

UNIVERSIDAD DE HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERIA AMBIENTAL



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TESIS

“Efecto de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus* L.) en la calidad del agua residual minera, en el Centro Poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco - 2024”

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA
AMBIENTAL**

AUTORA: Lobatón Rojas, Lizbeth Yohalina

ASESOR: Morales Aquino, Milton Edwin

HUÁNUCO – PERÚ

2024

U

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Contaminación Ambiental
AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Biotecnología ambiental

Disciplina: Biorremediación, Biotecnologías de diagnóstico en la gestión ambiental

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

D

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 46708011

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 44342697

Grado/Título: Maestro en ingeniería, con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0002-2250-3288

DATOS DE LOS JURADOS:

Nº	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Zacarias Ventura, Héctor Raúl	Doctor en ciencias de la educación	22515329	0000-0002-7210-5675
2	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
3	Bonifacio Munguía, Jonathan Oscar	Maestro en medio ambiente y desarrollo sostenible, mención en gestión ambiental	46378040	0000-0002-3013-8532

H



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 17:00 horas del día 10 del mes de octubre del año 2024, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Dr. Hector Raul Zacarias Ventura (Presidente)
- Mg. Frank Erick Camara Llanos (Secretario)
- Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguía (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 2195-2024-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: **"EFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON JUNCO (*Juncus acutus* L.) EN LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL MINERA, EN EL CENTRO POBLADO DE COCHACALLA, SAN RAFAEL, AMBO, HUÁNUCO - 2024"**, presentado por el (la) Bach. **LOBATON ROJAS, LIZBETH YOHALINA**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) APROBADA..... Por UNANIMIDAD..... con el calificativo cuantitativo de 16..... y cualitativo de Buena..... (Art. 47)

Siendo las 18:15..... horas del día 10..... del mes de Octubre..... del año 2024....., los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Dr. Hector Raul Zacarias Ventura
DNI: 22515329
ORCID: 0000-0002-7210-5675
Presidente

Mg. Frank Erick Camara Llanos
DNI: 44287920
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Secretario

Mg. Jonathan Oscar Bonifacio Munguía
DNI: 46378040
ORCID: 0000-0002-3013-8532
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: LIZBETH YOHALINA LOBATÓN ROJAS, de la investigación titulada “Efecto de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus* L.) En la calidad del agua residual minera, en el Centro Poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco - 2024”, con asesor MILTON EDWIN MORALES AQUINO, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 1856-2022-D-FI-UDH P. A. de INGENIERÍA AMBIENTAL.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 21 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 13 de agosto de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

81. Lobatón Rojas, Lizbeth Yohalina.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %	21 %	6 %	6 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	4 %
2	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	3 %
3	searchworks-lb.stanford.edu Fuente de Internet	2 %
4	www.ana.gob.pe Fuente de Internet	1 %
5	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	1 %



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Dedico el presente trabajo a Dios por otórgame la bendición a vida y a mis Padres Martin Lobatón Guerra y Vilma Rojas Ramírez, por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que ha permitido realizarme profesionalmente.

A mis hermanos Eder y Mirko por ser mi inspiración y por su motivación constante para alcanzar mis metas pendientes como profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por concederme a cumplir un nuevo objetivo y otorgarme las fuerzas, la sabiduría y guiarme durante el proceso de la realización de mi trabajo de investigación.

A mis familiares, amistades y conocidos por su empatía, consejos, motivaciones que fueron un aporte indispensable para el logro este objetivo.

Agradecer a mi asesor y docentes por disponer de su tiempo y por las sugerencias en el desarrollo del proyecto de investigación.

Mis agradecimientos a la Empresa CIA Minera & Constructora MGC E.I.R.L, por el compromiso y proporcionar las facilidades en el proceso de ejecución dentro de sus instalaciones. De igual manera a su equipo multidisciplinario; sin la colaboración de cada uno de ellos no sería posible la presente.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
ABSTRACT.....	X
INTRODUCCIÓN	XI
CAPÍTULO I.....	12
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN	12
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	12
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	14
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	14
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	14
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	14
1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.7.1. VIABILIDAD AMBIENTAL	16
1.7.2. VIABILIDAD OPERATIVA	16
1.7.3. VIABILIDAD TÉCNICA.....	16
1.7.4. VIABILIDAD SOCIAL	16
1.7.5. VIABILIDAD ECONÓMICA	16
CAPÍTULO II.....	17
MARCO TEÓRICO	17
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	17
2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONALES.....	17

2.1.2.	ANTECEDENTES A NIVEL NACIONALES	19
2.1.3.	ANTECEDENTES A NIVEL LOCALES	21
2.2.	BASES TEÓRICAS	22
2.2.1.	FITORREMEDIACIÓN	22
2.2.2.	FITORREMEDIACIÓN ACUÁTICA	23
2.2.3.	TIPOS DE PLANTAS ACUÁTICAS.....	26
2.2.4.	JUNCO (JUNCUS ACUTUS L.)	27
2.2.5.	AGUA RESIDUAL MINERA	29
2.2.6.	COMPAÑÍA MINERA Y CONSTRUCTORA MGC EIRL.	34
2.3.	DEFINICIONES CONCEPTUALES	35
2.4.	HIPÓTESIS GENERAL.....	37
2.5.	SISTEMA DE VARIABLES	37
2.5.1.	VARIABLE INDEPENDIENTE.....	37
2.5.2.	VARIABLE DEPENDIENTE	37
2.6.	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	38
CAPÍTULO III		39
MARCO METODOLÓGICO.....		39
3.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	39
3.1.1.	ENFOQUE	39
3.1.2.	ALCANCE O NIVEL	39
3.1.3.	DISEÑO	39
3.2.	POBLACIÓN Y MUESTRA	40
3.2.1.	POBLACIÓN	40
3.2.2.	MUESTRA.....	40
3.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	41
3.3.1.	PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS.....	41
3.3.2.	PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS.....	44
3.4.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	44

CAPÍTULO IV.....	45
RESULTADOS.....	45
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	45
4.1.1 PRUEBA DE NORMALIDAD.....	54
4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS	55
CAPÍTULO V.....	57
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES.....	61
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	62
ANEXOS.....	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Taxonomía del Junco.....	29
Tabla 2 Punto de monitoreo de la muestra	41
Tabla 3 Datos de las características físicas antes y después	45
Tabla 4 Procesamiento de datos de las características físicas.....	45
Tabla 5 Datos de las características químicas antes y después.....	48
Tabla 6 Procesamiento de datos de las características químicas.....	48
Tabla 7 Datos de la presencia de metales pesados antes y después	51
Tabla 8 Procesamiento de datos de los metales pesados.....	51
Tabla 9 Test para normalidad de datos de Shapiro–Wilk W	54
Tabla 10 Prueba de T Wilcoxon para muestras relacionadas.....	55
Tabla 11 Interpretación de los datos con la normativa.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Procesos involucrados en la fitorremediación.....	25
Figura 2 Junco en su entorno natural	28
Figura 3 Caracterización e indicadores de aguas residuales de la minería .	31
Figura 4 Diseño del experimento	40
Figura 5 Parámetro sólidos suspendidos totales antes y después	46
Figura 6 Parámetro color antes y después	46
Figura 7 Parámetro turbiedad antes y después	47
Figura 8 Parámetro pH antes y después	49
Figura 9 Parámetro conductividad antes y después	49
Figura 10 Parámetro demanda bioquímica de oxígeno antes y después	50
Figura 11 Parámetro demanda química de oxígeno antes y después	50
Figura 12 Metal pesado cobre (Cu) antes y después	52
Figura 13 Metal pesado plomo (Pb) antes y después.....	52
Figura 14 Metal pesado Zinc (Zn) antes y después.....	53

RESUMEN

La investigación titulada “Efecto de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*) en la calidad del agua residual minera, en el Centro Poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco - 2024” cuyo objetivo es demostrar el efecto de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*) en la calidad del agua residual minera en el Centro Poblado de Cochacalla. La metodología es de tipo experimental, con una pre muestra y varias post muestras, los datos se compararon con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA-Agua) y Límite Máximo Permisible para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero - metalúrgicas, Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM en un antes (1) y después (2). La prueba de hipótesis se realizó con prueba de T Wilcoxon para muestras relacionadas. Se obtuvieron como resultados para STS (1) 60 mg/L y STS (2) con 10.4 mg/L, respecto al color (1) 470 Pt/Co y color (2) tuvo 4.7 Pt/Co, para la turbiedad (1) 100 NTU y turbiedad (2) con 11 NTU, la temperatura dentro de la variación permitida de 3. El los parámetros químicos para el pH (1) con 10.18 extremadamente alcalino pH (2) con 9.07 medianamente alcalino, para la Conductividad (1) con 1619 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y Conductividad (2) tuvo 1138.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, para DBO (1) se tuvo 8.7 mg/L y DBO (2) se tuvo 2 mg/L, en DQO (1) 202 mg/L y DQO (2) se tuvo 1081.1 mg/L. Respecto a los metales pesados para cobre (1) con 3.626 mg/L cobre (2) tuvo 0.32748 mg/L, para el plomo (1) 6.952 mg/L y plomo (2) con 0.001 mg/L finalmente para zinc (1) se tuvo 38.25 mg/L y zinc (2) 0.012 mg/L. Se concluye que el Junco (*Juncus acutus L.*) demostró tener el efecto para fitorremediar la calidad del agua residual minera en los parámetros físicos del agua: SST, turbiedad y color, igualmente se tuvo efecto en la remoción de la concentración de plomo y la remoción de la concentración de Zinc, el agua en estudio fue obtenida del Centro Poblado de Cochacalla San Rafael, Ambo, Huánuco, Perú.

Palabras claves: agua, metales, minería, fitorremediación, junco, remoción.

ABSTRACT

The research titled "Effect of phytoremediation with reed (*Juncus acutus* L.) on the quality of mining wastewater, in the town center of Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco - 2024" whose objective was to demonstrate the effect of phytoremediation with reed (*Juncus acutus* L.) in the quality of mining wastewater in the Populated Center of Cochacalla. The experimental methodology, with a pre-sample and several post-samples, the data was compared with the Environmental Quality Standards (ECA-Water) in a before (1) and after (2). Hypothesis testing was performed with the Wilcoxon T test for related samples. The results were obtained for STS (1) 60 mg/L and STS (2) with 10.4 mg/L, with respect to color (1) 470 Pt/Co and color (2) had 4.7 Pt/Co, for turbidity (1) 100 NTU and turbidity (2) with 11 NTU, the temperature within the allowed variation of 3. The chemical parameters for pH (1) with 10.18 extremely alkaline pH (2) with 9.07 moderately alkaline, for Conductivity (1) with 1619 $\mu\text{S}/\text{cm}$ and Conductivity (2) had 1138.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$, for BOD (1) it was 8.7 mg/L and BOD (2) it was 2 mg/L, in COD (1) 202 mg/L and COD (2) was 1081.1 mg/L. Regarding heavy metals, for copper (1) with 3.626 mg/L, copper (2) had 0.32748 mg/L, for lead (1) 6.952 mg/L and lead (2) with 0.001 mg/L, finally for zinc (1).) was 38.25 mg/L and zinc (2) 0.012 mg/L. It is concluded that the Junco (*Juncus acutus* L.) demonstrated to have the effect to phytoremediate the quality of the mining wastewater in the physical parameters of the water: TSS, turbidity and color, it also had an effect in the removal of the lead concentration and the removal of the Zinc concentration, the water under study was obtained from the Cochacalla San Rafael Population Center, Ambo, Huánuco, Peru.

Keywords: water, metals, mining, phytoremediation, reeds, removal.

INTRODUCCIÓN

El tratamiento de aguas residuales mineras que se generan en actividades mineras metalúrgicas es un aspecto crucial para la minería sostenible y responsable. Las operaciones mineras pueden generar aguas residuales de diversas maneras, dependiendo si la mina es a tajo abierto o subterránea, si presenta un balance hídrico bueno o malo, de procesos de refinación y de metalurgia extractiva por procesamiento de minerales.

Los relaves contienen desechos resultantes de extracción, de la limpieza de los equipos y el proceso de purificación. También es una mezcla de finas partículas químicas y agua, que se almacenan en grandes áreas llamadas presas de relaves o estanques de relaves.

El procesamiento adecuado de estos cuerpos de aguas residuales minera es esencial para cumplir con las regulaciones ambientales y mantener la viabilidad de las operaciones mineras. Además, la reutilización y el tratamiento responsable del agua en la minería son fundamentales para proteger los ecosistemas acuáticos y la salud humana.

La fitorremediación es una alternativa de tratamiento económico y ecológico para las aguas residuales mineras. No solo es amigable con el medio ambiente, sino que también es eficiente para reducir la carga contaminante de las aguas residuales a niveles bajos dado que puede eliminar, estabilizar o transferir contaminantes, cumpliendo así con las exigencias de las normas ambientales. En este proceso, se utilizó el Junco (*Juncus acutus* L.) como planta para eliminar o reducir los contaminantes y metales presentes en el agua.

Se puede apreciar además con el efecto del Junco la reducción de la turbiedad, la estabilización del pH, control de los sólidos suspendidos y principalmente la reducción de los metales pesados como son el cobre (Cu) plomo (Pb) y Zinc (Zn) en los 3 casos quedando dentro de lo establecido en los Límites máximos permisibles.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La minería siendo una de las operaciones industriales con mayores niveles de uso del agua, esto se debe a que, por un lado, lo usa en diversas cantidades de actividades, así como en sus excavaciones generan grandes cantidades principalmente por la infiltración de los acuíferos intervenidos y de las aguas superficiales. Por lo tanto todos los proyectos mineros deben tomar medidas adecuadas para gestionar y descargar del agua fuera del sitio de trabajo expulsando y utilizando sistemas de drenaje adecuados y tomando medidas preventivas de las mismas en contaminación, en el tiempo de explotación y posterior fin (Aduvire, 2006).

En los últimos años, se han generado enormes proyectos mineros en diversas áreas de los Andes con la promesa del crecimiento a sus poblaciones; pero en su gran mayoría, este avance ha sido dudoso. En específico la disponibilidad del agua en áreas urbanas. se presenta como uno de los desafíos más frecuentes y problemáticos en entornos relacionados con la minería Las ciudades próximas a importantes proyectos mineros enfrentan una constante falta de agua, lo que las obliga a buscar fuentes de agua distantes para cubrir sus necesidades al menos en parte (Damonte et al., 2020).

Entre las diversas causas de contaminación de los ríos, el drenaje ácido de mina (AMD) podría ser una de las más serias debido a su naturaleza, alcance y complejidad para ser resuelto. En Latinoamérica, los ríos contaminados de esta manera suelen ser ácidos y contienen altos niveles de sulfatos y metales pesados en sus aguas y sedimentos, además de implicar elevados costos económicos para su remediación (Grande Gil, 2016).

En el Perú, aunque la minería es una fuente clave de economía que ha ayudado a reducir la pobreza, también es el mayor contribuyente en material particulado que contamina los cuerpos de agua, afectando a las personas a través de los suministros de agua de consumo. Las pérdidas de miles de

millones de toneladas y otros minerales destinados a la exportación, aunque no afecte económicamente al sector minero, representan cantidades extremadamente peligrosas para la salud humana y el medio ambiente. En el sector minero, las pérdidas se miden en toneladas y son consideradas mínimas. Sin embargo, en el ámbito de la salud, se utilizan medidas como partes por millón, billón y hasta trillón, lo que indica cantidades extremadamente peligrosas. Dado que Perú es un país minero con el 16% de las reservas conocidas a nivel mundial, su potencial geológico le permite ser hoy en día el segundo mayor productor de cobre, plata y zinc en el mundo, y el principal productor de oro, plomo y zinc en Latinoamérica (Villena, 2018).

En la quebrada de Polantuna, en el Centro Poblado de Cochacalla - Distrito de San Rafael - Provincia de Ambo - Departamento Huánuco, está la Planta Concentradora KADOSH dispone con un depósito de relaves donde acumula desechos mineros generados del proceso de concentración de minerales polimetálicos que contienen mezclas de partículas sólidos con líquidos. La Planta Concentradora de Minerales KADOSH tiene una Planta de tratamiento de aguas residuales Industriales (PTARI) como parte del proceso, estas aguas reciben tratamientos primarios o tratamiento físicos- químico (tanques).

Sin embargo, estas aguas aún son negativos para el ambiente y la salud, ante este problema existe diversos métodos para poder tratar el agua de relaves provenientes del proceso metalúrgico, y en esta investigación se plantea fitorremediación, usando la especie de la zona junco (*Juncus acutus* L.).

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es el efecto de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*) en la calidad del agua residual minera en el Centro Poblado de Cochacalla San Rafael, Ambo, Huánuco?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cuáles son las características físicas del agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*)?
- ¿Cuáles son las características químicas del agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*)?
- ¿Cuál es el porcentaje de presencia de metales pesados del agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*)?

1.3. OBJETIVO GENERAL

- Demostrar el efecto de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*) en la calidad del agua residual minera en el Centro Poblado de Cochacalla San Rafael, Ambo, Huánuco.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las características físicas del agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*).
- Describir las características químicas del agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*).
- Describir la presencia de metales pesados del agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*).

