

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN
FACULTAD DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL



**UNIVERSIDAD NACIONAL
DE JAÉN**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL

**EFECTO DE LA *Eichhornia crassipes* SOBRE LA
CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES DEL AGUA RESIDUAL
DE LA POZA DE OXIDACIÓN ÑUNYA
JALCA.UTCUBAMBA_2023**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
FORESTAL Y AMBIENTAL**

Autores: Bach. Thalia Milagros Bustamante Sosa

Bach. Betsy Nayelli Vera Delgado

Asesores: Dr. Cirilo Mario Caira Mamani

: Dr. Persi Vera Zelada

**Línea de Investigación: Innovación tecnológica para el desempeño y competitividad para
la calidad ambiental.**

**JAÉN - PERÚ
2025**

Thalia M. Bustamante Sosa; Betsy N. Vera Delgado

EFECTO DE LA *Eichhornia crassipes* SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES DEL AGUA RESIDUAL DE ...

-  Quick Submit
-  Quick Submit
-  Universidad Nacional de Jaén

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::1:3208192665

65 Páginas

Fecha de entrega

7 abr 2025, 10:35 a.m. GMT-5

8885 Palabras

Fecha de descarga

7 abr 2025, 10:40 a.m. GMT-5

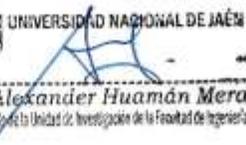
49.682 Caracteres

Nombre de archivo

a_Delgado_Betsy_Nayelli_Informe_-_BETSY_NAYELLI_VERA_DELGADO.pdf

Tamaño de archivo

3.4 MB

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

12% Overall Similarity

The combined total of all matches, including overlapping sources, for each database.

Filtered from the Report

- Bibliography
- Quoted Text
- Small Matches (less than 15 words)

Top Sources

- 11%  Internet sources
- 1%  Publications
- 6%  Submitted works (Student Papers)

Integrity Flags

1 Integrity Flag for Review

-  **Replaced Characters**
16 suspect characters on 10 pages
Letters are swapped with similar characters from another alphabet.

Our system's algorithms look deeply at a document for any inconsistencies that would set it apart from a normal submission. If we notice something strange, we flag it for you to review.

A Flag is not necessarily an indicator of a problem. However, we'd recommend you focus your attention there for further review.

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN

Dr. Alexander Huamán Mera
Responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería



ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 28 de marzo del año 2025, siendo las 09 horas, se reunieron los integrantes del Jurado Evaluador designados según la Resolución N° 189-2025-UNJ/ FI

Presidente, Mg. Annick Estefany Huaccha Castillo

Secretario, Dr. Luis Arturo Gil Ramírez

Vocal, Dr. Lupo Leonidas Varas Ponce

Para evaluar la sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **“EFECTO DE LA *Eichhornia crassipes* SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES DEL AGUA RESIDUAL DE LA POZA DE OXIDACIÓN ÑUNYA JALCA UTCUBAMBA 2023”**.

Presentado por las bachilleras Bustamante Sosa Thalia Milagros y Vera Delgado Betsy Nayelli, de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, teniendo como asesores al Dr. Cirilo Mario Caira Mamani y al Dr. Persi Vera Zelada.

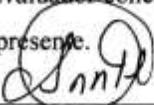
Después de la sustentación y defensa, el Jurado Evaluador acuerda:

Aprobar () Desaprobar Unanimidad () Mayoría

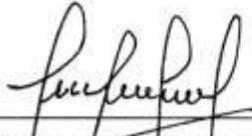
Con la siguiente mención:

Excelente	18, 19, 20	()
Muy bueno	16, 17	()
Bueno	14, 15	()
Regular	13	(13)
Desaprobado	12 o menos	()

Siendo las 10 horas, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación confirmando su participación con la suscripción de la presente.


.....
Presidente Jurado Evaluador


.....
Secretario Jurado Evaluador


.....
Vocal Jurado Evaluador

**"AÑO DE LA RECUPERACIÓN Y CONSOLIDACIÓN DE LA ECONOMÍA
PERUANA"**

**DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD Y DE NO PLAGIO
DE LA TESIS DE INVESTIGACIÓN (PREGRADO)**

Yo, Thalia Milagros Bustamante Sosa y Betsy Nayelli Vera Delgado, egresadas de la carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Facultad de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén, identificadas con DNI 71256131 y 70850343.

Declaramos bajo juramento que:

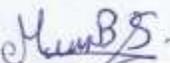
1. Somos Autores del trabajo titulado:

"EFECTO DE LA *Eichhornia crassipes* SOBRE LA CONCENTRACIÓN DE NUTRIENTES DEL AGUA RESIDUAL DE LA POZA DE OXIDACIÓN ÑUNYA JALCA_UTCUBAMBA_2023" Asesoradas por el Dr. Cirilo Mario Caira Mamani. El mismo que presentó bajo la modalidad de Tesis de investigación para optar; el Título Profesional de Ingeniero Forestal Y Ambiental.

2. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En el sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
5. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Nacional de Jaén.
6. Soy consciente de que el hecho de no respetar los derechos de autor y hacer plagio, es objeto de sanciones universitarias y/o legales.

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

Fecha: Jaén, 19, junio del 2025.



Thalia Milagros Bustamante Sosa



Betsy Nayelli Vera Delgado

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
2.1. Ubicación del área de estudio	6
2.2. Población, muestra y muestreo	10
2.3. Materiales y equipo.....	10
2.3.1. Trabajo de campo.....	10
2.3.2. Trabajo de laboratorio	10
2.4. Métodos	11
2.4.1. Sistema de tratamiento	11
2.4.2. Dimensiones de los recipientes.	13
2.4.3. Construcción de los estanques	13
2.4.6. Recolección y envío de muestras.....	14
2.4.7. Análisis de varianza (ANOVA).....	15
III. RESULTADOS	15
3.1. Caracterización de los parámetros fisicoquímicos de la poza de oxidación Ñunya Jalca	15

3.2. Determinación de la remoción de nutrientes de las aguas residuales domésticas, de acuerdo con los tratamientos empleados.....	16
IV. DISCUSIÓN.....	33
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	38
5.1. Conclusiones.....	38
5.2. Recomendaciones.....	38
VI. REFERENCIAS.....	39
DEDICATORIA.....	44
DEDICATORIA.....	45
AGRADECIMIENTO.....	46
ANEXOS.....	47

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1</i>	<i>Sistemas de tratamientos</i>	12
<i>Tabla 2</i>	<i>pH, conductividad eléctrica, turbidez</i>	15
<i>Tabla 3</i>	<i>Concentración inicial del agua residual</i>	16
<i>Tabla 4</i>	<i>Resultados de la concentración ppm NO₃⁻ a los 15 días de tratamiento</i>	16
<i>Tabla 5</i>	<i>Porcentaje de remoción de nitratos después de los 15 días de tratamiento</i>	17
<i>Tabla 6</i>	<i>Procesamiento de datos para nitratos</i>	18
<i>Tabla 7</i>	<i>Descriptivos estadísticos para nitratos</i>	19
<i>Tabla 8</i>	<i>Prueba de normalidad para la concentración de nitratos</i>	20
<i>Tabla 9</i>	<i>Análisis de varianza de nitratos</i>	21
<i>Tabla 10</i>	<i>Resultados de los ensayos y réplicas de nitratos</i>	22
<i>Tabla 11</i>	<i>ANOVA para la concentración de nitratos</i>	22
<i>Tabla 12</i>	<i>Diferencias entre pares de muestras</i>	24
<i>Tabla 13</i>	<i>Resultado de la concentración ppm PO₄⁻³ a los 15 días de tratamiento</i>	25
<i>Tabla 14</i>	<i>Porcentaje de remoción de fosfatos a los 15 días de tratamiento</i>	25
<i>Tabla 15</i>	<i>Resultado del procesamiento de datos para fosfatos</i>	26
<i>Tabla 16</i>	<i>Descriptivos estadísticos para fosfatos</i>	27
<i>Tabla 17</i>	<i>Prueba de normalidad para la concentración de fosfatos</i>	28
<i>Tabla 18</i>	<i>Análisis de varianza</i>	28
<i>Tabla 19</i>	<i>Resultados de los ensayos y réplicas para las concentraciones de fosfatos</i>	29
<i>Tabla 20</i>	<i>ANOVA para la concentración de fosfatos</i>	30
<i>Tabla 21</i>	<i>Diferencias entre pares de muestras</i>	32
<i>Tabla 22</i>	<i>Análisis de pH después de los tratamientos</i>	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Mapa de ubicación del Centro Poblado Ñunya Jalca y de la poza de oxidación...</i>	7
Figura 2 <i>Mapa de ubicación del área de recolección de las aguas residuales.....</i>	8
Figura 3 <i>Mapa de ubicación del área de los sistemas de tratamientos</i>	9
Figura 4 <i>Esquema de los sistemas de tratamientos por porcentaje del Eichhornia crassipes.</i>	12
Figura 5 <i>Bosquejo del Recipiente con sus dimensiones</i>	13
Figura 6 <i>Regiones de aceptación de Ho</i>	23
Figura 7 <i>Regiones de aceptación de Ho</i>	31
Figura 8 <i>Diagrama de la instalación de los tratamientos</i>	47
Figura 9 <i>Lavado e instalación de las macrófitas según los tratamientos</i>	48
Figura 10 <i>Caracterización de los parámetros fisicoquímicos (pH, conductibilidad eléctrica y turbidez)</i>	48
Figura 11 <i>Recojo y envió de muestras para la caracterización de los nutrientes</i>	49
Figura 12 <i>Recojo y envió de muestras después de los tratamientos aplicados.....</i>	50
Figura 13 <i>Análisis del pH después de los tratamientos</i>	50

RESUMEN

La fitorremediación es una técnica que emplea plantas para tratar aguas residuales, reduciendo contaminantes como nutrientes y compuestos orgánicos. Este estudio evaluó el impacto de *Eichhornia crassipes* sobre los nutrientes en el agua residual de la poza de oxidación de Ñunya Jalca, Utcubamba. Se aplicó tratamientos con diferentes coberturas de la planta ($T_1 = 25\%$, $T_2 = 50\%$, $T_3 = 75\%$, $T_4 = 100\%$) y un control sin cobertura. Inicialmente, se analizaron parámetros como nutrientes, pH, conductividad eléctrica y turbidez. Después de 15 días, se reevaluaron las concentraciones de nutrientes. Los resultados indicaron que en el T_4 fue eficiente en la remoción de fosfatos (82.12%). En contraste, los nitratos presentaron un incremento en la mayoría de los tratamientos, salvo en T_1 , (52.12%). Los tratamientos T_2R_2 , T_3 y T_4R_2 registraron aumento de concentraciones entre 0.398 y 1.696 mg NO_3^-/L . El análisis estadístico reveló que la *Eichhornia crassipes* no tiene un efecto significativo en la eliminación de nitratos ($F_0 = 1.658 < F_{\alpha,k-1,N-k} = 4.066$), pero sí en la reducción de fosfatos ($F_0 = 11.912 > F_{\alpha,k-1,N-k} = 4.066$). Los resultados obtenidos nos brindan la oportunidad de implementar en el futuro la fitoremediación en el centro poblado de Ñunya Jalca.

Palabras claves: Fitorremediación, remoción, macrófitas, parámetros

ABSTRACT

Phytoremediation is a technique that uses plants to treat wastewater, reducing pollutants such as nutrients and organic compounds. This study evaluated the impact of *Eichhornia crassipes* on nutrients in the wastewater of the Ñunya Jalca oxidation pond, Utcubamba. Treatments with different plant coverages ($T_1 = 25\%$, $T_2 = 50\%$, $T_3 = 75\%$, $T_4 = 100\%$) and a control without coverage were applied. Initially, parameters such as nutrients, pH, electrical conductivity and turbidity were analyzed. After 15 days, nutrient concentrations were re-evaluated. The results indicated that T_4 was efficient in phosphate removal (82.12%). In contrast, nitrates showed an increase in most of the treatments, except in T_1 (52.12%). Treatments T_2R_2 , T_3 and T_4R_2 recorded increased concentrations between 0.398 and 1.696 mg NO_3^-/L . Statistical analysis revealed that *Eichhornia crassipes* has no significant effect on nitrate removal ($F_0 = 1.658 < F_{\alpha,k-1,N-k} = 4.066$), but has a significant effect on phosphate reduction ($F_0 = 11.912 > F_{\alpha,k-1,N-k} = 4.066$). The results obtained give us the opportunity to implement phytoremediation in the future in the village of Ñunya Jalca.

