

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN**

**CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y  
AMBIENTAL**



**UNIVERSIDAD NACIONAL  
DE JAÉN**

**“EFECTOS DE LA LECHUGA DE AGUA (*Pistia stratiotes*) EN  
NITRATOS, FOSFATOS Y POTENCIAL DE IONES DE  
HIDRÓGENO (pH) DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA  
PROVENIENTE DEL COLECTOR PRINCIPAL DEL  
DISTRITO DE BELLAVISTA”**

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

**Autores:                    Bach. LESVI TATIANA COTRINA RIOJA  
                                  Bach. YOBANI REYES GUERRERO**




**Asesor:                    M.Cs. JORGE ANTONIO DELGADO SOTO**

**JAÉN- PERÚ, NOVIEMBRE, 2022**

## Document Information

<b>Analyzed document</b>	LESVI TATIANA COTRINA RIOJA y yobani reyes guerrero-ift-ifa.pdf (D142245265)
<b>Submitted</b>	7/20/2022 7:15:00 PM
<b>Submitted by</b>	Repositorio Institucional - UNJ
<b>Submitter email</b>	repositorio@unj.edu.pe
<b>Similarity</b>	2%
<b>Analysis address</b>	repositoriounj.UNJ@analysis.arkund.com

## Sources included in the report

<b>Universidad Nacional de Jaén / PT_Disminución DQO-DBO_Fitorremediación PTAR Jaén_3.pdf</b>		
<b>SA</b>	Document PT_Disminución DQO-DBO_Fitorremediación PTAR Jaén_3.pdf (D108557285) Submitted by: candy_ocana@unj.edu.pe Receiver: candy_ocana.UNJ@analysis.arkund.com	 7
<b>SA</b>	<b>ITESIS OMERY PARA URKUND.pdf</b> Document ITESIS OMERY PARA URKUND.pdf (D135721228)	 1
<b>W</b>	URL: <a href="https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39360/Ayay_TJD.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39360/Ayay_TJD.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a> Fetched: 7/20/2022 7:15:00 PM	 1

## Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN FACULTAD DE INGENIERIA CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL "EFECTOS DE LA LECHUGA DE AGUA (*Pistia stratiotes*) EN NITRATOS, FOSFATOS Y POTENCIAL DE IONES DE HIDRÓGENO (pH) DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA PROVENIENTE DEL COLECTOR PRINCIPAL DEL DISTRITO DE BELLAVISTA" INFORME FINAL DE TESIS  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL Autores: Est. LESVI TATIANA COTRINA RIOJA Est. YOBANI REYES GUERRERO Asesor: M.Cs. JORGE ANTONIO DELGADO SOTO JAÉN- PERÚ, JULIO, 2022

2 ÍNDICE  
RESUMEN ..... 7 ABSTRACT  
..... 8 I. INTRODUCCIÓN  
..... 9 II. OBJETIVOS  
..... 10 2.1 Objetivo general  
..... 10 2.2 Objetivos  
específicos..... 10



## ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Jaén, el día 16 de noviembre del año 2022, siendo las 08.30: horas, se reunieron de manera **presencial**, los integrantes del Jurado:

**Presidente:** Mg. Joseph Càmpos Ruiz

**Secretario:** PhD. Wilfredo Ruiz Camacho

**Vocal:** Dr. José Celso Paredes Carranza, para evaluar la Sustentación del:

- ( ) Informe de Plan de Trabajo de Investigación
- ( x ) Informe Final de Tesis
- ( ) Trabajo de Suficiencia Profesional

Titulado **“Efectos de la lechuga de agua (*Pistia Stratiotes*) en nitratos, fosfatos y potencial de iones de hidrógeno (pH) del agua residual doméstica proveniente del colector principal del distrito de Bellavista”** presentado por los estudiantes: Lesvi Tatiana Cotrina Rioja y Yobani Reyes Guerrero, de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental de la Universidad Nacional de Jaén.

Después de la sustentación y defensa, el Jurado acuerda:

- ( x ) Aprobar
- ( ) Desaprobar
- ( x ) Unanimidad
- ( ) Mayoría

Con la siguiente mención:

- |                |            |        |
|----------------|------------|--------|
| a) Excelente   | 18, 19, 20 | ( 18 ) |
| b) Muy bueno   | 16, 17     | ( )    |
| c) Bueno       | 14, 15     | ( )    |
| d) Regular     | 13         | ( )    |
| e) Desaprobado | 12 ó menos | ( )    |

Siendo las 09: 30 horas del mismo día, el Jurado concluye el acto de sustentación confirmado su participación con la suscripción de la presente.



Secretario de Jurado Evaluador



Presidente de Jurado Evaluador



Vocal de Jurado Evaluador

## ÍNDICE

RESUMEN .....	7
ABSTRACT .....	8
I. INTRODUCCIÓN.....	9
II. OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo general .....	10
2.2 Objetivos específicos.....	10
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	11
3.1 Objeto de estudios .....	11
3.2 Ubicación del área de estudio.....	12
3.3 Población.....	15
3.4 Muestreo.....	15
3.5 Muestra.....	15
3.6 Fuentes de información .....	16
3.7 Métodos.....	16
3.8 Técnicas.....	17
3.9 Procedimiento.....	20
IV. RESULTADOS .....	22
4.1 Caracterización de los parámetros de fosfatos, nitratos y pH. ....	22
4.2 Mediciones de nitratos, fosfatos y pH en el agua residual de acuerdo a los tratamientos empleados .....	22
V. DISCUSIÓN.....	40
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	43
6.1 Conclusiones .....	43
6.2 Recomendaciones.....	44
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	45
DEDICATORIA.....	48
AGRADECIMIENTO .....	50
ANEXOS.....	51



## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Tratamientos y repeticiones de las muestras.</i> .....	17
<b>Tabla 2.</b> <i>Caracterización del agua residual.</i> .....	22
<b>Tabla 3.</b> <i>Resultados de la concentración de nitrato a los 15 días.</i> .....	23
<b>Tabla 4.</b> <i>Remoción de nitratos a los 15 días.</i> .....	23
<b>Tabla 5.</b> <i>Resultados de la concentración de nitrato a los 30 días.</i> .....	24
<b>Tabla 6.</b> <i>Remoción de nitratos a los 30 días.</i> .....	24
<b>Tabla 7.</b> <i>Variable de respuesta: Remoción de nitratos.</i> .....	25
<b>Tabla 8.</b> <i>Resultados de la concentración de fosfato a los 15 días según tratamientos.</i> .....	26
<b>Tabla 9.</b> <i>Resultados de remoción de fosfato a los 15 días según tratamientos.</i> .....	26
<b>Tabla 10.</b> <i>Resultados de la concentración de fosfato a los 30 días.</i> .....	27
<b>Tabla 11.</b> <i>Remoción de fosfato a los 30 días.</i> .....	27
<b>Tabla 12.</b> <i>Variable de respuesta: Remoción de fosfatos.</i> .....	28
<b>Tabla 13.</b> <i>Prueba de comparación de medidas de Tukey en fosfatos.</i> .....	29
<b>Tabla 14.</b> <i>Variación del pH a los 15 días.</i> .....	29
<b>Tabla 15.</b> <i>Variación del pH a los 30 días</i> .....	30
<b>Tabla 16.</b> <i>Prueba de normalidad entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal).</i> .....	31
<b>Tabla 17.</b> <i>Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento (sin cobertura) y tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal) a los 15 días.</i> .....	32
<b>Tabla 18.</b> <i>Prueba de normalidad entre tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal).</i> .....	32
<b>Tabla 19.</b> <i>Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal) a los 15 días.</i> .....	33
<b>Tabla 20.</b> <i>Prueba de normalidad entre tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal).</i> .....	33
<b>Tabla 21.</b> <i>Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal) a los 15 días.</i> .....	34
<b>Tabla 22.</b> <i>Prueba de normalidad entre tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal).</i> .....	34
<b>Tabla 23.</b> <i>Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal) a los 15 días.</i> .....	35
<b>Tabla 24.</b> <i>Prueba de normalidad entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal).</i> .....	35
<b>Tabla 25.</b> <i>Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento (sin cobertura) y tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal) a los 30 días.</i> .....	36

**Tabla 26.** Prueba de normalidad entre tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal). ..... 36

**Tabla 27.** Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal) a los 30 días. .... 37

**Tabla 28.** Prueba de normalidad entre tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal). ..... 37

**Tabla 29.** Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal) a los 30 días. .... 38


**Tabla 30.** Prueba de normalidad entre tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal). ..... 38

**Tabla 31.** Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal) a los 30 días. .... 39




## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación de las lagunas de oxidación de Bellavista. ....	13
<b>Figura 2.</b> Mapa satelital del Google Earth Pro de las lagunas de oxidación de Bellavista. ....	14
<b>Figura 3.</b> Tratamiento por porcentaje de cobertura vegetal de lechuga de agua. ....	16
<b>Figura 4.</b> Dimensión del recipiente. ....	18
<b>Figura 5.</b> Recolección del afluente del colector principal de las lagunas de oxidación de Bellavista. ....	19
<b>Figura 6.</b> Porcentaje de remoción de nitratos respecto a los tratamientos a los 15 días y 30 días. ....	25
<b>Figura 7.</b> Porcentaje de remoción de fosfatos respecto a los tratamientos a los 15 días y 30 días. ....	28
<b>Figura 8.</b> Variación del pH respecto a los tratamientos a los 15 días y 30 días. ....	30
<b>Figura 9.</b> Colector principal del distrito de Bellavista Jaén. ....	51
<b>Figura 10.</b> Se realizó la limpieza e instalación del área de investigación. ....	51
<b>Figura 11.</b> Se adquirido de la macrófita acuática Pistia stratiotes. ....	52
<b>Figura 12.</b> Transporte del agua residual recolectada al área de investigación. ....	52
<b>Figura 13.</b> Acondicionamiento de recipientes según repeticiones e instalación de agua residual. ....	53
<b>Figura 14.</b> Dimensionamiento y distribución de los recipientes mediante hilos. ....	53
<b>Figura 15.</b> Instalación de las macrófitas según tratamiento por cobertura vegetal. ....	54
<b>Figura 16.</b> Instalación completa del área de investigación, ....	54
<b>Figura 17.</b> Lectura inicial de pH de la muestra en blanco, a través del equipo HANNA modelo HI 2550. ....	55
<b>Figura 18.</b> Toma de muestra inicial en el tratamiento en blanco para análisis de fosfato y nitrato. ....	55
<b>Figura 19.</b> Toma de muestra dirigida al laboratorio privado OIKOSLAB SAC. ....	56
<b>Figura 20.</b> Recolección de muestras de agua residual tratada para ser llevada a laboratorio OIKOSLAB SAC. ....	56
<b>Figura 21.</b> Transporte de muestras de agua residual tratadas rotulada directamente al laboratorio privado OIKOSLAB SAC. mediante un cooler. ....	57
<b>Figura 22.</b> Entrega de muestras al laboratorio privado OIKOSLAB SAC. ....	57
<b>Figura 23.</b> Equipo HANNA, usado en el laboratorio privado OIKOSLAB S.A.C. ....	58



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> Hoja de registro diaria sobre la variación del pH en el periodo de 30 días. ....	59
<b>Anexo 2.</b> Resultados de caracterización inicial (nitratos, fosfatos y pH).....	60
<b>Anexo 3.</b> Resultado del parámetro nitratos a los 15 días. ....	61
<b>Anexo 4.</b> Resultado del parámetro fosfatos a los 15 días.....	62
<b>Anexo 5.</b> Resultado del parámetro nitratos a los 30 días. ....	63
<b>Anexo 6.</b> Resultado del parámetro nitratos a los 30 días. ....	64






## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de la *Pistia stratiotes* en nitratos, fosfatos y potencial de iones de hidrógeno (pH) del agua residual doméstica proveniente del colector principal del distrito de Bellavista. Los tratamientos fueron T<sub>1</sub> = 25 %, T<sub>2</sub> = 50 %, T<sub>3</sub> = 75 %, T<sub>4</sub> = 100 % de cobertura vegetal de *Pistia stratiotes* respectivamente y un testigo para la evaluación del pH. La lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) presenta efectos significativos según el porcentaje de cobertura vegetal sobre los nitratos, fosfatos y pH del agua residual doméstica proveniente del colector principal del Distrito de Bellavista. Se realizaron ensayos de los parámetros al día 1, 15 y 30. Se demostró que el T<sub>4</sub> fue el mejor tratamiento, removiendo 27.78% para nitratos y 96.48% para fosfatos. Los resultados del pH para el T<sub>4</sub> a los 15 y 30 días fueron 7.44 y 7.37 respectivamente, habiendo diferencias significativas con los otros tratamientos.