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Considerando que en las aguas subterráneas hay existencia de metales pesados e incluso en los suelos, por el proceso de lixiviados de aguas residuales de la minería tienen afectaciones negativas y de impactos significativos, es de necesidad promover nuevas técnicas y métodos que vayan de la mano con el desarrollo sostenible y la preservación del medio ambiente.

Es por ello que la fitorremediación que a la actualidad es una técnica, nueva y sustentable, viene siendo una solución sustentable, a los problemas de aguas contaminadas, además es de fácil aplicación y tiene un funcionamiento óptimo. Sin embargo, aún hay mucho que investigar y promover, entre ellos la ampliación de especies fitorremediadoras que se acoplen al ámbito geográfico y el tipo de contaminación que se requiere tratar.

El motivo para realizar esta investigación se basó en que la especie que se proponen es de las pocas que pueden desarrollarse pese a estar expuestos a las aguas residuales de minería, por ello se pretende conocer que efectos tienen estos frente a esta situación.

Es necesario ampliar el conocimiento con pruebas y capacidades que puedan tener las plantas, para ello se realizó pruebas que en el lugar de estudios comúnmente no se dan, con ello resolver algunas dudas, por medio del método científico.

En consecuencia, la justificación social se basó en establecer conocimiento de las especies que se proponen, puesto que por muchos son conocidos como mala hierba sin embargo tienen una función específica en el ambiente y su preservación.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

- El estudio estuvo limitado al análisis de los parámetros físicos, parámetros químicos y con metales pesados, obviándose el análisis de los parámetros microbiológicos.

- La investigación se limitó al trabajo solo la especies macrófito junco (*Juncus acutus* L.).
- El tipo de agua residual que se trató limitó el crecimiento y desarrollo normal (morfológicos) de la especie macrófito que se evaluó.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1. VIABILIDAD AMBIENTAL

Las aguas residuales de la minería en la Planta Concentradora KADOSH, solo reciben tratamientos físicos, estas aguas aún son negativos para el ambiente y la salud, lo que da lugar a desarrollar fitorremediación como una opción de solución a este problema.

1.7.2. VIABILIDAD OPERATIVA

Teniendo en cuenta los recursos necesarios como; movilidad, colaboradores y materiales requeridos del tema, la investigación se hizo viable de manera operativa.

1.7.3. VIABILIDAD TÉCNICA

El trabajo de investigación presentó viabilidad técnica puesto que en el asesoramiento técnico se contó con docentes de nuestra universidad conocedores y especializados en el tema.

1.7.4. VIABILIDAD SOCIAL

En el desarrollo de la investigación se dio prioridad a la población que se benefician directa e indirectamente con el área de trabajo, sin generar perjuicios, y brindando el conocimiento sobre el estudio.

1.7.5. VIABILIDAD ECONÓMICA

El trabajo de investigación se hizo viable económicamente, puesto que desde su desarrollo hasta la presentación final se contó con los recursos económicos cubiertos por el investigador.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES A NIVEL INTERNACIONALES

Bustamante et al. (2022) en el artículo; “*Capacidad de fitorremediación de hierro de las lentejas de agua (Lemna minor) y la hydrilla (Hydrilla verticillata)*” Revista de Iniciación Científica en la Universidad Tecnológica de Panamá. Cuyo **objetivo** fue evaluar la capacidad de las lentejas de agua (*Lemna minor*) de fitorremediar concentraciones de hierro, comparándolas con la capacidad de la hydrilla (*Hydrilla verticillata*) durante siete días. En la **metodología** para llevar a cabo este proyecto se empleó agua de clorada, a la que se añadió sulfato ferroso heptahidratado ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) y se identificaron las diversas características físicas y químicas del agua. Los **resultados** Durante las primeras 48 horas del experimento, tanto las lentejas de agua como la hydrilla mostraron una capacidad inicial de absorción comparable. La lenteja de agua redujo la concentración de hierro en el agua en un 49.07 %, mientras que la hydrilla logró una reducción del 42.90 %. cuando aumenta el tiempo del experimento ($t > 1$ día), el proceso de absorción se fue ralentizando gradualmente, alcanzando una reducción mínima del 1.10 % para las lentejas de agua y del 15.93 % para la hydrilla pre observar una desorción de 4.44 % y 22.73 % respectivamente al culminar el experimento. La hydrilla, con una reducción de hierro del 53.02 %, a diferencia del 51.44% de las lentejas de agua. **Concluyendo** que las dos especies mostraron una notable eficiencia para eliminar hierro del agua, lo que sugiere que podrían ser un método económicamente viable para la fitorremediación del hierro en ambientes acuáticos.

Carreño-Sayago (2021) en su artículo académico; “*Desarrollo de un sistema sostenible de fitorremediación y bioetanol con E. crassipes*” en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua – México. Cuyo **objetivo** fue desarrollar un proceso sostenible entre fitorremediación y producción

de bioetanol con la biomasa de *Eichhornia crassipes*, evaluando la incidencia de plomo adherido a la biomasa de esta planta en la producción de bioetanol. **Metodología:** se implementó un sistema donde se evalúa la fitorremediación con *E. crassipes* utilizando agua contaminada con plomo, con el fin de determinar la eficacia de la planta en la eliminación de este metal pesado. Posteriormente, se recolectó la biomasa cargada con plomo y se transportó a los biorreactores para evaluar la generación de bioetanol, y para analizar tres tipos de biomasa: una sin plomo adherido y dos con plomo adherido a los componentes de la planta. **Resultados:** La producción de etanol de *E. crassipes* se redujo en un 30% debido a la presencia de plomo. Durante el proceso de fitorremediación, con una concentración inicial de 500 mg/l de plomo, se observó una disminución constante de este metal, estabilizándose después de 15 días de tratamiento. Ambas pruebas presentaron unos resultados similares a lo largo del proceso con remociones superiores al 80%. Se **concluye** que la biomasa de *E. crassipes* puede ser utilizada de manera efectiva en las técnicas de fitorremediación de aguas contaminadas con metales pesados.

Saavedra (2020) en su investigación; “*Biorremediación de aguas con metales pesados mediante biomasa microalga*” en la Universidad de Valladolid - España. Cuyo **objetivo** fue estudiar y optimizar el potencial de biorremediación de la biomasa microalga con el fin de hacer frente a la contaminación asociada a la presencia de MP en cuerpos de agua. Los **resultados** obtenidos mostraron que la presencia de MO reduce significativamente la capacidad de eliminación de MP (por ejemplo, se observó una disminución del 22,7 % y del 11,1 % en los resultados finales de biosorción en estudios realizados con *C. vulgaris* y *S. almeriensis*, respectivamente). Los procesos únicos más intensamente afectados por la presencia de MO fueron aquellos relacionados con la eliminación de As (desde 2,2 a 0,0 mg/g usando *C. vulgaris* y desde 2,3 a 1,7 mg/g usando *S. almeriensis*) y Cu (de 3,2 a 2,3 mg/g en *C. vulgaris* y de 2,1 a 1,6 mg/g usando *S. almeriensis*). **Concluyendo** que la validación del sistema de columnas de lecho fijo como un sistema

adecuado para la biorremediación de aguas con MP utilizando biomasa microalga, estableciendo un precedente importante para la futura ampliación del proceso.

2.1.2. ANTECEDENTES A NIVEL NACIONALES

Quiroz & Ambrocio (2021) en su investigación; “Fitorremediación de aguas contaminadas con mercurio utilizando *Eichhornia crassipes*” Universidad Privada del Norte – Cajamarca. Teniendo **por objetivo** fitorremediar aguas contaminadas por mercurio usando *Eichhornia crassipes*. En la **metodología** de tipo aplicada, de carácter cuasi experimental, causal, de enfoque cuantitativo, El sistema experimental utilizó contenedores de vidrio con un sistema de flujo continuo para asegurar el movimiento del agua. En estos contenedores se introdujo agua contaminada con mercurio a una concentración de 0,1 mg/L, y se llevó a cabo la fitorremediación utilizando *Eichhornia crassipes*. obteniendo como **resultados** Se logró una fitorremediación de más del 90 % de Hg (II) en un periodo de 15 días a una concentración de 0,1 mg/L en ambientes controlados con agua en movimiento. Además, se determinó que no hay diferencias significativas en la efectividad de la fitorremediación entre los distintos medios de aplicación, con un valor de probabilidad asociada de 0,48, ni en función del tiempo, con un valor de $p = 0,262$. **Concluyendo** que El agua contaminada con mercurio a una concentración de 0,1302 mg/L fue tratada mediante fitorremediación utilizando *Eichhornia crassipes*. Esta planta demostró una capacidad de remoción superior al 90 % en condiciones ácidas, neutras y alcalinas, en periodos de 5, 10 y 15 días. Además, se observó que la efectividad de esta técnica mejora notablemente en entornos con flujo continuo de agua.

Fernández (2021) en su investigación; “La fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en la remoción del agua dura del distrito de Reque” de la Universidad César Vallejo – Chiclayo. Tuvo por **objetivo** evaluar la efectividad de fitorremediación del Jacinto de agua para la remoción de la dureza en agua del distrito de Reque. En la que la **metodología** fue de tipo aplicada con un enfoque cualitativo con

diseño cuasi experimental. Por lo que se obtuvieron los como **resultados** la evidencia de que los valores iniciales del agua fueron , conductividad eléctrica de 00,8 dS/cm, temperatura de 21,6 °C, 6,97 pH y dureza de 404 ppmCaC03, después de 9 días de contacto con la planta acuática los valores cambiaron a una, temperatura de 22,1 °C, pH de 7,25, dureza de 340 ppmCaC03 y conductividad eléctrica de 00,7 dS/cm aun así, a diferencia, tras 18 días, se registraron una dureza de 300 ppmCaC037, 68 pH, conductividad eléctrica de 00,8 dS/cm y temperatura de 23, 3 °C., **Concluyendo** que el método de tratamiento redujo la dureza en un 25.7 %, aunque incrementó los niveles de temperatura y pH, a diferencia que la conductividad eléctrica permaneció sin cambios.

Rojas & Suyón (2020) en la investigación; “*Eficiencia de fitorremediación con jacinto de agua (Eichhornia crassipes) para disminuir concentraciones de arsénico en aguas del centro poblado Cruz del Médano*” de la Universidad de Lambayeque en Morrope. Teniendo como **objetivo** evaluar la eficiencia de fitorremediación con Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para la disminución de las concentraciones de arsénico en aguas. En la **metodología** se inició con la recolección de muestras de agua con arsénico del pozo y la obtención de la especie, con el fin de identificar y comparar los parámetros físico-químicos antes y después de aplicar el Jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para demostrar su eficiencia, obteniendo como **resultado**, dando la primera muestra de Arsénico (As) 0.047 mg/l con los parámetros de la temperatura de 26.6°C y pH de 7.25, luego de la fitorremediación usando Jacinto de agua los datos resultantes fueron de As 0.031 mg/l con pH de 7.19 y temperatura de 21.40 °C, En la segunda semana de la fitorremediación, se observó una reducción de As a 0.019 mg/l, con un pH de 7.10 y una temperatura de 23°C. Al verificar los datos antes y después del proceso, se registró una disminución del 60 %, manteniendo los parámetros de temperatura y pH necesarios para la planta. **Concluyendo** que, al dejar el Jacinto de agua por más semanas, el arsénico inicial de 0.047 mg/l disminuyó a un resultado final de 0.019

mg/l, logrando una remoción del 60 % y manteniendo los parámetros de temperatura y pH necesarios para la planta.

2.1.3. ANTECEDENTES A NIVEL LOCALES

Carhuaricra (2019) en su investigación; *“Fitorremediación por el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, limnobium laevigatum y eichhornia crassipes para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa”*, Universidad de Huánuco. Cuyo **objetivo** fue determinar la capacidad fitorremediadora por el proceso de fitodegradación a escala experimental con dos especies acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes en el tratamiento de aguas residuales. **Metodología**; Se creó un humedal artificial utilizando un enfoque cuantitativo. de flujo superficial libre a escala experimental, en la cual se incluyeron dos especies macrófitas flotantes comúnmente conocidos como Jacinto de agua (Eichhornia crassipes) y Trébol de agua (Limnobium laevigatum). Los **resultados** obtenidos para DQO se redujo en: 23.4 horas (271.1 mg/L), en 31.2 horas (156.8 mg/L), en 39 horas (128.4 mg/L) y 46.8 horas (166.9 mg/L). Para SST se redujo en: 23.4 horas (132 mg/L), 31.2 horas (26 mg/L), 39 horas (31 mg/L) y 46.8 horas (68 mg/L). Para pH en: 23.4 horas (6.2), en 31.2 horas (6.6), en 39 horas (6.7) y 46.8 horas (7.5). Para CE se redujo en: 23.4 horas (487 μ S/cm), en 31.2 horas (414 μ S/cm), en 39 horas (342 μ S/cm) y 46.8 horas (315 μ S/cm). Para DBO se redujo en: 23.4 horas (99.8 mg/L), en 31.2 horas (42.5 mg/L), en 39 horas (34.7 mg/L) y 46.8 horas (36.5 mg/L) Para coliformes fecales o termotolerantes se redujo en: 39 horas (230 NMP/ 100 mL) y 46.8 horas (790 NMP/ 100 mL). 23.4 horas (1300000 NMP/ 100 mL), en 31.2 horas (7900 NMP/ 100 mL). **Concluyendo** de esta manera que la capacidad fitorremediadora de este proceso, está por debajo de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes del PTAR.

Fernández (2019) en su investigación: *“Identificación de especies vegetales nativas acumuladoras de cadmio en el caserío de Picuruyacu Alto”* Universidad Nacional Agraria de la Selva – Tingo María. Para lo

cual el **objetivo** fue identificar las especies vegetales nativas acumuladoras de cadmio en el caserío de Picuruyacu Alto. En la **metodología** se recolectaron 4 ejemplares de cada especie de planta herbácea halladas, para su análisis fisicoquímico, morfológico y la identificación, las muestras incluyeron el sistema radicular (raíz). y el vástago (tallo, hoja, flor y semillas). En los **resultados** se hallaron siete especies vegetales nativas tolerantes, *Euphorbia heterophylla* de la familia euphorbiaceae, *Philoglossa mimuloides* y *Ageratina* cf *azangaroensis* de la familia asteraceae, *Browallia americana* de la familia solanaceae, *Borreria prostrata* y *Diodia alata* de la familia de las rubiaceae *Commelina difusa* de la familia commelinaceae, de igual forma, se encontraron dos especies acumuladoras vegetales nativas, *Cyperus simplex* de la familia cyperaceae y *Cyathula prostrata* de la familia amaranthaceae. Por lo que se **concluye** que acumulan más del 50% del contenido total de cadmio en sus raíces Las nueve especies identificadas.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. FITORREMEDIACIÓN

Según Núñez et al. (2004) la fitorremediación se describe como una tecnología sostenible que utiliza las plantas para disminuir en el lugar la peligrosidad o concentración de contaminantes inorgánicos e orgánicos en el agua, aire, suelos y sedimentos, esto se logra a través de procesos bioquímicos llevados a cabo por las plantas y los microorganismos vinculados a su raíz y sistema que resultan en la volatilización, estabilización, reducción, degradación y mineralización, de los diferentes tipos de contaminantes.

Según la perspectiva de Santana (2020) la fitorremediación es un método de biorremediación que emplea plantas, asociadas o no a microorganismos, para reducir o eliminar un contaminante del ambiente. Es una tecnología limpia, de bajo costo y gran aceptación pública para la remediación de áreas contaminadas, pero hay casos en los que los niveles de contaminación son elevados alto que incluso las plantas de fitorremediación tienen dificultades para establecerse. Además, estas

plantas pueden crecer, pero acumulan bajas concentraciones de metales en sus tejidos, mostrando poca eficiencia en la fitorremediación.

A todo esto Cadena (2017) agrega que es una de las principales alternativas de fitorremediación eco-sustentable en los tratamientos en los lugar de las aguas residuales. Esta es una tecnología es eco amigable, no agresiva y facilita la recuperación de la función del agua. Se calcula que a diferencia de los métodos físicos y químicos que se emplean tradicionalmente su costo es de 10 a 100 veces más barato. Sin embargo, esta tecnología depende de variables específicas de las fuentes de agua a recuperar, como sus características, grado de contaminación, tipo de vegetación y clima. Muchas de éstas hacen que el éxito de la fitorremediación.

2.2.2. FITORREMEDIACIÓN ACUÁTICA

Históricamente, las plantas acuáticas vasculares eran identificadas como una plaga en sistemas con altos niveles de nutrientes. Su crecimiento acelerado puede obstaculizar la navegación y poner en riesgo el equilibrio de la biota en los ecosistemas acuáticos. Actualmente, se cree que estas plantas pueden ser gestionadas de manera efectiva y resultar beneficiosas, gracias a su habilidad para eliminar y acumular diferentes tipos de contaminantes, Así mismo, la biomasa se reutiliza como alternativa de energía, fibra y forraje entre ellos los carrizos o juncos. A partir de ese momento, las técnicas de fitorremediación acuática han mejorado ganando cada vez más aceptación y uso. La fitorremediación acuática permite eliminar, en el lugar, diversas clases de metales presentes en bajos porcentajes en grandes cantidades de agua (Núñez et al., 2004).