Key words: Phytoremediation, removal, macrophytes, parameters.

I. INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales están compuestas por una mezcla de agua utilizada en hogares para actividades como el lavado, la limpieza, uso de servicios higiénicos y para la preparación de alimentos, contienen una diversidad de contaminantes que van desde materia orgánica, nutrientes como nitratos y fosfatos, hasta productos químicos y microorganismos patógenos (Behling *et al.*, 2016). Por tal motivo la fitorremediación representa una alternativa económica para el tratamiento de aguas residuales, destacándose por sus bajos costos operativos y de mantenimiento, ya que no depende del uso de energía. Además, es una solución ambientalmente amigable y efectiva para disminuir la carga contaminante de las aguas residuales hasta niveles que cumplen con las normativas ambientales establecidas. (Delgadillo *et al.*, 2011).

La Organización Mundial de la Salud (OMS,2021), señala que, la contaminación del agua es una de las principales causas de enfermedades y muertes a nivel global. Según sus estimaciones, cerca del 80% de las enfermedades en países en desarrollo están vinculadas a la falta de acceso a agua potable y saneamiento adecuado, lo que provoca aproximadamente 1.5 millones de muertes anuales debido a enfermedades relacionadas con agua contaminada. Asimismo, el vertido de aguas residuales sin tratamiento en cuerpos de agua genera serios impactos ambientales y de salud pública, incluyendo la contaminación de ríos, lagos y acuíferos, el fenómeno de eutrofización, la reducción de la calidad del agua y la pérdida de biodiversidad.

A lo largo del territorio peruano se produce en promedio 2 217 946 m³/día de aguas residuales. Estas aguas son introducidas en el sistema de alcantarillado por empresas privadas de saneamiento, pero solo el 32% de ellas pasa por algún proceso de tratamiento. A pesar de

la presencia de organismos reguladores, el principal desafío en Perú es la falta de comprensión sobre los efectos ambientales resultantes de la falta de tratamiento de aguas residuales. Por esta razón, es importante subrayar que la escasez de agua limpia debería ser un motivo para abordar esta situación, que tiene implicaciones a nivel global, nacional y local (Alvarado & Manayay, 2020).

La planta acuática flotante conocida como Jacinto de agua, o *Eichhornia crassipes*, destaca por su capacidad para reducir y eliminar contaminantes. Esta especie prospera en diversos tipos de humedales y prefiere aguas ricas en nutrientes, aunque también puede tolerar variaciones significativas en los niveles de nutrientes, temperatura y pH. Para su óptimo crecimiento, el Jacinto de agua requiere un pH de 6 a 8. Aunque puede desarrollarse en un amplio rango de temperaturas, desde 1 hasta 40 °C (con un crecimiento ideal entre 25 y 27,5 °C), se considera que es sensible al frío (Poma & Valderrama, 2014).

En este sentido, en diversos estudios se ha investigado y destacado el potencial de ciertas especies vegetales, en la fitorremediación de aguas contaminadas. Según Campos, (2022), obtuvo resultados alentadores, evidenciando la capacidad de estas plantas para remover contaminantes como nitratos, fosfatos, entre otros, de manera eficiente y natural; donde la *Eichhornia crassipes* obtuvo un porcentaje de 82.37% en la eliminación de nitratos y un 99% en la eliminación de fosfatos.

El uso de la planta *Eichhornia crassipes* se considera una opción efectiva y viable para purificar aguas residuales, según un estudio realizado por Mendoza *et al* (2016), durante el estudio se probaron tres diferentes porcentajes de remoción: 25%, 50% y 75%. Se observó que la tasa de remoción del 50% fue la más efectiva en la eliminación de fosfatos, alcanzando

una eficacia del 93.1% en las unidades evaluadas. Por otro lado, con una tasa del 75%, la eliminación de fosfatos fue del 87.55%.

Campos, (2022) demostró que al primer mes de tratamiento con la *Eichhornia crassipes* el nitrato aumento en comparación a la muestra control que se obtuvo al inicio de tratamiento. Sin embargo, a los tres meses de tratamiento con la *Eichhornia crassipes* en agua residual doméstica, obtuvo una eficiencia del 82.37% en la eliminación de nitratos y un 99% en la eliminación de fosfatos.

En los últimos tiempos, ha surgido considerable interés en la utilización de estanques que contienen plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales, debido al prometedor potencial que han exhibido en términos de purificación. Algunos de estos sistemas han logrado ofrecer un enfoque integral de tratamiento, en el cual no solo se elimina de manera eficaz la materia orgánica y los sólidos suspendidos, sino que también se consigue la disminución de nutrientes, sales disueltas, metales pesados y agentes patógenos. (García, 2012).

La investigación surge debido a que las aguas residuales sin tratar se utilizan en actividades agrícolas y se vierten en quebradas, generando contaminación. En el centro poblado Ñunya Jalca no se cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, pero es viable implementar un proceso de fitorremediación mediante humedales artificiales que empleen la especie *Eichhornia crassipes*. Por ello, se formula el siguiente problema de investigación: ¿Cuál es el efecto de la *Eichhornia crassipes* sobre la concentración de nutrientes del agua residual de la poza de oxidación del centro poblado Ñunya Jalca?

Por el contexto antes descrito, fue necesario llevar a cabo el estudio, el cual tuvo como objetivo evaluar el efecto de la *Eichhornia crassipes* sobre la concentración de nutrientes del

agua residual de la poza de oxidación Ñunya Jalca_Utcubamba. Teniendo como objetivos específicos caracterizar los parámetros físicos y químicos del agua residual de la poza de oxidación Ñunya Jalca_Utcubamba; determinar la remoción de nutrientes del agua residual doméstica de la poza de oxidación Ñunya Jalca-Utcubamba, tratada en un sistema de fitorremediación a nivel de laboratorio con 25%, 50%, 75% y 100% de *Eichhornia crassipes*; y por último evaluar la eficiencia del sistema de fitorremediación a nivel de laboratorio de 25% 50%, 75% y 100% con de *Eichhornia crassipes*.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del área de estudio

A. ÁREA DE RECOLECCIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

Se recolectaron 200 litros de agua residual de la poza de oxidación del C.P Ñunya Jalca de la provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas, que se encuentra a 1381m.s.n.m.

B. ÁREA DE INSTALACIÓN DE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO

Se ubicó en el mismo C. P Ñunya Jalca de la provincia de Utcubamba, Departamento de Amazonas, que se encuentra a 1471 m.s.n.m

