ferrico/>
- Porto, J. P., & Gardey, A. (2010). *Definicion.de*. Obtenido de <https://definicion.de/agua/>
- Quenta, A. (2015). *Presencia de metales pesados (hg, as, pb y cd) en agua y leche en la cuenca del rio coata 2015*. Universidad nacional del altiplano, Puno - Perú.
- Quispe Vilcapoma, M. E., & Zavaleta Avalos, R. O. (2022). *Influencia del cloruro férrico, tiempo y velocidad de agitación en tratamiento de agua ácida del río Negro, distrito Olleros, Huaraz*. Trujillo – Perú.
- Rashuaman Benito, K. (2023). *Comparación de la eficiencia de tratamiento en la remoción de materia orgánica entre opuntia ficusindica y cloruro férrico para las aguas del río Mantaro-2023*. Huancayo - Perú.
- Richter, Azevedo, & Neto. (2003). *Tratamiento de agua - Tecnología Actualizada*. Brasil: Edgard Blucher .
- Rubio, D. I. (2015). *Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados*. Revista Ingeniería Y Región.



- Teijon, J. M. (2005). *Fundamentos de Bioquímica Estructural*. Mexico: Alfa Omega .
- Valverde Vera, M. F., & Tafur Bardales, E. H. (2017). *Evaluación del cloruro férrico y sulfato de aluminio, como coagulantes en el proceso de potabilización, en términos de turbidez y potencial de hidrógeno, de las aguas de la quebrada Rumiyacu, distrito de Moyobamba*. Universidad Nacional de San Martín., Moyobomba - Perú.
- Vega González, J. A. (2012). *Nivel de contaminación por metales pesados (Pb, Cu, Hg, As y Fe) en el río el toro, distrito de Huamachuco de la provincia de Sánchez Carrión durante año 2009 – 2010*. Tesis de maestría, Universidad Nacional de Trujillo), Sánchez Carrión.
- Vilavila Morales, S. B. (2018). *Determinación de la remoción de la turbidez de agua del río Ayaviri en la zona de captación para consumo humano empleando polímero de goma de Tara - Puno, 2018*. Puno - Perú.
- Zafra Gómez, & López Hernández. (2009). *The American Review of Public Administration, 2009*.



ANEXOS



ANEXO 1. Matriz de consistencia

Título: CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	MEDICIÓN
GENERAL: Evaluar la eficiencia del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno	GENERAL: Evaluar la eficiencia del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.	GENERAL: La eficiencia del carbón activado a partir de semillas de Eucalyptus globulus en la remoción de arsénico y cadmio en aguas contaminadas será mayor al 50%	VI: Cloruro férrico	Concentración de cloruro férrico	Dosis Agitación Tiempo	✓ mg/L ✓ RPM ✓ Min
¿Cuál es la concentración de turbidez en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno? ¿Cuál es la concentración de metales pesados	ESPECIFICO: Determinar la concentración de turbidez en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno. Determinar la concentración de metales pesados	ESPECIFICO: La concentración inicial de arsénico y cadmio en aguas contaminadas superan los Lmp.	VD. Remoción de turbidez y metales pesados de las aguas del distrito de Cabanilla	Concentración de turbidez Concentración de metales pesados % de eliminación de turbidez y	✓ Nivel de turbidez, antes y después del tratamiento ✓ Nivel de Arsénico, hierro y	✓ NTU ✓ mg/L ✓ (mg/L) ✓ %



<p>en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno?</p> <p>¿En cuánto será el porcentaje de adsorción de arsénico y cadmio empleando carbón activado de semillas de Eucalyptus globulus antes de alcanzar su capacidad máxima de saturación?</p>	<p>en las aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.</p> <p>Determinar el porcentaje y la dosis optima del cloruro férrico en la remoción de turbidez y metales pesados de aguas del distrito de Cabanilla, departamento de Puno</p>	<p>metales pesados</p> <p>Capacidad de adsorción</p>	<p>manganeso antes y después del tratamiento</p> <p>✓ Porcentaje % de arsénico adsorvido</p> <p>✓ % de cadmio adsorvido</p>
---	--	--	---



ANEXO 2.