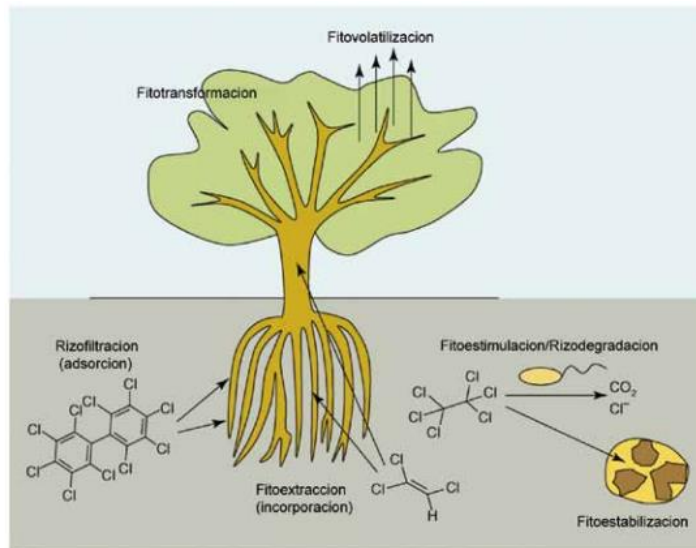
2.2.2.1. SISTEMAS DE FITORREMEDIACIÓN ACUÁTICA

Pueden ser de tres distintas maneras los sistemas de fitorremediación acuática:

- **Humedales contruidos:** Son sistemas artificiales creados por el hombre que imitan los humedales naturales, compuestos por sustratos saturados, vegetación emergente y sub-emergente, fauna y agua, diseñados para aprovechar sus beneficios.
- **Sistema de tratamiento con plantas acuáticas flotantes:** Pueden ser embalses naturales o escalas, en los que se utilizan plantas flotantes para el tratamiento de aguas residuales.
- **Sistema de tratamiento integral:** Son una mezcla de los dos procesos mencionados anteriormente, incluyendo. rizofiltración. Se ha comprobado que estos procesos son eficientes en la remoción de fenoles, fluoruros, metales pesados, fosfatos, pesticidas, nitratos, bacterias, elementos radiactivos y virus, provenientes de las descargas de aguas residuales, agrícolas, municipales e industriales, contemplando las industrias: textil, aceitera, metalurgia, lechera, azucarera, de pulpa, de papel, de curtiduría, de destilería y de galvanizado.

Figura 1

Procesos involucrados en la fitorremediación



Nota. Involucrar varios procesos la fitorremediación: fitoextracción, fitotransformación, fitovolatilización, biorremediación rizosférica y fitoestabilización. (Levitus et al., 2010).

2.2.2.2. ESTRATEGIAS QUE INCREMENTA LA EFICIENCIA DE LA FITORREMEDIACIÓN

Algunas de estas estrategias son:

- Incremento en la absorción de contaminantes a través de la sobreexpresión o modificación de la especificidad de varios transportadores de membrana, o mediante la expresión y secreción compuestos quelantes o proteínas.
- Mejora de la eficiencia de descomposición de contaminantes orgánicos a través de la sobreexpresión de ciertas enzimas.
- Incremento de almacenamiento de metales pesados, a través de la expresión de enzimas que facilitan su unión a moléculas como el glutatión y/o las fitoquelatinas.

Frecuentemente, los genes empleados para mejorar la eficiencia de la fitorremediación se obtienen de animales o microorganismos, pues estos organismos poseen las enzimas

necesarias para descomponer y/o mineralizar las moléculas orgánicas, contribuyendo así las propiedades metabólicas de las plantas. A medida que se comprendan mejor las bases moleculares y fisiológicas de los procesos de absorción, transporte y acumulación de contaminantes en las plantas utilizadas para fitorremediación, es viable desarrollar estrategias nuevas de modificación genética en diferentes especies vegetativas. Algunas investigaciones prometedoras buscan aumentar la eficiencia de la fitorremediación optimizando las interacciones entre las plantas y sus microorganismos endófitos, ya sean estos naturales o modificados genéticamente (Levitus et al., 2010).

2.2.3. TIPOS DE PLANTAS ACUÁTICAS

Según sus tipos de vida, las plantas empleadas en los procesos de fitorremediación acuática se dividen en tres categorías: Emergentes, cuyas raíces están por debajo en los sedimentos y su parte superior sobresale por encima de la superficie del agua. En la porción aérea de la planta. están sus estructuras. Ejemplos: platanillo (*Sagitaria latifolia*), tule (*Thypha dominguensis*) y carrizo (*Phragmites communis*). (Núñez et al., 2004).

- **Plantas de libre flotación (no fijas):** Crecen sobre la superficie del agua sus tallos y hojas. Pero sus raíces no están ancladas a ningún sustrato y flotan en la columna de agua. Se mantienen sobresalidas sus estructuras vegetativas y reproductivas. Ejemplos: lenteja de agua (*Lemna spp.* y *Salvinia minima*), lirio acuático (*Eichhornia crassipes*).
- **Plantas de hoja flotante (fijas):** Las raíces están fijas en los sedimentos y tienen sus hojas flotando sobre parte superior del agua. Ejemplo: nenúfares (*Nymphaoides fallax* y *Nymphaea elegans*).

- **Sumergidas:** Crecen bajo la superficie del agua o totalmente sumergidas. Se presentan sus órganos reproductores sumergidos, o estar sobresalidas de la superficie de agua. Ejemplos: pastos (*Phyllospadix torreyi*), bejuquillo (*Cerathophyllum demersum*) y hidrilla o maleza (*Hydrilla verticillata*).

2.2.3.1. CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PLANTAS PARA LA FITORREMEDIACIÓN

La efectividad en la eliminación de contaminantes mediante fitorremediación está influenciada principalmente por la especie de planta seleccionada, su fase de crecimiento, la estacionalidad y el tipo de metal que se desea eliminar (Núñez et al., 2004). De la misma manera, para obtener resultados positivos, las especies empleadas tienen que contar con las siguientes descripciones:

- Resistir cantidades elevadas de metales.
- Poder almacenar los metales.
- Ser fácilmente obtenible
- Tener buena productividad y rápido tiempo de crecimiento.
- Pertener naturalmente a la comunidad de especies locales.

2.2.4. JUNCO (*Juncus acutus* L.)

El junco se desarrolla en lugares con disponibilidad hídrica alta, es una especie normalmente marginada puesto que no recibe atención, siendo un recurso propio de los ecosistemas que puede recibir mejor provecho.

Figura 2

Junco en su entorno natural



Nota. El junco tiene resistencia y flexibilidad en su tallo por lo que es usado en la elaboración de cestas artesanales (Perdomo & Cubas, 2002).

- **Características**

Es una planta con fibras fuertes que son aprovechadas como el tejido de cestos y como fibra vegetal para el atado. Recibe el nombre común según la zona junquilla, junco redondo, ira, hunco, juncia, junco con fleque, junco con borla, junco, junco espinoso, junquera, junco silvestre. Presenta un color verde oscuro sus tallos forman matas que pueden alcanzar de 1,5 a 2 metros. Presenta láminas y culmos de forma cilíndrica y pungente, del que proviene su nombre. Está compuesta de pequeñas flores rosáceas y pardas. Su fruto tiene forma de una cápsula parecida al trigo de tonalidad rosada. El periodo de floración va de abril a julio (Perdomo & Cubas, 2002).

- **Taxonomía**

Tabla 1

Taxonomía del Junco

Orden	Poales
Familia	Juncaceae
Especie	<i>J. acutus</i>
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Género	<i>Juncus</i> L.
Clase	Liliopsida

Nota. Datos provenientes de Perdomo & Cubas (2002).

2.2.5. AGUA RESIDUAL MINERA

Citando a Grande (2016) las aguas procedentes de la minería son conocidas como el drenaje ácido de mina (AMD) es una de las causas más serias de contaminación de los ríos debido a su naturaleza, extensión y dificultad para resolverlo. Los ríos contaminados por (AMD) se distinguen por su alta acidez y elevados niveles de sulfatos y metales pesados en sus aguas y también por la presencia metálico de sus sedimentos y los costos económicos de su biorremediación, la contaminación producida varían desde irregularidades subletales, en algunos individuos que forman parte de los ecosistemas dañados, en las situaciones de polución muy leve, con dificultades asociados de biomagnificación y de bioacumulación, hasta la extinción de la fauna acuática y la pérdida de los recursos hídricos, ya que el agua se vuelve inutilizable para el consumo humano, agrícola o industrial.

A lo que Herrera (2019) agrega que el drenaje ácido de minas y escombreras representa uno de los problemas ambientales más serios y principales de la minería, tanto pasado, presente y futura, debido a su difícil de reversión y alto consto de solución. Cuando los minerales sulfurados entran en contacto con el agua se genera ácido sulfúrico en las aguas de drenaje, que puede tener un pH de 2.0, llegando al valor muy bajo.

2.2.5.1. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA A TRATAR

La comprensión del origen de los procesos AMD, así como la necesidad de utilizar indicadores apropiados surge de la descripción de sus propiedades y la evaluación de su impacto ambiental. Por ejemplo, La necesidad de utilizar indicadores específicos de naturaleza mineralógica y ecológica, junto con los convencionales físico-químicos, se justifica por el control que la mineralogía y los organismos acidófilos ejercen sobre la movilidad y biodisponibilidad de los contaminantes en estos ambientes (Grande, 2016).

- **Indicadores fisicoquímicos**

Las especies químicas presentes, se identifican con el foco de contaminación, que en este caso es de origen minero. Así, el tipo de aniones, metales y minerales a investigar debe determinarse en función de la litología del sedimento y la litología de la base. Generalmente, el AMD se le conoce como una solución metálica y sulfatada, con alto nivel de acidez y valores de pH bajos. De este modo, se resaltan los parámetros conductividad eléctrica, acidez, pH, acidez total, oxígeno disuelto, (O₂), potencial redox (Eh). Debe ser medido en el campo estos grupos de parámetros y, aunque su característica es expedita, son muy funcionales en AMD.

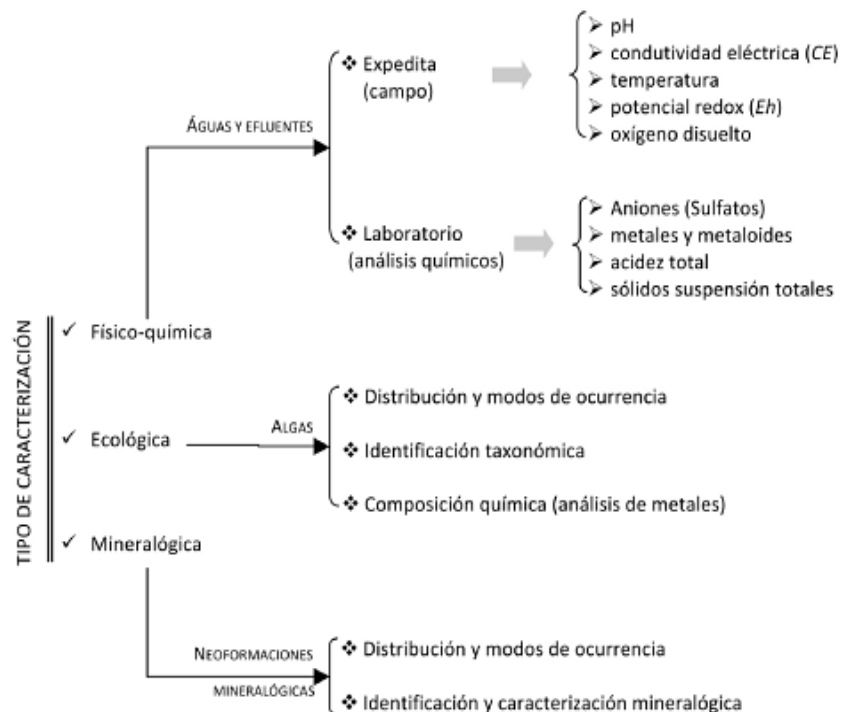
- **pH y acidez total:** Generalmente, el AMD se identifica con valores de pH en un corto intervalo, comúnmente de 2 y 4 (aunque se puedan encontrar valores más bajos).
- **Conductividad eléctrica (CE):** indica claramente los diferentes niveles de contaminación por AMD. La relación inversamente proporcional entre la CE y el pH puede quedar oculta durante el proceso de monitoreo, especialmente en lo que respecta a la frecuencia del muestreo. Esta relación se

vuelve claramente visible con grandes volúmenes de datos, que muestran la interacción entre la lluvia, el pH y la CE.

- **Oxígeno disuelto:** En los efluentes afectadas por AMD la concentración del oxígeno disuelto puede variar ampliamente debido a las fluctuaciones climáticas, así como a las condiciones hidráulicas, hidrológicas, ecológicas e hidro químicas. presenta mediciones de oxigenación circunstancialmente altas según indicadores. Este parámetro es especialmente relevante debido a su relación con las condiciones ecológicas de estos entornos, en los cuales prosperan organismos acidófilos. Las fases de productividad biológica regulan el movimiento de los valores de O₂, las cuales son más elevados en condiciones de intensa actividad fotosintética de las algas.

Figura 3

Caracterización e indicadores de aguas residuales de la minería



Nota. Diversos tipos de caracterización, basada en la aplicación de indicadores paramétricos (físico - químicos), mineralógicos y ecológicos. (Grande, 2016).

- **Metales pesados**

El agua utilizada en industrias como la minería, metalurgia y las diversas fábricas contaminan las aguas con diferentes metales. Por ejemplo, las sales de metales como el zinc, el mercurio, plomo, la plata, el níquel, el arsénico y cadmio tienen alto grado de toxicidad para las plantas y los animales terrestres y acuáticos (Mendoza, 2017).

Los elementos que no se degradan son los metales, por lo que tienden a acumularse en los sistemas ambientales lo que resulta en su toxicidad, por lo que el lugar final de los metales pesados es el suelo y los sedimentos. A diferencia de otros tienen altos valores de densidades. La presencia de los metales pesados en los suelos es un aspecto muy importante a tener en cuenta por la corta relación que existe entre los metales y las aguas que fluyen bajo tierra, derivada de la filtración de éstos a los mantos freáticos (Mendoza, 2017).

- **Plomo (Pb)** Es uno de los metales generalmente utilizados, ubicuos, conocidos por el hombre, se encuentra en casi todas las partes de la naturaleza así mismo en los sistemas bióticos, las concentraciones de plomo en el medio ambiente han aumentado al menos más de mil veces en los últimos tres siglos. Elemento natural perteneciente al grupo 14 (iv a) de la tabla química, tiene un peso atómico de 207.2, presenta un color gris-azulado y suele combinarse con dos o más elementos para crear componentes de plomo (Mendoza, 2017).

- **Zinc (Zn)** Es un micronutriente de los suelos, las cuales pueden ser retenidas por las arcillas, la materia orgánica y los minerales calcáreos, lo que hace que su movilidad sea muy limitada. El Zn forma parte esencial de diversas deshidrogenasas y de proteínas y peptidasas. Es un mineral

que en alto contenido puede representar un peligro para la salud y generar cambios drásticos en el medio ambiente (Bonilla et al., 1994).

- **Cobre (Cu)** La gran cantidad del cobre a nivel mundial se encuentra de los minerales sulfurosos como la calcopirita, bornita, enargita, calcocita y covelita. Los minerales oxidados son la brocantita, malaquita, cuprita, tenorita, azurita y, crisocola. El cobre natural, hoy en día solo se obtiene en Michigan a diferencia de antes abundante en Estados Unidos. A medida que se agotaron los recursos minerales y aumento la demanda de cobre, la calidad del mineral utilizado para producir cobre siguió disminuyendo, Al utilizar los minerales de los grados menores, hay enormes volúmenes de cobre en la Tierra para su futura utilización y no hay probabilidad de que se acaben en un buen tiempo (Mendoza, 2017).

2.2.5.2. IMPACTO AL AMBIENTE DE LAS AGUAS RESIDUALES DE MINERÍA

La contaminación producida por las escombreras en las distintas explotaciones mineras de las cuencas afectadas, al ser función de sus características morfométricas, mineralógicas, estructurales, hidrológicas, etc. presenta una dispersión muy notable, ya que el régimen de emisión de contaminantes, los valores de concentraciones y aportes, son tan diferentes de unas escombreras a otras, que resulta difícil hablar de parámetros característicos de contaminación en estas estructuras mineras (Grande, 2016).

La contaminación producida por las escombreras en las distintas explotaciones mineras de las cuencas afectadas, al ser función de sus características morfométricas, mineralógicas, estructurales, hidro lógicas, etc. presenta una dispersión muy notable, ya que el régimen de emisión de contaminantes, los

valores de concentraciones y aportes, son tan diferentes de unas escombreras a otras, que resulta difícil hablar de parámetros característicos de contaminación en estas estructuras mineras (Grande, 2016).

Se ha evidenciado que la descarga de estos químicos transforma la composición de las subterráneas y aguas superficiales, generando diversos problemas medioambientales. (Herrera, 2019), estas pueden ser:

- Presencia de contaminantes en los acuíferos y volúmenes de agua cercanos.
- Daño a estructuras metálicas y de hormigón.
- Cambios sobre las especies vegetativas y los animales del lugar.
- No se puede usar para el consumo humano o agrícola.
- Pérdida de los ecosistemas acuáticos.
- Impacto negativo en el aspecto paisajístico
- Mala gestión en la restauración de las áreas al final de la utilización de la mina.