Figura 1

Mapa de ubicación del Centro Poblado Ñunya Jalca y de la poza de oxidación

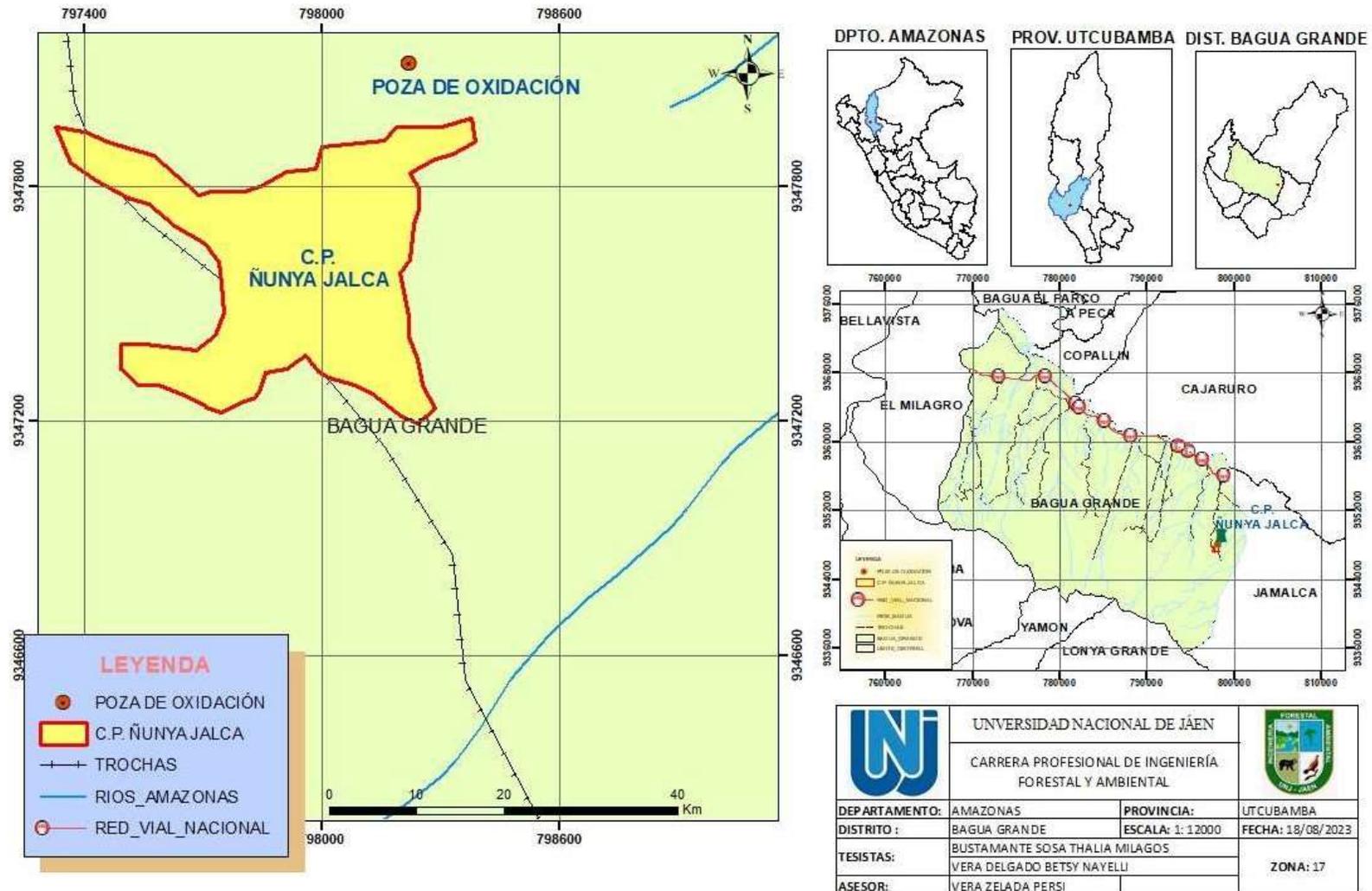


Figura 2

Mapa de ubicación del área de recolección de las aguas residuales

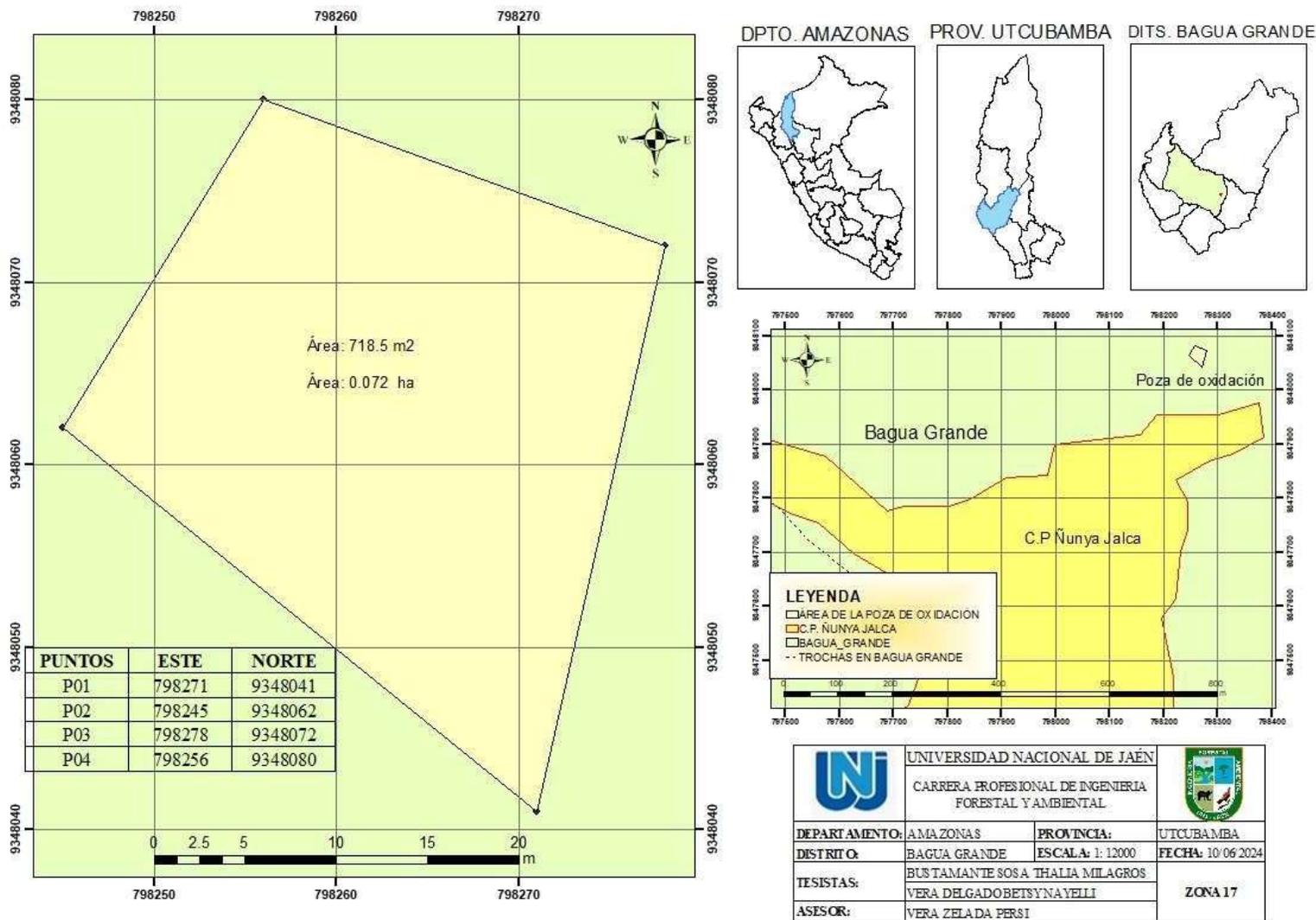
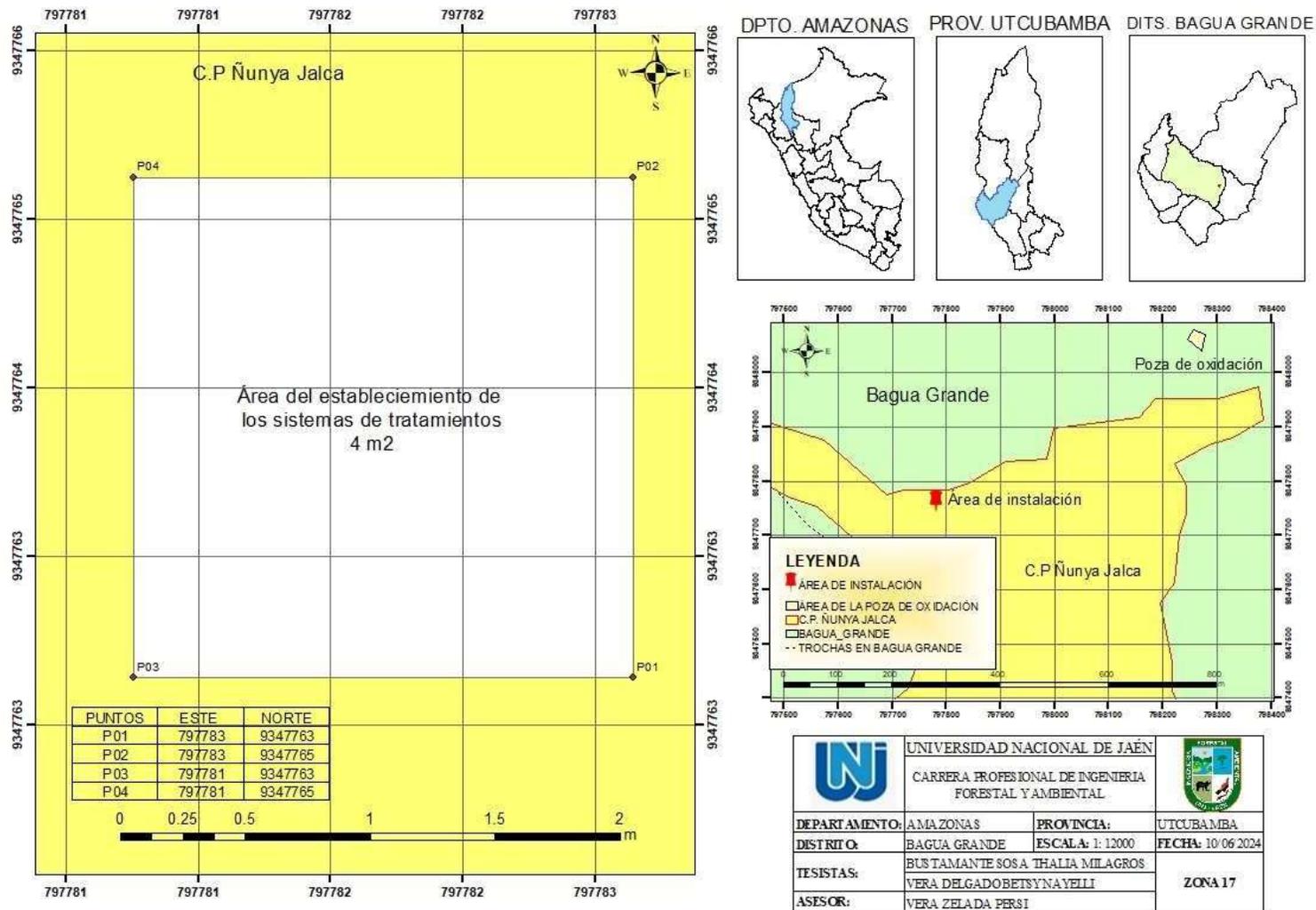


Figura 3

Mapa de ubicación del área de los sistemas de tratamientos



2.2. Población, muestra y muestreo

- **Población:** En este estudio se consideró que la capacidad de almacenamiento de aguas residuales en el centro poblado de Ñunya Jalca, Utcubamba, es de 2155.5 m³.
- **Muestra:** Se utilizó 200 litros de agua residual para el llenado de 13 recipientes, con capacidad de 15 litros. Se aplicó 4 tratamiento, con 3 repeticiones por cada tratamiento y un tratamiento en blanco.
- **Muestreo:** No probabilístico. Hernández, *et al.*, (2014), indica que, las muestras no probabilísticas dependen de razones relacionadas con las características y contexto de la investigación.

2.3. Materiales y equipo

2.3.1. Trabajo de campo

Materiales: Lapicero, libreta, botellas de plástico, estanque de vidrios, balde de plástico, rafia, guante.

Herramientas: Machete.

Equipo: Cámara fotográfica, GPS (Garmin 64 s).

2.3.2. Trabajo de laboratorio

Materiales: Vaso precipitado, marcador, agua destilada.

Equipo: Multiparámetro (marca WTW) y turbidímetro (marca Merck).

2.4. Métodos

En esta investigación se ha empleado el método cuasiexperimental, con el uso de lagunas piloto a escala. Por ello, se aplicó una metodología cuantitativa, basada en el análisis y procesamiento de los datos obtenidos a partir de los tratamientos y sus repeticiones, observando las variaciones en los resultados de acuerdo con los porcentajes de cobertura vegetal. Teniendo en cuenta que para los parámetros fisicoquímicos de nitratos y fosfatos del agua residual doméstica de la poza de oxidación Ñunya Jalca-Utcubamba, se realizaron en el Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca, mediante el Método EPA 300.1 Rev. 1.0. 1997 (Validado).2020: Determinación de Aniones Inorgánicos en Agua Potable por Cromatografía Iónica.

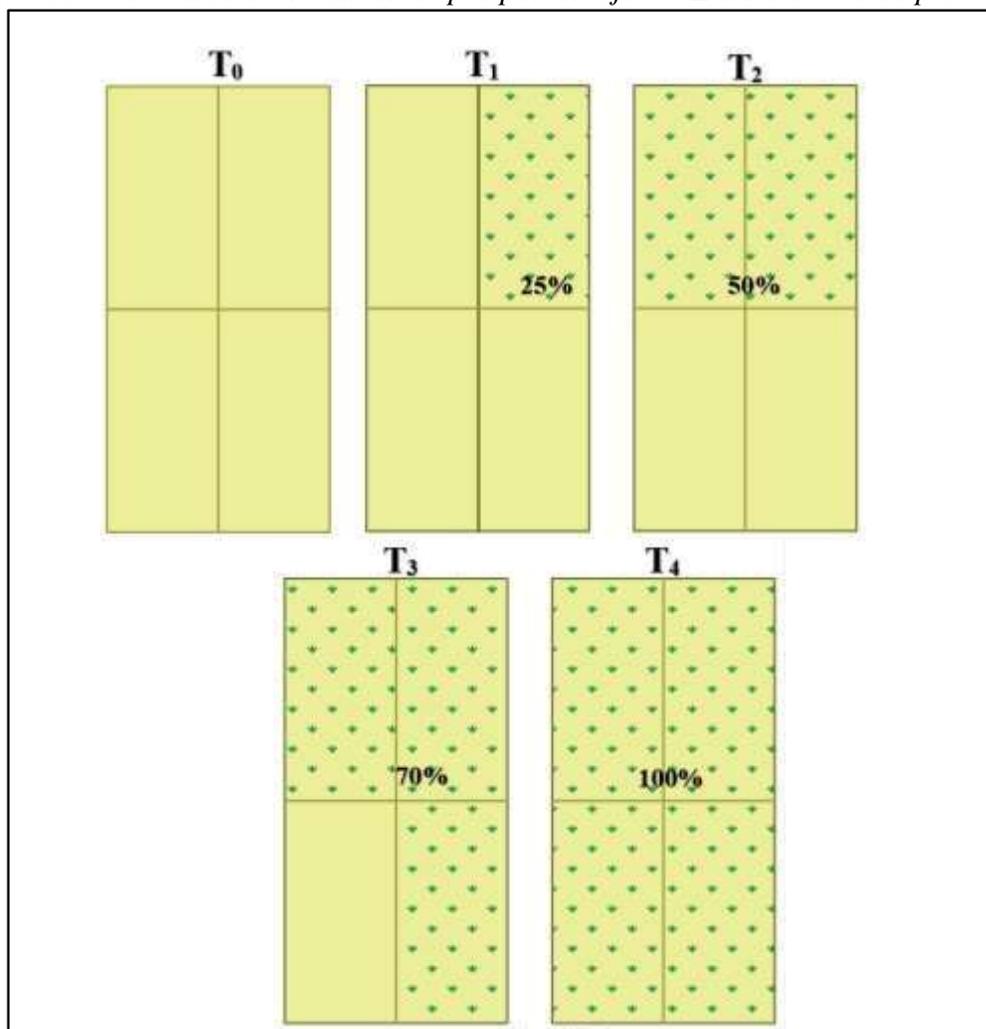
2.4.1. Sistema de tratamiento

La investigación se desarrolló con cuatro tratamientos (T) fitorremediadores, distribuyendo la especie en proporciones de biomasa de 25%, 50%, 75% y 100% para T₁, T₂, T₃ y T₄, respectivamente. Cada uno de estos tratamientos se replicó tres veces. Además, se incluyó un tratamiento T₀, que sirvió como testigo.

La distribución de cobertura vegetal se muestra en la figura 4 y los tratamientos en la tabla 1.

Figura 4

Esquema de los sistemas de tratamientos por porcentaje del *Eichhornia crassipes*.