Resultados del análisis en laboratorio



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 033 – 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Roy Milton Feijo Flores
1.2. Proyecto : CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCION DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA DEPARTAMENTO DE PUNO

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
2.2. Numero de muestras : 01
2.3. Muestreado por : Roy Milton Feijo Flores
2.4. Fecha de ensayo : 10/05/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Cabanilla
2.8. Código, ubicación, fecha y hora de muestreo

Código	Ubicación	Fecha de muestreo	Hora
P1	E: 355584 N: 8273658	09/05/2024	15:29

III. RESULTADOS

Código	Temperatura (°C)	pH	Turbidez (NTU)	Arsénico (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)
M1	15.0	7.35	52.5	0.0176	0.5520	0.78

IV. MÉTODO DE ENSAYO

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

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

Juliaca, 16 de mayo del 2024

N°B.E.: 00211922



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 034 - 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Roy Milton Feijo Flores
1.2. Proyecto : CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCION DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA DEPARTAMENTO DE PUNO

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
2.2. Numero de muestras : 05
2.3. Muestreado por : Roy Milton Feijo Flores
2.4. Fecha de ensayo : 13/05/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Juliaca

III. RESULTADOS

Código	Temperatura (°C)	pH	Turbidez (NTU)	Arsénico (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)
T1	14.5	7.84	25.3	0.0130	0.4620	0.72
T2	14.2	7.76	15.0	1.0125	0.4412	0.60
T3	14.3	7.54	8.6	0.0110	0.3820	0.45
T4	14.5	7.60	3.4	0.0100	0.2801	0.30
T5	14.6	7.79	4.3	0.0105	0.3203	0.38

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, 16 de mayo del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELASQUEZ"

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

N°B.E.: 00211922



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

RESULTADO DE ANALISIS - AGUAS

INFORME N° LC 035 - 24

I. DATOS DEL SERVICIO

- 1.1. Solicitante : Roy Milton Feijo Flores
1.2. Proyecto : CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCION DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA DEPARTAMENTO DE PUNO

II. DATOS DEL ENSAYO

- 2.1. Producto : Aguas
2.2. Numero de muestras : 05
2.3. Muestreado por : Roy Milton Feijo Flores
2.4. Fecha de ensayo : 13/05/2024
2.5. Departamento : Puno
2.6. Provincia : San Román
2.7. Distrito : Juliaca

III. RESULTADOS

Código	Temperatura (°C)	pH	Turbidez (NTU)	Arsénico (mg/L)	Hierro (mg/L)	Manganeso (mg/L)
RT1	15.3	7.62	27.3	0.0137	0.4580	0.75
RT2	15.4	7.56	14.3	1.0130	0.4430	0.58
RT3	15.6	7.40	9.3	0.0107	0.3950	0.42
RT4	15.5	7.77	3.5	0.0100	0.2825	0.31
RT5	15.4	7.62	4.8	0.0103	0.3240	0.40

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, 16 de mayo del 2024

UNIVERSIDAD ANDINA
"NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

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

N°B.E.: 00211922

ANEXO 3.

DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM

Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua

Tabla N° 1: Estándar de calidad de Amoníaco Total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce (mg/L de NH₃)

Temperatura (°C)	pH							
	6	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	10,0
0	231	73,0	23,1	7,32	2,33	0,749	0,250	0,042
5	153	48,3	15,3	4,84	1,54	0,502	0,172	0,034
10	102	32,4	10,3	3,26	1,04	0,343	0,121	0,029
15	69,7	22,0	6,98	2,22	0,715	0,239	0,089	0,026
20	48,0	15,2	4,82	1,54	0,499	0,171	0,067	0,024
25	33,5	10,6	3,37	1,08	0,354	0,125	0,053	0,022
30	23,7	7,50	2,39	0,767	0,256	0,094	0,043	0,021

Nota:

(*) El estándar de calidad de Amoníaco total en función de pH y temperatura para la protección de la vida acuática en agua dulce, presentan una tabla de valores para rangos de pH de 6 a 10 y Temperatura de 0 a 30°C. Para comparar la temperatura y pH de las muestras de agua superficial, se deben tomar la temperatura y pH próximo superior al valor obtenido en campo, ya que la condición más extrema se da a mayor temperatura y pH. En tal sentido, no es necesario establecer rangos.