2.2.6. COMPAÑÍA MINERA Y CONSTRUCTORA MGC EIRL

Es una planta de beneficio Concentradora Kadosh, es una empresa integrada por capitales peruanos orientada al rubro de minería. ubicada en el Centro Poblado de Cochacalla, Distrito de San Rafael. Provincia de Ambo, Región Huánuco, dedicada a brindar servicio de procesamiento de minerales polimetálicos a través del método de flotación con una planta de capacidad instalada de 60 TN/D, con este proceso se tiene por objetivo obtener concentrados de Pb, Cu y Zn. Cuyas actividades lo viene realizando desde enero del 2022.

La presente actividad de beneficio se ubica en la categoría a nivel de pequeña minería, regulados por la Ley de Formalización y Promoción de la Pequeña Minería y la Minería Artesanal, Ley N° 27651 y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 013-2002-EM.

Donde el sistema de operaciones en la planta de beneficio es de circuito cerrado, durante el procesamiento de los minerales requiere el uso de agua para la obtención del producto final, dicho proceso lo realizan por el método de flotación.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Agua**

“El agua existe en forma sólida (hielo), gaseosa (vapor) y líquida (agua), es una sustancia que contiene un átomo de oxígeno y dos átomos de hidrógeno (H₂O). Las características físicas y químicas del agua son muy necesarias para el desarrollo de los ecosistemas” (Valdivielso, 2020).

- **Concentración**

“Expresa la cantidad de una sustancia contenida en el agua cuyo origen puede estar relacionado con determinada actividad, como podría ser el caso de la disolución del mineral de hierro presente en el suelo en contacto con el agua o por procesos de contaminación agregada debido a actividades humanas o industriales” (Valencia, 2016, p. 24).

- **Fitoextracción:**

“Este proceso aprovecha las propiedades de diferentes plantas para retener a los contaminantes en sus tallos, follaje o raíces, que son fáciles de cosechar. La eliminación de estos contaminantes son generalmente metales pesados, pero también puede eliminar cierto tipo de contaminación orgánica y también isótopos radiactivos y elementos. Principalmente los procesos de fitoextracción se utilizan para retirar metales de suelos contaminados, utilizando metalofitas, plantas identificadas por ser acumuladoras de metales; así mismo, también pueden aplicarse en el tratamiento de aguas residuales” (Núñez et al., 2004, p. 70).

- **Hidrología**

“Describe los procesos hidrológicos identificando la influencia y tenidas en cuenta en, las aguas superficiales, subterráneas, paisaje, la infiltración y las corrientes pasajeras y duraderas, de la misma manera se puede

compartir información de una cuenca a otra siempre y cuando hayan similitudes climáticas y geomorfológicas en situaciones donde haya mínima información o donde no se cuente con ninguna información” (Valencia, 2016, p. 18).

- **Macrófitos**

“Son plantas donde cada una de sus componentes vegetativas están sumergidas o flotando. Este grupo incluye a plantas filamentosas, las algas carófitas, algunos géneros de briófitos y vasculares. Se arraigan al sustrato o flotan de manera libre en el agua. Actúan como buenos indicadores de las condiciones de su hábitat” (García et al., 2009, p. 36).

- **Metales y metaloides**

“Es la que se asocia con actividades industriales, agrícolas y lixiviados. Los metales más conocidos en aguas residuales son el hierro, plata, aluminio, estaño, manganeso y bario, los metales pesados son el zinc, níquel, cobre, cromo, plomo, mercurio y cadmio, los metaloides como el arsénico, boro y selenio entre los más importantes” (Valencia, 2016, p. 24).

- **Minería**

Incluye hallar minerales y estudiar sus características, clasificación y origen. Las características de los minerales se estudian bajo sus categorías: mineralogía física, mineralogía química y cristalografía. Las características y clasificación, ubicación, morfología y usos de los minerales individuales, refieren a la mineralogía descriptiva. Se le conoce a la mineralogía determinativa donde caracterizan según sus propiedades físicas, químicas y cristalográficas. (Aduvire, 2006, p. 17).

2.4. HIPÓTESIS GENERAL

Hi. La especie junco (*Juncus acutus L.*) tiene efecto de fitorremediación en la calidad agua residual minera en el Centro Poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco 2024.

Ho. La especie junco (*Juncus acutus L.*) no tiene efecto de fitorremediación en la calidad agua residual minera en el Centro Poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco 2024.

2.5. SISTEMA DE VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

Fitorremediación

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

Calidad del agua residual minera

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Título: “Efecto de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*) En la calidad del agua residual minera, en el centro poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco - 2024”

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Independiente: Fitorremediación	Es una técnica de biorremediación que utiliza plantas, asociadas o no a microorganismos, para reducir o eliminar un contaminante del ambiente (Santana, 2020)	Se trabajará con una especie (<i>Juncus acutus L.</i> para fitorremediar la calidad del agua residual minera.	<i>Juncus acutus L.</i>	Tamaño planta	
				Tamaño de raíz	Cm (Metro)
Dependiente: Calidad del agua residual minera	Agua residual proveniente de la actividad minera que se identifica por su alto grado de acidez, sulfatos y metales presentes en sus aguas de la misma forma por la cantidad metálico en los sedimentos (Grande Gil, 2016)	Agua que provienen de actividad minera con contenido de drenaje acido de mina (con metales pesados) que no reciben un tratamiento adecuado, para ser reincorporados a los cuerpos naturales de agua.	Características físicas	Conductividad Color Temperatura	umho/cm UCV °C
			Características químicas	Turbiedad pH DBO DQO SST Pb Zn Cu	UNT 1:1 escala pH mg/L mg/L mg/L ppm ppm ppm
			Presencia de metales		

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se presenta una investigación de tipo experimental puesto que de manera intencional se aplicó la fitorremediación como tratamiento a las aguas residuales de minería. Es decir se realizó la manipulación intencional de las variables, con 1 grupo experimental (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

3.1.1. ENFOQUE

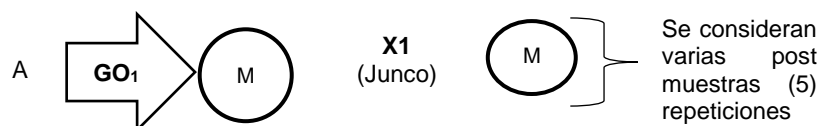
La investigación se presentó un enfoque cuantitativo, puesto que los datos son presentados en números y deben ser analizados con los métodos estadísticos, además las hipótesis se planteó antes de la recolección de los datos (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018).

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

La investigación presentó un alcance o nivel explicativo puesto que se tuvo como fin establecer las causas de los sucesos, que se estudian (Hernández-Sampieri & Mendoza, 2018). Es decir, se explica por qué ocurre la fitorremediación de aguas residuales.

3.1.3. DISEÑO

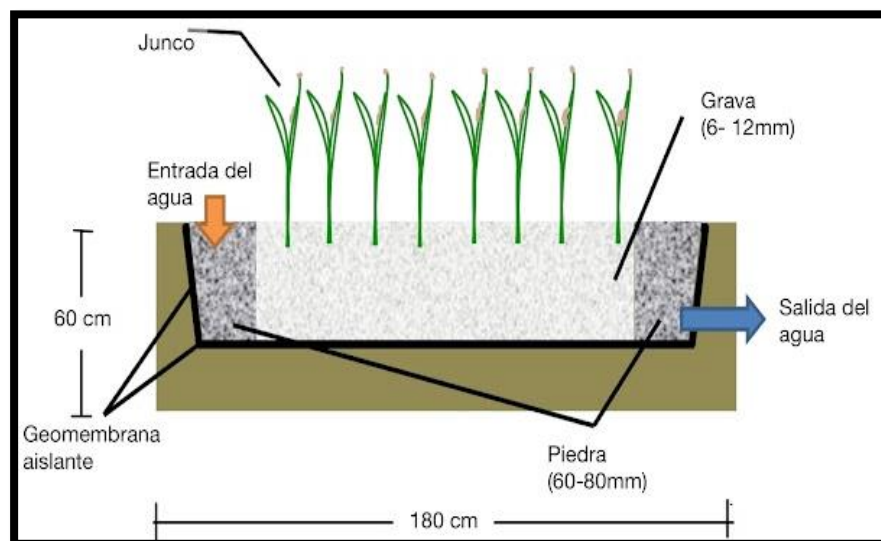
La investigación presenta el siguiente diseño experimental para la fitorremediación:



Dónde: grupo operacional (**GO₁**) con Junco (X1) fitorremediación. tomando una pre muestra general y varias post muestras finales, al azar. Todo esto se evaluará en una misma línea de tiempo.

Figura 4

Diseño del experimento



Nota. El junco actuará como fitorremediador, se considera entrada de agua residual de minería, y en la salida de agua, con reducción de contaminación del tipo de agua. Se tendrá una altura de 60cm y un largo de 180cm. Adaptado de (Arias et al., 2010).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población estuvo conformada por el agua residual minera, procedentes de la Planta de beneficio KADOSH, en el centro poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco.

3.2.2. MUESTRA

Se tomó la muestra 6 litros de agua residual minera para la evaluación inicial, del reservorio de recirculación de la PTARI proveniente del proceso de flotación; del sistema de operaciones de la planta de beneficio de la Compañía Minera y Constructora MGC EIRL. De la planta de beneficio Concentradora Kadosh, Una vez realizado el muestreo y las mediciones en campo in situ de la calidad del agua residual minera. Se realizó la conservación y traslado de muestras al laboratorio.

Posterior a muestreo inicial, se tomó otra muestra de agua residual minera conformada por 50 litros para tratamiento con la fitorremediación.

Tabla 2

Punto de monitoreo de la muestra

PUNTO	DESCRIPCION	COORDENADAS UTM WGS84-18L	
		ESTE	NORTE
P-01	Reservorio de la PTARI	0368967	8853762

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.3.1. PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para recolectar datos se tuvo en cuenta diversas técnicas, aplicadas por otros investigadores.

- **Procedimiento**

- **Adquisición del junco**

La adquisición de plantas se realizó considerando sus características saludables es decir que no estén afectadas o marchitadas, en total se recolecto 20 plantas macrófitos de Junco, para ello se considera lo que menciona Quiroz & Ambrosio (2021) no hay información que condicione el número de plantas necesarias para realizar una fitorremediación.

- **Adaptación del junco**

La adaptación tendrá un periodo de 5 días en la que se estabilizará las condiciones climáticas del lugar del experimento con las de la planta Junco, además se codificará y con ello facilitar el monitoreo de los cambios que puedan presentar las plantas, considerando el tiempo adaptado por Domínguez et al. (2016).

- **Condición del lugar**

El lugar para el experimento será desarrollado en un área con condiciones climáticas frías propias de la serranía peruana (centro poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco) sin embargo se contemplará acondicionarlo con techo, ventilación y entrada de rayos solares, y se evaluará las condiciones del lugar como; la variación de temperatura y humedad.

– **Recolección del agua residual**

Se colectó agua residual minera del reservorio de Recirculación de la PTARI proveniente del proceso de flotación; del sistema de operaciones de la planta de beneficio de la Compañía Minera y Constructora MGC EIRL. De la planta de beneficio Concentradora Kadosh, realizando análisis iniciales de las muestras, evaluando las condiciones en la que se encuentra, para compararlos con los cambios que se produzcan después del experimento, en la que se realizarán análisis post experimento.

Para recolectar las muestras de agua se siguió lo que se indica en el “Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales” Resolución Jefatural N° 010-2016 ANA. de la siguiente manera:

- a)** Identificación; se identificará y hará un reconocimiento claro, de modo que se permita la ubicación exacta futuros muestreos. Para ello se constatará la ubicación con el Sistema de Posicionamiento Satelital (GPS), registrándose en coordenadas UTM y en el sistema WGS84.
- b)** Accesibilidad; acceso al lugar establecido para tomar la muestra de manera rápida y segura.
- c)** Representatividad; se evitará zonas de embalse o turbulencias no representativos del cuerpo de agua, que no sean parte del estudio, con profundidad uniforme, ubicando el punto ha muestrear cercana de una estación de aforo donde se puedan tomar paralela los datos sobre el flujo.
- d)** Toma de muestra; se usó envases de plástico de boca ancha con cierre hermético (limpios y estériles), de 1 litro de capacidad. Se abre el envase y sumerge a unos 20 cm por

debajo de la superficie y posteriormente preservar. Los parámetros que se medirán en campo en orden; oxígeno disuelto (OD), pH y la conductividad eléctrica. Luego se procede a enviar al laboratorio para demás parámetros iniciales.

e) Los envases deben ser identificados pre toma de muestra con una etiqueta, escrita con letra clara y legible la cual debe ser conservada con cinta adhesiva transparente considerando la etiqueta de rotulación de muestras y la cadena de custodia (Anexo 3).

– **Tratamiento con la especie Junco**

Posterior al muestreo inicial se realizará el tratamiento a escala de laboratorio se trabajará en un diseño de concreto armado de una altura de 60 cm, largo de 180 cm y ancho 30 cm, donde se añadirá gravas (6 - 12 mm) y piedras de (60 - 80 mm), con un sistema de humedal subsuperficial de flujo horizontal y una pendiente de 1%. El junco actuará como fitorremediador después de su periodo de adaptación (5 días), por un tiempo de 15 días calendarios.

– **Análisis y monitoreo**

Por el tipo de biomasa del junco y su gran adsorción de nutrientes y contaminantes se hará un monitoreo de 15 días, puesto que es un tiempo suficiente para su evaluación final y que las condiciones del agua no se vean afectadas (Quiroz & Ambrosio, 2021).

Se hará un control de las condiciones del desarrollo de la planta (Junco), controlando el pH, la temperatura y conductividad eléctrica cada 5 días, para que el día 15 se realice la post evaluación de las condiciones del agua (considerando 5 repeticiones) considerando el tamaño general del Junco.

Para un mayor control el experimento se desarrollará en un lugar con techo, ventilación óptima y entrada de los rayos solares a condiciones ambiente.

– **Comparación de los análisis**

Los análisis iniciales, serán la información base para la comparación y efecto producido por el junco (fitorremediador), estos serán comparados con los resultados finales, por cada parámetro en las mismas condiciones, para ello se considerará los parámetros que se permiten en los Estándares de calidad ambiental (ECA) para el agua DS 004 - 2017 MINAM, como también en Límites Máximos Permisibles (LMP) para la descarga de efluentes líquidos de actividades minero-metalúrgicas. Decreto Supremo N° 010-2010-MINAM-Agua.

3.3.2. PARA LA PRESENTACIÓN DE DATOS

Los datos numéricos de la investigación son presentados usando tablas descriptivas, con datos cuantitativos, además para una mejor interpretación figuras, de los análisis de datos, conjuntamente con fotografías de los sucesos.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

La técnica para procesar la información y su análisis fue por medio de la estadística inferencial, procesados en el software estadístico SPSS V 29. En la que se realizar las medidas de tendencia, como también la prueba de normalidad, la prueba de la hipótesis y su validación.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Tabla 3

Datos de las características físicas antes y después

STS (1)	STS (2)	Color (1)	Color (2)	Temperatura (1)	Temperatura (2)	Turbiedad (1)	Turbiedad (2)
	6		4.7		17.4		5.76
	6		4.7		16.6		9.40
60	11	470	4.7	18.6	16.6	100	7.45
	7		4.7		16.5		6.29
	22		4.7		16.5		11.00

Nota. De la tabla se aprecia que los datos obtenidos en la medición inicial (60 mg/L) para Sólidos Totales Suspendidos (STS) superaba el valor del parámetro (50 mg/L) y luego del tratamiento, en la medición final (10.4 mg/L) el valor se encuentra de manera aceptable dentro del valor establecido del parámetro de los LMP de efluentes de actividades minero-metalúrgicas (D.S. N° 010-2010-MINAM). Respecto al color antes (470 Pt/Co) superaba el valor del parámetro y después (4.7 Pt/Co) se encuentra dentro del valor del parámetro establecido (100 Pt/Co) en los ECA CAT 03 para riego y bebida de animales y CAT 04 Conservación del ambiente acuático (D.S. N° 004-2017-MINAM). La temperatura cumple una variación de $\Delta 3$ establecido en el ECA. (1) antes y (2) después, considerando una pre prueba y varias post pruebas. Igualmente cumple el parámetro (100 NTU) la turbiedad, la que en la medición final tuvo un promedio de 9.898 NTU.