**Tabla 1**

Sistemas de tratamientos

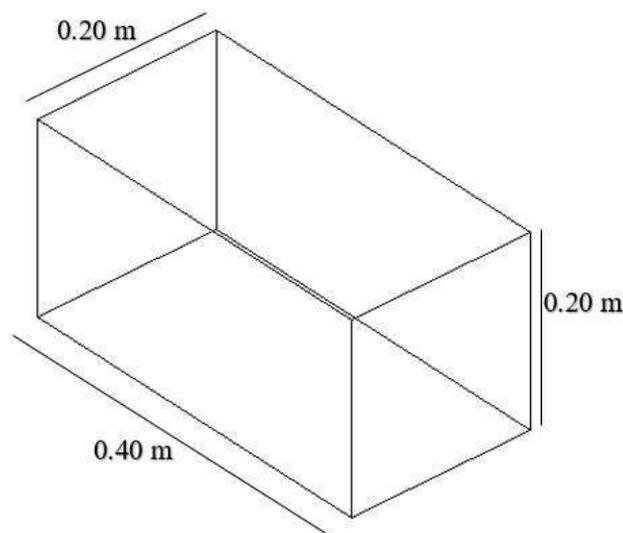
N° Repeticiones	15 días			
	Tratamientos			
	T ₁ (25%)	T ₂ (50%)	T ₃ (75%)	T ₄ (100%)
1	T ₁ R ₁	T ₂ R ₁	T ₃ R ₁	T ₄ R ₁
2	T ₁ R ₂	T ₂ R ₂	T ₃ R ₂	T ₄ R ₂
3	T ₁ R ₃	T ₂ R ₃	T ₃ R ₃	T ₄ R ₃

2.4.2. Dimensiones de los recipientes.

Para el dimensionamiento de las 13 unidades experimentales, se tuvo en cuenta el diseño y construcción del sistema de fitorremediación a escala de laboratorio, de acuerdo con la investigación realizada por Rincón & Millán, (2018):

Figura 5

Bosquejo del Recipiente con sus dimensiones



2.4.3. Construcción de los estanques

Se diseñaron y elaboraron 13 estanques de vidrio para el tratamiento de aguas residuales, cada uno con dimensiones de 20 cm de ancho, 40 cm de largo y 20 cm de profundidad, y una capacidad de almacenamiento de 15 litros..

2.4.4. Acondicionamiento del lugar

Se preparó un área para la instalación de los sistemas de tratamiento, ubicado a 1000 metros de donde se obtuvo la muestra de agua residual, por lo cual se inició con una limpieza

en los interiores del lugar, asimismo, se cubrió todo el perímetro del espacio que se acondicionó con una maya rachel verde (anexo 1, figura 8).

2.4.5. Instalación de los sistemas

Se siguió el método descrito por Espinoza y Peralta (2009), el cual consistió en seleccionar hijuelos de *Eichhornia crassipes*, priorizando las plantas más jóvenes y de coloración verde intensa.

En la introducción de las Macrófitas en los recipientes, primeramente, se lavó las raíces con agua corriente y colocamos en cada recipiente según la proporción que correspondía a cada una (anexo 1, figura 9).

2.4.6. Recolección y envío de muestras.

La poza de oxidación del centro poblado Ñunya Jalca _ Utcubamba, tiene una capacidad de 2155.5 m³, equivalente a 2155500 litros. Para esta investigación, realizada a nivel de laboratorio, se recolectaron aproximadamente 200 litros de agua residual (equivalente a 10 baldes con una capacidad de 20 litros cada uno), los cuales se distribuyeron en 13 recipientes.

Después de 15 días de tratamiento, se recogió las muestras para analizar su concentración de nitratos y fosfatos. Donde se tuvo en cuenta el protocolo de monitoreo de la calidad sanitaria de los recursos hídricos superficiales, DIGESA (2013). Optando por tomar la muestra desde el centro del contenedor, a una profundidad cercana a los 10 centímetros. La muestra de agua residual fue enviada en envases de plástico dentro de un corcho con hielo, al Laboratorio Regional del Agua – Cajamarca (anexo 1, figura 11).

2.4.7. Análisis de varianza (ANOVA)

Se llevó a cabo un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA) para identificar posibles diferencias significativas entre el tratamiento y el grupo de control. Este análisis se realizó utilizando el software IBM SPSS Statistics.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización de los parámetros fisicoquímicos de la poza de oxidación Ñunya Jalca.

a. Caracterización de pH, conductividad eléctrica, turbidez

Se recolectó la muestra del colector principal de la poza de oxidación del centro poblado de Ñunya - Jalca, distrito Bagua Grande, para posteriormente realizar la caracterización del agua residual que fue el día 30 de noviembre del 2023, en los laboratorios de la Carrera Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Jaén. Los resultados se aprecian en la Tabla 2.

Tabla 2

pH, conductividad eléctrica, turbidez

Parámetros	Unidad de medida	Resultado
pH	Unidades de pH	6.70
Conductividad eléctrica	μS/cm	1482
Turbidez	NTU	442.5

b. Caracterización de nitratos y fosfato

Los ensayos de laboratorio se realizaron en el Laboratorio Regional del Agua de la ciudad de Cajamarca, que fue enviada el 30 de noviembre del 2023.

Tabla 3*Concentración inicial del agua residual*

Parámetros	Unidades	Resultado
Nitrato	Ppm NO ₃ ⁻	0.740
Fosfato	Ppm PO ₄ ⁻³	76.740

La tabla 3 presenta los resultados de los ensayos de laboratorio, donde las concentraciones de nutrientes (mg/L) en el agua residual antes de aplicar los tratamientos, encontrándose 0.740 mg/L de nitratos y 76.740 mg/L de fosfatos.

3.2. Determinación de la remoción de nutrientes de las aguas residuales domésticas, de acuerdo con los tratamientos empleados.

La determinación de las concentraciones después de los 15 días de haber aplicado el sistema de tratamiento se registró en la tabla 4 y 13 para nitratos y fosfatos, respectivamente.

a. Nitratos

Tabla 4*Resultados de la concentración ppm NO₃ a los 15 días de tratamiento*

Repeticiones	15 días				
	TRATAMIENTOS				
	T ₀	T ₁ (25%)	T ₂ (50%)	T ₃ (75%)	T ₄ (100%)
1	0.740	0.176	0.280	1.150	0.676
2		0.558	2.436	1.690	1.138
3		0.218	0.556	1.496	0
Promedio		0.317	1.090	1.445	0.604

Para determinar los porcentajes de nitrato removido se emplea la siguiente fórmula:

$$\%R = \left(1 - \left(\frac{\text{concentración final}}{\text{concentración inicial}}\right)\right) * 100$$

Tabla 5

Porcentaje de remoción de nitratos después de los 15 días de tratamiento

Repeticiones	15 días			
	T ₁ (25%)	T ₂ (50%)	T ₃ (75%)	T ₄ (100%)
1	76.216	62.162	0	8.649
2	24.595	-229.18	0	-53.783
3	70.541	24.865	0	100.000
Promedio	57.12	0	0	18.288

- ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la presente investigación se desarrollaron análisis de carácter descriptivos, pruebas de normalidad y pruebas para contrastar la hipótesis.

En la Tabla 6 se presentan los resultados del procesamiento de datos sobre los nitratos del colector principal de la poza de estabilización del centro poblado del Ñunya Jalca - Bagua Grande. Se muestra que el 100% de datos son válidos.

Tabla 6*Procesamiento de datos para nitratos*

	Resumen de procesamiento de casos					
	Casos					
	Válido		Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
APT	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
DPT	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

En la Tabla 7 se presentan los resultados del análisis estadístico descriptivo de las concentraciones de nitratos del colector principal de la poza de estabilización del centro poblado del Ñunya Jalca - Bagua Grande, luego de haber pasado por el proceso de fitorremediación con *Eichhornia crassipes*. Es importante señalar que los valores obtenidos antes del tratamiento (APT) no se incluyen, ya que fueron constantes y descartados.

Se presentan datos estadísticos como mediana, media, desviación típica, varianza, curtosis, asimetría, etc.

Tabla 7*Descriptivos estadísticos para nitratos*

Descriptivos		Estadístico	Error típ.
	Media	.86450	.211628
	Intervalo de confianza para la media al 95%		
	Límite inferior	.39871	
	Límite superior	1.33029	
	Media recortada al 5%	.82522	
	Mediana	.61700	
DPT	Varianza	.537	
	Desv. típ.	.733101	
	Mínimo	.000	
	Máximo	2.436	
	Rango	2.436	
	Amplitud intercuartil	1.176	
	Asimetría	.895	.637
	Curstosis	.237	1.232

a. APT es una constante y se ha desestimado.

En la Tabla 8 se presentan los resultados de la prueba de normalidad (Sig) y su nivel de significancia. Para los fines de esta investigación, se tomó en cuenta el valor de significancia de Shapiro-Wilk (0,288), que al ser mayor a 0,05 ($0,288 > 0,05$) indica que los datos siguen una distribución normal, clasificándose como paramétricos. Por esta razón, se

emplearon pruebas paramétricas para el análisis estadístico correspondiente a la prueba de hipótesis. El valor p de Kolmogorov-Smirnov fue descartado, ya que esta prueba se aplica principalmente a conjuntos de datos grandes, con tamaños superiores a 50.

Tabla 8

Prueba de normalidad para la concentración de nitratos

	Pruebas de normalidad^a					
	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DPT	.185	12	.200*	.920	12	,288

* Límite inferior de la verdadera significación.

a. APT se ha desestimado por ser una constante.

b. Corrección de significación de Lilliefors

Contratación o prueba de hipótesis:

De acuerdo con el propósito de la presente investigación, la muestra, número de repeticiones y la naturaleza experimental la investigación, los datos obtenidos mediante la prueba de normalidad se realizó el ANOVA (análisis de varianza), análisis estadístico que contrastará la hipótesis. La prueba examina el efecto de uno o más factores sobre el valor medio de una variable.

- **Análisis de varianza (ANOVA).**

H₀ : $\mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$

H₁ : No todas las μ_1 son iguales.

Tabla 9

Análisis de varianza de nitratos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las muestras	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k n_i(x_i - \bar{x})^2$	k-1	$CM_{Trat} = \frac{SC_{Trat}}{k-1}$	$F = \frac{CM_{Trat}}{CM_{Error}}$
Dentro de las muestras	$SC_{Error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - x_i)^2$	n-k	$CM_{Error} = \frac{SC_{Error}}{N-k}$	
Total	$SC_{Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2$	N-1		

$$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i} x_i^2 - \frac{x^2..}{N}$$

$$SC_{Error} = SC_T - SC_{Trat}$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{x^2..}{N}$$

Donde:

Suma(x_i) = Suma para cada grupo.

Media = Promedios de grupo.

Suma total (x) = Suma total de las pruebas.

n_i = Elementos de cada grupo.

N = Total de elementos de todos los grupos.

K = Número de muestras.

SC_{Trat} = Suma de cuadrados del tratamiento.

SC_{Total} = Suma de cuadrados del total.

SC_{Error} = Suma de cuadrados del error.

En la tabla 10, se presenta un análisis de variabilidad en cuatro grupos, mostrando tanto las medias como las sumas totales y la variabilidad entre y dentro de los grupos.

Tabla 10

Resultados de los ensayos y réplicas de nitratos

Número de prueba y réplica	25%	50%	75%	100%
1	0.176	0.280	1.150	0.676
2	0.558	2.436	1.690	1.138
3	0.218	0.556	1.496	0

Suma(x_i)=	0.952	3.272	4.336	1.814
Media=	0.31	1.1	1.4	0.6
Suma total($x_{..}$)=	10.374			
n_i =	3	3	3	3
N=	12			K = 4
SC_{Trat} =	2.226			
SC_{Total} =	5.912			
SC_{Error} =	3.646			

Tabla 11

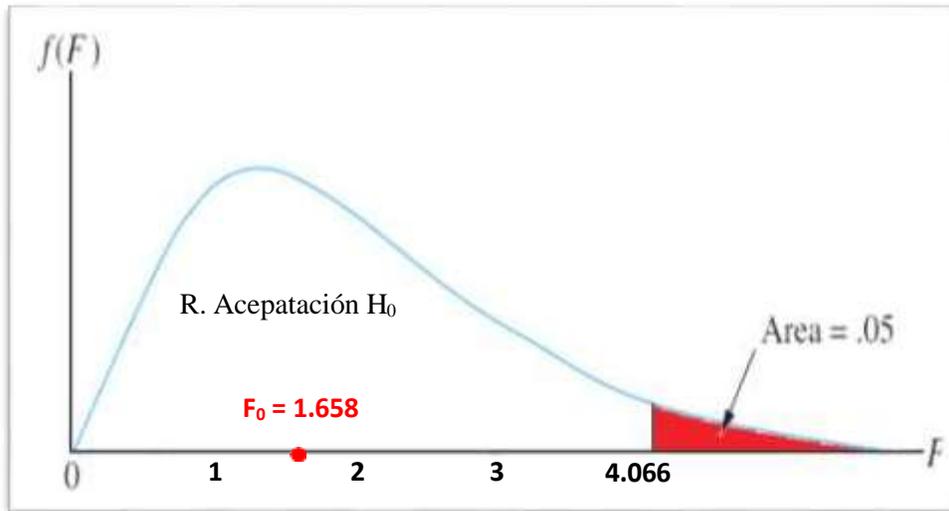
ANOVA para la concentración de nitratos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig
Entre las muestras	2.266	3	0.755	1.658	0.252
Dentro de las muestras	3.646	8	0.456		
Total	5.912	11			

(Valor crítico) $F_{\alpha, k-1, N-k} = 4.066$

Figura 6

Regiones de aceptación de H_0



Se sabe que se aceptará la hipótesis nula (H_0) de los sistemas de tratamiento, si el valor F_0 es menor que el valor crítico ($F_{\alpha, k-1, N-k}$). Esto implicaría que no existen diferencias significativas entre las medias. En este caso, dado que ($F_0 = 1.658$) es menor que el valor crítico ($F_{\alpha, k-1, N-k} = 4.066$), se describe una distribución F con $K - 1$ y $N - K$ grados de libertad.