(**) En caso las técnicas analíticas determinen la concentración en unidades de Amoníaco-N (NH₃-N), multiplicar el resultado por el factor 1,22 para expresarlo en las unidades de Amoníaco (NH₃).

Categoría 3: Riego de vegetales y bebida de animales

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(µS/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 - 8,5		6,5 - 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
Arsénico	mg/L	0,1		0,2
Bario	mg/L	0,7		**
Berilio	mg/L	0,1		0,1
Boro	mg/L	1		5
Cadmio	mg/L	0,01		0,05
Cobre	mg/L	0,2		0,5
Cobalto	mg/L	0,05		1
Cromo Total	mg/L	0,1		1
Hierro	mg/L	5		**
Litio	mg/L	2,5		2,5
Magnesio	mg/L	**		250
Manganeso	mg/L	0,2		0,2
Mercurio	mg/L	0,001		0,01
Níquel	mg/L	0,2		1
Plomo	mg/L	0,05		0,05
Selenio	mg/L	0,02		0,05
Zinc	mg/L	2		24

ORGÁNICO

Bifenilos Policlorados

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Bifenilos Policlorados (PCB)	µg/L	0,04	0,045

PLAGUICIDAS

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Paratión	µg/L	35	35

Organoclorados

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Aldrin	µg/L	0,004	0,7
Clordano	µg/L	0,006	7
Dicloro Difénil Tricloroetano (DDT)	µg/L	0,001	30
Dieldrin	µg/L	0,5	0,5
Endosulfán	µg/L	0,01	0,01
Endrin	µg/L	0,004	0,2
Heptacloro y Heptacloro Epóxido	µg/L	0,01	0,03
Lindano	µg/L	4	4

Carbamato

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Aldicarb	µg/L	1	11

MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales	D2: Bebida de animales
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000
Eschevichia coli	NMP/100 ml	1 000	**
Huevos de Helmintos	Huevo/L	1	1

(a): Para aguas claras. Sin cambio anormal (para aguas que presentan coloración natural).

(b): Después de filtración simple.

(c): Para el riego de parques públicos, campos deportivos, áreas verdes y plantas ornamentales, sólo aplican los parámetros microbiológicos y parasitológicos del tipo de riego no restringido.

Δ 3: significa variación de 3 grados Celsius respecto al promedio mensual multianual del área evaluada.

Nota 4:

- El símbolo ** dentro de la tabla significa que el parámetro no aplica para esta Subcategoría.
- Los valores de los parámetros se encuentran en concentraciones totales, salvo que se indique lo contrario.

ANEXO 4.

Panel fotográfico



Fotografía 1. Enguaje del envase para la toma de muestra de las aguas del canal de riego del distrito de Cabanilla, departamento de Puno.



Fotografía 2. Toma de muestra de las aguas del canal de riego del distrito de Cabanilla, departamento de Puno, para el análisis de turbiedad y metales pesados.



Fotografía 3. Etiquetado de las muestras de agua del canal de riego del distrito de Cabanilla, departamento de Puno, para su respectivo análisis.



ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

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

Formato digital

Fecha de entrega: 03-04-25

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ROY MILTON FEIJO FLORES

Dirección: Av. 2 de Setiembre 1034 – Putina – San Antonio de Putina - Puno

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 77540854

Teléfono: 924446278 email: roy2001feijo@gmail.com

Nombres y Apellidos: _____

Dirección: _____

DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: _____

Teléfono: _____ email: _____

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

Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL

Título o Grado Académico a optar: INGENIERO SANITARIO Y AMBIENTAL

Asesor: Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación Tesis Trabajo de Suficiencia Profesional Trabajo Académico

Título: CLORURO FÉRRICO EN LA REMOCIÓN DE TURBIDEZ Y METALES PESADOS DE AGUAS DEL DISTRITO DE CABANILLA, DEPARTAMENTO DE PUNO

Palabras claves, (3 a 5 términos): Metales pesados, cloruro férrico, dosis optima y test de jarras

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

1, 2

¹ Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entre 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: CONTAMINACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL – P22

Firma de Autor



huella digital

03 - 04 - 25

Fecha