Palabras clave: *Pistia stratiotes*, agua residual, fosfatos, nitratos, pH, remoción.



## ABSTRACT

The objective of the research was to evaluate the effect of *Pistia stratiotes* on nitrates, phosphates and hydrogen ion potential (pH) of domestic wastewater from the main collector of the Bellavista district. The treatments were T1 = 25 %, T2 = 50 %, T3 = 75 %, T4 = 100 % plant cover of *Pistia stratiotes* respectively and a control for pH evaluation. Water lettuce (*Pistia stratiotes*) has significant effects depending on the percentage of plant cover on nitrates, phosphates and pH of domestic wastewater from the main sewer of the Bellavista District. Tests were conducted for the parameters at days 1, 15 and 30. It was shown that T4 was the best treatment, removing 27.78% for nitrates and 96.48% for phosphates. The pH results for T4 at 15 and 30 days were 7.44 and 7.37, respectively, with significant differences with the other treatments.

Key words: *Pistia stratiotes*, wastewater, phosphates, nitrates, pH, removal.



## I. INTRODUCCIÓN

La existencia de plantas acuáticas flotantes de *Pistia stratiotes* en nuestro país representan un potencial que debe ser aprovechado por su alto poder de remoción de contaminantes presentes en el agua. En nuestro país, según García y Rodríguez (2012) sólo se realiza el tratamiento del 29,1% de las aguas residuales domésticas urbanas, el resto se vierte a los mares, lagos y ríos la cual provoca un impacto negativo en el medio ambiente y en la salud de las personas. (p.1).

La alta productividad de algunas plantas flotantes y el alto requerimiento nutricional de nitrógeno (N) y fósforo (P) hacen que estas especies resulten adecuadas para reducir los niveles de estos nutrientes de los efluentes (Sanchez, 2011). La *Pistia stratiotes* muestra una eficiencia de remoción del 24,9 % de  $\text{NO}_3^-$  y 51,6%  $\text{PO}_4^{3-}$  (Pérez y otros, 2018). El pH se ve influenciado según 2 procesos: respiración bacteriana y acción fotosintética, las cuales liberan y consumen  $\text{CO}_2$  respectivamente produciendo que el pH baje y suba inversamente proporcional al  $\text{CO}_2$ , según Menéndez y Pérez (2007).

El distrito de Bellavista, provincia de Jaén, región de Cajamarca, presenta lagunas de oxidación, constituida por lagunas facultativas ya que está supervisada por la Empresa Prestadora de Servicios (EPS. MARAÑÓN S.A). Existe deficiente tratamiento del agua residual doméstica, por lo cual el problema de investigación fue evaluar el efecto de lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en los parámetros de nitratos, fosfatos y pH. El propósito fue investigar la capacidad fitorremediadora de la *Pistia stratiotes*. La investigación se justifica porque son sistemas alternativos biológicos, económicos y viables. El objetivo de investigación fue evaluar el efecto de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en nitratos, fosfatos y potencial de iones de hidrógeno (pH) del agua residual doméstica proveniente del colector principal del distrito de Bellavista.



## II. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en nitratos, fosfatos y potencial de iones de hidrógeno (pH) del agua residual doméstica proveniente del colector principal del distrito de Bellavista.

### 2.2 Objetivos específicos


- Medir la concentración de los nitratos, fosfatos y potencial de iones de hidrógeno (pH) del agua residual doméstica proveniente del colector principal del distrito de Bellavista.
- Implementar un sistema con la Lechuga de Agua (*Pistia stratiotes*) considerando las proporciones de 25%, 50%, 75% y 100% de cobertura vegetal para la evaluación del efecto de fosfatos, nitratos y potencial de iones de hidrógeno (pH) del agua residual doméstica proveniente del colector principal del distrito de Bellavista.
- Determinar el mejor tratamiento en los valores de fosfatos, nitratos y potencial de iones de hidrógeno (pH) del agua residual doméstica proveniente del colector principal del distrito de Bellavista.



### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Objeto de estudios

- Variable Dependiente
  - Nitratos, fosfatos y potencial de iones de hidrógeno (pH)
- Variable Independiente
  - Lechuga de agua (*Pistia stratiotes*)



### 3.2 Ubicación del área de estudio

#### A. Área de recolección de muestras:

Lagunas de Oxidación, perteneciente al Distritito de Bellavista, provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca.

#### B. Área de instalación:

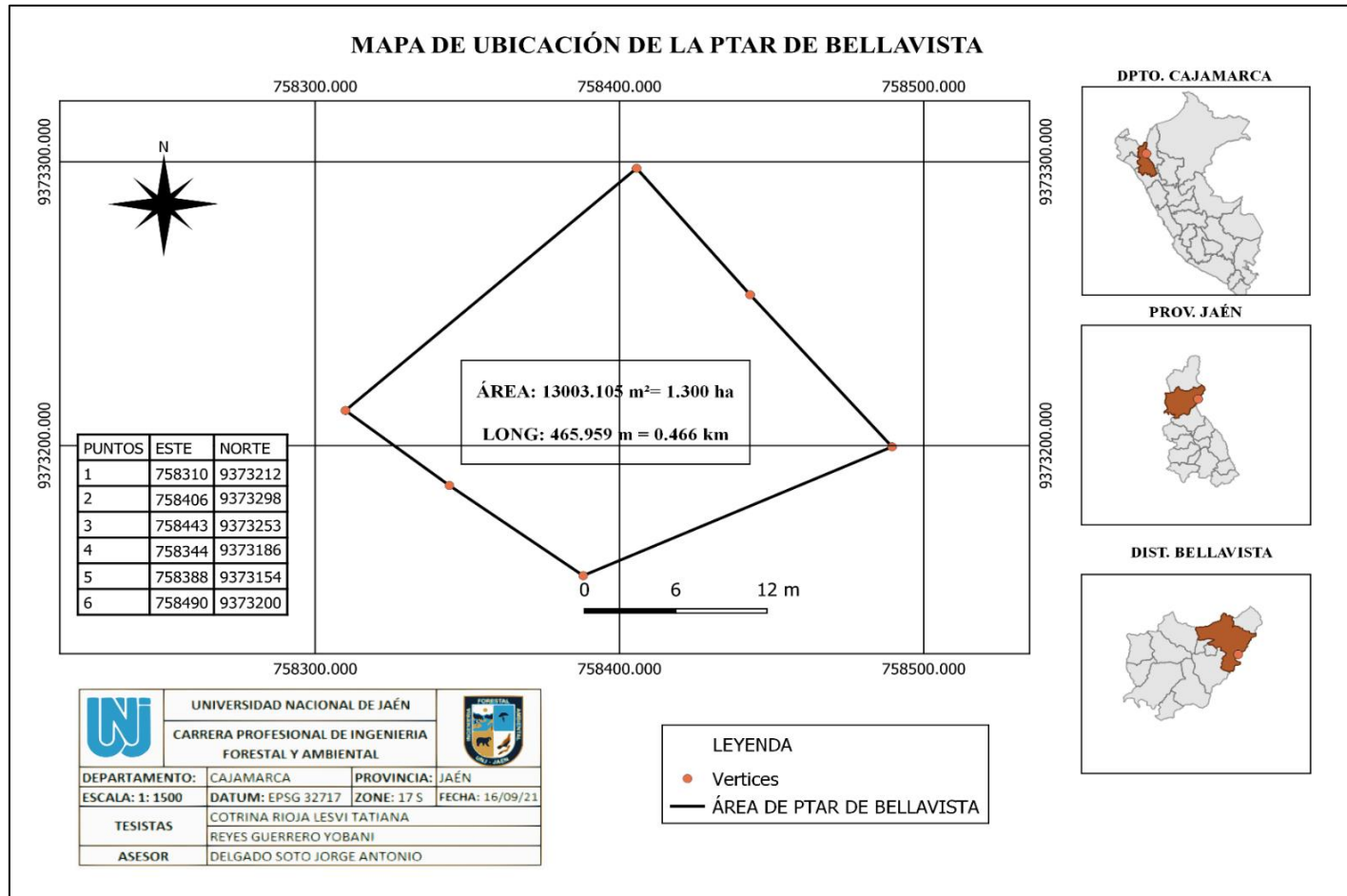
Se ubicará en el distrito de Bellavista, provincia de Jaén, Departamento de Cajamarca; coordenadas UTM:

E: -11048153; N: 705931 a una altitud de 450.5 m.s.n.m



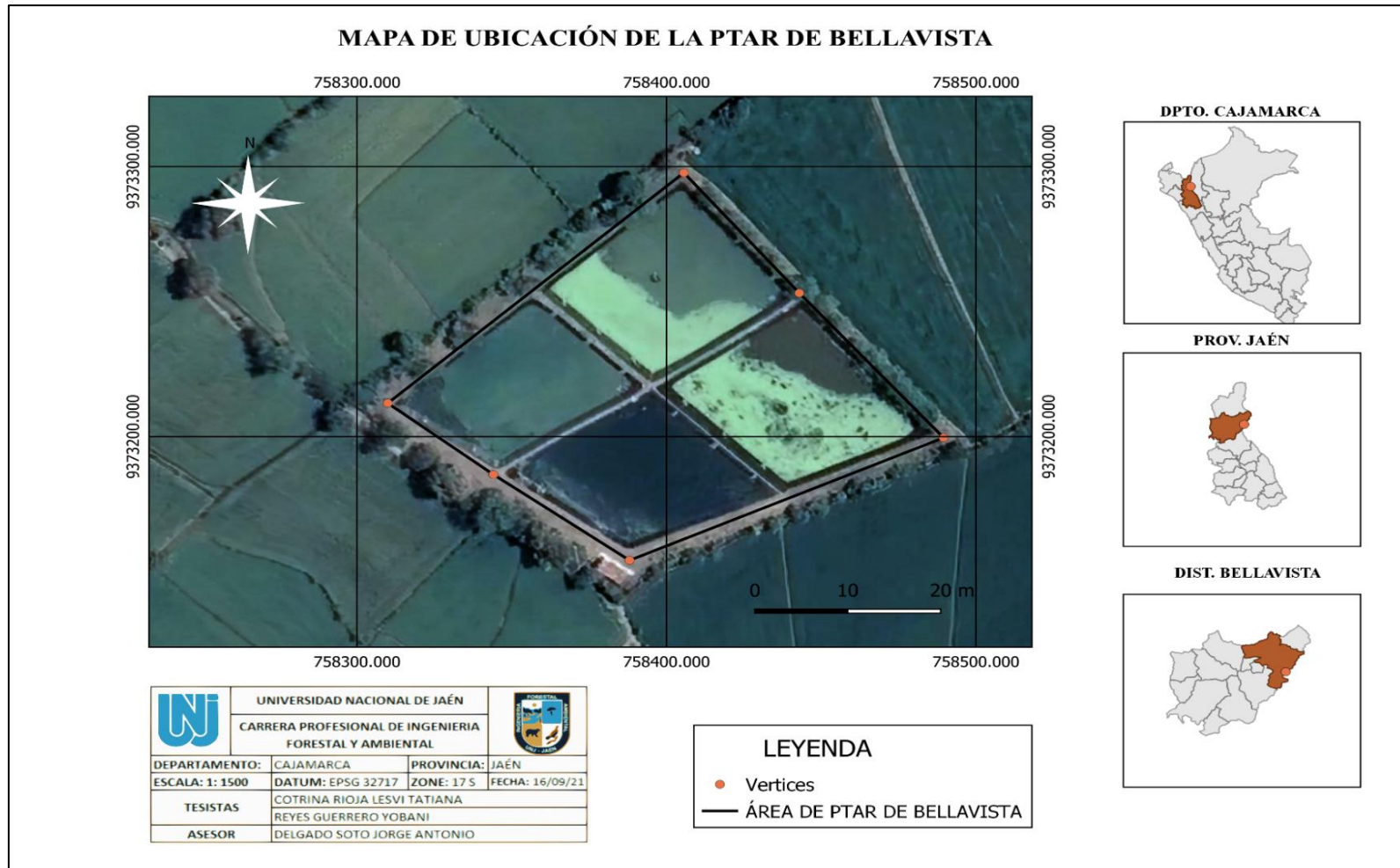
**Figura 1.**

*Mapa de ubicación de las lagunas de oxidación de Bellavista.*



**Figura 2.**

*Mapa satelital del Google Earth Pro de las lagunas de oxidación de Bellavista.*





### 3.3 Población

La población considerada fue parte del volumen del agua residual doméstica del colector principal del alcantarillado del distrito de Bellavista, que desemboca en su planta de tratamiento de agua residual, la cual se encuentra ubicada en el distrito de Bellavista, provincia de Jaén, región de Cajamarca.