Interpretación: $1.658 < 4.066$; con los presentes datos debemos aceptar la H_0 , también, se observa que el F_0 se encuentra en la zona de aceptación de la H_0 ; razón por el cual, debemos aceptar la premisa: Al utilizar la *Eichhornia crassipes* como fitorremediador no tiene ningún efecto sobre la concentración de nitratos del agua residual de la poza de oxidación ubicada en el centro poblado del Ñunya Jalca, distrito Bagua Grande.

○ **Método de Tukey**

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(K, N - K) \sqrt{CM_E / n_i}$$

k=	4
N-k=	8
CM _E =	0.4
n _i =	3
q _α (k,N-k)=	4.53
T _α =	1.65

Tabla 12

Diferencias entre pares de muestras

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
μ _A - μ _B	0.77	NO significativa
μ _A - μ _C	1.13	NO significativa
μ _A - μ _D	0.28	NO significativa
μ _B - μ _C	0.36	NO significativa
μ _B - μ _D	0.49	NO significativa
μ _C - μ _D	0.85	NO significativa

Los valores obtenidos de las diferencias de las muestras presentan como MENORES al valor de Tukey calculado (1.65), por lo cual, que NO existen significativas diferencias entre los pares de muestras analizados; por tanto, NO existe diferencias en las concentraciones de NITRATO en el tratamiento con el porcentaje de biomasa de *Eichhornia crassipes*.

b. Fosfatos

Tabla 13

Resultado de la concentración ppm PO_4^{-3} a los 15 días de tratamiento

Repeticiones	15 días				
	T0	TRATAMIENTOS			
		T1 (25%)	T2 (50%)	T3 (75%)	T4 (100%)
1		58.66	67.13	54.03	16.53
2	76.740	62.67	41.77	39.35	24.09
3		62.91	47.69	34.49	0.534
Promedio		61.41	52.20	42.62	13.72

Tabla 14

Porcentaje de remoción de fosfatos a los 15 días de tratamiento

Repeticiones	15 días			
	TRATAMIENTOS			
	T1 (25%)	T2 (50%)	T3 (75%)	T4 (100%)
1	23.560	12.523	29.593	78.460
2	18.335	45.569	48.723	68.608
3	18.022	37.855	55.056	99.304
Promedio	19.97	31.98	44.46	82.12

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En la Tabla 15 se muestra el resultado del análisis de datos de las concentraciones de fosfatos del colector principal de la poza de oxidación del centro poblado del Ñunya Jalca - Bagua Grande. Se muestra que el 100% de datos son válidos.

Tabla 15*Resultado del procesamiento de datos para fosfatos*

	Resumen de procesamiento de casos					
	Válido		Casos Perdidos		Total	
	N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
APT	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%
DPT	12	100,0%	0	0,0%	12	100,0%

En la Tabla 16 se presentan resultados del tratamiento estadístico descriptivo de las concentraciones de fosfatos del colector principal de la poza de oxidación ubicada en el centro poblado del Ñunya Jalca - Bagua Grande, luego de haber pasado por el proceso de fitorremediación con *Eichhornia crassipes*. Es importante mencionar que los valores característicos obtenidos antes del tratamiento (APT) no se incluyen, ya que son constantes y fueron descartados.

Se presentan valores como mediana, media, desviación típica, varianza, curtosis, asimetría, etc.

Tabla 16*Descriptivos estadísticos para fosfatos*

Descriptivos^a		Estadístico	Error típ.
	Media	42.48783	5.967198
	Intervalo de confianza para la media al 95%	Límite inferior 29.35412	
		Límite superior 55.61255	
	Media recortada al 5%	43.44959	
	Mediana	44.73000	
	Varianza	427.289	
DPT	Desv. típ.	20.670982	
	Mínimo	.534	
	Máximo	67.130	
	Rango	66.596	
	Amplitud intercuartil	34.978	
	Asimetría	-.747	.637
	Curtosis	-.179	1.232

a. APT es una constante y se ha desestimado.

En la Tabla 17 se presenta la prueba de normalidad significancia (Sig), por tanto, el valor de significancia de Shapiro-Wilk (0.441) es mayor a 0.05 ($0.441 > 0.05$). Razón por el cual, datos paramétricos describen una distribución normal, y deben ser analizados mediante pruebas paramétricas para una adecuada prueba de hipótesis.

Tabla 17*Prueba de normalidad para la concentración de fosfatos*

Pruebas de normalidad^a						
	Kolmogorov-Smirnov ^b			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
DPT	.128	12	.200*	.935	12	.441

* Este es un límite inferior de la verdadera significación.

a. APT se desestima por ser constante.

b. Corrección de significación de Lilliefors

Contratación o prueba de hipótesis:

De acuerdo con el objetivo de esta investigación, la muestra, el número de repeticiones y la naturaleza experimental del estudio, los datos obtenidos a través de la prueba de normalidad fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA), que es un procedimiento estadístico utilizado para contrastar hipótesis.

- **Análisis de varianza (ANOVA).**

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$$

$$H_1 : \text{No todas las } \mu_i \text{ son iguales.}$$
Tabla 18*Análisis de varianza*

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F
Entre las	k		SC_{Trat}	CM_{Trat}
muestras	$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k n_i(x_i - \bar{x})^2$	k-1	$CM_{Trat} = \frac{SC_{Trat}}{k-1}$	$F = \frac{CM_{Trat}}{CM_{Error}}$
Dentro de las	$k \quad n_i$		SC_{Error}	
muestras	$SC_{Error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - x_i)^2$	n-k	$CM_{Error} = \frac{SC_{Error}}{N-k}$	

Total

$$SC_{Total} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{ij} - \bar{x})^2 \quad N-1$$

$$SC_{Trat} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n_i} x_i^2 - \frac{x^2..}{N}$$

$$SC_{Error} = SC_T - SC_{Trat}$$

$$SC_T = \sum_{i=1}^k \sum_{j=i}^{n_i} x_{ij}^2 - \frac{x^2..}{N}$$

Donde:

Suma(x_i) = Suma para cada grupo.

Media = Promedios de grupo.

Suma total (x) = Suma total de las pruebas.

n_i = Elementos de cada grupo.

N = Total de elementos de todos los grupos.

K = Número de muestras.

SC_{Trat} = Suma de cuadrados del tratamiento.

SC_{Total} = Suma de cuadrados del total.

SC_{Error} = Suma de cuadrados del error.

Tabla 19

Resultados de los ensayos y réplicas para las concentraciones de fosfatos

Número de prueba y réplica	25%	50%	75%	100%
1	58.26	67.13	54.03	16.53
2	62.67	41.77	39.35	24.09

	3	62.91	47.69	34.49	0.534
Suma(x_i)=		183.84	156.59	127.87	41.154
Media=		61.3	52.2	42.6	13.7
Suma total($x_{..}$)=		509.454			
n_i =		3	3	3	3
N=		12			K = 3
SC _{Trat} =		3840.473			
SC _{Total} =		4700.184			
SC _{Error} =		859.711			

Tabla 20

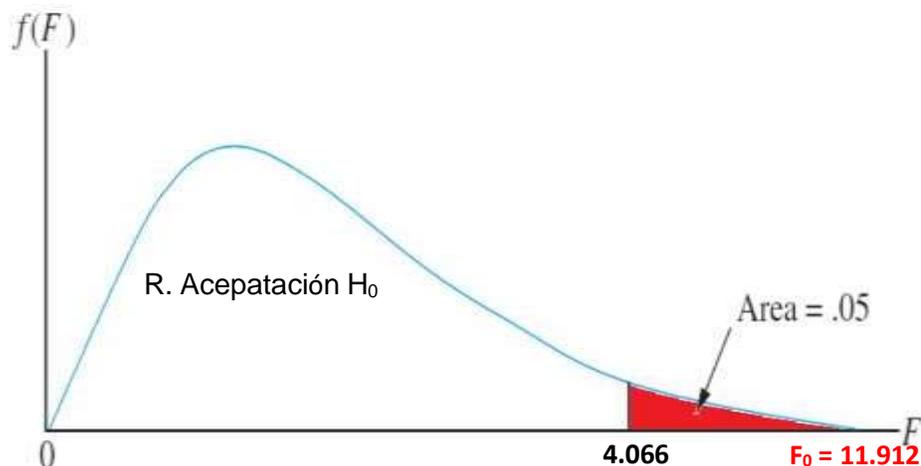
ANOVA para la concentración de fosfatos

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F	Sig
Entre las muestras	3840.473	3	1280.158	11.912	0.003
Dentro de las muestras	859.711	8	107.464		
Total	4700.184	11			

(Valor crítico) $F_{\alpha, k-1, N-k} = 4.066$

Figura 7

Regiones de aceptación de H_0



Se rechaza la H_0 y concluir que existen diferencias en las medias de los sistemas de tratamientos sí: $F_0 > F_{\alpha, k-1, N-k}$ porque el F_0 (F calculado), es mayor que el $F_{\alpha, k-1, N-k}$ (valor crítico), así $11.912 > 4.066$, por tanto sigue una distribución F con $K - 1$ y $N - K$ grados de libertad.

Interpretación: $11.912 > 4.066$; con estos datos, se debe rechazar la hipótesis nula (H_0), ya que el valor F_0 se encuentra en la zona de rechazo de la H_0 . Además, se observa que se debe rechazar la premisa: Al utilizar la *Eichhornia crassipes* como fitorremediador NO tiene ningún efecto sobre la concentración de fosfatos del agua residual de la poza de oxidación ubicada en el centro poblado del Ñunya Jalca - Bagua Grande.

Razón por la cual, se acepta la H_1 , es decir, al utilizar la *Eichhornia crassipes* como fitorremediador, si tiene efecto sobre la concentración de fosfatos del agua residual de la poza de oxidación ubicada en el centro poblado del Ñunya Jalca, distrito Bagua Grande.

- **Método de Tukey**

$$T_{\alpha} = q_{\alpha}(K, N - K)\sqrt{CM_E/n_i}$$

k=	4
N-k=	8
CM _E =	107.464
n _i =	3
q _α (K, N-K)=	4.53
T _α =	27.11

Tabla 21

Diferencias entre pares de muestras

Diferencia poblacional	Diferencia muestral	Decisión
$\mu_A - \mu_B$	9.21	NO significativa
$\mu_A - \mu_C$	18.79	NO significativa
$\mu_A - \mu_D$	47.69	Significativa
$\mu_B - \mu_C$	9.58	NO significativa
$\mu_B - \mu_D$	38.48	Significativa
$\mu_C - \mu_D$	28.90	Significativa

Los valores obtenidos de las diferencias de las muestras se presentan MENORES al valor de Tukey calculado (27.11), es decir, que NO existen diferencias significativas entre los pares de muestras: $\mu_A - \mu_B$, $\mu_A - \mu_C$ y $\mu_B - \mu_C$; pues NO existe diferencias en las concentraciones de FOSFATO en el tratamiento con el porcentaje de biomasa de *Eichhornia crassipes*. Sin embargo, para los $\mu_A - \mu_D$, $\mu_B - \mu_D$ y $\mu_C - \mu_D$ si existen diferencias significativas en las concentraciones de FOSFATO en el tratamiento con el porcentaje de biomasa de *Eichhornia crassipes*.