Tabla 4

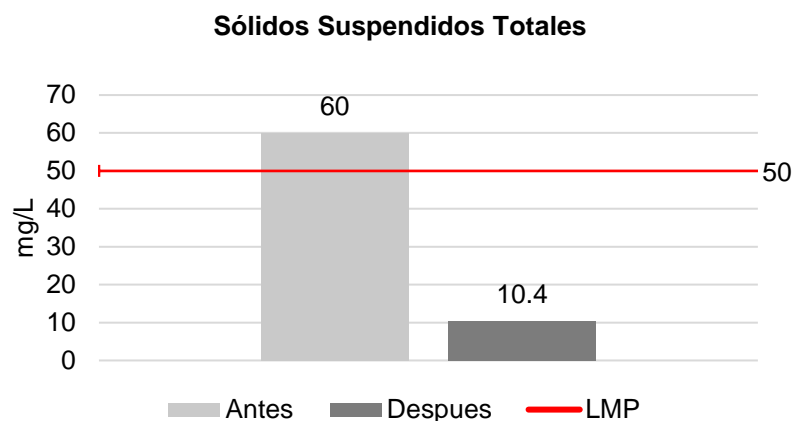
Procesamiento de datos de las características físicas

Parámetro	Obs.	Media	Error estándar	Min.	Max.
STS (1)	1	60.000	0.000	60.000	60.000
STS (2)	5	10.400	3.040	5.9584	16.358
Color (1)	1	470.000	0.000	470.000	470.000
Color (2)	5	4.700	0.000	4.700	4.700
Temperatura (1)	1	18.600	0.000	18.600	18.600
Temperatura (2)	5	16.720	0.171	16.384	17.055
Turbiedad (1)	1	100.000	0.000	100.000	100.000
Turbiedad (2)	5	7.980	0.979	6.061	9.898

Nota. De la tabla se aprecia la media de los datos antes (1) y después (2) considerando un 95% de intervalo de confianza para la media. Teniendo una media antes para Sólidos Suspendidos totales de 60 mg/L y después 10.40 mg/L. Respecto al color antes se tuvo 470 Pt/Co y después 4.7 Pt/Co. La temperatura con una variación dentro de $\Delta 3$ °C. Para el caso de la turbiedad la medición inicial fue de 100 NTU y luego la final fue de 7.989 NTU, ubicándose debajo del parámetro establecido de 100 NTU (D.S. N° 004-2017-MINAM).

Figura 5

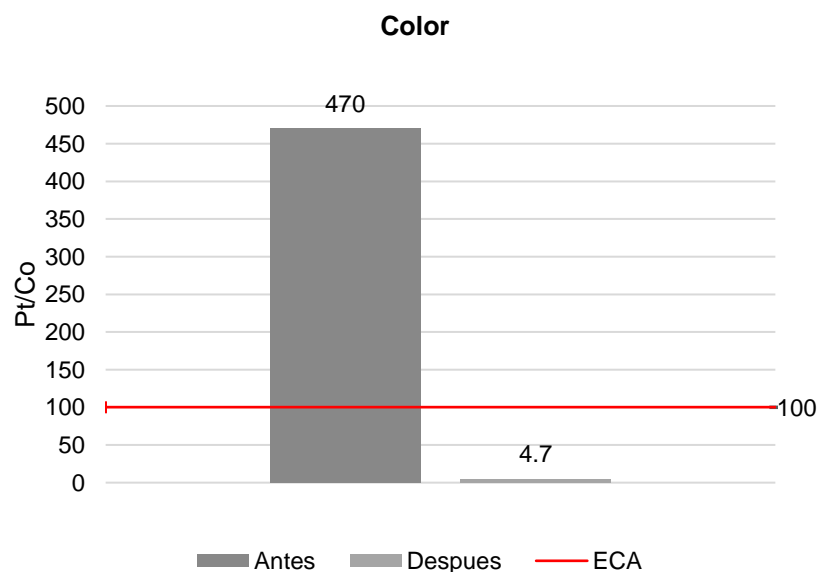
Parámetro sólidos suspendidos totales antes y después



Nota. De la figura se aprecia que los Sólidos Totales Suspendidos (STS) antes supera el valor del parámetro con 60 mg/L y después con 10.4 mg/L se encuentra del valor establecido del parámetro de los LMP de efluentes de actividades minero metalúrgico y el (D.S. N° 010-2010-MINAM). ECA no menciona este parámetro.

Figura 6

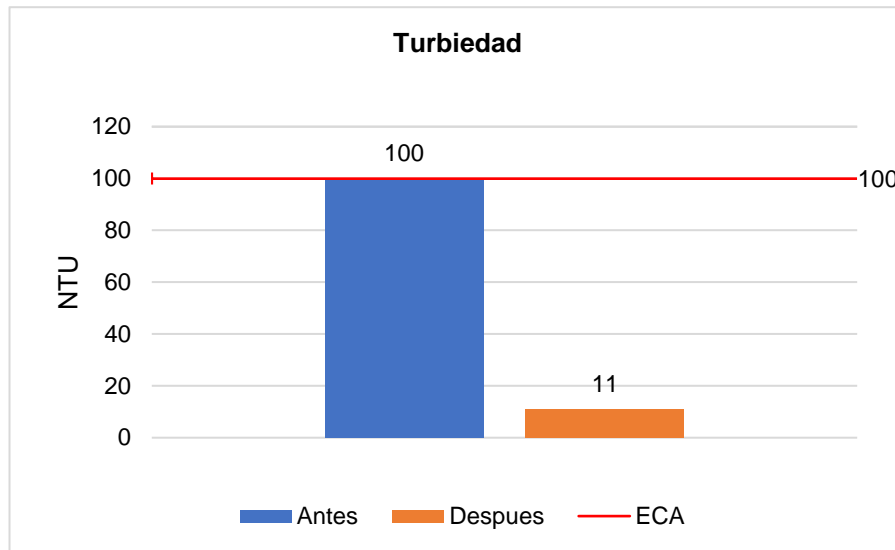
Parámetro color antes y después



Nota. En la figura se aprecia el parámetro color antes con 470 Pt/Co y después con 4.7 Pt/Co lo cual se encuentra dentro del valor del parámetro establecidos en los ECA CAT 03 para riego y bebida de animales y CAT0 4 Conservación del ambiente acuático con 100 Pt/Co (D.S. N° 004-2017-MINAM).

Figura 7

Parámetro turbiedad antes y después



Nota. En la figura se aprecia el parámetro turbiedad antes con 100 NTU y después con 11 NTU lo cual se encuentra dentro del valor del parámetro establecidos en los ECA CAT 01 sub categoría B Aguas superficiales destinadas para recreación que establece 100 NTU (D.S. N° 004-2017-MINAM). Mostrando efectos favorables en la reducción de cantidades de turbiedad.

Tabla 5*Datos de las características químicas antes y después*

pH (1)	pH (2)	Conductividad (1)	Conductividad (2)	DBO (1)	DBO (2)	DQO (1)	DQO (2)
	8.40		1017		2		683.2
	9.16		1049		2		1216
10.8	9.42	1619	1121	8.7	2	202	930.3
	9.42		1210		2		1158
	8.95		1294		2		1418

Nota. De la tabla se aprecia en el parámetro químico pH se aprecia antes (1) se encuentra fuera del rango del valor del parámetro de los LMP de efluentes de actividades minero metalúrgico y después (2) que un solo valor se encuentra dentro de lo establecido en el ECA y los demás sobrepasan el parámetro. conductividad antes (1) se encuentra por debajo del valor del parámetro y después (2) del experimento incluso con los efectos se encuentra dentro de los ECA CAT 03 para riego, pero sobrepasa el ECA CAT 04 Conservación del ambiente acuático (D.S. N° 004-2017-MINAM). Respecto a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (1) antes y (2) después se encuentran dentro de los valores parámetro de los ECA CAT 03 y el ECA CAT 04 Conservación del ambiente acuático (D.S. N° 004-2017-MINAM), por último, la Demanda Química de Oxígeno supera el valor del parámetro de los ECA CAT 03 (1) antes y (2) después.

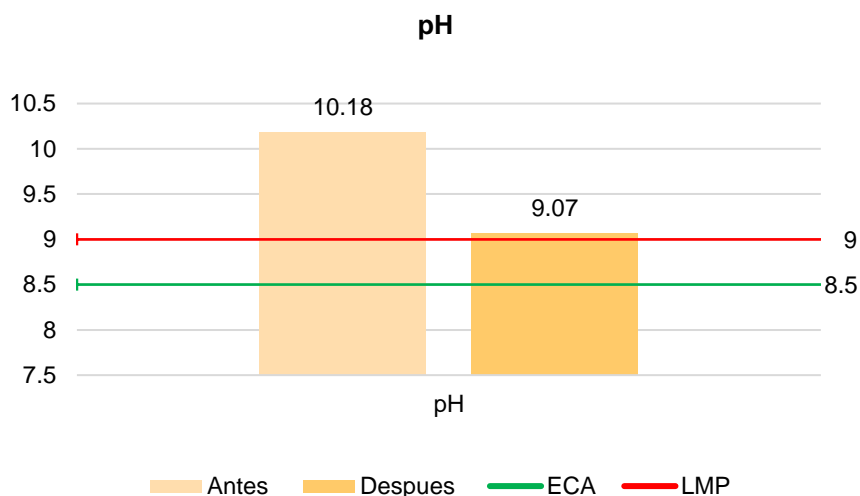
Tabla 6*Procesamiento de datos de las características químicas*

Parámetro	Obs.	Media	Error estándar	Min.	Max.
pH (1)	1	10.180	0.000	10.180	10.180
pH (2)	5	9.070	0.423	8.400	9.420
Conductividad (1)	1	1619.000	0.000	1619.000	1619.000
Conductividad (2)	5	1138.200	114.423	1017.000	1294.000
DBO (1)	1	8.700	0.000	8.700	8.700
DBO (2)	5	2.000	0.000	2.000	2.000
DQO (1)	1	202.000	0.000	202.000	202.000
DQO (2)	5	1081.100	282.258	683.200	1418.000

Nota. De la tabla se aprecia la media de los datos antes (1) y después (2) considerando un 95% de intervalo de confianza para la media de los parámetros químicos. Teniendo una media antes (1) para pH 10.18 y después (2) 9.07, para conductividad antes (1) 1619 $\mu\text{S/cm}$ y después (2) 1138.2 $\mu\text{S/cm}$. Para Demanda bioquímica de oxígeno, antes (1) se tuvo 8.7 mg/L y después (2) 2 mg/L y finalmente la Demanda química de oxígeno, antes (1) 202 mg/L y tuvo 1081.1 mg/L.

Figura 8

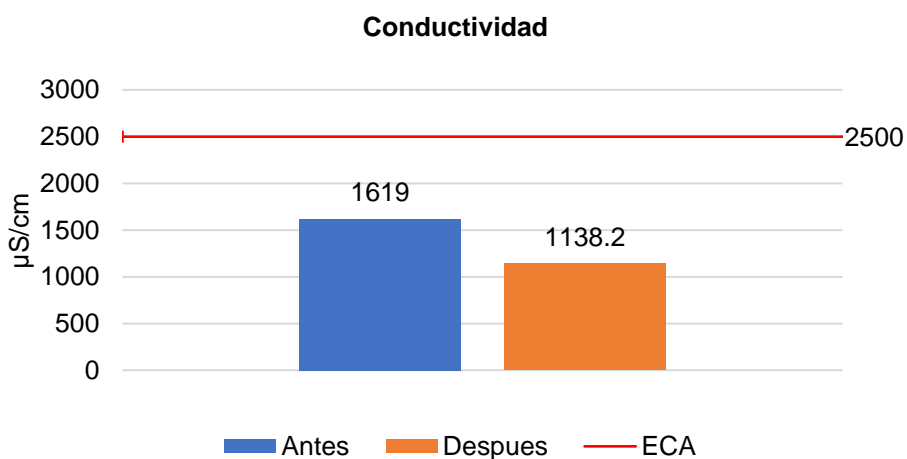
Parámetro pH antes y después



Nota. En la figura considerando la media se aprecia para el pH antes (1) con 10.18 extremadamente alcalino la cual se encuentra fuera del rango del valor del parámetro de los LMP de efluentes de actividades minero metalúrgico y después (2) 9.07 medianamente alcalino, considerando que el ECA establece un rango de 6.5 a 8.5 y los LMP con un máximo de 9.

Figura 9

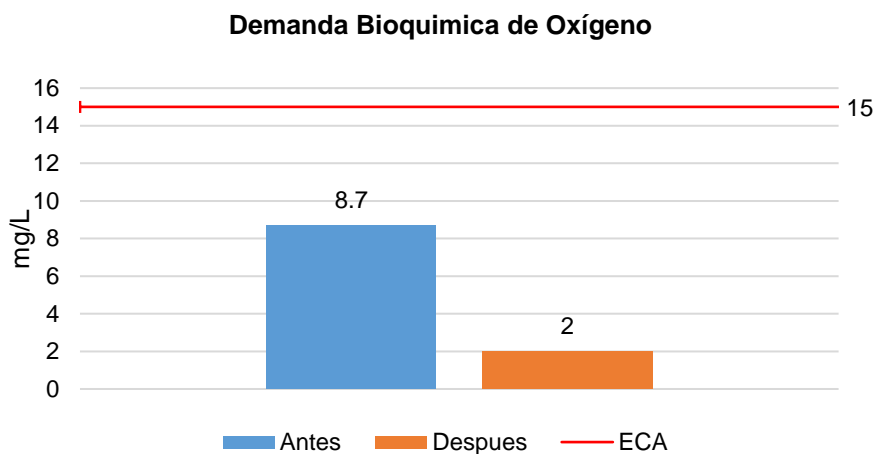
Parámetro conductividad antes y después



Nota. En la figura considerando la media de los datos se muestra la Conductividad antes (1) con 1619 $\mu\text{S/cm}$ y después (2) del experimento tuvo 1138.2 $\mu\text{S/cm}$ se encuentra por debajo del valor del parámetro incluso con los efectos se encuentra dentro de los ECA CAT 03 para riego que establece 2500 $\mu\text{S/cm}$, pero sobrepasa el ECA CAT 04 Conservación del ambiente acuático que establece 1000 $\mu\text{S/cm}$ (D.S. N° 004-2017-MINAM).

Figura 10

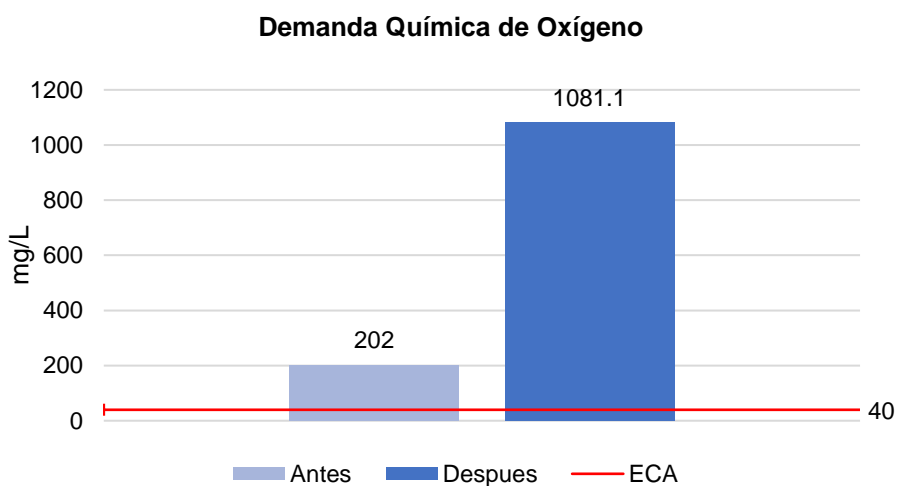
Parámetro demanda bioquímica de oxígeno antes y después



Nota. En la figura considerando la media de los datos se aprecia para la Demanda Bioquímica de Oxígeno (1) antes 8.7 mg/L y (2) después 2 mg/L en ambos casos se encuentran dentro de los valores parámetro de los ECA CAT 03 y el ECA CAT 04 Conservación del ambiente acuático que establece 15 mg/L (D.S. N° 004-2017-MINAM).

Figura 11

Parámetro demanda química de oxígeno antes y después



Nota. En la figura considerando la media de los datos para la Demanda Química de Oxígeno se tuvo para antes 202 mg/L y después 1081.1 mg/L en ambos casos supera el valor del parámetro de los ECA CAT 03 que establece un máximo de 40 mg/L, lo cual se debe al alto grado de contaminación del agua.

Tabla 7*Datos de la presencia de metales pesados antes y después*

Cobre (1)	Cobre (2)	Plomo (1)	Plomo (2)	Zinc (1)	Zinc (2)
	0.1716		0.001		0.012
	1.1909		0.001		0.012
3.626	0.1177	6.952	0.001	38.25	0.012
	0.101		0.001		0.012
	0.0562		0.001		0.012

Nota. De la tabla se aprecia para la concentración inicial (3.626 mg/L) de cobre (1) supera el valor del parámetro (0.5 mg/L), en tanto los datos luego del tratamiento (0.327 mg/L) se encuentran dentro del valor permitido del parámetro de los LMP. De la concentración inicial (6.952 mg/L) del plomo antes (1) supera el valor del parámetro (0.2 mg/L) de los LMP y luego del tratamiento, la medición final (0.001 mg/L) del plomo (2) se encuentra dentro de los valores establecidos en los parámetros de los LMP y finalmente la concentración inicial (38.25 mg/L) del zinc (1) supera el valor del parámetro (1.5 mg/L) de los LMP y luego del tratamiento, en la medición final (0.012 mg/L) del zinc (2) los datos se encuentran dentro de los valores establecidos en los parámetros de los LMP de efluentes de actividades minero metalúrgico (D.S. N° 010-2010-MINAM).

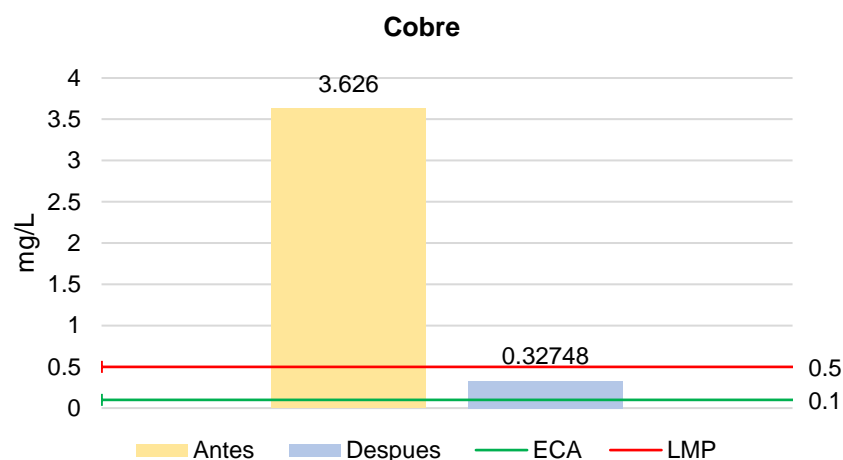
Tabla 8*Procesamiento de datos de los metales pesados*

Metal Pesado	Obs.	Media	Error estándar	Min.	Max.
Cobre (1)	1	3.626	0.000	3.626	3.626
Cobre (2)	5	0.327	0.2164	-0.097	0.7511
Plomo (1)	1	6.952	0.000	6.952	6.952
Plomo (2)	5	0.001	0.000	0.001	0.001
Zinc (1)	1	38.250	0.000	38.250	38.250
Zinc (2)	5	0.012	0.000	0.012	0.012

Nota. De la tabla se aprecia la media de los datos antes (1) y después (2) considerando un 95% de intervalo de confianza para la media para los datos de los metales pesados. Teniendo la concentración media para cobre (Cu), antes (1) 3.626 mg/L y después 0.327 mg/L. Para el plomo (Pb) una concentración media antes (1) 6.952 mg/L y después .001 mg/L y finalmente la concentración media del zinc (Zn) antes (1) 38.250 mg/L y después 0.12 mg/L.

Figura 12

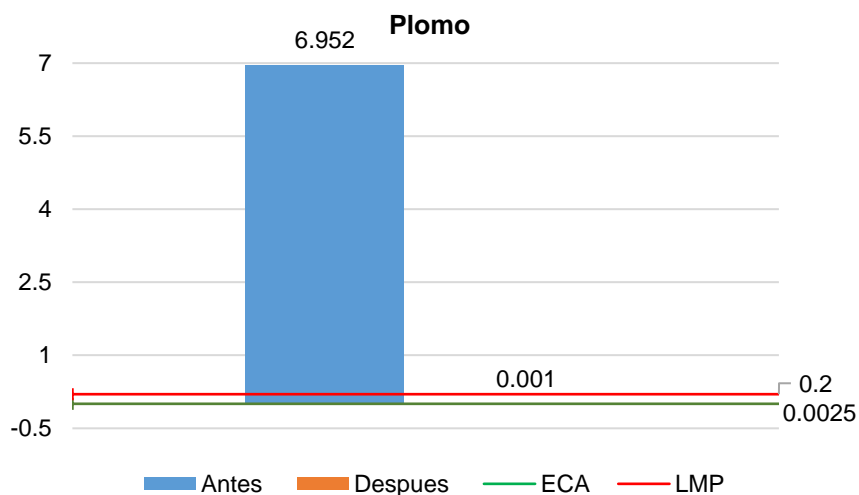
Metal pesado cobre (Cu) antes y después



Nota. De la figura se muestra según la media de los datos la concentración de cobre (Cu) antes con 3.626 mg/L lo cual supera el valor del parámetro, en tanto los datos después con 0.32748 mg/L se encuentran dentro del valor permitido del parámetro de los LMP con un máximo de 0.5 mg/L, pero supera al ECA CAT 03 y el ECA CAT 04 Conservación del ambiente acuático que establece 0.1 mg/L (D.S. N° 004-2017-MINAM).

Figura 13

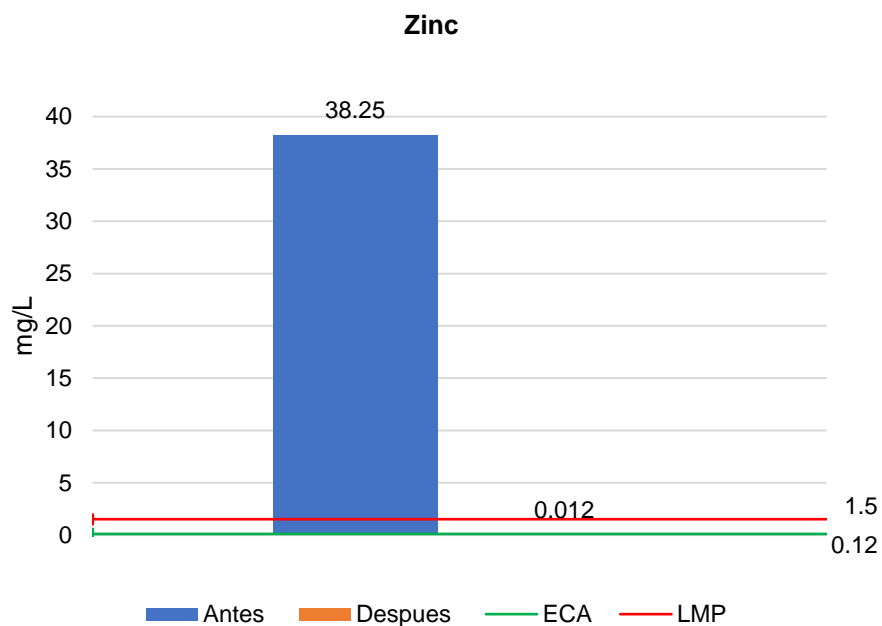
Metal pesado plomo (Pb) antes y después



Nota. De la figura se muestra según la media de los datos la concentración del plomo (Pb) antes con 6.952 mg/L supera el valor del parámetro de los LMP y después con 0.001 mg/L este último dato se encuentran dentro de los valores establecidos en los parámetros de los LMP con un máximo de 0.2 mg/L y el ECA CAT 03 y el ECA CAT 04 Conservación del ambiente acuático que establece 0.1 mg/L (D.S. N° 004-2017-MINAM).

Figura 14

Metal pesado Zinc (Zn) antes y después



Nota. De la figura se muestra según la media de los datos la concentración zinc (Zn) antes con 38.25 mg/L lo cual supera el valor del parámetro de los LMP y después con 0.012 mg/L este último se encuentra dentro de los valores establecidos en los parámetros de los LMP con un máximo de 1.5 mg/L para de efluentes de actividades minero metalúrgico (D.S. N° 010-2010-MINAM). Y 0.12 mg/L para el ECA CAT 04 Conservación del ambiente acuático que establece 0.1 mg/L (D.S. N° 004-2017-MINAM).

4.1.1 PRUEBA DE NORMALIDAD

Tabla 9

Test para normalidad de datos de Shapiro–Wilk W

Parámetros (antes – después)	Obs	W	V	z	Prob>z
STS	5	0.70403	3.494	2.306	0.01055
Temperatura	5	0.60397	4.675	3.191	0.00071
Color	5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Turbiedad	5	0.93329	0.788	-0.303	0.61895
pH	5	0.76994	2.716	1.695	0.04506
Conductividad	5	0.94925	0.599	-0.618	0.73183
DBO	5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
DQO	5	0.97472	0.298	-1.308	0.90456
Cobre	5	0.63361	4.325	2.931	0.00169
Plomo	5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Zinc	5	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

Nota. para el test de normalidad se consideró lo siguiente: Siendo las hipótesis; H0: Las muestras tienen distribución normal y H1: Las muestras no tienen distribución normal. Observamos que los valores de p para los parámetros son mayores de 0.05 solo en los parámetros STS, turbiedad, conductividad y DQO, los demás parámetros son menores al 0.05, por lo tanto, tomamos la decisión de rechazar H0, es decir se eligió una prueba no paramétrica para el contraste de la hipótesis en este caso prueba de T Wilcoxon para muestras relacionadas.

4.2. PRUEBA DE HIPÓTESIS

Para la investigación se planteó la siguiente hipótesis:

HA: La especie junco (*Juncus acutus L.*) tiene efecto de fitorremediación en la calidad agua residual minera en el Centro Poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco.

HO: La especie junco (*Juncus acutus L.*) no tiene efecto de fitorremediación en la calidad agua residual minera en el Centro Poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco.

Esta prueba tiene un nivel de significancia de 0.05 (p-valor) en la que se evalúa el antes y después de los datos experimentales la que permitió determinar las diferencias estadísticas.

Tabla 10

Prueba de T Wilcoxon para muestras relacionadas

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon		
Parámetros (antes – después)	Z	Sig. Asintótica (bilateral)
SST	-2,032 ^b	0,042
T°	-2,041 ^b	0,041
Color	-2,236 ^b	0,025
Turbiedad	-2,023 ^b	0,043
pH	-2,032 ^b	0,042
conductividad	-2,023 ^b	0,043
DBO	-2,236 ^b	0,025
DQO	-2,023 ^c	0,043
Cobre	-2,023 ^c	0,043
Plomo	-2,236 ^b	0,025
Zinc	-2,236 ^b	0,025

Nota. En la tabla se aprecia que, considerando la **Sig. Asintótica (bilateral)** el cual es el p-valor (0.05), en todos los parámetros evaluados se tiene que son menores a tal valor, es decir que los cambios producidos en el experimento (antes – después) tienen diferencias significativas estadísticamente, es decir hubo efecto con la fitorremediación

La prueba de rangos realizada nos indica que existe diferencia en las mediciones inicial y final (pre y post test), es decir, que el tratamiento fitorremediador si ha ocasionado diferencia en los resultados finales con respecto a los resultados iniciales. Para poder evaluar el efecto fitorremediador hace falta la participación de los LMP y ECA, que se muestra a continuación.

Tabla 11*Interpretación de los datos con la normativa*

Parámetros	Unidad de medida	ECA-Agua (Categoría 3 y 4)	LMP (límite en cualquier momento)	Resultado inicial (Pre experimento)	Resultado final (Post experimento)
SST	mg/L	< 100	50	60 (excede al LMP)	10.4 (dentro de ECA y LMP)
Temperatura	°C	Δ3	--	18.6	16.72 dentro de la variación ECA
Color	Pt/Co	100	--	470 (excede al ECA)	4.7 (dentro del ECA)
Turbiedad	NTU	100	--	100 (excede al ECA)	7.98 (dentro del ECA)
pH	Unidad de pH	6.5-8.5	6-9	10.18 (excede al ECA y LMP)	9.07 (excede al ECA y LMP)
Conductividad	μS/cm	2500	--	1619 (dentro del ECA)	1138.2 (dentro del ECA)
DBO	mg/L	10	--	8.7 (dentro del ECA)	2 (dentro del ECA)
DQO	mg/L	40	--	202 (excede al ECA)	1081.1 (excede al ECA)
Cobre	mg/L	0.1	0.5	3.626 (excede al ECA y LMP)	0.32748 (excede al ECA y dentro del LMP)
Plomo	mg/L	0.0025	0.2	6.952 (excede al ECA y LMP)	0.001 (dentro del ECA y LMP)
Zinc	mg/L	0.12	1.5	38.25 (excede al ECA y LMP)	0.012 (dentro del ECA y LMP)

Nota. Los resultados indican que la fitorremediación con junco (*Juncus acutus* L) han tenido efecto significativo en los siguientes parámetros físicos del agua: SST, turbiedad y color, igualmente se tuvo efecto en la remoción de la concentración de plomo y la remoción de la concentración de Zinc. La interpretación de los datos está basado a normativas: Estándar de Calidad Ambiental D.S. N° 004-2017-MINAM y Límites máximos permisibles para efluente líquidos de actividades minero metalúrgicos D.S. N° 010-2010-MINAM.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Del objetivo general: Demostrar el efecto de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*) en la calidad del agua residual minera, considerando el Estándar de Calidad Ambiental D.S. N° 004-2017-MINAM, se pudo apreciar efectos favorables principalmente en la remoción de dos metales pesados plomo y zinc; según Límites máximos permisibles para efluente líquidos de actividades minero metalúrgicos D.S. N° 010-2010-MINAM, se pudo apreciar efectos favorables en la remoción de los tres metales pesados plomo cobre y zinc. Asimismo, se tuvo efecto favorable en la estabilización de algunas características fisicoquímicas, a saber, SST, turbiedad y color. El diseño experimental se desarrolló de manera normal dado se ejecutó en un área geográfica propia de la especie, haciendo que el junco pueda ser un método viable para fitorremediar medios acuáticos con cargas o contaminantes como metales pesados, esto se asemeja a las especies mencionadas por Bustamante et al. (2022) en la que experimentó el uso de las lentejas de agua y la hydrilla para eliminar hierro (Fe) del agua, sin embargo el junco pudo ser más favorable en 2 metales pesados evaluados, a lo que se puede incluir el comportamiento de otros contaminantes.

Las acciones de fitorremediación puede verse fortalecidas con las relaciones de simbiosis es decir de una especie vegetal en este caso el junco y otra especie de alga como lo mencionado por Saavedra (2020) quien uso biomasa microalga demostrando que las microalgas tienen capacidad en biorremediación de aguas con metales pesados, a todo esto cabe mencionar que la mayoría de especies son capaces de acumular metales pesados como el hecho de lo que menciona Fernández (2019) que las especies identificadas como acumuladores son capaces de captar más del 50% de la presencia total de cadmio en sus raíces.

Del objetivo específico 1: Describir las características físicas agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*). Inicialmente las pruebas de laboratorio muestran que las características evaluadas muestran exceden el ECA para agua como también los Límites máximo permisible (D.S. N° 010-2010-MINAM) con las acciones de fitorremediación de la especie junco estos parámetros tienen variaciones, en la que las características físicas como los sólidos totales suspendidos, el color y turbiedad quedan dentro de la normativa con la que se comparan los resultados, estos cambios físicos están sujetos a la forma mecánica en la que el agua residual minera recircula en el prototipo armado para el experimento, es por ello que la variación de la temperatura no es brusca y se mantiene dentro del parámetro de variación de 3°C. La gran parte de los antecedentes al referirse a fitorremediación o biorremediación no hacen hincapié a las características físicas del agua, dado que las plantas no suelen absorber tierra o residuos que no son aceptables por los vegetales, en cambios los que se consideran como micro o macronutrientes e incluso los metales pesados son de alguna manera más fácil de ser llevados a través de su tejido vegetal. En ese caso Zitácuaro et al. (2022) hace mención que la fitorremediación es una técnica ecológica para remediar cuerpos de agua que implica principalmente la eliminación de metales pesados.

Del objetivo específico 2: Describir las características químicas agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*). las características iniciales muestran gran deficiencia y cantidad elevada en el pH antes (10.18), en tanto los datos después reduciendo a (9.04), no cumple con los valores al Estándar de Calidad Ambiental D.S. N° 004-2017-MINAM y LMP para efluente líquidos de actividades minero metalúrgicos D.S. N° 010-2010-MINAM, del mismo modo la demanda química de oxígeno (DQO) antes (202 mg/L), en tanto los datos después hubo un incremento (1081.1 mg/L), no cumple con los valores al ECA D.S. N° 004-2017-MINAM; sin embargo, la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) antes (8.7 mg/L) y datos después (2 mg/L) y conductividad eléctrica antes (CE) (1619 uS/cm) y datos después (1138.2 uS/cm) cumplen están dentro del parámetros según el ECA para agua, en todos los casos en la fitorremediación

existe efectos para estas características y los valores iniciales varían. Esto también lo explica Fernández (2021) en su investigación dado que tuvo 6,97 para pH, conductividad eléctrica de 00,8 dS/cm y posterior a la fitorremediación tuvo un pH de 7.25, conductividad eléctrica de 00,7 dS/cm, sin embargo, en comparación con 18 días después se obtuvo 7,68 pH, temperatura de 23,3 °C, conductividad eléctrica de 00,8 dS/cm. Por otro lado en la investigación presentada por Rojas & Suyón (2020) respecto al pH tuvo inicialmente 7.25 pH y después 7.19, comparando los datos realizados antes y después verificó un 60% de disminución de contaminantes y la temperatura y pH eran adecuadas para el desarrollo de la planta.

Del objetivo específico 3: Describir la presencia de metales pesados del agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*). La especie mostro reducir la concentración de cobre (Cu) antes con (3.626 mg/L) lo cual supera el valor del parámetro, en tanto los datos después con (0.32748 mg/L) quedando dentro LMP para efluentes es decir un 90.97 % de reducción, respecto a la concentración del plomo (Pb) antes con (6.952 mg/L) supera el valor del parámetro y después con (0.001 mg/L) cumplen según ECA para el agua y LMP para efluentes es decir un 99.9% de reducción y finalmente la concentración zinc (Zn) antes con 38.25 mg/L lo cual supera el valor del parámetro y después con (0.012 mg/L) cumplen según ECA para el agua y LMP para efluentes es decir una reducción del 99,97%, lo cual evidencia mucha efectividad del junco para capturar metales pesados en su biomasa, una especie parecida es la que menciona Carreño-Sayago (2021) de su investigación dado que la biomasa de *E.crassipes* puede utilizarse totalmente para los procesos de fitorremediación de aguas contaminadas con metales pesados. Y también Saavedra (2020) dado que sus resultados obtenidos evidenciaron que la presencia de microalga produce una fuerte disminución de metales pesados. Por otro lado el junco supera a la capacidad que tiene la especie el jacinto común (*Eichhornia crassipes*) mencionado por Quiroz & Ambrocio (2021) dado que demostró tener potencial de remoción de metales pesados con un 90 %.

CONCLUSIONES

Se concluye que el Junco (*Juncus acutus L.*) demostró tener el efecto para fitorremediar la calidad del agua residual minera en los siguientes parámetros físicos del agua: SST, turbiedad y color, igualmente se tuvo efecto en la remoción de la concentración de plomo, la remoción de la concentración de cobre y la remoción de la concentración de Zinc, la muestra de estudio fue obtenida del Centro Poblado de Cochacalla San Rafael, Ambo, Huánuco.

Las características físicas del agua residual minera antes de la fitorremediación superan lo establecido y después de la fitorremediación con Junco (*Juncus acutus L.*) demostró tener efecto en las características físicas del agua residual minera en los parámetros SST con 10.4 mg/L, turbiedad con 7.98 NTU y color con 7.4 Pt/Co. se encuentran dentro de los valores establecidos según ECA del D.S. 004-2017-MINAM.

Las características químicas del agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*). muestran gran deficiencia y cantidad elevada en el pH con 9.07 excediendo los valores del ECA agua en categoría 03, 4 y LMP para efluentes, del mismo modo DQO 1081.1 mg/L, sin embargo, DBO con 2 mg/L y conductividad eléctrica con 1138.2 mg/L está dentro del parámetro, en todos los casos en la fitorremediación existe efectos para estas características.

La presencia de metales pesados antes de la fitorremediación tiene para los parámetros de cobre, plomo y zinc, superan lo establecido en el D.S. N°010-2010-MINAM, LMP para efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicos. y después los valores tienen una reducción para el cobre (Cu) con 90.97, para el plomo (Pb) con 99.9% y para el zinc (Zn) con 99.97%, se encuentran dentro de lo establecido en el D.S. N°010-2010-MINAM, LMP para efluentes líquidos de actividades minero metalúrgicos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

Realizar una investigación que use una mayor cantidad de grupo muestral de agua residual de minería y la evaluación de otros metales pesados.

Realizar una comparación del Junco (*Juncus acutus L.*) con especies biorremediadores de la zona como el nastutium offinale y Hidrocotyle humbrellata de agua, para conocer su eficiencia, evaluando en las especies la cantidad de metales pesados en sus tejidos vegetales.

Para realizar la etapa de fitorremediación es necesario que el Junco pueda estar pregerminado y tener un tamaño o madurez que le ayuden a soportar las grandes cantidades de contaminantes del agua residual minera.

Es necesario controlar las componentes edafoclimáticas de la zona en la que se trabaja, previniendo con ello que las precipitaciones y fuerza del viento alteren el experimento.

Para el uso del agua residual minera es necesario un pre tratamiento físico para eliminar grandes sedimentos y solidos grandes que limitan el desarrollo de las plantas.

Que se promuevan tecnologías limpias y eco amigables como la fitorremediación para el tratamiento de aguas residuales mineras, en un convenio de investigación de las universidades y las organizaciones interesadas en un desarrollo sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aduvire, O. (2006). Drenaje Acido de Mina. Generación y tratamiento. 136.
- Arias, S., Betancur, F., Gómez, G., Salazar, J., & Hernández, M. (2010). Fitorremediación con humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales porcinas. *Informador Técnico*, 74. <https://doi.org/10.23850/22565035.5>
- Bonilla, C. R., García, A., Castillo, L. E., & salazar, F. (1994). Boro y Zinc: Dos elementos limitantes en Colombia. *Produmedios*.
- Bustamante, A., González, M., Montero Solano, A., Valdivieso, E., & Domínguez, V. (2022). Capacidad de fitorremediación de hierro de las lentejas de agua (*Lemna minor*) y la hydrilla (*Hydrilla verticillata*). <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/3671>
- Cadena, J. (2017). Uso de leguminosas en Fitorremediación. 10(4). https://www.colpos.mx/wb_pdf/Agroproductividad/2017/AGROPRODUCTIVIDAD_IV_2017.pdf
- Carhuaricra, P. (2019). Fitorremediación por el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, *limnobium laevigatum* y *eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la laguna facultativa [Tesis, Universidad de Huánuco]. <http://repositorio.udh.edu.pe/123456789/1598>
- Carreño-Sayago, U. F. (2021). Desarrollo de un sistema sostenible de fitorremediación y bioetanol con *E. crassipes*. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(4), Article 4. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-04-06>
- Damonte, G., Godfrid, J., & López, A. (2020). Minería, escasez hídrica y la ausencia de una planificación colaborativa. *GRADE*.
- Domínguez, M. C., Gómez, S., & Ardila, A. (2016). Fitorremediación de mercurio presente en aguas residuales provenientes de la industria minera. *UGCiencia*, 22(1), Article 1. <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/view/705>

- Fernández, A. T. (2019). Identificación de especies vegetales nativas acumuladoras de cadmio en el caserío de Picuruyacu Alto [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1594>
- Fernández, Y. A. (2021). La fitorremediación con *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua) en la remoción del agua dura del distrito de Reque [Universidad César Vallejo]. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/85041>
- García, P., Fernández, R., & Cirujano, S. (2009). Habitantes del agua. Macrófitos. Agencia Andaluza del Agua.
- Grande Gil, J. A. (2016). Drenaje ácido de mina en la faja pirítica ibérica: Técnicas de estudio e inventario de explotaciones. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva.
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la Investigación, las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta. Mc Graw Hill Education.
- Herrera Herbert, J. (2019). Introducción al Drenaje de Explotaciones Mineras. <https://doi.org/10.20868/UPM.book.10404>
- Levitus, G., Echenique, V., Rubinstein, C., Hopp, E., & Mroginsk, L. (2010). Biotecnología y Mejoramiento Vegetal II. INTA. https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/111945/CONICET_Digital_Nro.3bbb94a8-d7cf-4c53-9f71-d4d2bd56cced_B.pdf?sequence=5&isAllowed=y
- Mendoza, O. (2017). Metales pesados y el agua de consumo en Colima. Universidad de Colima.
- Núñez, R., Vong, Y., Ortega, R., & Olguín, E. (2004). Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones. 15.

- Perdomo, A., & Cubas, F. (2002). El junco: Un recurso tradicional de los ecosistemas húmedos de Canarias.
- Quiroz, G. M., & Ambrosio, B. L. (2021). Fitorremediación de aguas contaminadas con mercurio utilizando *Eichhornia crassipes*, [Universidad Privada del Norte]. <https://hdl.handle.net/11537/28971>
- Rojas, L. P., & Suyón, E. del P. (2020). Eficiencia de fitorremediación con jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para disminuir concentraciones de arsénico en aguas del centro poblado Cruz del Medano [Universidad de Lambayeque]. https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/162304/simple-search?query=&sort_by=score&order=desc&rpp=10&filter_field_1=autor&filter_type_1>equals&filter_value_1=Rojas+Adrianz%C3%A9n%2C+Lisbet+Pamela&etal=0&filtername=subject&filterquery=Jacinto+de+agua&filtertype>equals
- Saavedra, R. S. (2020). Biorremediación de aguas con metales pesados mediante biomasa microalgal [Universidad de Valladolid]. <https://uvadoc.uva.es/handle/10324/42745>
- Santana, N. A. (2020). Estrategias biológicas en fitorremediación de cobre (Primera edición). Simplíssimo.
- Valdivielso, A. (2020). ¿Qué es el agua? [Text]. iAgua; iAgua. <https://www.iagua.es/respuestas/que-es-agua>
- Valencia, C. H. (2016). Aguas residuales: Una visión integral. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Villena, J. A. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública, 304-308. <https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

Zitácuaro, I., Marín, J. L., Pérez, M. del C. C., Alvarez, M. V., Estrada, X. del A. L., & Castro, S. A. Z. (2022). Vegetación ornamental utilizada en fitorremediación y sus potencialidades ambientales, económicas y sociales. *Journal of Basic Sciences*, 8(23), Article 23. <https://revistas.ujat.mx/index.php/jobs/article/view/5353/3931>

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION

Lobatón Rojas, L. (2024). *Efecto de la fitorremediación con junco (Juncus acutus L.) en la calidad del agua residual minera, en el Centro Poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco – 2024* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

“Efecto de la fitorremediación con junco (*Juncus acutus L.*) en la calidad del agua residual minera, en el Centro Poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco - 2024”

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES Y DIMENSIONES	METODOLOGÍA
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es el efecto de la fitorremediación con junco (<i>Juncus acutus L.</i>) en la calidad del agua residual minera en el Centro Poblado de Cochacalla San Rafael, Ambo, Huánuco? 	<ul style="list-style-type: none"> • Demostrar el efecto de la fitorremediación con junco (<i>Juncus acutus L.</i>) en la calidad del agua residual minera en el Centro Poblado de Cochacalla San Rafael, Ambo, Huánuco. 	<p style="text-align: center;">HA</p> <ul style="list-style-type: none"> • La especie junco (<i>Juncus acutus L.</i>) tiene efecto de fitorremediación en la calidad agua residual minera en el Centro Poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco 2024. <p style="text-align: center;">HO</p> <ul style="list-style-type: none"> • La especie junco (<i>Juncus acutus L.</i>) no tiene efecto de fitorremediación en la calidad agua residual minera en el Centro Poblado de Cochacalla, San Rafael, Ambo, Huánuco 2024. 	<p>V. independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fitorremediación <ul style="list-style-type: none"> – <i>Juncus acutus L.</i> (Junco) <p>V. Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calidad del agua residual minera <ul style="list-style-type: none"> – Características físicas – Características químicas 	<p>Tipo: experimental puesto que de manera intencional se aplicará la fitorremediación.</p> <p>Enfoque: cuantitativo, puesto que los datos serán presentados en números.</p> <p>Nivel explicativo puesto que se tiene como propósito establecer las causas de los sucesos.</p> <p>Diseño: Experimental con 1 grupo operacional.</p> <p>Población: agua residual minera de la Planta de beneficio KADOSH,</p> <p>Muestra: La muestra corresponderá a 250 litros de agua en 1 grupo operacional.</p>
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS			
<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las características físicas del agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (<i>Juncus acutus L.</i>)? • ¿Cuáles son las características químicas del agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (<i>Juncus acutus L.</i>)? 	<ul style="list-style-type: none"> • Describir las características físicas agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (<i>Juncus acutus L.</i>) • Describir las características químicas agua residual minera antes y después de la fitorremediación con junco (<i>Juncus acutus L.</i>) 			

ANEXO 2

AUTORIZACION PARA LA EJECUCION POR LA EMPRESA



"Año del Bicentenario, de la consolidación de nuestra Independencia, y de la conmemoración de las heroicas batallas de Junín y Ayacucho"

CARTA N°244-2023-C&C-MGC/PLT-COC.

Srta. : LOBATÓN ROJAS LIZBETH YOHALINA
Bachiller de E.P. de Ingeniería Ambiental – Universidad de Huánuco

ASUNTO : **Autorización para ejecución del Proyecto de Investigación Tesis**

REFERENTE : **Solicitud.**

Tengo el agrado de dirigirme a Usted, y a la vez informarle se le autoriza la ejecución del Proyecto de Investigación Tesis titulado: **"EFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON JUNCO (*Juncus acutus* L.) EN LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL MINERA, EN EL CENTRO POBLADO DE COCHACALLA, SAN RAFAEL, AMBO, HUÁNUCO - 2024"**.

En la siguiente:

PLANTA CONCENTRADORA DE MINERALES POLIMETALICOS "KADOSH".

Sin otro particular hago propicia la ocasión, para renovarles las muestras de mi consideración y estima personal.

C.P de Cochacalla, 15 abril del 2024

Atentamente;

CIA MINERA Y CONSTRUCTORA
MGC E.I.R.L.
RUC: 20607923036
Angel Luis...
ANGEL LUIS... COCHACALLA
TITULAR - GERENTE

CIA MINERA & CONSTRUCTORA MGC E.I.R.L
Direccion: C.P. Cochacalla –San Rafael- Huánuco/Telf. 965247247

ANEXO 3 FICHA DE CAMPO

FICHA DE IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO DE MONITOREO

NOMBRE DE LA INSTITUCIÓN	CIA MINERA
CLASIFICACIÓN DEL CUERPO DE AGUA	EFLUENTES DE TRATAMIENTO DE AGUA POR FITORREMEDIACIÓN
NOMBRE DEL CUERPO DE AGUA	EFLUENTE
IDENTIFICACIÓN DEL PUNTO	
CÓDIGO DEL PUNTO DE MONITOREO	FITO-01, FITO-02, FITO-03, FITO-04, FITO-05
DESCRIPCIÓN DEL LUGAR	ÁREA DE TRATAMIENTO POR FITORREMEDIACIÓN
FINALIDAD DEL MONITOREO	CONOCER EL VALOR DE LOS PARÁMETROS SEGUN EL LMP PARA EFLUENTES DE ACTIVIDADES MINERA METALURGICAS Y ECA CAT:03

UBICACIÓN

DISTRITO	PROVINCIA	DEPARTAMENTO
SAN RAFAEL	AMBO	HUÁNUCO
LOCALIDAD	COCHACALLA	
COORDENADAS (WGS84)	PROYECCIÓN UTM	<input checked="" type="checkbox"/> X <input type="checkbox"/> GEOGRÁFICAS
NORTE / LATITUD		ZONA
8853731		18L
ESTE/ LONGITUD		ALTITUD
0369011		2 623



ANEXO 4

ANÁLISIS DE LABORATORIO



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACION INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-056**



Registro N° LE-088

INFORME DE ENSAYO N° 241120 CON VALOR OFICIAL

Razón Social	: LIZBETH Y. LOBATON ROJAS
Domicilio Legal	: RESERVADO POR EL CLIENTE
Solicitado por	: L & L LAB SOLUTION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
Referencia	: Cotización N°00805-24
Proyecto	: EFECTO DE LA FITORREMEDIACIÓN CON JUNCO (<i>Juncus acutus</i> L.) EN LA CALIDAD DEL AGUA RESIDUAL MINERA, EN EL CENTRO POBLADO DE COCHACALLA, SAN RAFAEL, AMBO, HUÁNUCO - 2023.
Procedencia	: COCHACALLA – SAN RAFAEL
Muestreo Realizado por	: EL CLIENTE
Cantidad de Muestras	: 1
Producto	: Agua Residual
Fecha de Recepción	: 13/03/2024
Fecha de Ensayo	: 13/03/2024 al 20/03/2024
Fecha de Emisión	: 20/03/2024

I. Resultados

Código de Laboratorio		241120-01	
Código del Cliente		P-01	
Fecha de Muestreo		12/03/2024	
Hora de Muestreo (H)		12:00	
Ubicación Geográfica (WGS 84)		E:0365687 N:8653762	
Tipo de Producto		Agua Residual Industrial	
Tipo de Ensayo		Unidad	Resultado
Laboratorio Instrumental			
Metales Totales			
Cobre	mg/L	0.0005	0.0012
Plomo	mg/L	0.0004	0.0010
Zinc	mg/L	0.0009	0.0012
			38.25

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método. L.D.M. = Límite de detección del método. "v" = Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado.

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Instrumental		
Metales Totales	EPA Method 200.7 Rev. 4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

EPA: U.S. Environmental Protection Agency, Methods for Chemical Analysis

III. Observaciones

Los Resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Este resultado representa el promedio obtenido a la muestra individual, según la técnica de control de calidad correspondiente. Estos resultados son válidos solo en el momento y lugar de emisión de este informe y no constituyen una certificación de conformidad con normas del producto. El tiempo de validez de la muestra es de un mes calendario desde el momento de la muestra en el laboratorio. El tiempo de validez del informe de ensayo, desde su emisión, depende de la muestra. El tiempo de validez de la muestra es de 12 meses desde su emisión. Este informe de laboratorio es válido solo para el uso que se indica en el mismo. Para cualquier otro uso, consulte al personal técnico del laboratorio. Este informe de laboratorio es válido solo para el uso que se indica en el mismo. Para cualquier otro uso, consulte al personal técnico del laboratorio. Este informe de laboratorio es válido solo para el uso que se indica en el mismo. Para cualquier otro uso, consulte al personal técnico del laboratorio.

FIN DEL INFORME

Calle B. Mz C lote 40 Urb. Panamericana - Lima 31 - Perú. Central Telefónica (51 1) 522-3758 / 523-1828 980-525800

info@envirotest.com.pe / www.envirotest.com.pe

Página 1 de 1

Codigo: F01-PQ-EM-01, Rev: 11, Fecha: 21-02-2020

INFORME DE ENSAYO N° 240145

II - MÉTODOS Y REFERENCIAS

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Fisicoquímica		
Demanda Bioquímica de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEP Part 5210 B 24th.Ed. 2023	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Sólidos totales suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEP Part 2540 D 24th.Ed. 2023	Solids, Total, Suspended Solids Dried at 103-105° C.
Química Instrumental		
Color	SMEWW-APHA-AWWA-WEP Part 2120 C 24th.Ed. 2023	Color. Spectrophotometric-Single-Wavelength Method (Proposed)
Demanda Química de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEP Part 5220 D 24th.Ed. 2023	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

III. OBSERVACIONES

La(s) muestra(s) recepcionada(s) se encuentran cumpliendo lo establecido en la tabla del PQ-OPE-03 Métodos, preservantes y tiempo de vida. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

FIN DEL DOCUMENTO

Los resultados del presente informe de ensayo son válidos para las muestras referidas en el informe, no pudiendo extenderse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los métodos de ensayo presentados en el informe son acordes al alcance de los métodos correspondientes. El tiempo de validez y precisión de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Ante cualquier modificación o adición de muestras del método, se debe proceder con el procedimiento PQ-COM-01 Revisión de solicitudes, ofertas y contratos. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público, su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. Si L&L LAB SOLUTION S.A.C. no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplicaran a la muestra tal como fueron recepcionadas. L&L LAB SOLUTION S.A.C. Declina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de L&L LAB SOLUTION S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 240145

Datos del Cliente :

Nombre del cliente : **LIZBETH Y. LOBATON ROJAS**
 Dirección del cliente : **SAN RAFAEL**
 Solicitado por : **BOCATHI CORPORATION EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA**
 Proyecto : **FITOREMEDIACION CON JUNCO**
 Muestreo realizado por : **EL CLIENTE**
 Procedencia de la muestra : **COCHALLA - SAN RAFAEL**
 Cantidad de muestras y presentación : **01 PUNTO DE MONITOREO**

Datos del Laboratorio:

Referencia : **COTIZACIÓN N°: CS.2-24-0069 / ORDEN DE SERVICIO N°: OS.2-24-0066**
 Plan de muestreo : **NO APLICA**
 Producto : **AGUA**
 Fecha de recepción de muestra(s) : **13/03/2024**
 Fecha de Ejecución de Ensayo : **13/03/2024 AL 22/03/2024**
 Fecha de emisión del Informe : **22/03/2024**

I. RESULTADOS

Código de Laboratorio	240145-01
Código de Cliente	P-01
Tipo de Producto	Agua residual Industrial
Fecha de Muestreo	12/03/2024
Hora de Muestreo	12:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 0306967 E: 8653762
Descripción de la Estación de Muestreo	No Indica

Lugar de Ensayo : Laboratorio			
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultado
Físicoquímica			
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	2.0	8.70
Sólidos totales suspendidos	mg/L	6	60

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 12 = Resolución cuantificable, *--* = No Analizado.
 / = Menor que el L.C.M. indicado, */ = Mayor al valor indicado.

Código de Laboratorio	240145-01
Código de Cliente	P-01
Tipo de Producto	Agua residual Industrial
Fecha de Muestreo	12/03/2024
Hora de Muestreo	12:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 0306967 E: 8653762
Descripción de la Estación de Muestreo	No Indica

Lugar de Ensayo : Laboratorio			
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultado
Química Instrumental			
Color	UC	4.7	470
Demanda Química de oxígeno	mg/L	4.3	202

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 12 = Resolución cuantificable, *--* = No Analizado.
 / = Menor que el L.C.M. indicado, */ = Mayor al valor indicado.

INFORME DE ENSAYO N°241721 CON VALOR OFICIAL

II. Métodos y Referencias

Tipo de Ensayo	Norma Referencia	Título
Laboratorio Instrumental		
Metales Totales	EPA Method 200.7 Rev 4.4 1994	Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry

*EPA: U. S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis

III. Observaciones

Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra analizada, según la muestra de control correspondiente. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con respecto del producto. El tiempo de retención de la muestra es de un mes, información adicional al respecto de la muestra al Laboratorio. El tiempo de validez del informe de ensayo, tanto en digital como en físico es de 2 años. El tiempo de procesamiento de la muestra está en función a la complejidad en los métodos involucrados de ensayo y tipo de muestra. Todo problema lo reportará por correo electrónico, sobre administración de Envirotest S.A.C. Los resultados se entregarán solamente con los datos de ensayo. Para cualquier información de los resultados como se recibieron. Para cualquier información del presente informe de ensayo solicitar información al correo: info@envirotest.com.pe

FIN DEL INFORME

INFORME DE ENSAYO N° 241721 CON VALOR OFICIAL

Razón Social : LIZBETH Y. LOBATON ROJAS
Domicilio Legal : S/N
Solicitado por : L & L LAB SOLUTION SOCIEDAD ANONIMA CERRADA
Referencia : Colización N° 01134-24
Proyecto : FITORREMEDIACIÓN CON JUNCO
Procedencia : COCHACALLA - CIA MINERA
Muestreo Realizado por : EL CLIENTE
Cantidad de Muestras : 5
Producto : Agua Residual
Fecha de Recepción : 01/04/2024
Fecha de Ensayo : 01/04/2024 al 08/04/2024
Fecha de Emisión : 08/04/2024

I. Resultados

Código de Laboratorio	241721-01		241721-02		241721-03	
Código del Cliente	FITO-01		FITO-02		FITO-03	
Fecha de Muestreo	31/03/2024		31/03/2024		31/03/2024	
Hora de Muestreo (H)	13:00		13:00		13:00	
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:0369011 N:8853731		E:0369011 N:8853731		E:0369011 N:8853731	
Tipo de Producto	Agua Residual Industrial		Agua Residual Industrial		Agua Residual Industrial	
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultado		
Laboratorio Instrumental						
Metales Totales						
Cobre	mg/L	0.0005	0.0012	0.1716	0.1909	0.1177
Plomo	mg/L	0.0004	0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
Zinc	mg/L	0.0009	0.0012	<0.0012	<0.0012	<0.0012

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; L.D.M. = Límite de detección del método; "<" Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado

Código de Laboratorio	241721-04		241721-05		
Código del Cliente	FITO-04		FITO-05		
Fecha de Muestreo	31/03/2024		31/03/2024		
Hora de Muestreo (H)	13:00		13:00		
Ubicación Geográfica (WGS 84)	E:0369011 N:8853731		E:0369011 N:8853731		
Tipo de Producto	Agua Residual Industrial		Agua Residual Industrial		
Tipo de Ensayo	Unidad	L.D.M.	L.C.M.	Resultado	
Laboratorio Instrumental					
Metales Totales					
Cobre	mg/L	0.0005	0.0012	0.1010	0.0562
Plomo	mg/L	0.0004	0.0010	<0.0010	<0.0010
Zinc	mg/L	0.0009	0.0012	<0.0012	<0.0012

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método; L.D.M. = Límite de detección del método; "<" Menor que el L.C.M. o L.D.M. indicado

INFORME DE ENSAYO N° 240215

III. OBSERVACIONES

La(s) muestra(s) recepcionada(s) se encuentran cumpliendo lo establecido en la tabla del PQ-OPE-03 Métodos, preservantes y tiempo de vida. Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

L&L LAB SOLUTION S.A.S.

Laura Steffany Pino Olivera
GERENTE DE CALIDAD

FIN DEL DOCUMENTO



Los resultados del presente informe de ensayo son válidos para las muestra referidas en el informe, no pudiendo aislarse los resultados del informe a ninguna otra unidad o lote que no haya sido analizado. Los métodos de ensayos presentados en el informe son acordes al alcance de los métodos correspondientes. El tiempo de custodia y preservación de la muestra está en función a lo declarado en los métodos normalizados de ensayo y rige desde la toma de muestra. Ante cualquier modificación o adición de muestras del método, se debe proceder con el procedimiento PQ-COM-01 Revisión de solicitudes, órdenes y contratos. Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce. El informe de ensayo es un documento oficial de interés público; su adulteración o uso indebido constituye delito contra la fe pública y se regula por las disposiciones penales y civiles en la materia. SI L&L LAB SOLUTION S.A.S. no realizó la toma de muestra o el muestreo, los resultados se aplican a la muestra tal como fueron recepcionados. L&L LAB SOLUTION S.A.S. Destina responsabilidad de la información proporcionada por el cliente. No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de L&L LAB SOLUTION S.A.S.

PQ-040-02
E.E.: 14.04.21
P.F.: 01 / 10.05.21

Página 3 de 3

INFORME DE ENSAYO N° 240215

Código de Laboratorio	240215-01	240215-02	240215-03
Código de Cliente	Filo - 01	Filo - 02	Filo - 03
Tipo de Producto	Agua Residual industrial	Agua Residual industrial	Agua Residual industrial
Fecha de Muestreo	31/03/2024	31/03/2024	31/03/2024
Hora de Muestreo	13:00	13:00	13:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8853731 E: 0369011	N: 8853731 E: 0369011	N: 8853731 E: 0369011
Descripción de la Estación de Muestreo	No Indica	No Indica	No Indica

Lugar de Ensayo : Laboratorio			
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Química Instrumental			
Color	UC	4.7	<4.7
Demanda Química de oxígeno	mg/l	4.3	983.2

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 [D] = Resolución cuantificable, "-" = No Analizado,
 <<= Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.

Código de Laboratorio	240215-04	240215-05
Código de Cliente	Filo - 04	Filo - 05
Tipo de Producto	Agua Residual industrial	Agua Residual industrial
Fecha de Muestreo	31/03/2024	31/03/2024
Hora de Muestreo	13:00	13:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8853731 E: 0369011	N: 8853731 E: 0369011
Descripción de la Estación de Muestreo	No Indica	No Indica

Lugar de Ensayo : Laboratorio			
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados
Química Instrumental			
Color	UC	4.7	<4.7
Demanda Química de oxígeno	mg/l	4.3	1158

Leyenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 [D] = Resolución cuantificable, "-" = No Analizado,
 <<= Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.



II - MÉTODOS Y REFERENCIAS

Tipo Ensayo	Norma Referencia	Título
Fisicoquímica		
Demanda Bioquímica de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 24th.Ed. 2023	Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Sólidos totales suspendidos	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2540 D, 24th.Ed. 2023	Solids, Total, Suspended Solids Dried at 103-105° C.
Química Instrumental		
Color	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2120 C, 24th.Ed. 2023	Color: Spectrophotometric-Single-Wavelength Method (Proposed)
Demanda Química de oxígeno	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D, 24th.Ed. 2023	Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method

INFORME DE ENSAYO N° 240215

Datos del Cliente :

Nombre del cliente : LIZBETH Y. LOBATON ROJAS
 Dirección del cliente : COCHACALLA S/N
 Solicitado por : BOCATHI CORPORATION EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
 Proyecto : FITORREMEDIACION CON JUNCO
 Muestreo realizado por : EL CLIENTE
 Procedencia de la muestra : COCHACALLA - CIA. MINERA
 Cantidad de muestras y presentación : 05 PUNTOS DE MONITOREO

Datos del Laboratorio:

Referencia : COTIZACIÓN N° CS.2-24-0099 / ORDEN DE SERVICIO N° OS.2-24-0081
 Plan de muestreo : NO APLICA
 Producto : AGUA
 Fecha de recepción de muestra(s) : 01/04/2024
 Fecha de Ejecución de Ensayo : 01/04/2024 AL 10/04/2024
 Fecha de emisión del Informe : 10/04/2024

I. RESULTADOS

Código de Laboratorio	240215-01	240215-02	240215-03
Código de Cliente	Fbo - 01	Fbo - 02	Fbo - 03
Tipo de Producto	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo	31/03/2024	31/03/2024	31/03/2024
Hora de Muestreo	13:00	13:00	13:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8853731 E: 0369011	N: 8853731 E: 0369011	N: 8853731 E: 0369011
Descripción de la Estación de Muestreo	No Indica	No Indica	No Indica

Lugar de Ensayo : Laboratorio					
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados		
Fisicoquímica					
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	2.0	<2	<2	<2
Sólidos totales suspendidos	mg/L	8	<8	<8	11

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 "1" = Resolución cuantificable, "2" = No Analizado,
 "<" = Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.

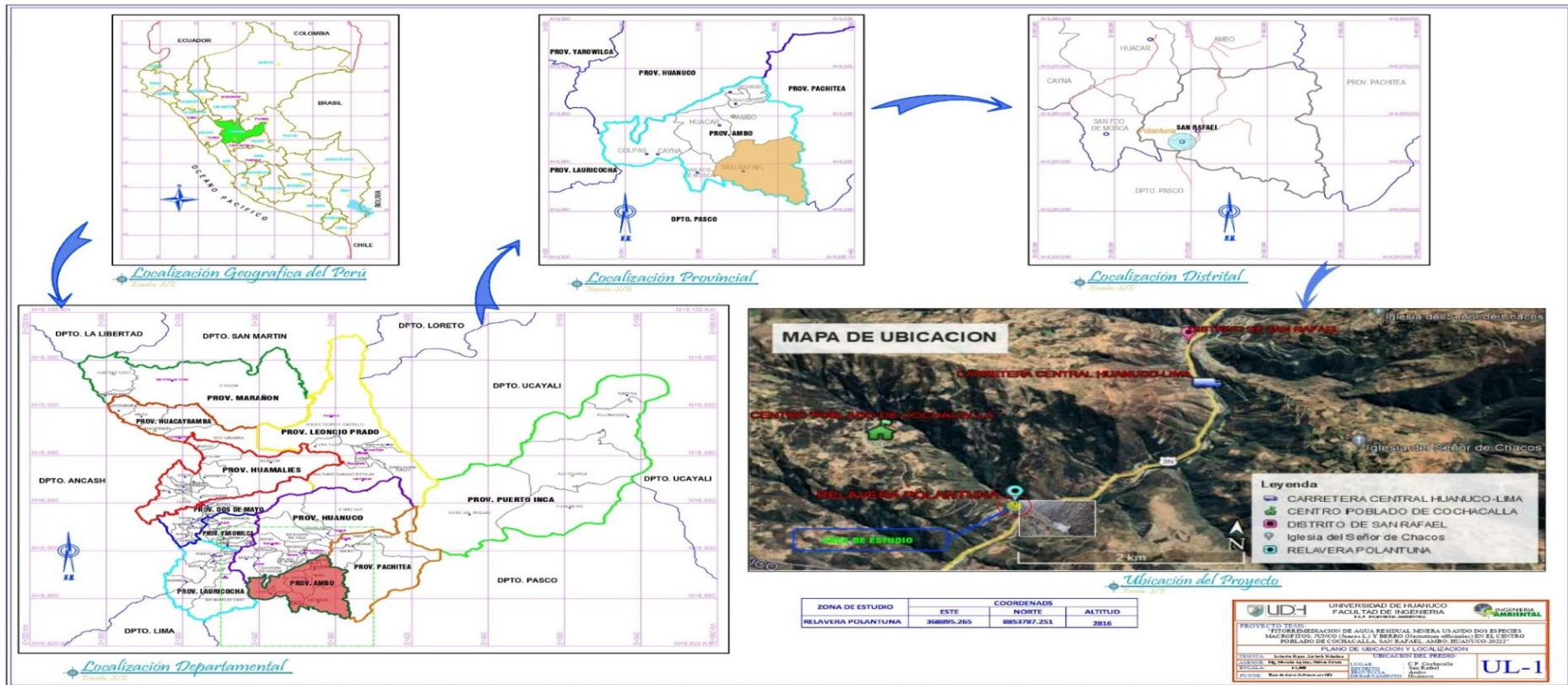
Código de Laboratorio	240215-04	240215-05
Código de Cliente	Fbo - 04	Fbo - 05
Tipo de Producto	Agua Residual Industrial	Agua Residual Industrial
Fecha de Muestreo	31/03/2024	31/03/2024
Hora de Muestreo	13:00	13:00
Ubicación Geográfica (WGS 84)	N: 8853731 E: 0369011	N: 8853731 E: 0369011
Descripción de la Estación de Muestreo	No Indica	No Indica

Lugar de Ensayo : Laboratorio				
Tipo Ensayo	Unidad	L.C.M.	Resultados	
Fisicoquímica				
Demanda Bioquímica de oxígeno	mg/L	2.0	<2	<2
Sólidos totales suspendidos	mg/L	8	7	22

Legenda: L.C.M. = Límite de cuantificación del método.
 "1" = Resolución cuantificable, "2" = No Analizado,
 "<" = Menor que el L.C.M. indicado, ">" = Mayor al valor indicado.



ANEXO 5 MAPA DE UBICACIÓN DEL PROYECTO



ANEXO 6
PANEL FOTOGRÁFICO DE LA EJECUCION DEL PROYECTO
DE INVESTIGACION

Inicio de armado de las bases de las pozas para la fitorremediación



Encofrado de las bases de las pozas para la fitorremediación



Bases listas de las pozas para la fitorremediación



Instalación de techo y colocación del tanque



Instalación del sistema tuberías



Lavado de los materiales para la fitorremediación



Secado de los materiales para la fitorremediación



Recolección de las plantas de junco



Siembra de las plantas de junco



Toma de muestra del reservorio de recirculación de la PTARI



Medida de los parámetros in situ



Monitoreo del agua en tratamiento cada 5 días



Monitoreo al tiempo cumplido en el centro de tratamiento por fitorremediación



Visita técnica del jurado supervisor, Mg. Frank Erick Cámara Llanos