### 3.4 Muestreo

El muestreo fue no probabilístico y por conveniencia. El método empleado para la recolección de la muestra, fue citado del “Protocolo de Monitoreo de los recursos Hídricos”, el cual considera la recolección de muestras en un afluente para el Perú (Protocolo de Monitoreo de los Recursos Hídricos, 2011).

- 1) Las muestras fueron recolectadas en recipientes de plástico, directamente de la cámara de rejas donde, se lleva a cabo el tratamiento primario de recolección, en las lagunas de oxidación.
- 2) La muestra de agua fue recogida del interior del cuerpo de agua a una profundidad de 20 cm. Las muestras fueron tomadas en contra corriente permitiendo el ingreso de agua. Estas muestras no fueron necesarias recolectarlas al 100%. El frasco se cerró y se homogenizó la muestra, mediante agitación. En todo momento se evitó entrar en contacto con la muestra. Se consideró un espacio aproximado de 1% de la capacidad del envase (espacio de cabeza) esto permitió la expansión de la muestra.

### 3.5 Muestra

Se utilizó 510 litros de agua residual doméstica en 17 recipientes con capacidad de 60 litros, 30 litros de agua residual doméstica en cada uno de los recipientes. Se aplicó 4 tratamiento, con 4 repeticiones por cada tratamiento y un tratamiento en blanco para la investigación del pH



### 3.6 Fuentes de información

Se emplearon fuentes de información primarias. Según Mari, J (2002); son aquellas que proporcionan datos de primera mano, donde el propio investigador el que informa sobre los resultados de su investigación. En el Anexo 1, se muestra la ficha de observación para el seguimiento del parámetro de pH y en los Anexo 2, Anexo 3, Anexo 4, Anexo 5 y Anexo 6 se observa los certificados de los resultados de los parámetros nitratos y fosfatos.

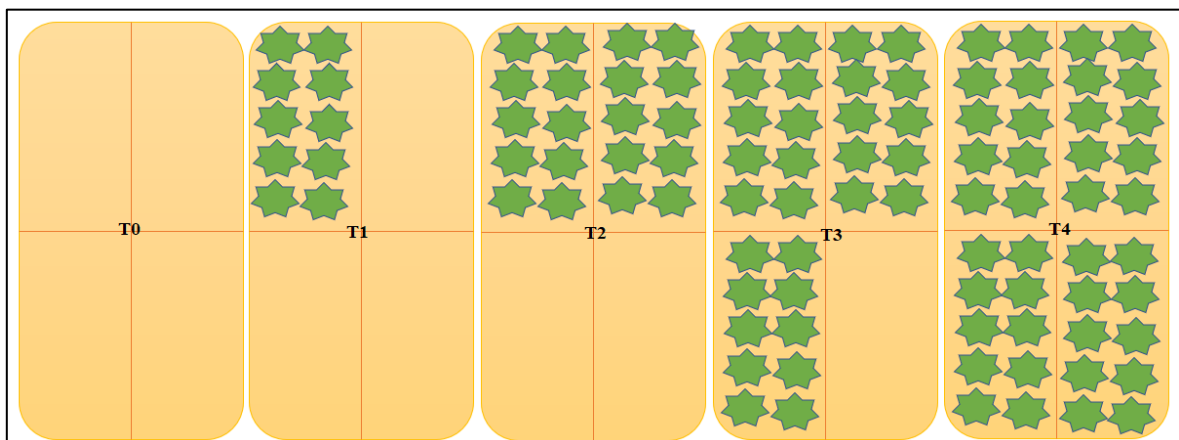
### 3.7 Métodos

Para nuestra investigación los métodos fueron: experimental, porque se emplearon lagunas piloto a escala; inductivo y deductivo, se va a partir de experimentos particulares para llegar a conclusiones generales. Cuantitativa, basado en el análisis y procesamiento de información de datos; las cuales fueron obtenidas de los tratamientos y repeticiones; observando las diferencias de los resultados en base a los porcentajes de cobertura vegetal y tiempo.

La cantidad de plantas fue determinada, por sus tamaños, la división de la superficie fue en base a las medidas de los recipientes. La distribución se muestra en la Figura 3 y los tratamientos en la Tabla 1.

**Figura 3.**

*Tratamiento por porcentaje de cobertura vegetal de lechuga de agua.*



**Tabla 1.**

*Tratamientos y repeticiones de las muestras.*

N° repeticiones	N ° Tratamientos				
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>	T <sub>0</sub>
R <sub>1</sub>	T <sub>1</sub> R <sub>1</sub>	T <sub>2</sub> R <sub>1</sub>	T <sub>3</sub> R <sub>1</sub>	T <sub>4</sub> R <sub>1</sub>	
R <sub>2</sub>	T <sub>1</sub> R <sub>2</sub>	T <sub>2</sub> R <sub>2</sub>	T <sub>3</sub> R <sub>2</sub>	T <sub>4</sub> R <sub>2</sub>	T <sub>0</sub>
R <sub>3</sub>	T <sub>1</sub> R <sub>3</sub>	T <sub>2</sub> R <sub>3</sub>	T <sub>3</sub> R <sub>3</sub>	T <sub>4</sub> R <sub>3</sub>	
R <sub>4</sub>	T <sub>1</sub> R <sub>4</sub>	T <sub>2</sub> R <sub>4</sub>	T <sub>3</sub> R <sub>4</sub>	T <sub>4</sub> R <sub>4</sub>	

### 3.8 Técnicas

#### A. Fase de campo

En la fase de campo se utilizaron cuatro sistemas de tratamiento: T<sub>1</sub> = 25 %, T<sub>2</sub> = 50 %, T<sub>3</sub> = 75 %, T<sub>4</sub> = 100 % de cobertura vegetal en contacto con la superficie del agua residual. Cada unidad experimental fue un recipiente de plástico, conteniendo un volumen de 30 litros. Adaptación del método empleado en la investigación. (Gómez *et al.*, 2019, p. 47)

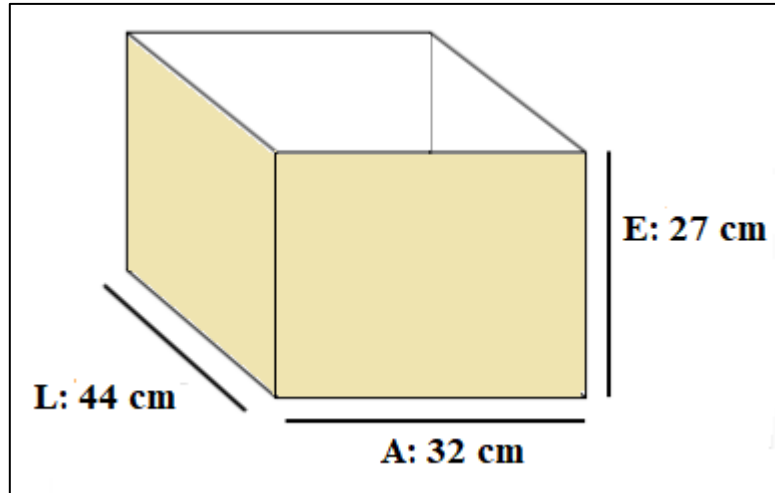
#### 1) Dimensionamiento e instalación de Recipientes

Para el experimento, se utilizaron recipientes de plástico, con las siguientes dimensiones: largo 44 cm, ancho de 32 cm y un espesor de 27 cm, como se muestra en la Figura 4; cada uno contuvo 30 litros de agua residual doméstica, fueron 17 recipientes en total.

La división se realizó empleando hilos, en cada división de cobertura vegetal propuesta en la investigación.

**Figura 4.**

*Dimensión del recipiente.*



**2) Ubicación de la investigación**

La investigación se desarrolló en el predio de la señora Mari Luz Rioja Fernández, ubicado en la calle San Martín N° 630 en el distrito de Bellavista, provincia de Jaén y región Cajamarca, en las siguientes coordenadas UTM: E: -11048153; N: 705931 a una altitud de 450.5 m.s.n.m.

**3) Adquisición de la macrófita acuática *Pistia stratiotes*.**

Las macrófita acuática *Pistia stratiotes*, fue enviada desde la ciudad de Lima. Adquirida al vendedor con RUC 20604351325.

**4) Recolección del afluente del colector principal.**

Se recolectó en recipientes de plásticos de capacidad de 260 litros, desde la ubicación del colector principal del distrito de Bellavista hasta el lugar de experimentación, sector Bellavista. El agua fue recolectada según el Decreto Supremo N° 003 -2010 -MINAM. Se le atribuye un área de 12.71 m. de largo, 70 cm de ancho y distintas profundidades de manera ascendente 73 cm (inicial), 78 cm (intermedio) y 80 cm (final- distribuye a las lagunas), se visualiza en la Figura 5.

**Figura 5.**

*Recolección del afluente del colector principal de las lagunas de oxidación de Bellavista.*



**5) Cronograma de frecuencia de Monitoreo**

La investigación en campo se llevó en un mes; con mediciones al inicio, a los 15 y 30 días.

**B. Fase de gabinete**

Las técnicas que se utilizaron para la investigación fueron: la observación, la experimentación y el empleo de fichas, donde se documentaron los resultados, se procedió a la comparación de los datos obtenidos, se observó el efecto de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) en los parámetros: fosfatos, nitratos y pH, a partir de las muestras del agua residual recogida en el colector principal del distrito de Bellavista, cuando fueron tratadas con incrementos de porcentaje de cobertura vegetal y sus respectivas repeticiones. La recolección de datos se realizó al inicio, a los 15 días y finalmente a los 30 días.

### 3.9 Procedimiento

#### C. Fase de laboratorio

Los parámetros evaluados fueron los nitratos, fosfatos y pH. Las muestras fueron recolectadas en frasco estériles de 100 ml de capacidad, se rotularon, se colocaron en una cadena de frío, se llevaron a un laboratorio particular, ubicado en el distrito de Jaén, para sus respectivos ensayos.

- Nitratos

Las concentraciones de nitrato se realizaron por el método de reducción por cadmio. Se tomaron las muestras al inicio, intermedio y final de la investigación, con el fin de analizar el efecto de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) según el porcentaje de cobertura vegetal en la superficie, enmarcando su resultado, dicho resultado será realizado por el equipo, HANNA, para trabajar con un rango de (0,0 a 30,0 mg/g). El procedimiento realizado está albergado en la (HANNA Instruments, s.f.).

#### Procedimiento

Mediante la pipeta, se llenó el frasco de 6 ml de la muestra, hasta la mitad de su altura, y se cerró la tapa. Se insertó el frasco en la celda de medición. Luego se pulsó la tecla Zero, el display mostrará “-0,0-” cuando el instrumento este a cero y listo para la medición. Se retiró el frasco y se añadió el contenido de un paquete de reactivo HI 93728-0. Se colocó la tapa y se agitó inmediatamente de forma vigorosa, arriba y abajo, durante 10 segundos. Continuamos mesclando, invirtiendo el frasco suavemente durante 50 segundos, teniendo cuidado de que no tenga burbujas de aire. Se reinsertó el frasco en el instrumento, teniendo cuidado de no agitarlo. Se pulsó timer y el display el cual mostró la cuenta atrás previa a la medición o como alternativa esperamos 4 minutos y 30 segundo y después pulsamos read. El instrumento realizó la lectura de los resultados en mg/L de nitrato-nitrógeno. Se tocó la tecla arriba o abajo para acceder al segundo nivel de funciones. Luego se pulsó la tecla chem frm para convertir el resultado a mg/ L de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ). Para volver a la pantalla de medición se pulsó las teclas arriba y abajo del equipo.



- Fosfatos

Las concentraciones de fosfato se realizaron por el método de Amino Acido. Se tomaron las muestras al inicio, intermedio y final de la investigación, con el fin de analizar el efecto de la lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) según el porcentaje de cobertura vegetal en la superficie, enmarcando su resultado, dicho resultado será realizado por el equipo, HANNA, para trabajar con un rango de (0,0 a 10,0 mg/g). El procedimiento que se realizó está albergado en la (HANNA Instruments, s.f.).

#### Procedimiento

Se llenó el frasco con 10 ml de muestra sin tratar y luego tapamos. Se introdujo el frasco en la celda de medición. Luego se pulsó la tecla Zero, el display mostrará “-0,0-” cuando el instrumento este a cero y listo para la medición. Se retiró el frasco. Luego se añadió 10 gotas de HI 937064-0. Después se colocó el contenido de un paquete de HI 937068-0 (amino Acido) al frasco. Se colocó la tapa la cual se agitó suavemente hasta su completa disolución. Se reinsertó el frasco en el instrumento. Se pulsó timer y el display el cual mostró la cuenta atrás previa a la medición o como alternativa esperamos 5 minutos y después pulsaremos read. El instrumento realizó la lectura de los resultados en mg/L de fosfato. Después se pulso la tecla arriba o abajo para acceder al segundo nivel de funciones. Luego se pulsó la tecla chem frm para convertir el resultado a mg/ L de fosfato ( $PO_4^{-3}$ ). Para volver a la pantalla de medición se pulso las teclas arriba y abajo del equipo.

- Potencial de iones de Hidrógeno (pH)

La medición del pH se registró en el equipo HANNA modelo HI 2550. El manual del equipo multiparamétrico para medir el pH indicó que el electrodo debe lavarse con agua destilada. El procedimiento se realizó de acuerdo al manual del Multiparamétrico pH/ ORP/ C°/ EC/TDS /NaC, / Medidor de banco HI 2550 (Hanna Instruments HI, s.f.). Luego se calibró el equipo con soluciones Buffers de 7 y 14 unidades de pH, el electrodo estuvo listo para ser se sumergido en el agua residual, y se esperó hasta que no exista variación en la medición.

#### D. Instrumentos de recolección de datos

Se utilizaron fichas de campo impresas en tablas Excel y fotografías que documenten el proceso de investigación científica.



## IV. RESULTADOS

### 4.1 Caracterización de los parámetros de fosfatos, nitratos y pH.

La caracterización del agua residual, se realizó el día 19 de enero del 2022. Se muestreó del colector principal de la laguna de oxidación ubicada en el distrito de Bellavista, provincia de Jaén, los resultados se aprecian en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Caracterización del agua residual.*

Parámetro	Unidades	Resultado
Nitratos	ppm NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.18
pH	Unidades de pH	6.96
Fosfatos	ppm PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	52.5

### 4.2 Mediciones de nitratos, fosfatos y pH en el agua residual de acuerdo a los tratamientos empleados

El primer control de nitrato, fosfato y pH del agua residual, se realizó el día 03 de febrero del 2022, a los 15 días de haber instalado el sistema de fitorremediación de la *Pistia stratiotes*. Los resultados de dicho control se registraron en las Tabla 3, Tabla 8 y Tabla 14.

El segundo control de nitrato, fosfato y pH del agua residual, se realizó el día 18 de febrero del 2022, a los 30 días de haber instalado el sistema de fitorremediación de la *Pistia stratiotes*. Los resultados de dicho control se registraron en las Tabla 5, Tabla 10 y Tabla 15.

Para el cálculo del porcentaje de remoción de los fosfatos y nitratos, se utilizó la ecuación: (Chunchón y Aybar, 2008, p.2)





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

A. Nitratos

- Tratamiento a los 15 días

**Tabla 3.**

*Resultados de la concentración de nitrato a los 15 días.*

Repeticiones	Tratamientos (ppm)			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	0.15	0.14	0.13	0.14
R <sub>2</sub>	0.14	0.13	0.13	0.13
R <sub>3</sub>	0.15	0.14	0.13	0.14
R <sub>4</sub>	0.14	0.13	0.14	0.12
Promedio	0.15	0.14	0.13	0.13

**Tabla 4.**

*Remoción de nitratos a los 15 días.*

Repeticiones	% Remoción según tratamientos			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	16.67	22.22	27.78	22.22
R <sub>2</sub>	22.22	27.78	27.78	27.78
R <sub>3</sub>	16.67	22.22	27.78	22.22
R <sub>4</sub>	22.22	27.78	22.22	33.33
Promedio	19.44	25.00	26.39	26.39

- Tratamiento a los 30 días

**Tabla 5.**

*Resultados de la concentración de nitrato a los 30 días.*

Repeticiones	Tratamientos (ppm)			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	0.13	0.13	0.13	0.13
R <sub>2</sub>	0.13	0.13	0.13	0.13
R <sub>3</sub>	0.17	0.13	0.13	0.13
R <sub>4</sub>	0.13	0.14	0.13	0.13
Promedio	0.14	0.13	0.13	0.13

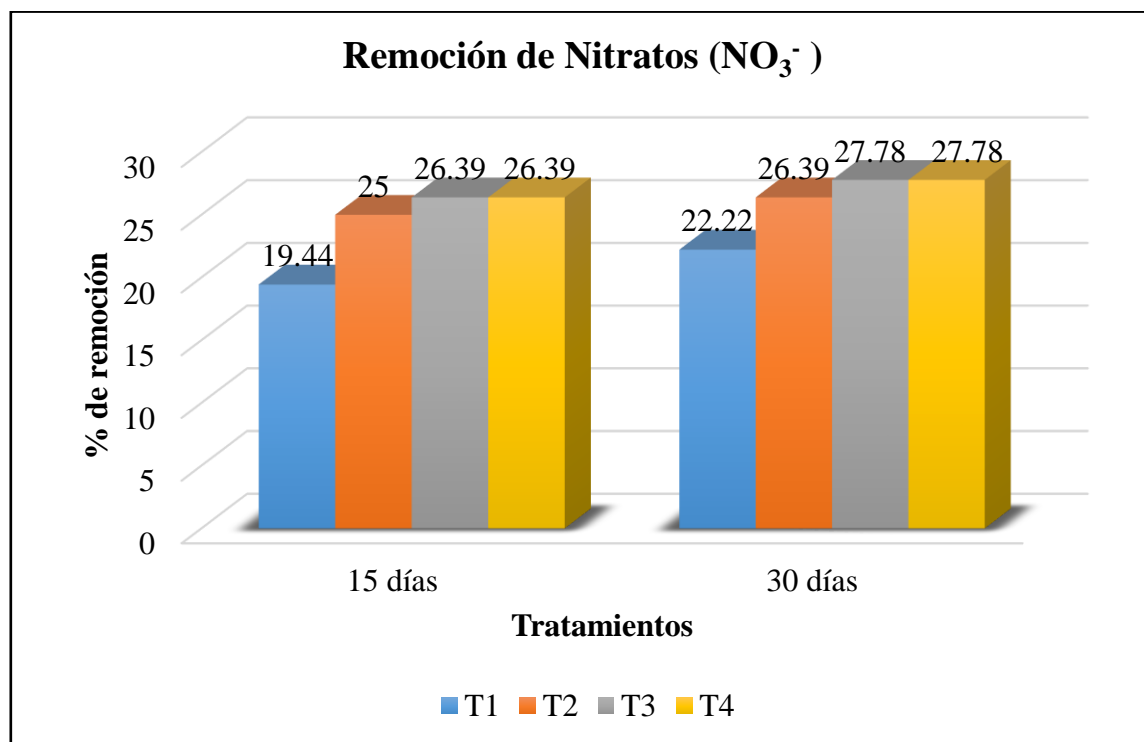
**Tabla 6.**

*Remoción de nitratos a los 30 días.*

Repeticiones	% Remoción según tratamientos			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	27.78	27.78	27.78	27.78
R <sub>2</sub>	27.78	27.78	27.78	27.78
R <sub>3</sub>	5.56	27.78	27.78	27.78
R <sub>4</sub>	27.78	22.22	27.78	27.78
Promedio	22.22	26.39	27.78	27.78

**Figura 6.**

*Porcentaje de remoción de nitratos respecto a los tratamientos a los 15 días y 30 días.*



T<sub>1</sub> = 25 %, T<sub>2</sub> = 50 %, T<sub>3</sub> = 75 %, T<sub>4</sub> = 100 %

- Análisis de varianza de nitratos

**Tabla 7.**

*Variable de respuesta: Remoción de nitratos.*

Fuentes de variación	SC	Gl	CM	F	Sig
Porcentaje de biomasa (A)	107.788	3	35.929	1.955	0.148
Tiempo (B)	11.580	1	11.580	0.630	0.435
Interacción (AxB)	1.530	3	0.510	0.028	0.994
Error	441.024	24	18.376		
Total	561.922	31			

B. Fosfatos

- Tratamiento a los 15 días

**Tabla 8.**

*Resultados de la concentración de fosfato a los 15 días según tratamientos.*

Repeticiones	Tratamientos (ppm)			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	4.5	3.0	2.0	1.5
R <sub>2</sub>	5.5	3.5	3.5	1.5
R <sub>3</sub>	4.5	5.0	4.0	2.5
R <sub>4</sub>	4.5	5.0	4.0	2.5
Promedio	4.75	4.125	3.375	2.0

**Tabla 9.**

*Resultados de remoción de fosfato a los 15 días según tratamientos.*

Repeticiones	% Remoción según tratamientos			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	91.43	94.29	96.19	97.14
R <sub>2</sub>	89.52	93.33	93.33	97.14
R <sub>3</sub>	91.43	90.48	92.38	95.24
R <sub>4</sub>	91.43	90.48	92.38	95.24
Promedio	90.95	92.14	93.57	96.19

- Tratamiento a los 30 días

**Tabla 10.**

*Resultados de la concentración de fosfato a los 30 días.*

Repeticiones	Tratamientos (ppm)			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	5.2	5	3.7	1.5
R <sub>2</sub>	5.2	0.5	2.2	2.7
R <sub>3</sub>	4.2	2.5	1	1.2
R <sub>4</sub>	3.5	3.7	1.2	2
Promedio	4.52	2.92	2.02	1.85

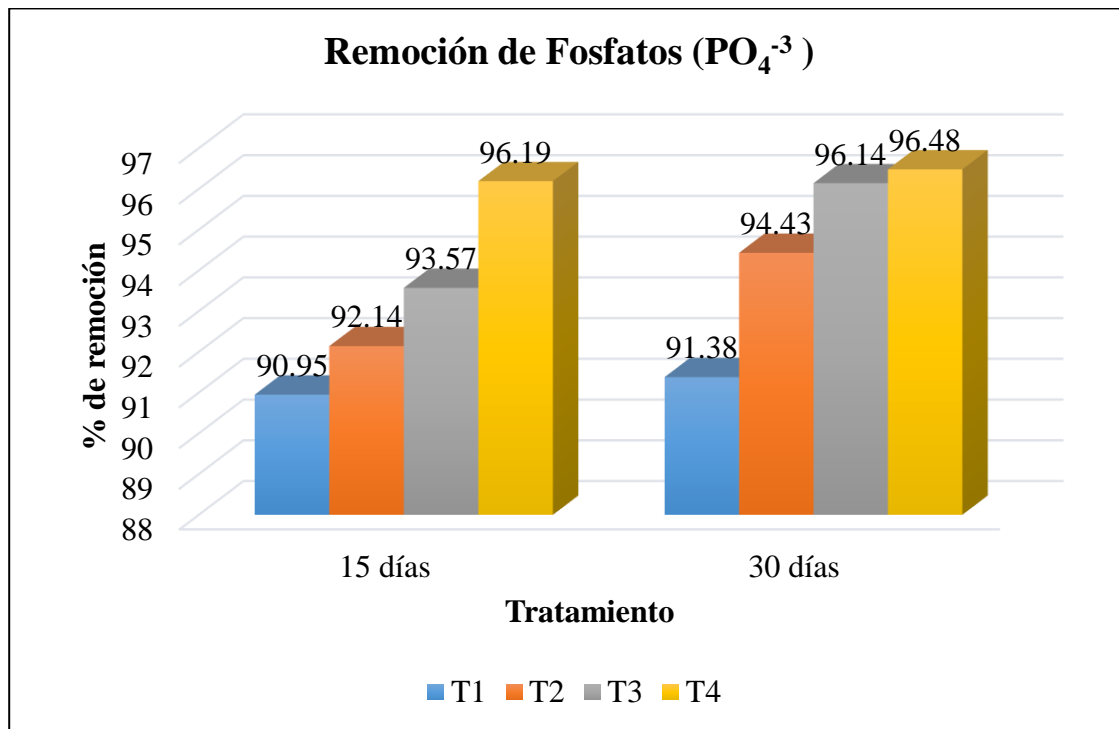
**Tabla 11.**

*Remoción de fosfato a los 30 días.*

Repeticiones	% Remoción según tratamientos			
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	90.10	90.48	92.95	97.14
R <sub>2</sub>	90.10	99.05	95.81	94.86
R <sub>3</sub>	92.00	95.24	98.10	97.71
R <sub>4</sub>	93.33	92.95	97.71	96.19
Promedio	91.38	94.43	96.14	96.48

**Figura 7.**

*Porcentaje de remoción de fosfatos respecto a los tratamientos a los 15 días y 30 días.*



- Análisis de varianza de fosfatos

**Tabla 12.**

*Variable de respuesta: Remoción de fosfatos.*

Fuentes de variación	SC	Gl	CM	F	Sig
Porcentaje de biomasa (A)	117.382	3	39.127	9.766	0.000*
Tiempo (B)	15.526	1	15.526	3.875	0.061
Interacción (AxB)	8.684	3	2.895	0.722	0.548
Error	96.155	24	4.006		
Total	237.747	31			

\* Significativo en el nivel 0.05

- Prueba de comparación de medias de Tukey

**Tabla 13.**

*Prueba de comparación de medidas de Tukey en fosfatos.*

Porcentaje de biomasa	Promedio	Grupo homogéneo
100%	96.332	A
75%	94.856	AB
50%	93.288	BC
25%	91.167	C

C. Potencial de iones de hidrógeno (pH)

C.1 Análisis de variación del Potencial de iones de Hidrógeno

- Tratamientos a los 15 días

**Tabla 14.**

*Variación del pH a los 15 días.*

Repeticiones	Tratamientos				
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>		9.67	9.45	8.45	7.48
R <sub>2</sub>		9.68	9.49	8.39	7.46
R <sub>3</sub>	9.95	9.72	9.46	8.43	7.42
R <sub>4</sub>		9.63	9.48	8.47	7.41
Promedio		9.68	9.47	8.44	7.44

- Tratamientos a los 30 días

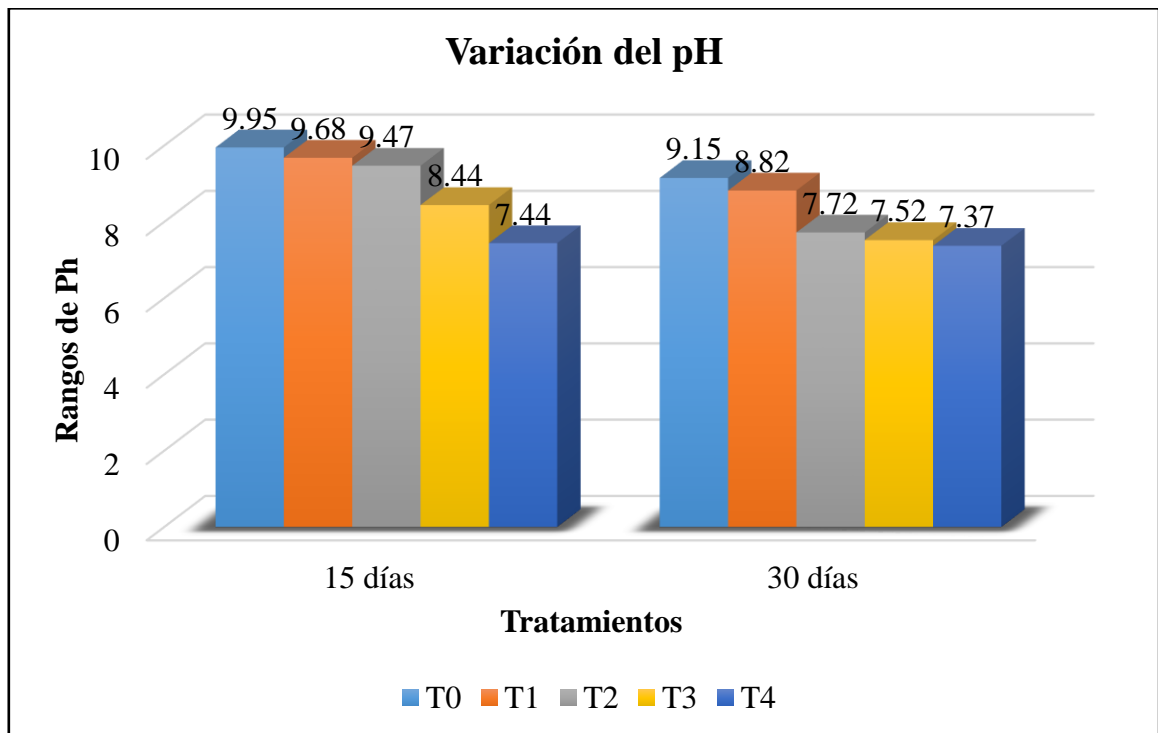
**Tabla 15.**

*Variación del pH a los 30 días*

Repeticiones	Tratamientos				
	T <sub>0</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>		8.81	7.52	7.54	7.4
R <sub>2</sub>	9.15	8.8	7.8	7.45	7.31
R <sub>3</sub>		8.91	7.76	7.5	7.35
R <sub>4</sub>		8.75	7.78	7.58	7.42
Promedio		8.82	7.72	7.52	7.37

**Figura 8.**

*Variación del pH respecto a los tratamientos a los 15 días y 30 días.*



*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*

*[Handwritten signature]*



a) Resultados de los promedios de los pH para cada tratamiento

Se realizó el seguimiento durante el proceso que duró la investigación, los resultados se aprecian en la Anexo 1.

- Prueba de normalidad para los tratamientos sin cobertura vegetal y con cobertura al 25%, 50%, 75% y 100% para los primeros 15 días
- Prueba de normalidad para el seguimiento del parámetro pH durante los primeros 15 días, considerando sin tratamiento de cobertura vegetal y el tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal).

**Tabla 16.**

*Prueba de normalidad entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal).*

Prueba de Normalidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T <sub>0</sub> – 15 días	,779	15	,002
T <sub>1</sub> - 15 días	,831	15	,009

Como el valor de significancia fue 0.002 y 0.009 menor que 0.05 los datos no presentan distribución normal, por lo tanto, se realizó la prueba de Wilcoxon, formulándonos la siguiente hipótesis:

H<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados.

**Tabla 17.**

*Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento (sin cobertura) y tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal) a los 15 días.*

Prueba de Wilcoxon	T <sub>1</sub> – T <sub>0</sub> (15 días)
Z	-1,876
Sig. Asintótica(bilateral)	,061

Como el valor de Sig. Asintótica(bilateral) = ,061; al ser mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis alterna, que manifiesta que existe diferencias significativas entre los grupos de pH del tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal) y el blanco.

- Prueba de normalidad para el seguimiento del parámetro pH durante los primeros 15 días, considerando sin tratamiento de cobertura vegetal y el tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal).

**Tabla 18.**

*Prueba de normalidad entre tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal).*

Prueba de Normalidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T <sub>2</sub> - 15 días	,820	15	,007

Como el valor de significancia fue 0.007 menor que 0.05, los datos no presentan distribución normal, por lo tanto, se realizó la prueba de Wilcoxon, formulándonos la siguiente hipótesis:

H<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados.

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados.

**Tabla 19.**

*Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal) a los 15 días.*

Prueba de Wilcoxon	$T_2 - T_0$ (15 días)
Z	-1,648
Sig. Asintótica(bilateral)	,099

Como el valor de Sig. Asintótica(bilateral) = ,099; al ser mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis alterna, que manifiesta que existe diferencias significativas entre los grupos de pH del tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal) y el blanco.

- Prueba de normalidad para el seguimiento del parámetro pH durante los primeros 15 días, considerando sin tratamiento de cobertura vegetal y el tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal).

**Tabla 20.**

*Prueba de normalidad entre tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal).*

Prueba de Normalidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T <sub>3</sub> - 15 días	,948	15	,492

Como el valor de significancia fue 0.492 mayor que 0.05, los datos presentaron distribución normal, sin embargo, los datos de pH para el caso que no hay cobertura vegetal resultaron no paramétrico, entonces se realizó la prueba de Wilcoxon, formulándonos la siguiente hipótesis:

H<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados.

**Tabla 21.**

*Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal) a los 15 días.*

Prueba de Wilcoxon	$T_3 - T_0$ (15 días)
Z	-2,731
Sig. Asintótica(bilateral)	,006

Como el valor de Sig. Asintótica(bilateral) = ,006; al ser mayor a 0.05 se rechaza la hipótesis alterna, que manifiesta que existe diferencias significativas entre los grupos de pH del tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal) y el blanco.

- Prueba de normalidad para el seguimiento del parámetro pH durante los primeros 15 días, considerando sin tratamiento de cobertura vegetal y el tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal).

**Tabla 22.**

*Prueba de normalidad entre tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal).*

Prueba de Normalidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T <sub>4</sub> - 15 días	,969	15	,847

Como el valor de significancia fue 0.847 mayor que 0.05, los datos presentaron distribución normal, sin embargo, los datos de pH para el caso que no hay cobertura vegetal resultaron no paramétrico, entonces se realizó la prueba de Wilcoxon, formulándonos la siguiente hipótesis

H<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados.

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados.

**Tabla 23.**

*Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal) a los 15 días.*

Prueba de Wilcoxon	T <sub>4</sub> – T <sub>0</sub> (15 días)
Z	-3,408
Sig. Asintótica(bilateral)	,001

Como el valor de Sig. Asintótica(bilateral) = ,001, al ser menor a 0.05 aceptamos la hipótesis alterna, que manifiesta que existe diferencias significativas entre los grupos de pH del tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal) y el blanco.

- Prueba de normalidad para los tratamientos sin cobertura vegetal y con cobertura al 25%, 50%, 75% y 100% para los 30 días
- Prueba de normalidad para el seguimiento del parámetro pH durante los 30 días, considerando sin tratamiento de cobertura vegetal y el tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal)

**Tabla 24.**

*Prueba de normalidad entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal).*

Prueba de Normalidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T <sub>0</sub> – 30 días	,894	30	,006
T <sub>1</sub> - 30 días	,949	30	,155

Como el valor de significancia para el caso donde no hay cobertura vegetal fue 0.006 menor que 0.05, los datos no presentaron normalidad y para el caso de 25% de cobertura vegetal

fue de 0.155 mayor que 0.05, los datos presentaron normalidad, entonces se realizó la prueba de Wilcoxon, formulándonos la siguiente hipótesis:

H<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados.

**Tabla 25.**

*Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento (sin cobertura) y tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal) a los 30 días.*

Prueba de Wilcoxon	T <sub>1</sub> – T <sub>0</sub> (30 días)
Z	-3,333
Sig. Asintótica(bilateral)	,001

Como el valor de Sig. Asintótica(bilateral) = ,001; al ser menor a 0.05 aceptamos la hipótesis alterna, que manifiesta que existe diferencias significativas entre los grupos de pH del tratamiento 1 (25% de cobertura vegetal) y el blanco en el periodo de 30 días.