IV. DISCUSIÓN

De la caracterización de la muestra de agua residual de la poza de oxidación Ñunya Jalca los valores obtenidos fueron los siguientes: pH 6.70, Conductividad eléctrica 1482 $\mu\text{S}/\text{cm}$, turbidez 442.5 NTU, NO_3^- 0.740 mg/L y PO_4^{3-} 76.740 mg/L.

Campos (2022) reportó una concentración de 0.601 mg/L de nitratos en la provincia de Jaén, valor que se aproxima a los resultados obtenidos en nuestro estudio (0.740 mg/L). Sin embargo, estos resultados no coinciden con los de Rezanía *et al* (2016) quienes hallaron una concentración de 0.10 mg/L, y Cotrina & Reyes (2020), que presentaron un valor de 0.18 mg/L. La concentración de nitratos se considera muy baja. Según Bolaños *et al* (2017), las principales vías de entrada de nitrógeno en las aguas residuales municipales son por las descargas de corrales ganaderos y los residuos de animales, incluidos los de aves y peces, situación que poco se observa en el centro poblado.

Según Cotrina & Reyes (2020), se ha registrado una concentración de 52.5 mg/L de fosfatos en el distrito de Bellavista, valor que se aproxima a los obtenidos en nuestro estudio. Sin embargo, estos resultados difieren notablemente de los reportados por Rezanía *et al* (2016), quienes encontraron una concentración de 0.53 mg/L, Luque (2020), que registró un valor de 4.80 mg/L. La concentración de fosfatos en Bellavista es significativamente mayor en comparación con las referencias mencionadas. Al respecto, Ministerio de Salud (2013), indica que en las áreas rurales, el fósforo fluye regularmente hacia las aguas receptoras debido a la escorrentía de los campos de cultivo, mientras que en las áreas urbanas se transporta a través de los sistemas de drenaje como un componente importante del excremento humano descargado de los inodoros. En cualquiera de estos casos, el fósforo puede aumentar excesivamente los niveles locales de nutrientes, provocando una

proliferación rápida de algas en los lagos y ríos donde se concentra, fenómeno conocido como eutrofización.

El valor del pH es ligeramente ácido, esto se debe a que la poza de oxidación del Centro Poblado Ñunya Jalca no posee geomembrana impermeabilizante, por lo tanto, el agua residual que la población produce se encuentra en contacto con los horizontes de los suelos, los cuales poseen textura franca arcillosa, puesto que la altitud a la cual se encuentra el centro poblado es de 1476 msnm, las condiciones edafoclimáticas son propias de suelos ácidos La turbiedad es elevada, por la presencia de sólidos en suspensión y material coloidal, por lo general arcillas. La conductividad eléctrica es baja, lo que significa una baja concentración de sales (Solís *et al.*, 2021).

En la Tabla 5 se presentan los resultados correspondientes a la remoción de NO_3^- , a lo largo de un periodo de 15 días. Según los tratamientos evaluados, es importante destacar que el T₁, con un 25% de biomasa, logró una eliminación del 57.12%. En el T₂, con un 50% de biomasa, se observó una reducción en la concentración de NO_3^- , con valores de $T_2R_1 = 0.46$ y $T_2R_3 = 0.184$; sin embargo, en T₂R₂ se registró un incremento de 1,696 mg NO_3^- /L. En los tratamientos T₃ (75% de biomasa) y T₄ (100% de biomasa), se evidenciaron aumentos con valores de $T_3R_1 = 0.41$; $T_3R_2 = 0.95$; $T_3R_3 = 0.756$; y $T_4R_2 = 0.398$. El incremento en la concentración de nitratos asociado al aumento de la biomasa fue observado previamente por Campos (2022), cuyos resultados, tras 30 días, no demostraron remoción de NO_3^- , sino que, por el contrario, describieron un incremento respecto a la concentración inicial del agua residual de la PTAR de Jaén, la cual comenzó con 0,601 mg NO_3^- /L y al cabo de un mes, el tratamiento T2 (que abarcaba hasta la mitad del recipiente con biomasa de *Eichhornia crassipes*) reportó una concentración de 18,2693 mg NO_3^- /L, mientras que el tratamiento T3

(que contenía una mezcla equitativa de *Lemna minor* y *Eichhornia crassipes* cubriendo la mitad del recipiente), presentó una concentración de 18,0067 mgNO₃⁻/L. Los resultados obtenidos en esta investigación también concuerdan con Rezania et al (2016) registrándose un incremento en la concentración de nitratos al finalizar su tratamiento, el cual consistió en evaluar los nutrientes después de 21 días de haber colocado 1 kg de *Eichhornia crassipes*, registrando un incremento desde un valor inicial de 0,10 mg/L hasta 0,68 mg/L al concluir el tratamiento.

A los resultados mostrados afirma que este fenómeno se debe a diferentes razones, como son el acondicionamiento de la especie a su nuevo medio o por las reacciones propias que suceden diariamente en el medio acuático (Kalengo *et al*, 2021).

El aumento en la concentración de nitrógeno en las aguas residuales se atribuye al proceso de nitrificación, el cual se divide en dos fases. En la primera fase, se produce la oxidación del amonio (NH₄⁺) hacia nitrito, un fenómeno conocido como nitrificación. La segunda fase está caracterizada por la oxidación del nitrito en nitrato, proceso que recibe el nombre de nitratación. Este incremento en la presencia de nitrato en las aguas residuales es consecuencia directa de la actividad de la Betaproteobacteria. (Sánchez & Sanabria, 2009)

Este incremento de nitratos concuerda con las observaciones de Rezania *et al* (2016), donde el aumento en la concentración de nitratos es consecuencia de una disminución en el nitrógeno amoniacal, dado que esta reducción constituye el paso inicial que propicia el incremento de nitratos. En contraste, una reducción en los niveles de nitratos se conoce como desnitrificación.

Según Cárdenas & Sánchez (2013), existen rangos de valores recomendables para la remoción biológica del nitrógeno. Los intervalos óptimos de pH para la nitrificación se sitúan entre 7 y 9, mientras que para la desnitrificación oscilan entre 6.5 y 7.5. Esta afirmación concuerda con lo expuesto por Vera et al (2010), quienes señalan que existen mecanismos de reacción que regulan la eliminación de nitrógeno, particularmente durante el primer periodo de crecimiento, relacionándose más con los procesos de nitrificación y desnitrificación que con la presencia de las plantas. En cuanto a la nitrificación, se favorece en condiciones de pH comprendidas entre 7.5 y 8.6; mientras que la desnitrificación se optimiza en un pH de entre 7 y 8. En el caso de esta investigación, para el T₁ se obtuvo un pH promedio de 7.4; lo que se mantuvo dentro del rango propicio para la desnitrificación, resultando en una lenta velocidad de nitrificación y, en consecuencia, una disminución de la concentración de nitrato en comparación con la caracterización inicial. Por el contrario, en T₂R₂, T₃, T₄R₂, el pH se alineó con condiciones favorables para la nitrificación, lo que provocó un incremento en los niveles de nitrato después de los 15 días de tratamiento.

De la tabla 14 se observa los resultados de la investigación a los 15 días; la concentración del anión fosfato (PO₄⁻³), fue removida en relación directa al incremento de la biomasa, para el T₁, T₂, T₃ y T₄ la remoción fue de 19.97%, 31.98%, 44.46% y 82.12% respectivamente. Al respecto Campos (2022) señala que, las aguas residuales domésticas de la ciudad de Jaén presentaron una concentración inicial de, 3.198 mg/L de fosfatos (PO₄⁻³), el T₂ (hasta la mitad del recipiente con biomasa de *Eichhornia crassipes*) presentó 1.687 mg/L PO₄⁻³ (esto equivale a un 47.25% de remoción). Con respecto a Mendoza *et al* (2018), obtuvo una remoción del 42.3% en su M2 correspondiente al 50% de biomasa de *Eichhornia*

crassipes, mientras tanto en la muestra M₅ con el 100 % de *Eichhornia crassipes* se obtuvo un 44.4 % de remoción.

Prasada *et al* (2021), señala que el mecanismo primario para la remoción de fosfatos radica en el crecimiento vegetativo de *Eichhornia crassipes*. En otras palabras, la capacidad máxima de eliminación se manifiesta cuando la planta se encuentra en estado fresco, etapa en la cual la absorción de nutrientes es más eficiente, favoreciendo así tasas más elevadas de eliminación de dichos nutrientes.

Alarcón *et al.* (2018) indican que el fósforo llega a las aguas residuales principalmente a través de productos de limpieza, fertilizantes, excretas, entre otros. Para que este fósforo esté disponible para las plantas, debe encontrarse en forma de fosfatos solubles, proceso en el cual juegan un papel importante las bacterias del género *Stenotrophomonas sp*, *Burkholderia sp*, *Pseudomonas sp*, entre otras, que aumentan los iones de fósforo. Estos iones, al ser hidrolizados por las enzimas fitasa y fosfatasa (proteínas), se transforman en compuestos solubles. Rodríguez *et al.* (2022) destacan que esta planta se ha utilizado como fitorremediadora en la eliminación de organofosforados, lo que sugiere su potencial para limpiar aguas residuales.

Por lo tanto, podemos afirmar que, la remoción se debe a la capacidad de bacterias de convertir el fósforo en fosfatos solubles y poder ser absorbidas por las raíces de la planta.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se caracterizó los parámetros fisicoquímicos del agua residual de la poza de oxidación donde permitió identificar valores específicos relacionados con pH, conductividad eléctrica, turbidez, (6.70, 1482 μ S/cm, 442.5 NTU, respectivamente) y concentraciones de nitratos (0.740 mg/L) y fosfatos (76.74 mg/L), evidenciando la presencia de contaminantes que requieren tratamiento.
- Se concluyó que el uso de *Eichhornia crassipes* para la remoción de fosfatos fue más eficiente en el tratamiento con el 100% de cobertura vegetal (T₄). En cuanto a los nitratos, el tratamiento con el 25% de cobertura vegetal (T₁) mostró la mayor eficacia, mientras que en los tratamientos T₂ y T₃ no evidenció remoción de nitratos.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a futuros investigadores llevar a cabo estudios científicos sobre el impacto de las raíces *del Eichhornia crassipes* en la eficiencia de la eliminación de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales.
- Se sugiere a los futuros investigadores garantizar que las plantas de Jacinto de agua se ubiquen en condiciones ideales que les permitan recibir una cantidad adecuada de radiación solar, favoreciendo así su rendimiento en los estudios.
- Se recomienda a la municipalidad de Ñunya Jalca ajustar las condiciones de las pozas de oxidación, con el fin de facilitar la implementación futura de la fitorremediación en dichas aguas.

VI. REFERENCIAS

- Alarcon, M., Zurita, F. y Lara, J. (20 18). *Humedales de tratamiento: alternativa de saneamiento de aguas residuales aplicable en América Latina*. [Trabajo de grado, Pontifica Universidad Javeriana.]. Repositorio institucional. <http://hdl.handle.net/10554/34519>.
- Alvarado, J., & Manayay, J. (2020). *Uso de la Eichhornia crassipes (Jacinto de agua) para el tratamiento de aguas residuales domésticas en humedales artificiales*. [Trabajo de grado, Universidad Cesar Vallejo.]. Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/60126>.
- Behling, E., Mendoza, Y., & Castro, F. (2016). Fitorremediación como alternativa de tratamiento para aguas residuales domésticas de la ciudad de Riohacha (Colombia). *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 39(2), 71–79. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702016000200004&lng=es&tlng=es.
- Bolaños, J. D., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela (Costa Rica). *Revista Tecnología En Marcha*, 30(4), 15-27. <https://doi.org/10.18845/tm.v30i4.3408>.
- Cárdenas, G., & Sánchez, I. (2013). Nitrógeno en aguas residuales: orígenes, efectos y mecanismos de remoción para preservar el ambiente y la salud pública. *Revista Universidad y Salud*, 15(1), 72–88. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-71072013000100007&lang=pt.

Campos, O. (2022). *Efecto de Eichhornia crassipes M y Lemna minor en la extracción de nitratos, sulfatos y fosfatos en aguas residuales domésticas de la ciudad de Jaén, provincia Jaén, departamento Cajamarca*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Repositorio institucional.
<https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4928/Tesis%20Omery%20Campos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Delgadillo, A., González, C., Prieto, F., Villagómez, J., & Acevedo, O. (2011). Fitorremediación: una alternativa para eliminar la contaminación, *Revista Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 14(2), 597–612.
http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-04622011000200002&lng=es&tlng=es.

García, Z. (2012). *Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas*. [Trabajo de grado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional . http://www.lima-water.de/documents/zgarcia_tesis.pdf.

Hernández, R., Fernández, C., Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. McGRAW-HILL.
<file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>.

Kalengo, L., Ge, H., & Wang, Z. (2021). Eficiencia de los macrófitos acuáticos en la absorción de nitrógeno y fósforo de los efluentes de estantes en diferentes estaciones del año. *Revista de Ingeniería Ecológica*, 22(8), 75-85.

<https://doi.org/10.12911/22998993/140308>.

Espinosa, L., & Peralta, L. (2010). *Estudio de Eichhornia crassipes, Lemna gibba y Azolla filiculoides en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas en sistemas comunitario y unifamiliares del cantón Cotacachi* [Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte]. Repositorio institucional .
<http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/102>.

Luque, J. (2020). Remoción de nitratos y fosfatos de agua residual mediante el uso de microalgas altiplánicas a nivel experimental. *Revista Acta Nova*, 9(4), 543-552.
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000100005&lng=es&tlng=es.

Mendoza , Y., Pérez, J., & Galindo, A. (2018). Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes en el Tratamiento de Aguas Residuales Municipales. *Revista Información Tecnológica*, 29(2), 205–214.
<https://doi.org/10.4067/s0718-07642018000200205>.

Mendoza, Y., Castro F., Marín, J., & Behling, E. (2016). Fitorremediación como alternativa de tratamiento para aguas residuales domésticas de la ciudad de Riohacha (Colombia). *Revista Técnica de la facultad de ingeniería universidad de zulia*, 39(2), 71_79. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702016000200004.

Organización mundial de la salud. (2021). *Agua para consumo humano*.
<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>.

- Poma, V, & Valderrama, A. (2014). Estudio de los parámetros fisicoquímicos para la fitorremediación de cadmio (ii) y mercurio (ii) con la especie *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua). *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 80(3), 164-173. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1810-634X2014000300003&lng=es&tlng=es.
- Prasada, R., Charmab, D., & Yadava, K. (2021). Estudio preliminar sobre el efecto del tiempo de detención en la eliminación de nutrientes de las aguas grises utilizando el jacinto de agua. *Revista Conservación y Gestión del agua (WCM)*. 5(1), 20-25. <http://doi.org/10.26480/wcm.01.2021.20.25>.
- Rezania, S., Mohanadoss, P., Mohd, M., & Chelliapan,S. (2016). Eficacia de *Eichhornia crassipes* en la eliminación de nutrientes de las aguas residuales domésticas en función de su tasa de crecimiento óptima. *Revista Desalinización y tratamiento de aguas*. 57(1), 360-365. <https://doi.org/10.1080/19443994.2014.967305>.
- Rodríguez, J., Cervantes, F., Arámbula, G., Mariscal, L., Aguirre, C., & Andrioz, E. (2022). Lirio acuático (*Eichhornia crassipes*). *Revista Agronomía Mesoamericana*, 33(1), 2215-3608. <https://doi.org/10.15517/am.v33i1.44201>.
- Sánchez, J., & Sanabria, J. (2009). Metabolismos microbianos involucrados en procesos avanzados para la remoción de Nitrógeno, una revisión prospectiva. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 11(1), 114–124. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/24638>.

Sólis, Y., Zúñiga , L., & Mora, D. (2021). La conductividad como parámetro predictivo de la dureza del agua en pozos y nacientes de Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 31(1), 35-46. <https://doi.org/10.18845/tm.v31i1.3495->.

Vera, A., Andrade, C., Flores, E., Núñez, M., Cárdenas, C., & Morales, E. (2010). Remoción de nutrientes y materia orgánica en un humedal construido en función del desarrollo de la macrófita *Typha dominguensis* Pers. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad del Zulia*, 33(2), 153-163. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702010000200006&lng=es&tlng=es.

DEDICATORIA

Dedico esta tesis

A dios, por brindarme la fuerza para seguir adelante, enfrentado adversidades y guiando mi Camino.

A mis queridos padres Denis Persi Vera Alejandría y Rosa Raquel Delgado Becerra Por su esfuerzo, sacrificio y amor incondicional me han dado la fortaleza para superar cada obstáculo que he encontrado en el camino, A mis hermanos, quienes con sus palabras de ánimo me inspiraron a continuar en los momentos más difíciles, recordándome siempre la importancia de perseverar.

Finalmente, me dedico este logro a mí mismo, por no rendirme y por haber trabajado incansablemente para cumplir este sueño. Esta tesis es el reflejo del esfuerzo conjunto de todos los que creyeron en mí y me ayudaron a alcanzar esta meta.

Vera Delgado Betsy Nayelli

DEDICATORIA

Dedico esta tesis.

A Dios, quien me ha otorgado la fortaleza necesaria para continuar, incluso en los momentos más desafiantes. Su presencia ha sido mi guía constante, iluminando mi camino y dándome la claridad para tomar decisiones importantes.

A mis padres Carmen Julia Sosa Cerdán y Feliz Bustamante Delgado Dedico, quienes con su amor, apoyo incondicional y sacrificios han sido mi fuente de fortaleza y motivación a lo largo de este camino. Gracias por enseñarme el valor de la perseverancia y por estar siempre a mi lado en cada paso de mi formación.

A mi hijo, mi mayor inspiración, que con su presencia ilumina mi vida y me impulsa a ser mejor cada día. Este esfuerzo es para ti, y espero que un día sirva como ejemplo de que, con dedicación y esfuerzo, todo es posible. Este triunfo es tanto de ustedes como mío.

Bustamante Sosa Thalia Milagros

AGRADECIMIENTO

Agradecemos profundamente a Dios, quien nos ha guiado, protegido y proporcionado la fuerza, paciencia y salud necesarias para lograr los objetivos propuestos en esta investigación. Su presencia ha sido una fuente constante de inspiración y fortaleza en cada etapa del proceso.

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento a nuestro asesor de tesis, Dr. Cirilo Mario Caira Mamani y a nuestro Coasesor Dr. Persi Vera Zelada. Por su apoyo desinteresado y generoso ha sido crucial para superar los obstáculos y desafíos encontrados. A lo largo de nuestra investigación, sus valiosos consejos y recomendaciones han sido de gran ayuda, y estamos verdaderamente agradecidos por su dedicación y orientación.

Finalmente, extendemos nuestra gratitud a nuestros familiares y amigos, quienes han brindado un apoyo incondicional a lo largo de toda la etapa de ejecución de la investigación. Su participación y apoyo voluntario, siempre desinteresado, ha sido fundamental para el éxito de este proyecto. Sin su ayuda y aliento constante, alcanzar este logro hubiera sido mucho más difícil.

ANEXOS

Anexo 1

Panel fotográfico

Figura 8

Diagrama de la instalación de los tratamientos



Selección de las macrófitas



Recolección de las aguas residuales



Instalación del agua residual



Instalación y división de peseras



Figura 9

Lavado e instalación de las macrófitas según los tratamientos



Figura 10

Caracterización de los parámetros fisicoquímicos (pH, conductibilidad eléctrica y turbidez)





Figura 11

Recojo y envié de muestras para la caracterización de los nutrientes



Figura 12

Recojo y envió de muestras después de los tratamientos aplicados



Figura 13

Análisis del pH después de los tratamientos



Tabla 22*Análisis de pH después de los tratamientos*

Repeticiones	15 días Tratamientos			
	T ₁ (25%)	T ₂ (50%)	T ₃ (75%)	T ₄ (100%)
1	7.4	7.20	7.87	7.50
2	7.6	8.23	7.91	7.80
3	7.3	7.40	7.87	6.75
Promedio	7.4	7.61	7.88	7.35

Anexo 2. Análisis estadístico

a. Vista de variables

analisis sps.sav [Conjunto_de_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Edición Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	Nitrato	Numérico	8	3	Caractrización ...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
2	Fosfato	Numérico	8	3	Caractenzación...	Ninguna	Ninguna	8	Derecha	Escala	Entrada
3	Remoción	Numérico	8	0	porcentaje de r...	{1, 25%}...	Ninguna	8	Derecha	Nominal	Entrada
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											

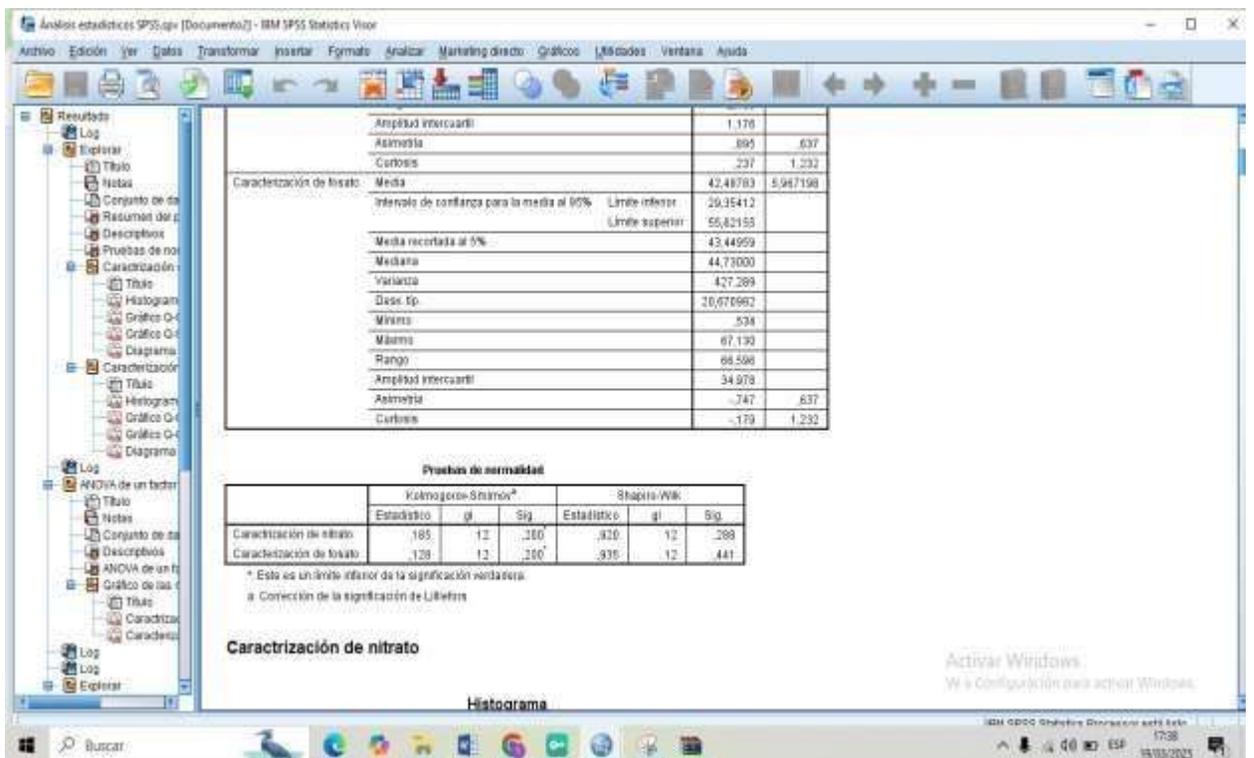
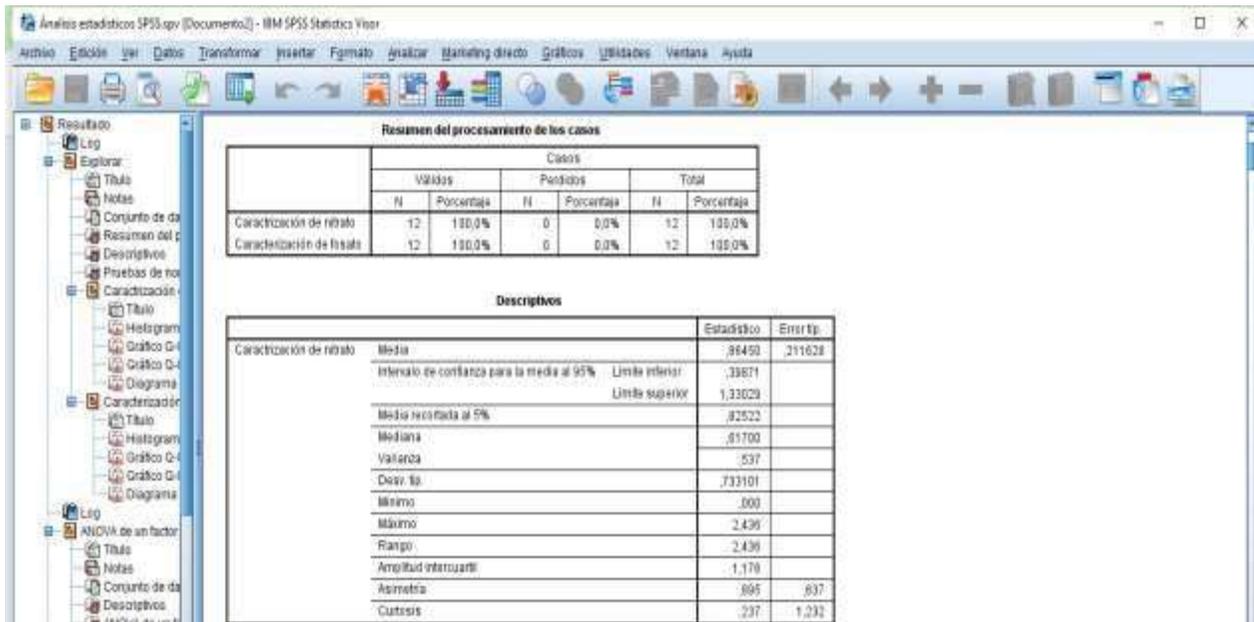
b. Vista de datos

analisis sps.sav [Conjunto_de_datos1] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