- Prueba de normalidad para el seguimiento del parámetro pH durante los 30 días, considerando sin tratamiento de cobertura vegetal y el tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal)

**Tabla 26.**

*Prueba de normalidad entre tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal).*

Prueba de Normalidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T <sub>2</sub> - 30 días	,899	30	,008

Como el valor de significancia fue 0.008 menor que 0.05, los datos no presentan distribución normal, por lo tanto, se realizó la prueba de Wilcoxon, formulándonos la siguiente hipótesis:

H<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados.

**Tabla 27.**

*Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal) a los 30 días.*

Prueba de Wilcoxon	T <sub>2</sub> – T <sub>0</sub> (30 días)
Z	-3,219
Sig. Asintótica(bilateral)	,001

Como el valor de Sig. Asintótica(bilateral) = ,001; al ser menor a 0.05 aceptamos la hipótesis alterna, que manifiesta que existe diferencias significativas entre los grupos de pH del tratamiento 2 (50% de cobertura vegetal) y el blanco en el periodo de 30 días.

- Prueba de normalidad para el seguimiento del parámetro pH durante los 30 días, considerando sin tratamiento de cobertura vegetal y el tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal)

**Tabla 28.**

*Prueba de normalidad entre tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal).*

Prueba de Normalidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T <sub>3</sub> - 30 días	,934	30	,065

Como el valor de significancia fue 0.065 mayor que 0.05, los datos presentaron distribución normal, sin embargo, los datos de pH para el caso que no hay cobertura vegetal resultaron no paramétrico, entonces se realizó la prueba de Wilcoxon, formulándonos la siguiente hipótesis:

H<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados.

**Tabla 29.**

*Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal) a los 30 días.*

Prueba de Wilcoxon	T <sub>3</sub> – T <sub>0</sub> (30 días)
Z	-4,141
Sig. Asintótica(bilateral)	,000

Como el valor de Sig. Asintótica(bilateral) = ,000; al ser menor a 0.05 aceptamos la hipótesis alterna, que manifiesta que existe diferencias significativas entre los grupos de pH del tratamiento 3 (75% de cobertura vegetal) y el blanco en el periodo de 30 días.

- Prueba de normalidad para el seguimiento del parámetro pH durante los 30 días, considerando sin tratamiento de cobertura vegetal y el tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal)

**Tabla 30.**

*Prueba de normalidad entre tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal).*

Prueba de Normalidad	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
T <sub>4</sub> - 30 días	,947	30	,140

Como el valor de significancia fue 0.140 mayor que 0.05, los datos presentaron distribución normal, sin embargo, los datos de pH para el caso que no hay cobertura vegetal resultaron no paramétrico, entonces se realizó la prueba de Wilcoxon, formulándonos la siguiente hipótesis:

H<sub>1</sub>: Existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados

H<sub>0</sub>: No existe diferencia significativa entre ambos grupos de pH estudiados.



**Tabla 31.**

*Resultados de la prueba de Wilcoxon entre tratamiento 0 (sin cobertura) y tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal) a los 30 días.*

Prueba de Wilcoxon	$T_4 - T_0$ (30 días)
Z	-4,782 <sup>b</sup>
Sig. Asintótica(bilateral)	,000

Como el valor de Sig. Asintótica(bilateral) = ,000; al ser menor a 0.05 aceptamos la hipótesis alterna, que manifiesta que existe diferencias significativas entre los grupos de pH del tratamiento 4 (100% de cobertura vegetal) y el blanco en el periodo de 30 días.




## V. DISCUSIÓN

De la caracterización de nitratos el valor obtenido fue 0.18 ppm; Campos, (2022) señala un valor 0.601 ppm para el agua residual municipal del distrito de Jaén; este valor difiere del señalado por Pérez, *et al.* (2018), quienes mencionaron un valor de 2.97 ppm; Iparraguirre, (2020) mencionó 25.03 ppm. Los factores que influyen en la diferencia de los valores de nitratos podrían deberse a la heterogeneidad, la composición química y bacteriológica, que podría diferir de mayor y menor por la elevada concentración de compuesto amoniacaes provenientes de orinas y heces, al respecto Konrad y Ernest, (2000) menciona que el proceso de nitrificación para los nitratos se presenta por la acción de nitrosomonas y Nitrobacter; lo que significa que el incremento de estas bacterias determinan la presencia de nitratos.

De la caracterización de fosfatos el valor obtenido fue 52.5 ppm, valor cercano a Théophile, *et al.*, (2002) quien manifestó un valor de 47.5 ppm; estos valores difieren de los señalados por Pérez, *et al.*, (2018), quienes mencionaron un valor de 1. 55 ppm; Iparraguirre, (2020) mencionó 13.77 ppm; Campos, (2022) señala un valor 3.198 ppm para el agua residual municipal del distrito de Jaén. Las aguas residuales domésticas del colector principal, contienen heces fecales, las cuales contienen cantidades apreciables de fosfatos orgánicos, también ortofosfatos. En la investigación se contactó la presencia de sólidos suspendidos correspondiente a heces fecales, debido a eso se presenta el elevado valor.

El valor del pH fue 6.96, este resultado es cercano a los reportados por Guerrero y Jibaja, (2019) quienes reportaron pH = 7.52 en la planta de tratamiento de aguas residuales de Jaén. Rivas y Rojas, (2020) reportaron 7.20-7.56 en la cámara de rejillas; entrada de agua residual a la laguna de estabilización San José-Chiclayo. Núñez (2019) mostró valores entre 7.03 y 7.93 para la Planta de tratamiento de aguas residuales domésticas de Cajabamba. En general las aguas residuales son ligeramente básicas, en el caso de la investigación es casi neutra.

Los resultados para el T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> de remoción de nitratos a los 15 días fueron 19.44% y 25% respectivamente y para T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> 26.39 %. Para los 30 días la remoción de los T<sub>1</sub> y T<sub>2</sub> fueron



22.22% y 26.39% respectivamente y para T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> 27.78%. Estos valores son cercanos a los obtenidos por Chumbe y García (2012) quienes reportaron 70.64% (para un periodo de retención hidráulica de 68 días y cobertura del 100%) y Pérez, *et al.* (2018) quienes reportaron 24.9% (cobertura vegetal 50%) y 20% (cobertura vegetal 100%) con sistema estacionario. Otros autores mencionaron valores de remociones mayores a las obtenidos en la investigación. Al respecto. Théophile, *et al.* (2002) señalaron 90.1% (sistema continuo con siete estanques en 30 días), Arango (2007) , mencionado por Solano Carrión, (2019) indicaron 40.62% (humedales de flujo subsuperficial y flujo libre), Chupán (2014) reporto 95.70% ( para un periodo de 15 días incorporando un ml de los reactivos sulfanilamida y 1-naftiletildiamina).

Los resultados del porcentaje de remoción de fosfatos para los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> para 15 días fueron 90.95%, 92,14%, 93.57% y 96.19% respectivamente. Para 30 días 91.38%, 94.43%, 96.14% y 96.48% respectivamente. Los resultados coinciden con los mencionados por Théophile, *et al.* (2002) mencionado por Robles (2013). Rodríguez y García (2012), Robles (2013), Chupán (2014) y Pérez, *et al.* (2018), quienes trabajando con *Pistia stratiotes* señalaron remociones del 73.9% (para estanques de digestión por decantación por un periodo 30 días), 67.1% ( para aguas servidas con retención hidráulica en 8 días), 47 % (50% de cobertura vegetal) y 51,6 % (100% de cobertura vegetal) para 30 días, 83.3% (para agua residual doméstica) y 99.1% ( para agua de río urbano contaminado) respectivamente.

La disminución del pH para los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> para 15 días fueron 9.68, 9.47, 8.44 y 7.44 y para 30 días fueron 8.82, 7.72, 7.52 y 7.37

Los resultados de los pH para el mejor tratamiento fueron los siguientes al inicio 6.96, a los 15 días 7.55 y a los 30 días 7.36. Los valores obtenidos coinciden con los reportados por Ayay Tongombol (2019) para *Pistia stratiotes L.* quien señala pH inicial de 7.5 y pH final (30 días) de 7.3, para *Lemna minor* pH inicial de 7.4 y pH final (30 días) de 7.2. Las aguas residual municipales domesticas presentan valores similares, debido a que son aguas que provienen de las mismas actividades.

Se observó que para el nitrato no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ensayados correspondientes a la interacción del porcentaje de biomasa y

tiempo; es decir, los efectos de los porcentajes de biomasa, el tiempo y sus interacciones no cambian las medias poblacionales para la variable “remoción de nitratos”, para este trabajo de investigación.

Se manifiesta que para el fósforo no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos ensayados correspondiente a la interacción porcentaje de biomasa y tiempo; es decir, los efectos de las interacciones de los factores no cambian las medias poblacionales para la variable remoción de fósforos. Sin embargo, los porcentajes de biomasa al 25, 50, 75 y 100%, resultaron estadísticamente significativos, demostrando que la disminución en la concentración de fósforos en el medio acuoso está fuertemente influenciada por la cantidad porcentual de la especie fitorremediadora y no por el tiempo de retención hidráulico y sus niveles 15 días y 30 días, para nuestro trabajo de investigación. La mayor remoción de fósforos fue el T<sub>4</sub> y la menor la menor fue T<sub>1</sub>.

Para el caso del pH a los 15 días, la Prueba de Wilcoxon, demostró que para T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub> y T<sub>3</sub> no hubo diferencias significativas y se rechazó la hipótesis alterna; sin embargo, para el T<sub>4</sub> y el testigo (muestra sin biomasa) se apreció diferencia significativa, concluyendo que la cobertura vegetal si interviene en la variación del pH.


Para los 30 días, la prueba de Wilcoxon manifestó que existen diferencias significativas entre el T<sub>0</sub>, T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> y T<sub>4</sub> manifestando que existen diferencias significativas entre el porcentaje de cobertura vegetal y el tiempo transcurrido



## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

- Las mediciones de las concentraciones de nitratos, fosfatos y pH del agua residual doméstica, proveniente del colector principal del distrito de Bellavista; resultaron 0.18 ppm, 52.5 ppm y 6.96 respectivamente.
- Se implementó un sistema con Lechuga de Agua (*Pistia stratiotes*) considerando las proporciones de 25%, 50%, 75% y 100% de cobertura vegetal, las unidades experimentales tuvieron las siguientes dimensiones largo 44.0 cm, ancho 32.0 cm y espesor 27.0 cm.
- Se determinó el mejor tratamiento T<sub>4</sub> (100% de cobertura con *Pistia stratiotes*), Para nitratos los valores iniciales y finales fueron 0.18 ppm y 0.13 ppm respectivamente, el porcentaje de remoción fue 27.78 % y para fosfatos los valores iniciales y finales fueron 52.5 ppm y 1.85 ppm respectivamente, el porcentaje de remoción fue 96.48 %. Respecto al pH se reportaron los siguientes valores para el mejor tratamiento al inicio 6.96, a los 15 días 7.55 y a los 30 días 7.36.



## 6.2 Recomendaciones

- Controlar el desarrollo de *Pistia stratiotes*, debido a la proliferación de la cobertura vegetal, lo que ocasiona, problemas en los resultados de las mediciones de los macronutrientes, debido a la relación directa entre desarrollo y consumo de nutrientes.
- Considerar el ambiente en el cual se va a llevar a cabo la investigación, ya que influye la radiación solar, la ventilación, propagación de insectos y generación de olores desagradables.
- Observar durante el proceso de adaptación, el estrés que sufre la *Pistia stratiotes*, debido al cambio de hábitat. Durante la primera etapa de la investigación se constató la muerte de muchos individuos.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ayay Tongombol, J. D. (Noviembre de 2019). Capacidad remediadora de Lemna minor y Pistia stratiotes en el tratamiento de aguas residuales de la localidad de Granja Porcón - Cajamarca. *Repositorio de la Universidad César Vallejo*, 74. Recuperado el 27 de Junio de 2022, de

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39360/Ayay\\_TJD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/39360/Ayay_TJD.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Chupán Hilario, J. C. (2014). *Eficiencia de la Lechuga de agua (Pistia satratiotes), en la remoción de nutrientes del agua residual doméstica*. Urbanización La Gloria, ATE, Perú: Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad César Vallejo. Recuperado el 27 de junio de 2022, de

<https://www.grin.com/document/304574>

García García, K. A., & Rodríguez Chumbe, M. I. (2012). *Depuración de Aguas Servidadas utilizando especies acuáticas en la ciudad de Moyobamba*. Moyobamba, Tarapoto, Perú: Tesis para optar el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional de San Martín. <https://doi.org/06052811>

Gómez Ramírez, V. H., Guerrero Becerra, J., & Jibaja Barboza, F. K. (Diciembre de 2019). Tratamiento del Afluente de la Laguna de Oxidación Mediante Fitorremediación del Eichhornia crassipes y Lemna minor; en Jaén-Cajamarca. *Repositorio Institucional - UNJ*, 47. Recuperado el 17 de Enero de 2021, de <http://repositorio.unj.edu.pe/handle/UNJ/249>

HANNA Instruments. (s.f.). *Grow Master para el Análisis de nutrientes en Agricultora*, HI 83225. (I. Agro, Productor) Recuperado el 23 de Noviembre de 2021, de [https://www.infoagro.com/instrumentos\\_medida/instrucciones/instrucciones\\_fotometro\\_analisis\\_nutrientes\\_agricultura\\_hi83225.pdf](https://www.infoagro.com/instrumentos_medida/instrucciones/instrucciones_fotometro_analisis_nutrientes_agricultura_hi83225.pdf)

Hanna Instruments HI. (s.f.). *Manualslib*. Recuperado el 23 de noviembre de 2021, de Garantía - Manual de instrucciones de Hanna Instruments HI 2550: <https://www.manualslib.com/manual/1217957/Hanna-Instruments-Hi-2550.html?page=2#manual>

Mari, J. (2002). *Manual de redacción científica* (Quinta edición ed., Vol. Publicación especial N° 3). Caribbean Journal of Science.

Menéndez G., C., & Pérez O., J. M. (2007). *Procesos para el tratamiento biológico de aguas residuales industriales*. La Habana: Felix Varera. <https://doi.org/978-959-16-0619-8>

MINAM. (17 de mayo de 2010). DECRETO SUPREMOS N°003-2010-MINAM. *Aprobación de los Límites Máximos Permisibles para las efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales*.

Ministerio de Agricultura; Autoridad Nacional del Agua. (2011). *Protocolo de Monitoreo de los Recursos Hídricos*. Recuperado el 19 de Enero de 2021, de Globa Water Partnership: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf)

Núñez. (2019). Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales en la ciudad de Cajabamba - Cajamarca alternativas para mejorar su tratamiento. *Universidad Nacional de Cajamarca*, 67.

Pérez, J. I., Mendoza, Y. I., & Galindo, A. A. (2018). Evaluación del Aporte de las Plantas Acuáticas Pistia stratiotes y Eichhornia crassipes. En *Información Tecnológica*





(Vol. 29, págs. 205-214). Riohacha, Colombia. Recuperado el 28 de Septiembre de 2021, de <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642018000200205>

Robles Pliegos, M. (2013). Evaluación de Sistemas de Fitorremediación de Aguas Residuales dentro de una refinería. *Tesis de Maestría INECOL*, 72. Recuperado el 20 de Enero de 2021, de [https://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/61/1/6576\\_2013-10400.pdf](https://inecol.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1005/61/1/6576_2013-10400.pdf)

Sanchez, R. (2011). *Evaluación del humedal artificial de la hostelería Cuicocha, utilizado para el tratameitno de aguas domésticas-*. (F. d. Tesis de pregrado, Ed.) Quito, Ecuador: Universidad Politécnica Nacional. Recuperado el 18 de junio de 2022

Solano Carrion, A. L. (2019). *Comparación de la eficiencia de Pistia stratiotes y Azolla filiculoides para mejorar la calidad del agua residual del dren 4000*. Chiclayo: Universidad César Vallejo. Recuperado el 26 de 10 de 2021, de [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35251/Solano\\_CAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/35251/Solano_CAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Théophile, F., Philip, A., Ives, K., Amougou, A., & Jean, N. (2002). Potentials of water lettuce (*Pistia stratiotes*) in domestic sewage treatment with macrophytic. *University of Dschang, Faculty of Science, Department of Plant Biology*, 709 - 724. Recuperado el 17 de Enero de 2021, de <https://www.researchgate.net/publication/267549193>



## **DEDICATORIA**

### **Dedico está tesis:**

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

A mi querido Padre, Segundo Jesús Cotrina Saldaña, quién no se encuentra presente, pero hizo lo posible para que yo pueda enrumbar en el mundo profesional, sé que se encuentra muy orgulloso de mí.

A mi querida Madre, Mari Luz Rioja Fernández, quién es mi fuente de apoyo y mis ganas de superación, mi compañera de vida gracias por estar en estos momentos y por creer en mí.

A nuestro querido asesor, M.Cs. Jorge Antonio Delgado, quién se mostró como un gran amigo y guía en este periodo de corto de tiempo.

**COTRINA RIOJA LESVI TATIANA**



## **DEDICATORIA**

### **Dedico esta tesis:**

Principalmente a Dios quien ha sido mi fortaleza, por darme la valentía necesaria para cumplir día a día mis metas trazadas y siempre seguir guiando mi camino por el bien.

A mis queridos padres Jose Genaro Reyes Mendoza y Carmen Guerrero Berna por darme su apoyo incondicional, comprensión y confianza y estar siempre conmigo en los momentos buenos y malos. Por haberme dado todo lo que soy como ser humano e inculcarme principios, valores, perseverancia todo esto con mucho amor y nunca pidiendo nada a cambio.

A mis queridos hermanos Wendy, Raul y Anshy quienes día a día me apoyaron con sus ánimos y fuerza para seguir adelante y así no decaer.

A nuestro querido asesor, M.Cs. Jorge Antonio Delgado, quién nos dio confianza y se mostró como un gran amigo y guía en esta investigación.

**REYES GUERRERO YOBANI**




## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a Dios por guiarnos, protegernos, darnos fuerza, paciencia y salud para alcanzar los objetivos propuestos en esta investigación.

Nuestro más sincero agradecimiento a nuestro asesor de tesis M.Cs. Jorge Antonio Delgado Soto, quién nos brindó desinteresadamente su apoyo en la superación de obstáculos y dificultades, brindándonos sus consejos y recomendaciones a lo largo de nuestra investigación.

Finalmente, agradecemos el apoyo incondicional de nuestros familiares y amigos, quienes participaron y apoyaron en toda la etapa de ejecución de la investigación, por su ayuda voluntaria y desinteresada.



## ANEXOS

**Figura 9.**

*Colector principal del distrito de Bellavista Jaén.*



**Figura 10.**

*Se realizó la limpieza e instalación del área de investigación.*



**Figura 11.**

*Se adquirió de la macrófita acuática Pistia stratiotes.*



**Figura 12.**

Transporte del agua residual recolectada al área de investigación.



**Figura 13.**

*Acondicionamiento de recipientes según repeticiones e instalación de agua residual.*



**Figura 14.**

*Dimensionamiento y distribución de los recipientes mediante hilos.*



**Figura 15.**

*Instalación de las macrófitas según tratamiento por cobertura vegetal.*



**Figura 16.**

*Instalación completa del área de investigación.*





**Figura 17.**

*Lectura inicial de pH de la muestra en blanco, a través del equipo HANNA modelo HI 2550.*



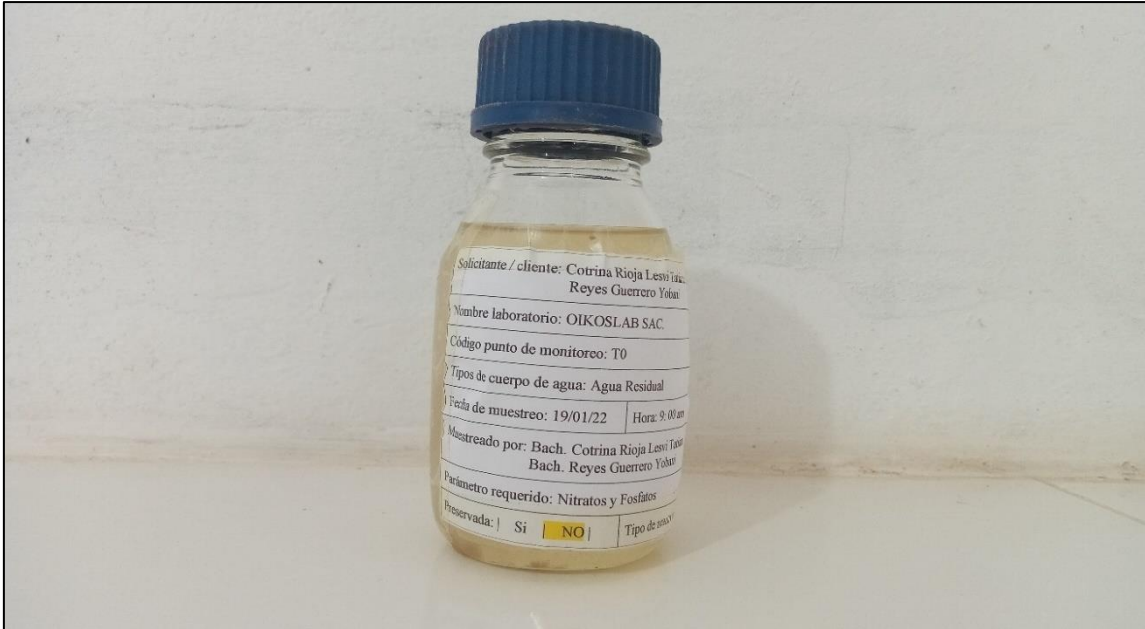
**Figura 18.**

*Toma de muestra inicial en el tratamiento en blanco para análisis de fosfato y nitrato.*



**Figura 19.**

*Toma de muestra dirigida al laboratorio privado OIKOSLAB SAC.*



**Figura 20.**

*Recolección de muestras de agua residual tratada para ser llevada a laboratorio OIKOSLAB SAC.*



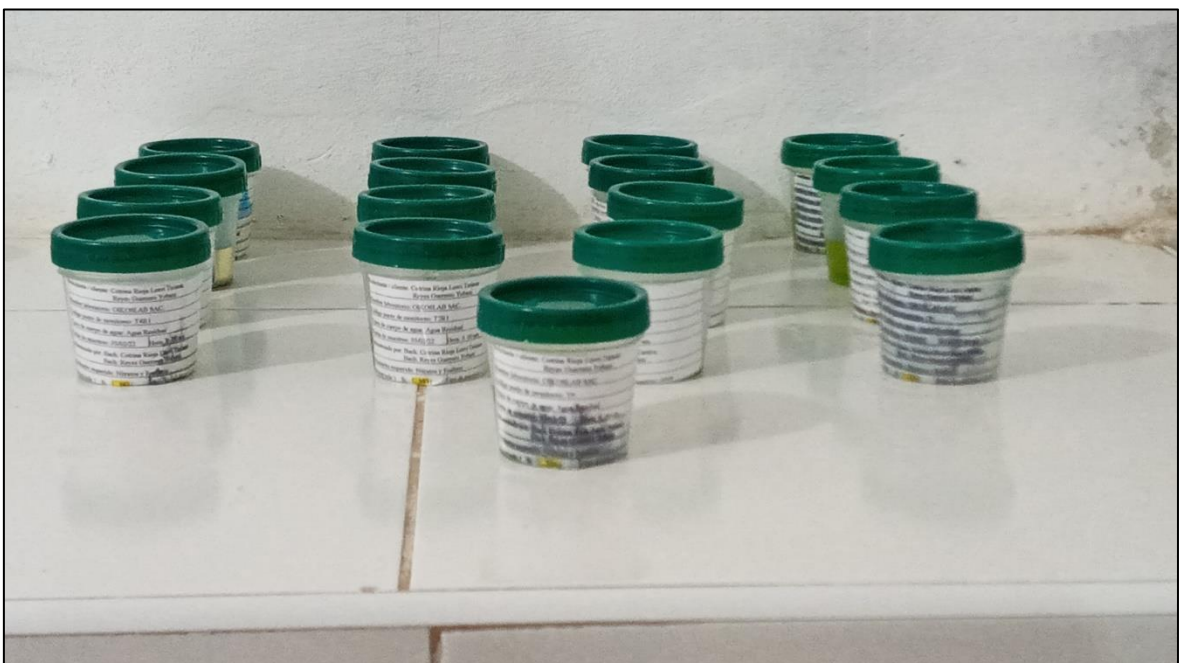
**Figura 21.**

*Transporte de muestras de agua residual tratadas rotulada directamente al laboratorio privado OIKOSLAB SAC. mediante un cooler.*



**Figura 22.**

*Entrega de muestras al laboratorio privado OIKOSLAB SAC.*



A handwritten signature in blue ink, located at the bottom left of the page.

A handwritten signature in blue ink, located at the bottom center of the page.

A handwritten signature in blue ink, located at the bottom right of the page.

**Figura 23.**

*Equipo HANNA, usado en el laboratorio privado OIKOSLAB S.A.C.*



*[Handwritten signature]*

*Hanna*

*[Handwritten signature]*

**Anexo 1.**

Hoja de registro diaria sobre la variación del pH en el periodo de 30 días.

Días	Resultados promedios de pH				
	T0	P1	P2	P3	P4
1	6,96	6,85	6,88	6,88	6,81
2	7,16	7,05	7,05	7,03	6,93
3	7,36	7,17	7,15	7,03	6,91
4	7,35	7,27	7,14	6,99	7,24
5	7,69	7,25	7,25	7,29	7,06
6	7,29	7,39	7,20	7,33	7,27
7	7,53	7,36	7,27	7,25	7,04
8	7,63	7,53	7,70	7,61	7,24
9	7,42	7,40	7,37	7,42	7,16
10	7,64	7,75	7,76	7,57	7,26
11	7,64	8,17	8,06	7,95	7,21
12	8,91	8,59	8,98	8,54	7,45
13	9,32	9,39	9,42	7,84	7,76
14	9,85	9,40	9,25	7,93	7,33
15	9,95	9,68	9,19	8,21	7,55
16	9,44	9,04	9,22	8,81	7,96
17	9,36	8,39	8,03	7,39	7,14
18	8,58	8,70	8,92	8,21	7,33
19	10,01	8,13	8,35	8,46	7,78
20	9,60	8,33	9,00	8,08	7,57
21	9,21	7,65	7,74	7,25	7,04
22	9,47	8,89	9,32	8,50	7,72
23	8,74	7,65	7,39	7,08	7,07
24	8,69	8,02	7,72	7,21	7,10
25	7,49	8,17	8,10	8,08	7,37
26	7,41	7,30	7,16	7,28	7,10
27	7,44	7,32	7,19	7,17	7,21
28	8,31	7,90	7,61	7,43	7,26
29	8,90	8,41	8,68	7,97	7,23
30	9,15	8,55	8,38	8,30	7,36

Anexo 2.

Resultados de caracterización inicial (nitratos, fosfatos y pH).



ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB**  
SAC

**OIKOSLAB SAC - N°1955-2022**

**ENSAYO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL COLECTOR PRINCIPAL DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE BELLAVISTA-JAÉN**

Solicitantes : Lesvi Tatiana Cotrina Rioja  
Yobani Reyes Guerrero

Distrito : Bellavista

Provincia : Jaén

Región : Cajamarca .

Fecha de ensayo : 19 de enero del 2022

Muestra proporcionada por las solicitantes

Tesis :

**“EFECTOS DE LA LECHUGA DE AGUA (*Pistia stratiotes*) EN NITRATOS, FOSFATOS Y POTENCIAL DE IONES DE HIDRÓGENO (pH) DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA PROVENIENTE DEL COLECTOR PRINCIPAL DEL DISTRITO DE BELLAVISTA”**

Institución : **Universidad Nacional de Jaén**

**Resultados**

Parámetro	Unidades	Resultado
Nitratos	ppm NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	<b>0.18</b>
pH	Unidades de pH	<b>6.96</b>
Fosfatos	ppm PO <sub>4</sub> <sup>-3</sup>	<b>52.5</b>

**OIKOSLAB**  
SAC

  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. RESPONSABLE  
CIP. 58757



Psje. San Pedro N°113 - Morro Solar Alto - Jaén  
Cel. 970 911 920  
✉ jads14@hotmail.com



Anexo 3.

Resultado del parámetro nitratos a los 15 días.



ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB SAC**

**OIKOSLAB SAC - N°1956-2022**

**ENSAYO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL COLECTOR  
PRINCIPAL DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE BELLAVISTA-JAÉN**

Solicitantes : Lesvi Tatiana Cotrina Rioja  
Yobani Reyes Guerrero

Distrito : Bellavista

Provincia : Jaén

Región : Cajamarca

Fecha de ensayo : 03 de febrero del 2022

Muestra proporcionada por las solicitantes

Tesis :

**“EFECTOS DE LA LECHUGA DE AGUA (*Pistia stratiotes*) EN NITRATOS, FOSFATOS Y  
POTENCIAL DE IONES DE HIDRÓGENO (pH) DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA  
PROVENIENTE DEL COLECTOR PRINCIPAL DEL DISTRITO DE BELLAVISTA”**

Institución : **Universidad Nacional de Jaén**

Ensayo de nitratos a 15 días de la instalación del sistema de tratamiento por incremento del porcentaje de cobertura vegetal de la *Pistia stratiotes*.

**Método para el ensayo de nitratos:** Adaptación del método de reducción por cadmio

**Resultados de los tratamientos y repeticiones:**

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	0.15	0.14	0.13	0.14
R <sub>2</sub>	0.14	0.13	0.13	0.13
R <sub>3</sub>	0.15	0.14	0.13	0.14
R <sub>4</sub>	0.14	0.13	0.14	0.12

  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. RESPONSABLE  
CIP. 56757

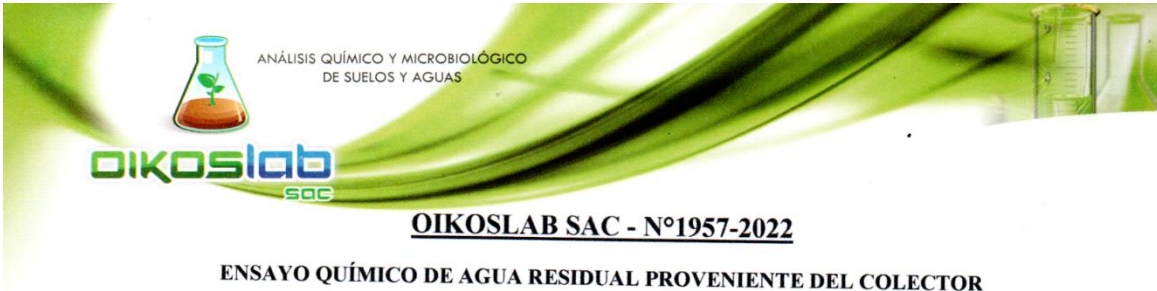


Psje. San Pedro N°113 - Morro Salar Alto - Jaén  
Cel. 970 911 920  
jads14@hotmail.com



## Anexo 4.

Resultado del parámetro fosfatos a los 15 días.



ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB SAC**

**OIKOSLAB SAC - N°1957-2022**

**ENSAYO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL COLECTOR  
PRINCIPAL DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE BELLAVISTA-JAÉN**

Solicitantes : Lesvi Tatiana Cotrina Rioja  
Yobani Reyes Guerrero

Distrito : Bellavista

Provincia : Jaén

Región : Cajamarca

Fecha de ensayo : 03 de febrero del 2022

Muestra proporcionada por las solicitantes

Tesis :

**“EFECTOS DE LA LECHUGA DE AGUA (*Pistia stratiotes*) EN NITRATOS, FOSFATOS Y  
POTENCIAL DE IONES DE HIDRÓGENO (pH) DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA  
PROVENIENTE DEL COLECTOR PRINCIPAL DEL DISTRITO DE BELLAVISTA”**


Institución : **Universidad Nacional de Jaén**


**Ensayo de fosfatos a 15 días de la instalación del sistema de tratamiento por incremento del  
porcentaje de cobertura vegetal de la *Pistia stratiotes*.**

**Método para el ensayo de fosfatos:** Adaptación del método amino ácido de método estándar, para  
análisis de aguas y aguas residuales 18ª edición.


**Resultados de los tratamientos y repeticiones:**

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	4.5	3.0	2.0	1.5
R <sub>2</sub>	5.5	3.5	3.5	1.5
R <sub>3</sub>	4.5	5.0	4.0	2.5
R <sub>4</sub>	4.5	5.0	4.0	2.5

  
Jorge A. Delgado Soto  
ING. RESPONSABLE  
CIP. 66767




Psje. San Pedro N°113 - Morro Solar Alto - Jaén  
Cel. 970 911 920  
✉ jacs14@hotmail.com





## Anexo 5.

Resultado del parámetro nitratos a los 30 días.



ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB SAC**

**OIKOSLAB SAC - N°1958-2022**

**ENSAYO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL COLECTOR PRINCIPAL DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE BELLAVISTA-JAÉN**

Solicitantes : Lesvi Tatiana Cotrina Rioja  
Yobani Reyes Guerrero

Distrito : Bellavista

Provincia : Jaén

Región : Cajamarca .

Fecha de ensayo : 18 de febrero del 2022

Muestra proporcionada por las solicitantes

Tesis :

**“EFECTOS DE LA LECHUGA DE AGUA (*Pistia stratiotes*) EN NITRATOS, FOSFATOS Y POTENCIAL DE IONES DE HIDRÓGENO (pH) DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA PROVENIENTE DEL COLECTOR PRINCIPAL DEL DISTRITO DE BELLAVISTA”**

Institución : **Universidad Nacional de Jaén**

**Ensayo de nitratos a 30 días de la instalación del sistema de tratamiento por incremento del porcentaje de cobertura vegetal de la *Pistia stratiotes*.**

**Método para el ensayo de nitratos:** Adaptación del método de reducción por cadmio


**Resultados de los tratamientos y repeticiones:**

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	0.13	0.13	0.13	0.13
R <sub>2</sub>	0.13	0.13	0.13	0.13
R <sub>3</sub>	0.17	0.13	0.13	0.13
R <sub>4</sub>	0.13	0.14	0.13	0.13

Jorge A. Delgado Soto  
ING. RESPONSABLE  
CIP. 56767

**OIKOSLAB SAC**

Psje. San Pedro N°113 - Morro Solar Alto - Jaén  
Cel. 970 911 920  
jads14@hotmail.com



Anexo 6.

Resultado del parámetro nitratos a los 30 días.



ANÁLISIS QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO  
DE SUELOS Y AGUAS

**OIKOSLAB SAC** - N°1959-2022

**ENSAYO QUÍMICO DE AGUA RESIDUAL PROVENIENTE DEL COLECTOR PRINCIPAL DE LA LAGUNA DE OXIDACIÓN DEL DISTRITO DE BELLAVISTA-JAÉN**

Solicitantes : Lesvi Tatiana Cotrina Rioja  
Yobani Reyes Guerrero

Distrito : Bellavista

Provincia : Jaén

Región : Cajamarca

Fecha de ensayo : 18 de febrero del 2022

Muestra proporcionada por las solicitantes

Tesis :

**“EFECTOS DE LA LECHUGA DE AGUA (*Pistia stratiotes*) EN NITRATOS, FOSFATOS Y POTENCIAL DE IONES DE HIDRÓGENO (pH) DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA PROVENIENTE DEL COLECTOR PRINCIPAL DEL DISTRITO DE BELLAVISTA”**

Institución : Universidad Nacional de Jaén

Ensayo de fosfatos a 30 días de la instalación del sistema de tratamiento por incremento del porcentaje de cobertura vegetal de la *Pistia stratiotes*.

Método para el ensayo de fosfatos: Adaptación del método amino ácido de método estándar, para análisis de aguas y aguas residuales 18ª edición.

**Resultados de los tratamientos y repeticiones:**

	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>
R <sub>1</sub>	5.2	5.0	3.7	1.5
R <sub>2</sub>	5.2	0.5	2.2	2.7
R <sub>3</sub>	4.2	2.5	1.0	1.2
R <sub>4</sub>	3.5	3.7	1.2	2.0

Jorge A. Delgado Soto  
ING. RESPONSABLE  
CIP. 66757



Psje. San Pedro N°113 - Morro Solar Alto - Jaén  
Cel. 970 911 920  
jads14@hotmail.com