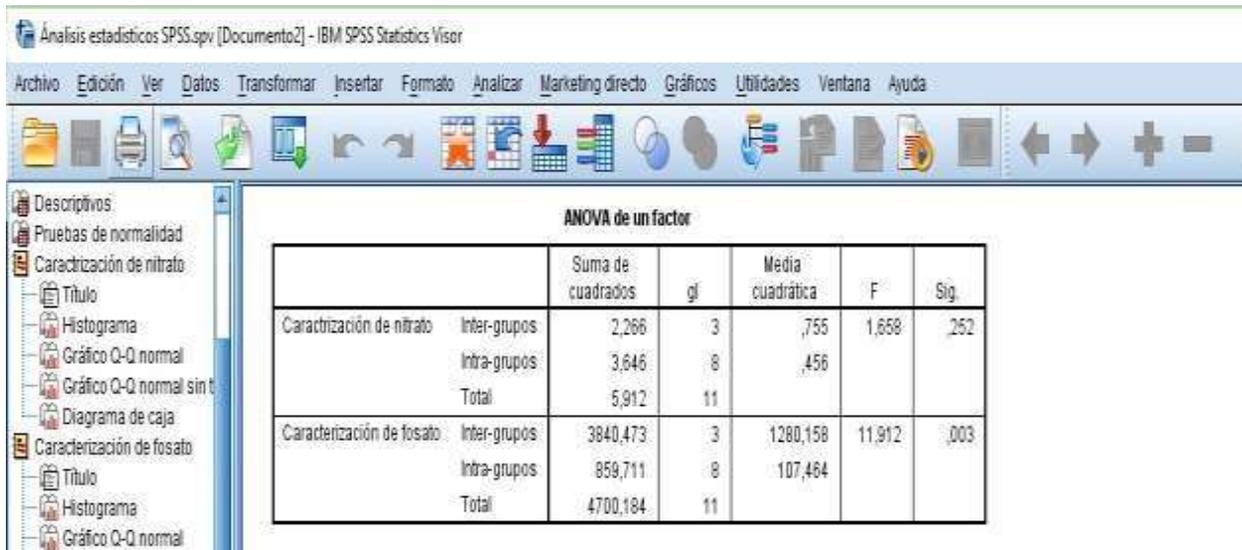
Archivo Edición Ver Datos Transformar Analizar Marketing directo Gráficos Utilidades Ventana Ayuda

	Nitrato	Fosfato	Remoción	var							
1	,176	58,660	25%								
2	,558	62,670	25%								
3	,218	62,910	25%								
4	,280	67,130	50%								
5	2,436	41,770	50%								
6	,556	47,690	50%								
7	1,150	54,030	75%								
8	1,690	39,350	75%								
9	1,496	34,490	75%								
10	,676	16,530	100%								
11	1,138	24,090	100%								
12	,000	,534	100%								
13											
14											
15											
16											
17											
18											

c. Caracterización de nitratos y fosfatos descriptivos y prueba de normalidad

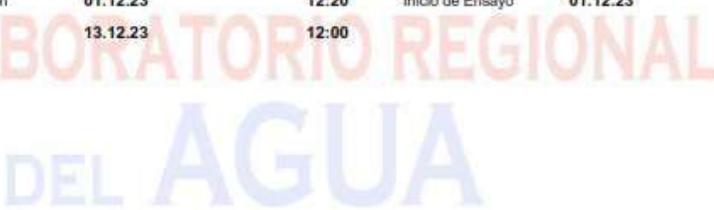


d. Análisis de varianza



Anexo 3

Resultado de la caracterización inicial de los nutrientes del agua residual

	LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA CON REGISTRO N° LE-084	 INACAL DA - Para Laboratorio de Acreditado Registro N° LE-084			
INFORME DE ENSAYO N° IE 12231540					
DATOS DEL CLIENTE					
Razon Social/Nombre	VERA DELGADO BETSY NAYELLI - BUSTAMANTE SOSA THALIA MILAGROS				
Dirección	-				
Persona de contacto	VERA DELGADO BETSY NAYELLI - BUSTAMANTE SOSA THALIA MILAGROS	Correo electrónico	betsy.vera@est.uni.edu.pe/ thalia.bustamante@est.uni.edu.pe		
DATOS DE LA MUESTRA					
Fecha del Muestreo	30.11.23	Hora de Muestreo	15:15		
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-		
Procedimiento de Muestreo	-				
Tipo de Muestreo	Puntual				
Número de puntos de muestreo	01				
Ensayos solicitados	Químicos Instrumentales				
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación				
Referencia de la Muestra:	Bagua Grande- Utcubamba				
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO					
N° Contrato	SC-1643	Cadena de Custodia	CC - 1540 - 23		
Fecha y Hora de Recepción	01.12.23	12:20	Inicio de Ensayo	01.12.23	14:35
Reporte Resultado	13.12.23	12:00			
					
					
Firmado digitalmente por EDDER NEYRA JAICO Codigo Mi usuario PAU 224 3744108 está Móvil D y el autor de documento Fecha: 11/12/2023 08:12 ó p.m.					
Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028					
Cajamarca, 13 de Diciembre de 2023					
<small>DR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S./N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ e-mail: laboratorio@reg.cajamarca.gob.pe / laboratorio@reg.cajamarca.gob.pe FONDO: 593020 anexo 1140</small>					
<small>Página: 1 de 3</small>					

Anexo 4

Resultados del análisis de los nutrientes después de haber aplicados los tratamientos



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 12231540

ENSAYOS			Químicos Instrumentales					
Código de la Muestra	Muestra 01		-	-	-	-	-	-
Código Laboratorio	12231540-01		-	-	-	-	-	-
Matriz	Residual		-	-	-	-	-	-
Descripción	Doméstica		-	-	-	-	-	-
Localización de la Muestra	Rimya, Jajca		-	-	-	-	-	-
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Fisicoquímicos					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.0380	6.700	-	-	-	-	-
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.0650	56.86	-	-	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.0500	<LCM	-	-	-	-	-
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.0350	0.064	-	-	-	-	-
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.0640	0.740	-	-	-	-	-
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.0700	37.46	-	-	-	-	-
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.0320	76.74	-	-	-	-	-
N-Nitrato (N-NO ₃)	mg/L	0.0130	<LCM	-	-	-	-	-
N-Nitrato (N-NO ₂)	mg/L	0.0140	<LCM	-	-	-	-	-
N-Nitrato + N-Nitrato	mg/L	0.0640	<LCM	-	-	-	-	-

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Firmado digitalmente por
LÓPEZ LEÓN Piedad Humberto
PAU 20453744168.mh
Motivo: Uso en acta de conformidad
Fecha: 13/12/2023 03:14 p. m.

LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA

Cajamarca, 13 de Diciembre de 2023

DR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ/M. DR. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
email: laboratorio@lra@gob.regioncajamarca.gob.pe / laboratorio@lra@fotmail.com FONDO: 980000 anexo 1140

Página: 2 de 3



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
 GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
 LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
 ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
 CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 12231584

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **VERA DELGADO BETSY NAYELLI - BUSTAMANTE SOSA THALIA MILAGROS**
 Dirección -
 Persona de contacto **VERA DELGADO BETSY NAYELLI - BUSTAMANTE SOSA THALIA MILAGROS** Correo electrónico betsy.vra@red.uni.edu.pe/
thalia.bustamante@red.uni.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **14.12.23** Hora de Muestreo **9:05 a 9:28**
 Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
 Procedimiento de Muestreo -
 Tipo de Muestreo **Puntual**
 Número de puntos de muestreo **12**
 Ensayos solicitados **Químicos Instrumentales**
 Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
 Referencia de la Muestra: **Bagua Grande- Utcubamba**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-1679** Cadena de Custodia **CC - 1584 - 23**
 Fecha y Hora de Recepción **15.12.23 08:26** Inicio de Ensayo **15.12.23 11:30**
 Reporte Resultado **28.12.23 16:11**

LABORATORIO REGIONAL
 DEL AGUA



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS
 Juan Jose PAU 20453744168 soft
 Motivo: Soy el autor del documento
 Fecha: 28.12.2023 09:59 p. m.

Juan Colina Venegas
 Especialista de Gestión de Calidad
 CBP: 10220

Cajamarca, 28 de Diciembre de 2023

INFORME DE ENSAYO N° IE 12231584

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			T1-R1	T1-R2	T1-R3	T2R1	T2R2	T2R3
Código Laboratorio			12231584-01	12231584-02	12231584-03	12231584-04	12231584-05	12231584-06
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica
Localización de la Muestra:			Nunya Jalca	Nunya Jalca	Nunya Jalca	Nunya Jalca	Nunya Jalca	Nunya Jalca
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.0380	0.250	0.120	0.112	0.356	0.190	0.090
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.0650	95.80	78.20	78.87	115.1	97.34	121.7
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.0500	<LCM	0.072	<LCM	0.120	18.86	0.742
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.0350	0.050	0.112	0.072	0.074	0.056	0.072
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.0640	0.176	0.558	0.218	0.280	2.436	0.556
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.0700	51.26	21.94	22.56	29.91	61.49	68.11
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.0320	58.66	62.67	62.91	67.13	41.77	47.69
N-Nitrito (N-NO ₂)	mg/L	0.0130	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	5.714	0.198
N-Nitrato (N-NO ₃)	mg/L	0.0140	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	0.418	<LCM
N-Nitrato + N-Nitrito	mg/L	0.0640	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	6.132	0.198

Legenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**

INFORME DE ENSAYO N° IE 12231584

ENSAYOS			Químicos Instrumentales- Físicoquímicos					
Código de la Muestra			T3R1	T3R2	T3R3	T4R1	T4R2	T4R3
Código Laboratorio			12231584-07	12231584-08	12231584-09	12231584-10	12231584-11	12231584-12
Matriz			Residual	Residual	Residual	Residual	Residual	Residual
Descripción			Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica	Doméstica
Localización de la Muestra			Nunya Jaica	Nunya Jaica	Nunya Jaica	Nunya Jaica	Nunya Jaica	Nunya Jaica
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados de Químicos Instrumentales y Físicoquímicos					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.0380	0.180	0.082	0.272	0.052	0.088	<LCM
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.0650	136.9	95.81	83.53	40.02	65.26	1.052
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.0500	0.110	47.97	26.47	0.136	15.68	<LCM
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.0350	0.192	0.176	0.102	0.074	0.086	<LCM
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.0640	1.150	1.690	1.496	0.676	1.138	<LCM
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.0700	58.95	70.61	88.52	36.17	74.22	0.660
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.0320	54.03	39.35	34.49	16.53	24.09	0.534
N-Nitrito (N-NO ₂)	mg/L	0.0130	0.019	14.59	8.043	0.027	4.758	<LCM
N-Nitrato (N-NO ₃)	mg/L	0.0140	0.233	0.355	0.311	0.126	0.230	<LCM
N-Nitrato + N-Nitrito	mg/L	0.0640	0.253	14.943	8.354	0.153	4.988	<LCM

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas).



LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA