

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y AMBIENTAL
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**EFICIENCIA DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS
Nasturtium officinale W. T. Aiton Y *Zantedeschia aethiopica* L.
EN LA REMOCIÓN DE MATERIA ORGÁNICA DE AGUAS
RESIDUALES DOMÉSTICAS, DISTRITO DE LEVANTO,
CHACHAPOYAS, AMAZONAS, 2018**

Autor (a): Bach. Lesly Llocely Herrera Chavez

Asesor (a): Dra. Cástula Alvarado Chuqui

Registro:(.....)

CHACHAPOYAS – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Con especial consideración y cariño dedico este estudio de investigación científica a mis amados padres Anibal Herrera Zuta y Rosa Chavez Chuimes, y a mi hermano Nilson Herrera Chavez quienes siempre me han apoyado y motivado de una y otra manera en mi vida personal y profesional y así lograr cumplir una de mis metas.

A los profesores que día a día aportaron con sus enseñanzas en las aulas de clases y a mis amigos que me brindan su amistad y apoyo, para hacer realidad este proyecto de tesis.

Lesly Llocely

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a Dios por darme la salud y la perseverancia para terminar mi carrera y ser una profesional.

A mi asesora Dra. Cástula Alvarado Chuqui por su tiempo en la revisión y corrección como mejoras del proyecto.

Al Blgo. Jesús Rascón Barrios por su apoyo y guía en los análisis fisicoquímicos de las muestras como parte fundamental de la investigación, siendo encargado del Laboratorio de Suelos y Aguas del Instituto de Investigación para el desarrollo Sustentable de Ceja de Selva- INDES-CES de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.

*A los jurados M.Sc. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje, M.Sc. Henry Peláez Rodríguez (**que Dios lo tenga en su gloria †**) y al M.Sc. Gino Vergara Medina por sus sugerencias y recomendaciones de mejora en la presentación final de la investigación.*

Lesly Llocely

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE
MENDOZA**

Dr. Policarpio Chauca Valqui

Rector

Dr. Miguel Ángel Barrena Gurbillón

Vicerrector Académico

Dra. Flor Teresa García Huamán

Vicerrectora de Investigación

Dra. Cástula Alvarado Chuqui

Decana de la Facultad



ANEXO 3-K

VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM (X)/ Profesional externo (), hace constar que ha asesorado la realización de la tesis titulada:

Eficiencia de las plantas acuáticas *Nasturtium officinale* W.T. Aiton y *Zantedeschia aethiopica* L. en la remoción de materia orgánica de aguas residuales domésticas, distrito de Levanto, Chachapoyas, Amazonas, 2018.

de la egresada Lesly Llocely Herrera Chavez

de la facultad de Ingeniería Civil y Ambiental

Escuela profesional de Ingeniería Ambiental

de esta casa superior de estudios.



El suscrito da Visto Bueno a la tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurado Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 23 de septiembre del 2020

Dra. Cástula Alvarado Chuqui

JURADO EVALUADOR DE LA TESIS



.....
M.Sc. Jefferson Fitzgerald REYES FARJE

Presidente



.....
M.Sc. Jaris Emmanuel VENEROS GUEVARA

Secretario



.....
M.Sc. Gino Alfredo VERGARA MEDINA

Vocal

ANEXO 3-0**CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

Eficiencia de las plantas acuáticas *Nasturtium officinale* W. T. Aiton y *Zantedeschia aethiopica* L. en la remoción de materia orgánica de aguas residuales domésticas, distrito de Levanto, Chachapoyas, Amazonas, 2018.

presentada por la estudiante () /egresada (x) Lesly Llocely herrera Chavez

de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental

con correo electrónico institucional llosely.06@gmail.com

después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:



- a) La citada Tesis tiene 18 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al Presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.

Chachapoyas, 23 de septiembre del 2020


SECRETARIO


PRESIDENTE


VOCAL

OBSERVACIONES:

.....
.....



ANEXO 3-N

**ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL**

En la ciudad de Chachapoyas, el día 10 de diciembre del año 2020, siendo las 7:00 pm horas, el aspirante Herrera Chávez Lesly Llocely defiende en sesión pública la Tesis titulada: Eficiencia de las plantas acuáticas Nasturtium officinale W. T. Aiton y zantedeschia aethiopica L. en la remoción de materia orgánica de aguas residuales domésticas, distrito de Levanto, Chachapoyas, Amazonas, 2018.

para obtener el Título Profesional de Ingeniero Ambiental a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente : M.Sc. Jefferson Fitzgerald Reyes Farje

Secretario : M.Sc. Henry Mario Peláez Rodríguez

Vocal : M.Sc. Gino Alfredo Vergara Medina

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y método, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto, a fin de que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (X) Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 8:30 pm horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

CONTENIDO GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRIGUEZ DE MENDOZA	iv
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS	v
JURADO EVALUADOR DE LA TESIS	vi
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	vii
ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS	viii
CONTENIDO GENERAL	ix
INDICE DE TABLAS	xi
INDICE DE FIGURAS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	15
II. MATERIAL Y MÉTODOS	16
1. Área de estudio	16
2. Materiales y Equipos	18
2.1. Trabajo de Gabinete	18
2.2. Trabajos en campo.....	18
2.3. Análisis de laboratorio.....	19
3. Metodología	20
3.1. Tratamientos aplicados en la investigación	20
3.2. Medida de los sistemas.....	21
3.3. Obtención de los estanques	21
3.4. Identificación y recolección de las especies	22
3.5. Implementación de los sistemas de Tratamiento para cada una de las especies	22
3.6. Toma de muestra	23
3.7. Análisis de las muestras.....	23
3.8. Eficiencia de las especies <i>Zantedeschia aethiopica</i> y <i>Nasturtium officinale</i>	25

3.9. Análisis estadístico	26
III. RESULTADOS	26
IV. DISCUSIÓN	38
V. CONCLUSIONES	40
VI. RECOMENDACIONES	41
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42
VIII. ANEXOS	44
Anexo 01. Constancia de identificación taxonómica de la especie <i>Zantedeschia aethiopica</i>	44
Anexo 02. Constancia de identificación taxonómica de la especie <i>Nasturtium officinale</i>	45
Anexo 03. Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM.....	46
Anexo 04. Resultado de los análisis de los tratamientos fisicoquímicos en laboratorio ..	47
Anexo 05. Actividades realizadas en el mismo lugar de la investigación.	51
Anexo 06. Toma de muestras en el lugar de la investigación.....	54
Anexo 07. Análisis fisicoquímicos de DBO5, pH, Turbidez, OD y DQO en laboratorio.	54

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos aplicados en el proceso de remoción de la Materia Orgánica	20
Tabla 2. Disminución de la concentración de contaminantes del agua residual.....	26
Tabla 3. Eficiencia de las especies y el tratamiento testigo	27
Tabla 4. Pruebas de T de Student para determinar las eficiencias de DQO y DBO ₅	29
Tabla 5. Pruebas de T de Student para las eficiencias de pH, Turbidez, y Oxígeno Disuelto	30
Tabla 6. Prueba T de Student para una muestra.....	32
Tabla 7. Prueba para una muestra	33
Tabla 8. Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR	46
Tabla 9. Resultados de las repeticiones de las muestras de agua en laboratorio	47
Tabla 10. Parámetros analizados en laboratorio	50

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de ubicación política del proyecto de investigación.....	16
Figura 2. Mapa de ubicación del sistema de Tratamiento	17
Figura 3. Prototipo de los estanques	21
Figura 4. PH del afluente y el efluente a los estanques	35
Figura 5. Porcentaje de Remoción de Turbidez.....	35
Figura 6. Porcentaje de Remoción del Oxígeno Disuelto.....	36
Figura 7. Porcentaje de Remoción de la DBO5	36
Figura 8. Porcentaje de remoción del DQO.....	37
Figura 9. Diseño e instalación de tubería y conexiones del tratamiento del sistema.....	51
Figura 10. Implementación y rotulación de los estanques.....	51
Figura 11. Colocación del filtro: piedras de río, arena, carbón.....	51
Figura 12. Recolección de la muestra del punto de descarga del efluente.....	51
Figura 13. Vaciado del agua residual doméstico en el estanque para el tratamiento testigo...52	
Figura 14. Identificación y recolección de <i>Nasturtium officinale</i>	52
Figura 15. Identificación y recolección de <i>Zantedeschia aethiopica</i>	52
Figura 16. Pesado de las plantas acuáticas de <i>Nasturtium officinale</i>	52
Figura 17. Pesado de las plantas acuáticas de <i>Zantedeschia aethiopica</i>	53
Figura 18. Aplicación de las plantas acuáticas <i>Nasturtium officinale</i>	53
Figura 19. Aplicación de las plantas acuáticas <i>Zantedeschia aethiopica</i>	53
Figura 20. Sistema de Tratamiento con plantas acuáticas <i>Nasturtium officinale</i> y <i>Zantedeschia aethiopica</i>	53
Figura 21. Toma de las muestras en el área donde se ejecutó el experimento.....	54
Figura 22. Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5).....	54
Figura 23. Análisis de Turbidez.....	54
Figura 24. Análisis de Oxígeno Disuelto.....	55
Figura 25. Análisis de Potencial de Hidrogeno (pH).....	55
Figura 26. Análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).....	55
Figura 27. Presentación de las muestras después de culminado el periodo de tratamiento....	55

RESUMEN

En el estudio realizado, se comparó la eficiencia de las plantas acuáticas *Nasturtium officinale* y *Zantedeschia aethiopica* aplicadas como tratamiento del agua residual del Distrito de Levanto. Para llevar a cabo el experimento se vació al estanque grande una muestra de agua residual como tratamiento testigo, luego se colocó en el fondo de los otros dos estanques un filtro, tratándose de una capa de carbón de madera, arena y de piedra de río con el fin de retener los residuos significativos del agua residual, y luego de 7 días que se realizó el análisis de las muestras de agua residual, se aplicaron las especies *Nasturtium officinale* y *Zantedeschia aethiopica* con un tiempo de adaptación de 10 días, y al término de ese periodo de tiempo se tomó 35 días más para muestrear y analizar después del tratamiento con ambas especies. Finalmente, para determinar la eficiencia de remoción de materia orgánica de ambas plantas y analizar los resultados con los parámetros de Límites Máximos Permisibles para Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, se realizó los análisis en laboratorio de (DBO₅, DQO, pH, Turbidez y OD) de antes y después de ser aplicados ambas especies. Llegando a la conclusión que la planta *Zantedeschia aethiopica* es más eficiente para la remoción de materia orgánica de las residuales del Distrito de Levanto, ya que esta alcanzó un 89%, a diferencia de *Nasturtium officinale* obtuvo un 79.5% de remoción en promedio.

Palabras clave: Tratamiento de aguas residuales, Materia Orgánica, Plantas acuáticas, Análisis Físicoquímicos, Remoción, Eficiencia.

ABSTRACT

In the study, the efficiency of aquatic plants was compared *Zantedeschia aethiopica* and *Nasturtium officinale* applied as a treatment of the residual water of the Levanto District. To carry out the experiment, emptied into the big pond a sample residual water as a witness treatment, then it was placed at the bottom from the other ponds a filter, in the case of a layer of coal, sand of wood and river stone in order to retain the significant residuals water wase, and after 7 days that took place analysis of samples residuals water, the species *Nasturtium officinale* and *Zantedeschia aethiopica* were applied with an adaptation time of 10 days, and at the end of that period of time it time took 35 more days to sample and analyze after treatment with both species. Finally, to determine the removal efficiency of organic material of both plants and analyze the results with the parameters of Maximum Allowable Limits for Wastewater Treatment Plants, laboratory analysis of (DBO_5 , DQO , pH , $Turbidez$ y OD) of before and after both species are applied. Concluding that the *Zantedeschia aethiopica* plant is more efficient for the removal of organic material of the residuals of the Levanto District, since it reached 89% of the analyzed parameters, unlike *Nasturtium officinale*, unlike *Nasturtium officinale* it obtained 79.5% removal on average.

Keywords: wastewater treatment, organic matter, aquatic plants, physicochemical análisis, removal, efficiency.

I. INTRODUCCIÓN

En varios departamentos del Perú, el vertimiento y la disposición final inadecuada de las aguas residuales domésticas, se está convirtiendo en un problema sanitario de gran envergadura (Garrido, et al 2013), causando impactos negativos a cuerpos de aguas superficiales receptores, tales como eutrofización y malos olores, (Correia, Gebara & Matsumoto, 2013). Estas aguas se infiltran y contaminan las aguas subterráneas (OEFA, 2014). Asimismo, el 70% de las aguas residuales en el Perú (SUNASS, 2014), son vertidas sin previo tratamiento al medio ambiente o usadas para la agricultura (León & Lucero, 2009).

Debido a esta realidad se hizo posible este trabajo de investigación en el Distrito de Levanto porque no existe una adecuada disposición final de las aguas residuales domésticas generado por el incremento acelerado de su población y manejo inadecuado de este recurso. Estas son vertidas sin previo tratamiento a la quebrada la Paccha, efluente del río Osmal y el río Utcubamba. Además, no se encontró ningún tipo de investigaciones iguales o similares con especies de plantas acuáticas en este sector.

Sin embargo cabe resaltar que en la actualidad se ha encontrado estudios con humedales artificiales con especies de plantas acuáticas sumergidas como potencial fitorremediador de aguas residuales, debido a que existe una serie de investigaciones realizadas en varios países, donde utilizaron especies como (*Nasturtium Officinale*, *Eichhornia crassipes*, *Lemna gibba* y *Azolla*, *Zantedeschia aethiopica*., entre otros) como tratamiento de aguas residuales y además por reducidos costos de ejecución y mantenimiento (Carballeira, et al 2016) alcanzando niveles altos en la remoción de contaminantes orgánicos en términos de porcentaje y concentración.

Para la depuración en dichos sistemas se han usado especies de plantas acuáticas flotantes, enraizadas y humedales construidos (Reed, et al 1995), que incluye una serie de sucesos físicos, químicos, biológicos, agua residual y más las plantas acuáticas ya sea sumergidas o flotantes que realizan la remoción de materia orgánica (García, Paredes & Cubillos, 2013), alcanzando niveles altos de eliminación de estos contaminantes orgánicos (Romero, et al., 2009)

II. MATERIAL Y MÉTODOS

1. Área de estudio

El estudio se realizó en el lugar denominado la quebrada de Paccha a 10 minutos del Distrito de Levanto, Provincia de Chachapoyas. Departamento de Amazonas, en las coordenadas UTM Este 178879.25 m y Norte 9301613.44 m y a una altura de 2600 m.s.n.m. donde prioritariamente se busca comparar la eficiencia de remoción de la materia orgánica presentes en las aguas residuales, utilizando las plantas Berro (*Nasturtium officinale*) y Cartucho (*Zantedeschia aethiopica*).

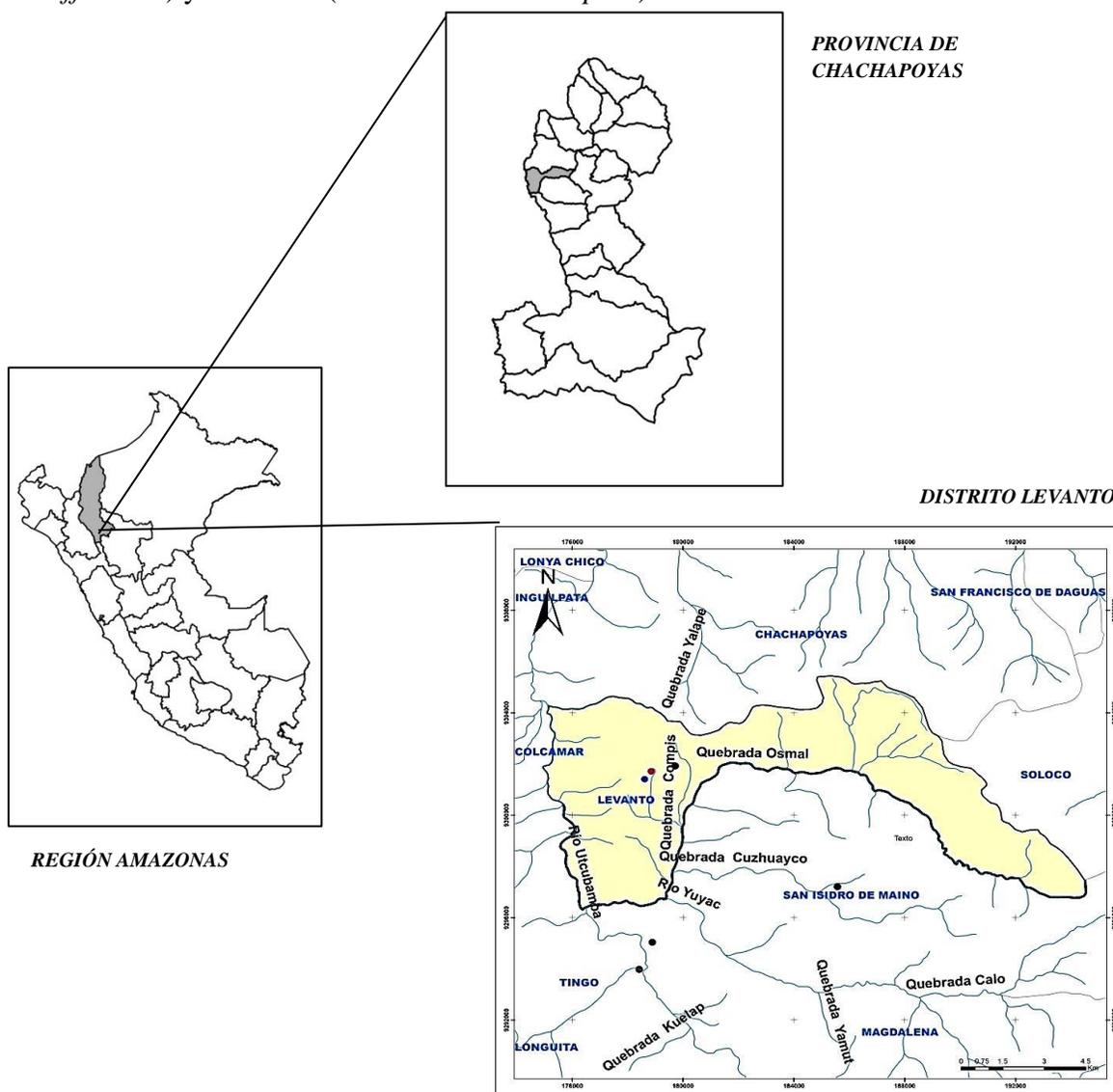


Figura 1. Mapa de ubicación política del proyecto de investigación

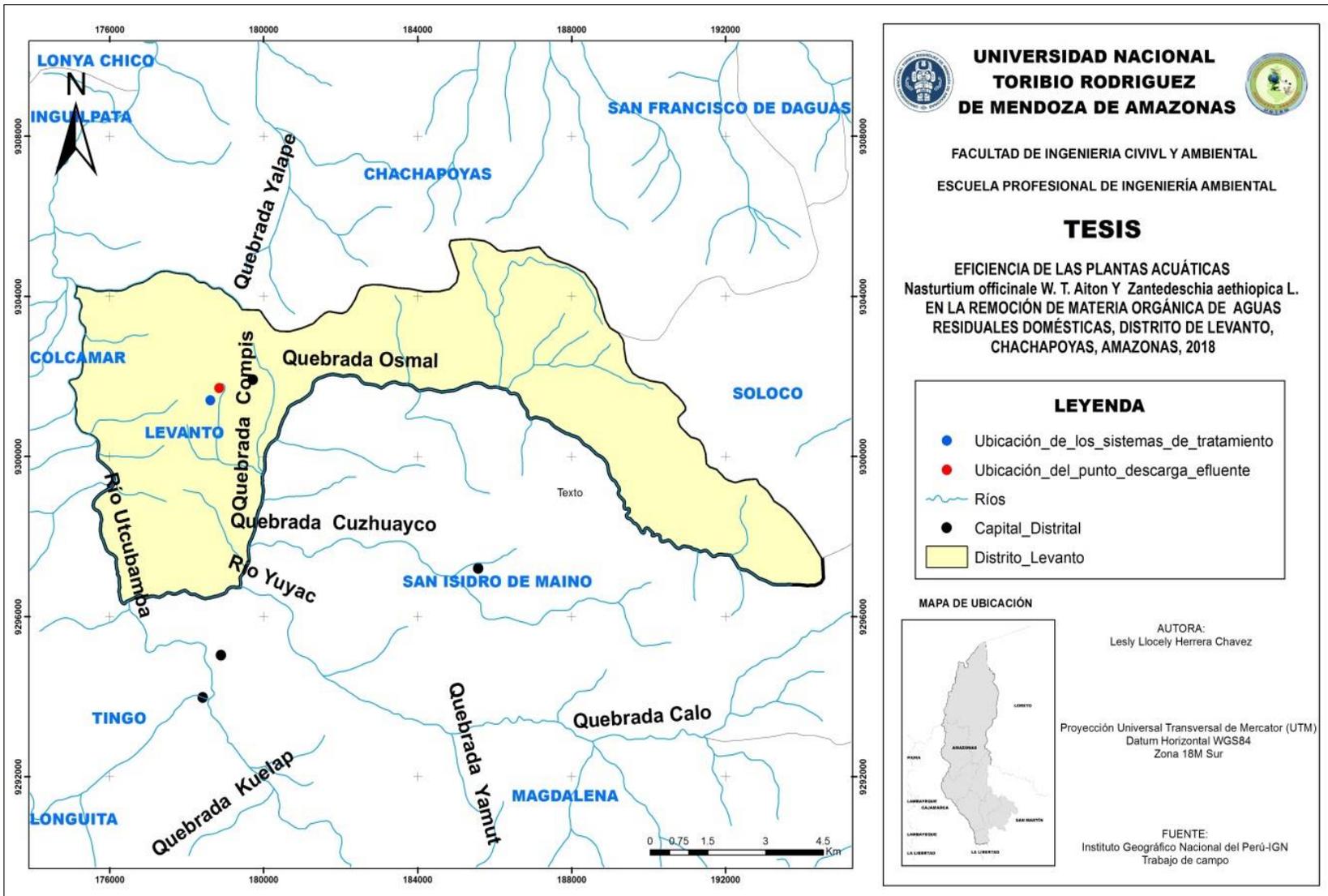


Figura 2. Mapa de ubicación del sistema de Tratamiento

2. Materiales y Equipos

2.1. Trabajo de Gabinete

Equipos

- USB 8 GB
- Laptop HP core i5

Softwares

- Microsoft Word 2016
- ArcGis 10.2

2.2. Trabajos en campo

Materiales

- Guantes quirúrgicos
- Mascarillas
- Estanque de vidrio
- Grava
- Carbón de madera
- Arena
- Accesorios de conexión (tes y codos de ½)
- Balde de plástico de 20 litros
- Balanza de 5 kilogramos
- Cinta Marketing de ¾ pulgada
- Libreta de Campo
- Tóner de impresora
- Un tubo de agua de ½ pulgada
- 1 plumón indeleble
- Papel toalla
- Botellas de plástico esterilizado de color negro
- Pegamento de tubo
- Llaves de agua
- Algodón
- Tablas de madera

- Calculadora

Equipos:

- Cámara fotográfica
- Navegador GPS

Herramientas

- Machete
- SERRUCHO
- Cierra de Tubos PVC
- Wincha de 3 m

Reactivos

- Agua desionizada
- Alcohol etílico 90°

2.3. Análisis de laboratorio

a) Análisis fisicoquímico

Materiales

- Vasos de Precipitación
- Cronometro
- Marcador
- Cinta Masking tape
- Botellas Winkler
- Balde de 5 ml
- Pipetas graduadas
- Puntas de pipeta esterilizadas
- Probeta de un 1 litro y 100 ml
- Celdas de cuarzo
- Fiolas
- Matraz de 250mL.

Equipos

- Espectrofotómetro
- Digestor de DQO

- Multiparamétrico
- Turbidímetro
- Oxímetro
- Aireador

Reactivos

- Agua desionizada
- Alcohol etílico 90°
- Agua destilada

3. Metodología

Para ejecutar la investigación se realizó el siguiente proceso:

3.1. Tratamientos aplicados en la investigación

Para la ejecución de la investigación se utilizó 2 tratamientos con las plantas acuáticas Berro (*Nasturtium officinale*) y Cartucho (*Zantedeschia aethiopica*), que hace referencia a un estanque de vidrio para cada tratamiento, simulando a un humedal artificial a escala piloto con agua residual doméstica. Y además se utilizó un estanque con el agua residual norma sin planta acuática como tratamiento testigo como se muestra en la (**Tabla 1**).

Tabla 1

Tratamientos aplicados en el proceso de remoción de la Materia Orgánica

Tratamiento Aplicado	Estanques
Tratamiento Testigo	Estanque con agua residual sin planta acuática
Tratamiento Z. aethiopica	Estanque con <i>Zantedeschia aethiopica</i>
Tratamiento N. officinale	Estanque con <i>Nasturtium officinale</i>

Los estanques con *Zantedeschia aethiopica* y *Nasturtium officinale* fueron usados como un tratamiento ya secundario porque antes que llegue al punto donde se descarga el agua residual existe un tanque con alambres y fierros delgados donde se filtra los residuos como papel, bolsas donde este hace mención a un tratamiento primario.

3.2. Medida de los sistemas

Se tomó en cuenta la investigación realizada por Suárez A. & Agudelo R. (2014), que en dicho estudio construyeron dos humedales artificiales empleando dos contenedores de 50 cm de largo, 35 de ancho y 30 cm de altura usando grava de granulometría de 9 mm y 12.5 mm con un tiempo de retención hidráulica (TRH) de 10 días.

Es por ello que en esta investigación se utilizó 2 estanques con similar medida (40 cm de largo, 35 cm de altura y 30 cm de ancho) y otra de mayor tamaño (50 cm de largo, 40 cm de altura y 30 cm de ancho), y con el Tiempo de Retención Hidráulica (TRH) de 10 días, y el tiempo de adaptación de las especies se prolongó hasta que se empiecen a desarrollarse de forma natural en el estanque.

El prototipo de los estanques diseñados e implementados donde se llevó a cabo los tratamientos se muestra en la (**Figura 3**).

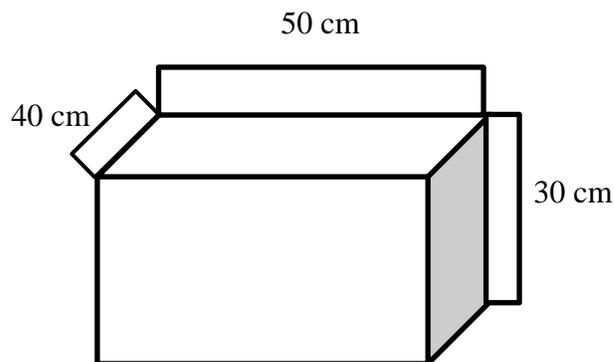


Figura 3. Prototipo de los estanques

3.3. Obtención de los estanques

Se diseñó 3 estanques de vidrio con las siguientes dimensiones, 1 estanque de (50 cm de largo, 40 cm de altura y 30 cm de ancho), con una capacidad de 0.060 m^3 y 2 estanques de (40 cm de largo, 35 cm de altura y 30 cm de ancho), con capacidades de 0.042 m^3 . Seguidamente se instalaron los accesorios de agua (tubos y uniones de $\frac{1}{2}$ pulgada, pegamento y llaves de derrame de agua), como se muestra en la (**Figura 8**).

Para adecuar el lugar de ejecución de la investigación se tuvo en cuenta que esté bajo techo y donde llegue la luz solar para la adaptación natural y desarrollo de las plantas, para ello los sistemas de tratamiento se ubicó aproximadamente a 80 metros del punto

de descarga del efluente en investigación bajo de una construcción de 4 postes de madera con techo de calaminas de (3.5 m por 5m).

3.4. Identificación y recolección de las especies

Ambas especies de plantas acuáticas *Z. aethiopica* y *N. officinale* fueron identificadas a través de sus hojas por el especialista biólogo Jesús Rascón Barrios en el laboratorio del Instituto de Investigación para el Desarrollo Sostenible de Ceja de Selva.

Nasturtium officinale fue recolectada y colocada en una bolsa negra, específicamente en una quebrada con corriente de agua en las coordenadas UTM por el Este 179539.69 y Norte 9301228.10 a una altitud de 2560 msnm, ubicado aproximadamente a 30 min del Distrito de Levanto; y las plantas acuáticas *Zantedeschia aethiopica* fueron recolectadas en un humedal natural en las coordenadas UTM, por el Este 179017.17 y Norte 9301727,17 a una altitud de 2600 msnm, aproximadamente a 200 metros del área de investigación (**Figuras 13 y 14** respectivamente).

Cabe recalcar que el distrito donde se llevó a cabo la investigación tiene una temperatura anual promedio de 16 ° C.

3.5. Implementación de los sistemas de Tratamiento para cada una de las especies

Se usó tres (03) estanques de vidrio con dimensiones de (50 cm de largo, 40 cm de altura y 30 cm de ancho), con una capacidad de 0.060 m³ y 2 estanques de (40 cm de largo, 35 cm de altura y 30 cm de ancho), con capacidades de 0.042 m³. Luego el estanque de mayor dimensión que es el de 0.06 m³ fue alimentado de agua residual domestica del Distrito de Levanto con un recipiente (balde) de 20 litros que se recogió del punto de descarga del efluente de las coordenadas UTM 178912.74 m Este y 9301622.89 m Norte, aproximadamente hasta el 90 % de la altura con volumen de 54 litros (0.054 m³) como se muestra en la (**Figura 4**).

Seguidamente para colocar el filtro en los 2 estanques más pequeños se utilizó el método de Suárez A. & Agudelo R. (2014), que consistió en agregar a los dos (02) estanques de menores dimensiones un 1 kg de carbón de madera, 3kg de arena gruesa y 5.5 kg de grava, con la finalidad de que los residuos sólidos significativos se queden en el filtro y no pasen al momento de recoger la muestra a analizar, como se muestra en la (**Figura 9**).

Para la elección de las especies acuáticas a aplicar en los estanques, se utilizó el método comprobado por García, Z. (2012), para ello se tomó las plantas más grandes de Berro (*Nasturtium officinale*) extrayendo todas sus raíces y de preferencia la de color verdoso y similar con la (*Zantedeschia aethiopica*) que también se extrajeron sus raíces de las plantas más jóvenes y con el tallo grueso.

Para la aplicación de las plantas a los estanques, se utilizó el método estudiado por García, Z. (2012), que indica que se lave el tallo de las especies con agua limpia luego pesarlos para aplicar con mismo peso húmedo ambas plantas acuáticas, como se muestra la (Figura 17 y 18 respectivamente).

3.6. Toma de muestra

Con el fin de ver diferencia en los resultados de los análisis fisicoquímicos y obtener datos necesarios para el análisis estadísticos, se tomaron las muestras iniciales diariamente durante 7 días, luego se esperó 10 días el tiempo para la adaptación de las especies, seguidamente teniendo en cuenta el tiempo de retención hidráulica de 10 días sugerida para este experimento, por ello se cambió 2 veces el agua de los estanques en todo el tratamiento, sabiendo que el muestreo realizado después del tratamiento fue cada 5 días.

Las muestras se recogieron en envases de plástico apropiados para análisis de materia orgánica previamente esterilizados proporcionados por el laboratorio del (INDES-CES) de la UNTRM como se muestra en la (Figura 20).

3.7. Análisis de las muestras

Para el análisis en laboratorio de las siete muestras tomadas antes y siete después del tratamiento en el laboratorio del INDES-CES.

A) Análisis en laboratorio

▪ Determinación del Potencial de Hidrógeno

Se utilizó el siguiente procedimiento, aprobado y comprobado en AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, (2012) de acuerdo a las metodologías escritas por APHA, AWWA, WPCF, (1998).

- Se desinfectó el electrodo con agua destilada luego se secó con un poco de papel absorbente.

- Luego se esperó que se establezca la lectura en la pantalla, y registró el dato de *pH* en el cuaderno de notas.
- Para mayor validez se repite la lectura.
- Finalmente se sacó el electrodo, se enjuagó y secó con el electrodo.

▪ **Determinación de la Turbidez**

Se utilizó el siguiente procedimiento, aprobado y comprobado en AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, (2012) de acuerdo a las metodologías escritas por APHA, AWWA, WPFC, (1998).

- Primeramente, se lavó con agua destilada 2 vasos de vidrio adecuados para medir la turbidez, luego se vació la muestra.
- Luego se introdujo el (Turbidímetro) en el vaso con la muestra, se esperó unos 2 minutos y se tomó nota el resultado.

▪ **Determinación de la Oxígeno Disuelto (OD)**

Se utilizó el siguiente procedimiento, aprobado y comprobado en AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, (2012) de acuerdo a las metodologías escritas por APHA, AWWA, WPFC, (1998).

- En primer lugar, se lavó el electrodo con agua destilada, luego se secó y se sumergió en el vaso con la muestra de agua residual.
- Seguidamente se dejó estabilizar, se hizo la lectura y luego se registró de los datos el resultado en un cuaderno.
- Para mayor validez se repitió la lectura.
- Luego se sacó el electrodo y enjuagó con agua destilada.
- Finalmente se secó y guardó.

▪ **Determinación de Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Se utilizó el siguiente procedimiento, de la AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, (2012), de acuerdo a las metodologías escritas por APHA, AWWA, WPFC, (1998).

- Se calentó el digestor del análisis de la Demanda Química de Oxígeno (2h a 150°C).
- Luego se cogió 100mL de las muestras de agua.

- Después se fue colocando 02mL de la muestra de agua por el alrededor de los tubos con solución de digestión luego se colocó en el equipo digestor durante 02h a 150°C. Luego se puso a enfriamiento por 20 minutos.

- Y finalmente se colocó en el espectrofotómetro para hacer la respectiva lectura.

▪ **Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)**

Se utilizó el siguiente procedimiento, de la AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, (2012), de acuerdo a las metodologías escritas por APHA, AWWA, WPFC, (1998).

- Con una pipeta se colocó 01mL de los reactivos Buffer Sulfato, Sulfato de Magnesio, Cloruro de Calcio y Cloruro Férrico en un vaso de vidrio.

- Y luego se oxigenó la dilución con un aireador por 20 min.

- Seguidamente se tomó los volúmenes de la muestra de acuerdo al volumen de las botellas Winkler y se aforó con agua de dilución.

- Después se hizo un blanco con el fin de medir la concentración de oxígeno disuelto de las muestras y se luego se tapó las botellas.

- Finalmente se colocó las botellas en una incubadora por 05 días, y pasado ese tiempo se midió nuevamente y se anotó la lectura.

- Para determinar la concentración de DBO₅ mg/L de O₂ en las muestras, se utilizó la

siguiente

ecuación:

$$DBO_{5\left(\frac{mg}{L}\right)} = \frac{OD_{INICIAL} - OD_{FINAL}}{t} (V)$$

Dónde:

OD_{INICIAL} = Concentración inicial de Oxígeno Disuelto (mg/L)

OD_{FINAL} = Concentración final de Oxígeno Disuelto (mg/L)

V = Volumen Total (L) del frasco de vidrio

t = Volumen tomado de la muestra (L) de agua residual

3.8. Eficiencia de las especies *Zantedeschia aethiopica* y *Nasturtium officinale*

Para calcular la eficiencia en porcentajes de *Zantedeschia aethiopica* y *Nasturtium officinale*, en la remoción de la materia orgánica se utilizó la fórmula que emplearon en su investigación (Chuchón M., & Aybar E., 2008).

$$E = ((S_0 - S) / S_0 \times 100\%) = \% \text{ (Porcentaje)}$$

Donde:

S_0 : Concentración Inicial

S : Concentración Final

3.9. Análisis estadístico

Para el análisis de datos de las muestras en estudio se utilizó la técnica inferencial.

- **Prueba T de Student:** Prueba estadística para evaluar si existe diferencia significativa en 2 muestras de estudio o antes y después teniendo un grupo testigo y grupo experimental para evaluar a la variable respuesta en estudio. Para muestras independientes.
- **Gráficos estadísticos:** Técnica Estadística para evaluar gráficamente en qué nivel o tratamiento existe la mejor o peor variable respuesta según los factores de estudio.

III. RESULTADOS

1. Análisis fisicoquímicos y el efecto de disminución de contaminantes.

Tabla 2

Disminución de la concentración de contaminantes del agua residual

PARÁMETRO ANALIZADO	U.M.	TRATAMIENTOS					
		<i>Zantedeschia aethiopica</i>			<i>Nasturtium officinale</i>		
		Inicial	Final	Efecto	Inicial	Final	Efecto
Potencial de Hidrógeno	pH	4.64	7.51	2.87	4.64	7.64	3.00
Turbidez	UNT	640.43	45.09	595.34	640.43	76.03	564.40
Oxígeno Disuelto	mg/L	3.32	2.73	0.59	3.32	2.33	0.99
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	327.53	66.84	260.69	327.53	88.29	239.24
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	312.07	3.56	308.51	312.07	24.79	287.28

En la tabla 2, se muestra la disminución de concentración de la materia orgánica además de los parámetros Oxígeno Disuelto y Turbidez así mismo el nivel de pH alcanzado de las muestras analizadas antes y después de cada uno de los tratamientos.

En cuanto al pH se observa que el agua residual antes de ingresar al tratamiento con cada uno de las plantas acuáticas fue 4.64 mostrándose básico; pero luego el agua residual

doméstica al ingresar al estanque a iniciar su tratamiento con la planta acuática *Z. aethiopica* se logró neutralizar subiendo sus niveles a 7.51 y con el *N. officinale* se logró neutralizar subiendo sus niveles a 7.64.

El análisis de la muestra inicial que ingreso al estanque principal alcanzó una Turbidez de 640.43 UNT, sin embargo, luego del tratamiento con la especie *Z. aethiopica* la remoción es 45.09 UNT siendo un poco mayor a la especie *N. officinale* con 76.03 UNT. El Oxígeno Disuelto (OD) de la muestra antes del tratamiento fue 3.32 mg/L, y luego al ser tratado en el segundo estanque con la especie *Z. aethiopica* bajo un poco a 2.7 mg/L y con la especie *N. officinale* el resultado final fue 2.33 mg/L.

También en la tabla 2, también se presenta el resultado de los análisis de las muestras iniciales, finales y su disminución en cuanto al parámetro de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅).

La DBO₅ con la que ingreso el agua residual doméstica al estanque principal fue de 327.53 mg/L, pero luego al pasar al estanque para su tratamiento con la planta acuática *Z. aethiopica* se logró la remoción de la materia orgánica hasta un 66.84 mg/L y con la planta acuática *N. officinale* se logró hasta un 88.29 mg/L.

Y finalmente la concentración de Demanda Química de Oxígeno (DQO) antes que el agua residual contaminada ingrese al tratamiento con las especies acuáticas que fue de 312.07 mg/L, y este luego de pasar a un segundo estanque con la planta acuática *Z. aethiopica* logró la remoción de la materia orgánica hasta un 3.56 mg/L a diferencia que con la otra especie *N. officinale* bajo hasta un 24.76 mg/L.

2. Remoción de Materia Orgánica y parámetros de Turbidez, O.D. y pH

Tabla 3

Eficiencia de las especies y el tratamiento testigo

	Tratamiento testigo	<i>Zantedeschia aethiopica</i>	<i>Nasturtium officinale</i>
DQO	7%	99%	87%
DBO ₅	2.8%	79%	72%
Turbidez	4.6%	91.3%	85.2%
OD	3.60%	30%	13%
pH	4.64	7.51	7.64

De la tabla 3, se observa los resultados en porcentajes de remoción de la materia orgánica (DBO₅, DQO) donde *Zantedeschia aethiopica* obtuvo mayor porcentaje de remoción que *Nasturtium officinale* de igual manera para los parámetros de Oxígeno Disuelto y Turbidez, y para el pH ambos alcanzaron neutralizar el pH del agua residual doméstica del Distrito de Levanto.

3. Análisis estadístico con la prueba de T- Student.

3.1. Comparación de la eficiencia de las plantas acuáticas

Con el propósito de comparar la eficiencia de las plantas acuáticas *Nasturtium officinale* W. T. Aiton y *Zantedeschia aethiopica* L. en la remoción de materia orgánica de aguas residuales domésticas en el distrito de Levanto, se procedió en primer lugar a utilizar los porcentajes de eficiencia de cada especie. Luego de ello se utilizó la prueba “T de Student para muestras independientes” por tratarse de utilizar dos muestras distintas de análisis de eficiencia.

3.1.1. Comparación de la eficiencia de las plantas acuáticas *Nasturtium officinale* W. T. Aiton y *Zantedeschia aethiopica* L. en la remoción de la materia orgánica.

- **Hipótesis**

H0: La planta acuática *Zantedeschia aethiopica* no es más eficiente que *Nasturtium officinale* para remover la materia orgánica de las aguas residuales domésticas contaminadas del distrito de Levanto, Provincia de Chachapoyas, Amazonas.

H1: La planta acuática *Zantedeschia aethiopica* es más eficiente que *Nasturtium officinale* para remover la materia orgánica de las aguas residuales domésticas del distrito de Levanto, Provincia de Chachapoyas, Amazonas.

- **Nivel de significancia**

α : 0,05 (5% de error)

- **Regla de rechazo**

Si el T es negativo: no se rechaza la hipótesis nula

Si el T es positivo: Sig./2 < 0,05 se rechaza la hipótesis nula

- **Estadístico**

Tabla 4

Pruebas de T de Student para determinar las eficiencias de DQO y DBO₅

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
								r	r
DQO	Se asumen varianzas iguales	5,032	0,045	1,029	12	0,324	11,90	-13,3016	37,1016
	No se asumen varianzas iguales			1,029	6,048	0,343	11,90	-16,3480	40,1480
DBO ₅	Se asumen varianzas iguales	4,055	0,067	0,982	12	0,346	7,47	-9,1132	24,0561
	No se asumen varianzas iguales			0,982	7,879	0,355	7,47	-10,1283	25,0712

- **Decisión**

Para DQO y DBO₅, los valores de significancia fueron mayores al nivel de significancia ($Sig/2 > 0,05$). Por el que no se rechaza la hipótesis nula. Y se infiere que la planta acuática *Zantedeschia aethiopica* no es más eficiente que *Nasturtium officinale* para remover la materia orgánica de las aguas residuales domésticas del distrito de Levanto, Provincia de Chachapoyas, Amazonas.

3.1.2. Comparación de la eficiencia de las plantas acuáticas *Nasturtium officinale* W. T. Aiton y *Zantedeschia aethiopica* L. con respecto al pH, turbidez y oxígeno disuelto.

- **Hipótesis**

	as iguales								
Turbidez	Se asumen varianzas	1,72 9	0,21 3	0,85 8	12	0,408	6,1000	-9,3962	21,596 2
	as iguales								
	No se asumen varianzas			0,85 8	8,847	0,414	6,1000	- 10,031 6	22,231 6
	as iguales								
Oxígeno Disuelto	Se asumen varianzas	0,05 1	0,82 5	- 0,19 3	12	0,850	- 17,2000	- 211,53 75	177,13 75
	as iguales								
	No se asumen varianzas			- 0,19 3	11,72 1	0,850	- 17,2000	- 212,05 10	177,65 10
	as iguales								

• Decisión

Para pH, el resultado de la T es negativo. Para la turbidez el resultado de la T es positivo pero la significancia no es inferior al nivel de significancia ($Sig / 2 > 0,05$). Para el oxígeno disuelto, el resultado de la T es negativo. Por ende, no se rechaza la hipótesis nula, y se infiere que la planta acuática *Zantedeschia aethiopica* es menos o es igualmente eficiente que *Nasturtium officinale* para remover turbidez, oxígeno disuelto y neutralizar los niveles del pH, de las aguas residuales domésticas del distrito de Levanto, Provincia de Chachapoyas, Amazonas.

3.2. Determinación de la eficiencia de las plantas acuáticas para la remoción de materia orgánica conforme al Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM

Con la finalidad de determinar la eficiencia de las especies de las plantas acuáticas *N. officinale* y *Z. aethiopica* para la remoción de materia orgánica conforme al Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, en primer lugar, se utilizó los datos

medidos en mg/L de O_2 , para observar si cumplen o no con el LMP establecido; es decir para el LMP del DQO, 200 mg/L de O_2 , y para el LMP del DBO₅, 100 mg/L de O_2 . Luego de ello se utilizó la prueba de “T de Student para una muestra”, ya que se analizó a una sola muestra para cada especie.

a) Para DQO

- **Hipótesis**

H0: Las plantas acuáticas *N. officinale* y *Z. aethiopica* en la remoción de DQO de aguas residuales domésticas del distrito de Levanto no es eficiente con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM y, por tanto, no cumplen con el LMP (200 mg/L de O_2).

H1: Las plantas acuáticas *N. officinale* y *Z. aethiopica* en la remoción de DQO de aguas residuales domésticas del distrito de Levanto es eficiente con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, y, por tanto, cumplen con el LMP (200 mg/L de O_2).

- **Nivel de significancia**

α : 0,05 (5% de error)

- **Regla de rechazo**

Si el T es positivo: no se rechaza la hipótesis nula

Si el T es negativo: $\text{Sig.}/2 < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula

- **Estadístico**

Tabla 6

Prueba T de Student para una muestra

	Valor de prueba = 200					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
<i>N. officinale</i> - DQO	-72,872	6	0,000	-196,4386	-203,035	-189,843
<i>Z. aethiopica</i> - DQO	-8,474	6	0,000	-175,2057	-225,798	-124,614

- **Decisión**

El resultado de la significancia para ambas especies de plantas es inferior al nivel de significancia ($\text{Sig.}/2 < 0,05$), por ende, se rechaza la hipótesis nula y se infiere que las plantas acuáticas *N. officinale* y *Z. aethiopica* en la remoción de DQO de aguas residuales domésticas del distrito de Levanto son eficientes con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, y, por tanto, cumplen con el LMP (200 mg/L de O_2).

b) Para DBO₅

- **Hipótesis**

H0: Las plantas acuáticas *N. officinale* y *Z. aethiopica* en la remoción de DBO₅ de aguas residuales domésticas del distrito de Levanto no es eficiente con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM y, por tanto, no cumple con el LMP (100 mg/L de O_2)

H1: Las plantas acuáticas *N. officinale* y *Z. aethiopica* en la remoción de DBO₅ de aguas residuales domésticas del distrito de Levanto es eficiente con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, y, por tanto, cumple con el LMP (100 mg/L de O_2).

- **Nivel de significancia**

α : 0,05 (5% de error)

- **Regla de rechazo**

Si el T es positivo: no se rechaza la hipótesis nula

Si el T es negativo: $\text{Sig.}/2 < 0,05$ se rechaza la hipótesis nula

Tabla 7

Prueba para una muestra

	Valor de prueba = 100					
	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
					Inferior	Superior
<i>Z. aethiopica</i> - DBO ₅	- 3,724	6	0,010	-33,1571	-54,941	-11,373

<i>N. officinale</i> -	-	6	0,568	-11,7143	-59,200	35,772
DBO ₅	0,604					

- **Decisión**

- El resultado de la significancia para la especie *Z. aethiopica* es inferior al nivel de significancia ($\text{Sig.}/2 < 0,05$), por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula para esta especie de planta y se infiere que en la remoción de DBO₅ de aguas residuales domésticas del distrito de Levanto es eficiente con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, y, por tanto, cumple con el LMP (100 mg/L de O₂).
- El resultado de la significancia para la especie *N. officinale* es superior al nivel de significancia ($\text{Sig.}/2 < 0,05$), por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula para esta especie de planta y se infiere que en la remoción de DBO₅ de aguas residuales domésticas del distrito de Levanto no es eficiente con lo establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM y, por tanto, no cumple con el LMP (100 mg/L de O₂).

3.3. Gráficos Estadísticos

3.3.1. Potencial de hidrógeno:

En la *figura 4*, representa el pH alcanzado por el tratamiento testigo y los tratamientos con las especies de plantas acuáticas de acuerdo a la escala de medición del Potencial de Hidrógeno (pH), donde ambas especies tanto *Z. aethiopica* como la *N. officinale* son eficientes con 7.51 y 7.54 respectivamente y el tratamiento testigo con un 4.64.

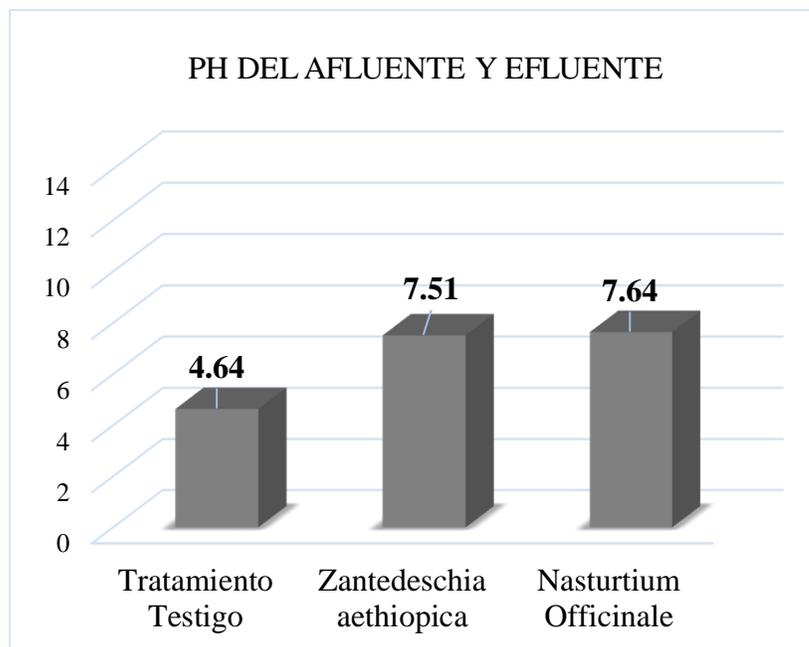


Figura 4. PH del afluente y el efluente a los estanques

3.3.2. Turbidez

En la figura 5, representa la remoción de Turbidez logrado por los tratamientos, donde la más eficiente fue *Z. aethiopica* con un 91.3% a diferencia que con *N. officinale* alcanzó un 85.2%, y el tratamiento testigo una remoción de 4.6%

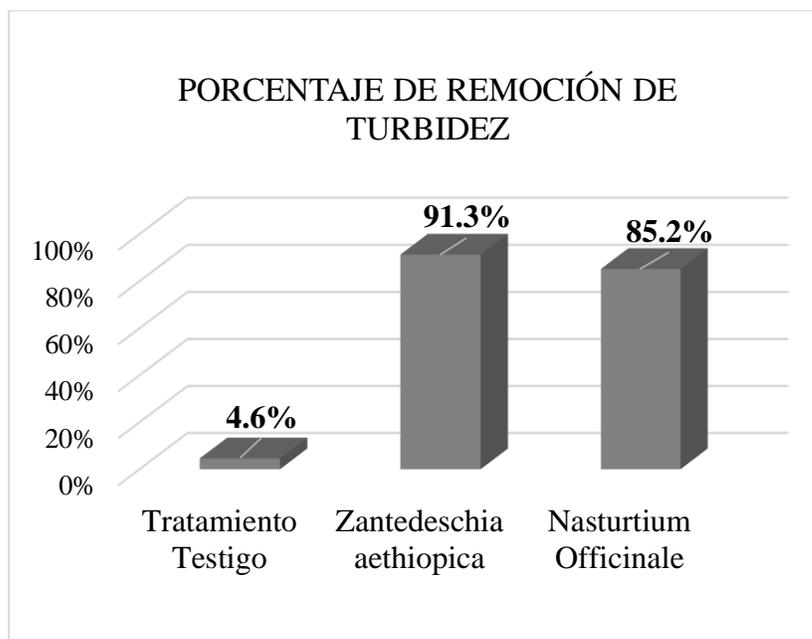


Figura 5. Porcentaje de Remoción de Turbidez

3.3.3. Oxígeno Disuelto

En la *figura 6*, se muestra el porcentaje de remoción de O, aplicando *Z. aethiopica* se logró remover un 30 % con la diferencia que aplicando la especie *N. officinale* se logró un 13 % esto dicho y el tratamiento testigo con un 68%.

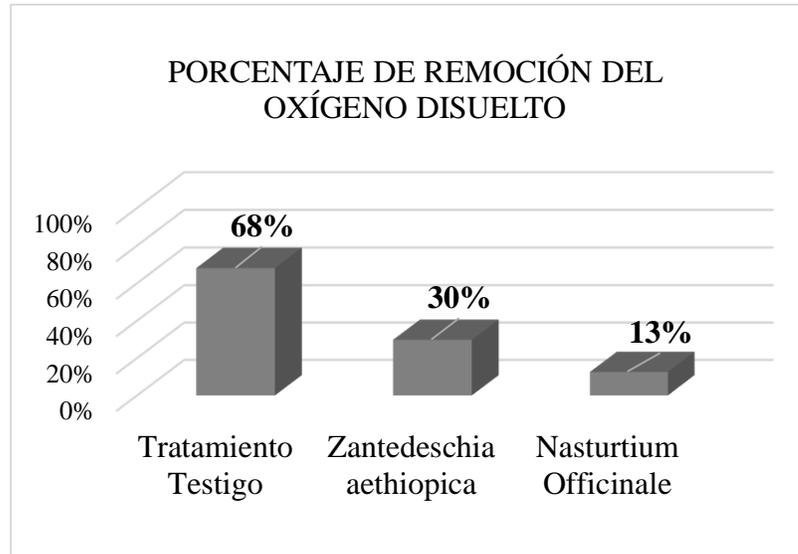


Figura 6. Porcentaje de Remoción del Oxígeno Disuelto

3.3.4. Demanda Bioquímica de Oxígeno

En la *figura 7*, se muestra el porcentaje de remoción de la (DBO₅), aplicando *Z. aethiopica* se logró remover un 79 % con la diferencia que aplicando la especie *N. officinale* se logró un 72% esto dicho y el tratamiento testigo con un 2.8%.

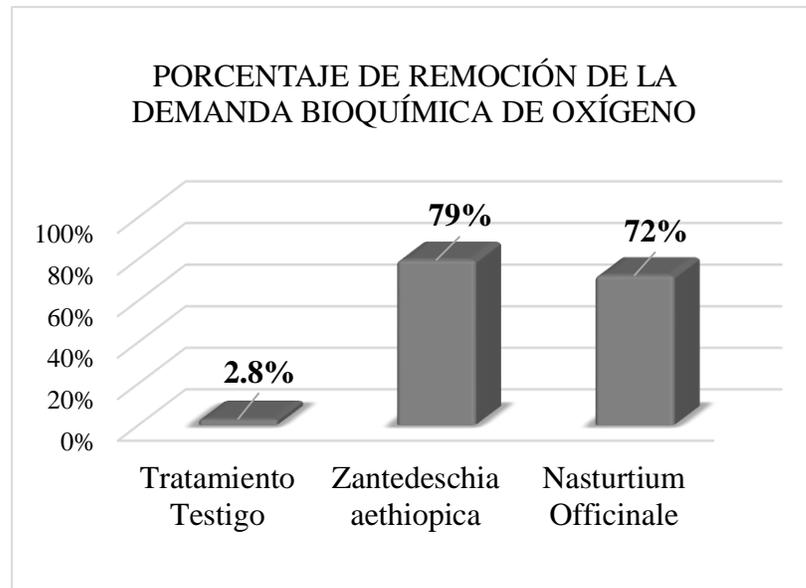


Figura 7. Porcentaje de Remoción de la DBO₅

3.3.5. Demanda Química de Oxígeno

En la siguiente *figura 8*, se muestra el porcentaje de remoción de la (DQO) de las aguas residuales domésticas después de tratamiento aplicando *Z. aethiopica* se logró remover un 99% con la diferencia que aplicando la especie *N. officinale* se logró un 87% y el tratamiento testigo con 7%.

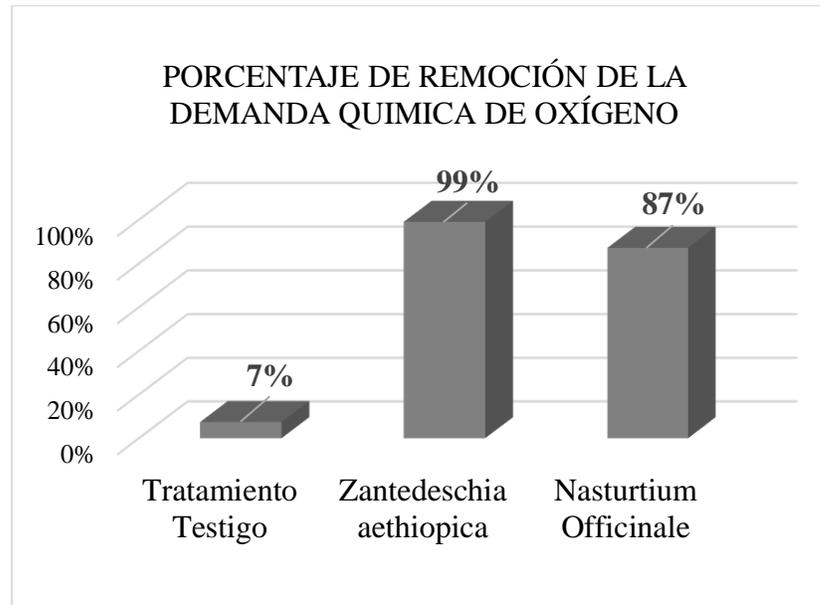


Figura 8. Porcentaje de remoción del DQO

IV. DISCUSIÓN

Los resultados finales muestran que el pH de la muestra final después del tratamiento con las plantas acuáticas *Nasturtium officinale* y *Zantedeschia aethiopica* son iguales, ambos logrando los niveles de pH neutro. El agua contaminada que ingreso al estanque resultó con un pH 4.64. Con el tratamiento de *Zantedeschia aethiopica* subió los niveles de pH a 7.51 y con *Nasturtium officinale* subió los niveles de pH a 7.63. A diferencia de la investigación realizada por Suárez A. & Agudelo R. (2014) donde utilizaron la misma especie *Z. aethiopica* para tratar aguas procedentes de una industria de curtiembre como humedales subsuperficiales el resultado del análisis inicial de sus muestras tendió a 6 de pH y el resultado final tendiendo a valores ácidos con 5 de pH. Pero Carrión L. & Cuenca N. (2008) en su trabajo utilizando 3 plantas acuáticas dentro de ellas la especie *N. officinale* para la remoción de contaminantes de lixiviados de un relleno sanitario demostró que el pH se mantuvo neutro con 7.66 de pH el cual este resultado corrobora a la investigación.

En cuanto al parámetro Demanda Bioquímica de Oxígeno la especie *Z. aethiopica* logró una eficiencia de 79% pero en cambio con la especie *N. officinale* se logró remover la Materia Orgánica solo un 72 %, y estos valores fueron corroborados por Morales, G. *et al* (2013), que realizaron un estudio en un periodo de 30 días la posibilidad de sustituir especies de plantas comunes por especies ornamentales como *Z. aethiopica*, para tratar aguas residuales domésticas, obtuvieron la remoción de materia orgánica hasta 80 - 86% para Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅); y Raymundo Montes, J. R. (2017), donde realizó una comparación de dos experimentos con la especie *N. officinale* en dos lugares diferentes y los resultados fueron que el humedal natural de Sapallanga (Junín), presentó una disminución de 60.87% en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅), en comparación del humedal natural de La Rivera (Junín) presentó una remoción de 50% en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅). Demostrando que las concentraciones obtenidas en la investigación son similares a los resultados que lograron los autores en sus estudios, lo que indica que ambas especies son muy eficientes para el tratamiento de aguas residuales domésticas del Distrito de Levanto, Provincia Chachapoyas.

La remoción de la concentración de los contaminantes en la DQO fue más alta con la planta acuática *Zantedeschia aethiopica* con un 99% ante un 87% con la especie *Nasturtium*

officinale. Los resultados obtenidos se corroboran con la investigación de Suárez A. & Agudelo R. (2014) construyeron a escala piloto dos humedales empleando recipientes de 50 cm x 35 cm x 30 cm, para el tratamiento utilizaron sustrato de grava mixta. En el proceso de descontaminación del agua residual de la empresa de cuero para un humedal usaron la especie *Z. aethiopica*. Por un periodo de 30 días, en ese lapso lograron disminuir la concentración entre los 52 y 78% de DQO y Raymundo Montes, J. R. (2017), que realizó una comparación de dos experimentos con la especie *N. officinale* en dos lugares diferentes y los resultados fueron que el humedal natural de Sapallanga (Junín), presentó una disminución de 46.67% en Demanda Química de Oxígeno (DQO), en comparación del humedal natural de La Rivera (Junín) presentó una disminución de 31.71% en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO).

Con respecto al parámetro Turbidez para la remoción de la materia orgánica aplicando la planta acuática *Zantedeschia aethiopica* se obtuvo un 91.3% % el cual muestra que es una especie altamente eficiente para la remoción dicho parámetro fisicoquímico al igual que *Nasturtium officinale* que fue logró un 85.7%, el cual este resultado es reforzado por Díaz Acero, C. A. (2014), que realizó el diseño, implementación, instalación y ejecución de un sistema de tratamiento como tecnologías no convencionales, usando también la planta acuática (*Z. aethiopica*) y en el proceso analizado alcanzó remociones promedio superiores al 85% para turbiedad y Solidos Totales Suspendidos (SST).

V. CONCLUSIONES

Se comparó la eficiencia de ambas plantas acuáticas de acuerdo a los parámetros analizados de materia orgánica DBO_5 , DQO y pH, Turbidez y Oxígeno Disuelto y se afirma que ambas plantas acuáticas tanto *Zantedeschia aethiopica* y *Nasturtium officinale* son eficientes para la remoción de la materia orgánica de las aguas residuales domésticas de distrito de Levanto, Provincia Chachapoyas.

Se logró diseñar hacer las conexiones y luego implementar el sistema para los tratamientos con *Zantedeschia aethiopica* y *Nasturtium officinale* y un tratamiento testigo sin ninguna especie, basado en un prototipo de experimento que ya fue comprobado y aceptado en estudios anteriores.

Se determinó la concentración de materia orgánica en los parámetros de (DBO_5 , DQO), además se midió pH, Turbidez y el (OD) en laboratorio antes que se aplique las especies de plantas acuáticas al estanque con el agua residual; y después del tratamiento, es decir fueron analizadas durante el proceso de remoción hasta el último día del proceso de tratamiento.

Se determinó la eficiencia para remover la concentración de materia orgánica de las aguas residuales domésticas del distrito de Levanto, que se encuentra en los parámetros de (DBO_5 y DQO) analizados de acuerdo a los establecido en el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, y se concluye que en la remoción de DQO ambas especies de plantas son eficientes sabiendo que el valor Máximo Permisible es (200 mg/L de O_2), a diferencia que en la DBO_5 resultó que *Zantedeschia aethiopica* es eficiente y *Nasturtium officinale* no lo es sabiendo que su valor Máximo Permisible es (100 mg/L de O_2).

VI. RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta la diversidad biológica con la que cuenta la región Amazonas, se recomienda investigar más especies con igual o mayor potencial fitorremediador que *Zantedeschia aethiopica* y *Nasturtium officinale* para tratar aguas residuales y así conservar, proteger y dar un mejor aprovechamiento a los recursos hídricos.

Implementar humedales convencionales con especies acuáticas depuradoras de contaminantes como *Zantedeschia aethiopica* y *Nasturtium officinale* en zonas rurales con un incremento de población bajo, o países en vía de desarrollo. Debido a altos porcentajes de remoción de materia orgánica, bajo condiciones de temperatura promedio de 12° C - 25°C ya que ayuda en la adaptación y desarrollo de las plantas acuáticas en los tratamientos.

De acuerdo a los análisis fisicoquímicos realizados de las muestras del tratamiento testigo se observó una elevada carga orgánica en el agua residual provenientes de las viviendas, por ello se recomienda hacer más investigaciones en el que se realice también un análisis microbiológico completo de las aguas residuales y ver si las especies utilizadas en esta investigación siguen siendo eficientes.

Al área de investigación del INDES-CES y la UNTRM que sigan asesorando y financiando a alumnos de Pregrado y Postgrado en esta línea de investigación de los recursos hídricos ya que estas especies utilizadas con algo porcentaje de eficiencia para purificar aguas contaminadas fueron estudiadas por primera vez en la Provincia Chachapoyas, Región Amazonas.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition. Washington, APHA, AWWA, WWCF, 1992. pág 2-57
- Correia, G. T., Gebara, D., & Matsumoto, T. (2013). Remoción de fósforo de diferentes aguas residuales en reactores aeróbios de lecho fluidizado trifásico con circulación interna Phosphorus removal in different wastewater by fluidized bed airlift reactors with internal circulation, 172–182.
- Carballeira, T., Ruiz, I., & Soto, M. (2016). Effect of Plants and Surface Loading Rate on the Treatment Efficiency of Shallow Subsurface Constructed Wetlands. *Ecological Engineering*, 90, 203-214
- Carrión L. & Cuenca N. (2008). Bioensayo con macrófitas acuáticas para el tratamiento de lixiviados procedentes del relleno sanitario de Pichacay. Empresa Municipal de aseo de cuenca. Departamento Técnico. Pág. 18-20
- Chuchón Martínez, Saúl A., & Aybar Escobar, Carlos A. (2008). Evaluación de la capacidad de remoción de bacterias Coliformes Fecales y Demanda Bioquímica de Oxígeno de la planta de tratamiento de aguas residuales “La Totorá”, Ayacucho, Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. *Ecología Aplicada*, Lima – Perú. Pag. 2.
- Garrido, C. P., Rodríguez, M. L., & García, G. R. D. (2013). *Tratamiento de aguas*.
- García, J. A, Paredes, D., & Cubillos, J. A. (2013). *Effect of Plants and the Combination of Wetland Treatment Type Systems on Pathogen Removal in Tropical Climate Conditions*. *Ecological Engineering*, 58, Pág 57-62.
- 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*. Universidad Nacional de Ingeniería, Lima - Perú, p 9- 16.
- Morales, G., López D., Vera I. & Vidal G., (2013). *Humedales construidos con plantas ornamentales para el tratamiento de materia orgánica y nutriente contenidos en*

aguas servidas. Grupo de Ingeniería y Biotecnología Ambiental, Centro de Ciencias Ambientales EULA-Chile. Pág 33-46.

León, M. y Lucero A., (2009). Estudio de *Eichhornia crassipes*, *Lernma gibba* y *Azolla filiculoides* en el tratamiento biológico de aguas residuales domésticas en sistemas comunitarios y unifamiliares del Cantón Cotacachi. Ibarra, Ecuador. Universidad Técnica del Norte, pág. 29-37.

OEFA. (2014). Fiscalización ambiental en aguas residuales. Biblioteca Nacional Del Perú N° 2014-05991, 42. Fecha de visita: 19/12/2017.

SUNASS (2014). Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Entidades vinculadas a la fiscalización ambiental de las aguas residuales en el Perú. Fecha de visita: 02/05/2018.

Suárez Escobar, A. F., & Agudelo Valencia, R. N. (2014). Tratamiento de agua residual procedente de la industria de curtiembres mediante humedales subsuperficiales usando *Zantedeschia aethiopica*. Pág 1-6. AVANCES: Investigación en Ingeniería Vol. 11 – N°. 1

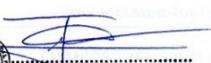
Raymundo, M., (2017). Modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el centro poblado la Punta – Sapallanga-Huancayo. Universidad Nacional del Centro del Perú.

Reed, S., Crites, R., & Middlebrooks, E. (1995). *Natural Systems for Waste Management and Treatment* (2nd ed.). New York: McGraw-Hill, Inc.

Romero, M., Colín, E., & Sánchez, E., (2009). *Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: Evaluación de la carga orgánica*. Revista internacional de Contaminación Ambiental. Pág. 157-167.

VIII. ANEXOS

Anexo 01. Constancia de identificación taxonómica de la especie *Zantedeschia aethiopica*.

	UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS
CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA	
<p>Yo, Jesús Rascón Barrios, Licenciado en Biología, hace constancia de que la tesista de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A), la Sra. Lesly Llocely Herrera Chavez, identificado con DNI N° 70921273, solicitó el servicio de identificación taxonómica para una muestra botánica, la cual contiene la siguiente información:</p>	
<p>Nombre común reportado: "Cartucho" Lugar de colecta: Distrito de Levanto, Provincia de Chachapoyas, Departamento de Amazonas Altura sobre el nivel del mar: 2450 m.s.n.m. Fecha de colecta: 10 de mayo de 2018</p>	
<p>Una vez de revisadas las características morfológicas del ejemplar, determino que la muestra botánica corresponde a la especie <i>Zantedeschia aethiopica</i> (L.) Spreng., perteneciente a la familia de las Aráceas.</p>	
<p>Se expide a solicitud del interesado, para efectos de investigación científica, a día 20 de junio de 2018</p>	
  Jesús Rascón Barrios Biólogo C.B.P. 13752	
<p>Campus Universitario, Barrio de Higos Urco, Teléfono 041-479038, Chachapoyas, Perú www.untrm.edu.pe</p>	

Anexo 02. Constancia de identificación taxonómica de la especie *Nasturtium officinale*.



UNIVERSIDAD NACIONAL
**TORIBIO RODRÍGUEZ DE
MENDOZA DE AMAZONAS**

CONSTANCIA DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

Yo, Jesús Rascón Barrios, Licenciado en Biología, hace constancia de que la tesista de la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas (UNTRM-A), la Sra. **Lesly Llocely Herrera Chavez**, identificado con DNI N° **70921273**, solicitó el servicio de identificación taxonómica para una muestra botánica, la cual contiene la siguiente información:

Nombre común reportado: "Berro"

Lugar de colecta: Distrito de Levanto, Provincia de Chachapoyas, Departamento de Amazonas

Altura sobre el nivel del mar: 2450 m.s.n.m.

Fecha de colecta: 10 de mayo de 2018

Una vez de revisadas las características morfológicas del ejemplar, determino que la muestra botánica corresponde a la especie ***Nasturtium officinale* W.T. Aiton.**, perteneciente a la familia de las Brassicáceas.

Se expide a solicitud del interesado, para efectos de investigación científica, a día 20 de junio de 2018



Jesús Rascón Barrios
Biólogo
C.B.P. 13752

Anexo 03. Decreto Supremo N.º 003-2010-MINAM

Tabla 8

Límites Máximos Permisibles para los Efluentes de PTAR

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de agua
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10,000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	Unidad	6.5 – 7.0
Sólidos Totales en Suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	< 35

Fuente: MINAM

Anexo 04. Resultado de los análisis de los tratamientos fisicoquímicos en laboratorio

Tabla 9

Resultados de las repeticiones de las muestras de agua en laboratorio

Fecha de la muestra	Procedencia de la muestra	PH	Turbidez	Oxígeno Disuelto	DBO ₅	DQO
		pH	UNT	mg/L	mg/L de O ₂	mg/L de O ₂
04/11/2018	<i>Efluente</i>	4.80	488.00	2.69	288.40	181.20
		4.80	487.00	2.70	288.50	181.10
		4.81	488.00	2.69	288.30	182.30
20/11/2018	<i>Z. aethiopica.</i>	7.40	120.00	0.63	95.50	0.00
		7.50	121.00	0.65	96.10	0.00
		7.40	119.00	0.62	95.50	0.00
20/11/2018	<i>N. officinale.</i>	7.40	240.00	0.42	190.10	148.70
		7.42	245.00	0.42	190.20	148.50
		7.40	236.00	0.41	191.20	148.20
05/11/2018	<i>Efluente</i>	4.85	469.00	4.54	388.60	366.10
		4.84	469.00	4.55	388.60	366.20
		4.86	468.00	4.54	388.50	366.10
25/11/2018	<i>Z. aethiopica</i>	7.00	68.60	0.04	90.10	19.50
		6.98	68.80	0.03	90.10	19.42
		7.00	67.90	0.03	90.10	19.58
25/11/2018	<i>N. officinale</i>	7.36	108.00	0.75	60.50	1.10
		7.35	108.00	0.75	60.20	1.10
		7.35	108.01	0.75	60.80	1.10
06/11/2018	<i>Efluente</i>	4.52	690.00	2.88	358.50	344.80
		4.53	691.00	2.88	358.50	344.60
		4.50	691.00	2.87	358.52	345.00
30/11/2018	<i>Z. aethiopica</i>	6.90	44.50	0.50	72.90	2.53
		6.95	44.40	0.51	72.90	2.54
		6.90	44.30	0.50	72.91	2.51
30/11/2018	<i>N. officinale</i>	7.20	55.10	0.74	68.00	5.07
		7.30	55.09	0.74	68.90	5.08

		7.10	55.11	0.75	68.92	5.10
07/11/2018	Efluente	4.71	334.00	3.41	316.50	304.40
		4.72	335.00	3.40	315.49	304.35
		4.70	336.00	3.42	351.60	304.60
04/12/2018	<i>Z. aethiopica</i>	7.60	31.40	3.47	74.50	0.00
		7.61	31.40	3.40	74.00	0.00
		7.59	31.42	3.52	74.20	0.01
04/12/2018	<i>N. officinale</i>	7.80	45.80	2.44	125.50	5.13
		7.80	45.70	2.45	124.50	5.14
		7.81	45.90	2.40	126.60	5.13
08/11/2018	Efluente	4.53	920.00	6.00	306.00	294.31
		4.56	920.00	5.98	306.02	294.30
		4.50	921.08	6.05	306.00	294.30
09/12/2018	<i>Z. aethiopica</i>	7.90	23.50	4.00	56.00	0.00
		7.90	23.52	3.90	56.00	0.01
		7.91	23.50	4.10	56.00	0.00
09/12/2018	<i>N. officinale</i>	7.90	39.40	2.39	67.10	9.08
		7.89	39.80	2.40	67.09	9.08
		7.88	39.00	2.40	76.09	9.09
09/11/2018	Efluente	4.56	754.00	2.65	324.40	312.00
		4.55	754.00	2.66	324.40	312.00
		4.55	755.00	2.66	324.41	312.00
14/12/2018	<i>Z. aethiopica</i>	7.88	18.10	5.00	28.20	0.20
		7.89	18.05	5.00	28.20	0.35
		7.86	18.18	5.02	28.05	0.15
14/12/2018	<i>N. officinale</i>	7.91	23.50	4.91	53.00	2.70
		7.90	23.60	4.92	53.00	2.70
		7.91	23.40	4.90	53.01	2.70
10/11/2018	Efluente	4.51	828.00	1.08	310.30	381.70
		4.52	830.00	1.08	310.00	381.68
		4.52	832.10	1.09	310.60	371.72
19/12/2018	<i>Z. aethiopica</i>	7.87	9.50	5.50	50.70	2.70

		7.89	9.52	5.51	50.70	2.72
		7.85	9.48	5.52	50.71	2.71
19/12/2018	<i>N. officinale</i>	7.90	20.40	4.68	53.80	1.78
		7.90	20.38	4.69	53.80	1.79
		7.88	20.40	4.70	53.80	1.78

Tabla 10*Parámetros analizados en laboratorio*

Fecha de Análisis	Procedencia de la Muestra	PH	Turbidez	Oxígeno Disuelto	DBO ₅	DQO
		pH	UNT	mg/L	mg/L de O ₂	mg/L de
04/11/2018	Efluente	4.80	488.00	2.69	288.4	181.2
20/11/2018	<i>Z. aethiopica</i>	7.40	120.00	0.63	95.5	0
20/11/2018	<i>N. officinale</i>	7.40	240.00	0.42	190.1	148.7
05/11/2018	Efluente	4.85	469.00	4.54	388.6	366.1
25/11/2018	<i>Z. aethiopica</i>	7.00	68.60	0.04	90.1	19.5
25/11/2018	<i>N. officinale</i>	7.36	108.00	0.75	60.5	1.1
06/11/2018	Efluente	4.52	690.00	2.88	358.5	344.8
30/11/2018	<i>Z. aethiopica</i>	6.90	44.50	0.50	72.9	2.53
30/11/2018	<i>N. officinale</i>	7.20	55.10	0.74	68	5.07
07/11/2018	Efluente	4.71	334.00	3.41	316.5	304.4
04/12/2018	<i>Z. aethiopica</i>	7.60	31.40	3.47	74.5	0
04/12/2018	<i>N. officinale</i>	7.80	45.80	2.44	125.5	5.13
08/11/2018	Efluente	4.53	920.00	6.00	306	294.31
09/12/2018	<i>Z. aethiopica</i>	7.90	23.50	4.00	56	0
09/12/2018	<i>N. officinale</i>	7.90	39.40	2.39	67.1	9.08
09/11/2018	Efluente	4.56	754.00	2.65	324.4	312
14/12/2018	<i>Z. aethiopica</i>	7.88	18.10	5.00	28.2	0.2
14/12/2018	<i>N. officinale</i>	7.91	23.50	4.91	53	2.7
10/11/2018	Efluente	4.51	828.00	1.08	310.3	381.7
19/12/2018	<i>Z. aethiopica</i>	7.87	9.50	5.50	50.7	2.7
19/12/2018	<i>N. officinale</i>	7.90	20.40	4.68	53.8	1.78

Anexo 05. Actividades realizadas en el mismo lugar de la investigación.



Figura 9. Diseño e instalación de tubería y conexiones del tratamiento del sistema.



Figura 10. Implementación y Rotulación de los estanques.



Figura 11. Colocación del filtro: piedra de río, arena y carbón de madera.



Figura 12. Recolección de la muestra del punto de descarga del efluente.



Figura 13. Vaciado del agua residual Doméstica en el estanque principal como tratamiento Testigo.



Figura 14. Identificación y recolección de *Nasturtium officinale*.



Figura 15. Identificación y Recolección de *Zantedeschia aethiopica*.



Figura 16. Pesado de la planta acuática de *Nasturtium officinale*.



Figura 17. Pesado de la planta acuática *Zantedeschia aethiopica*.



Figura 18. Aplicación de la planta acuática *Zantedeschia aethiopica*.



Figura 19. Aplicación de *Nasturtium officinale*.



Figura 20. Sistema de tratamiento con las plantas acuáticas *Zantedeschia aethiopica* y *Nasturtium officinale*.

Anexo 06. Toma de muestras en el lugar de la investigación.



Figura 21. Toma de las muestras en el área donde se ejecutó el experimento.

Anexo 07. Análisis fisicoquímicos de DBO_5 , pH, Turbidez, OD y DQO en laboratorio.

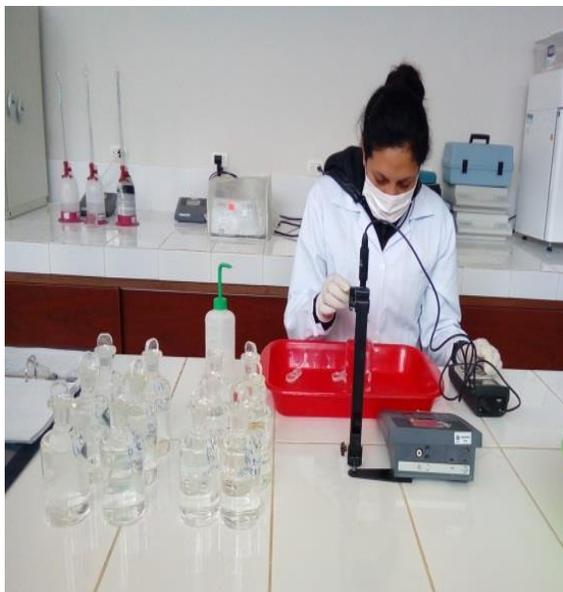


Figura 22. Análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5).



Figura 23. Análisis de la Turbidez con el turbidímetro.



Figura 24. Análisis del Oxígeno Disuelto



Figura 25. Introducción del potenciómetro para el análisis de pH.



Figura 26. Análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO).

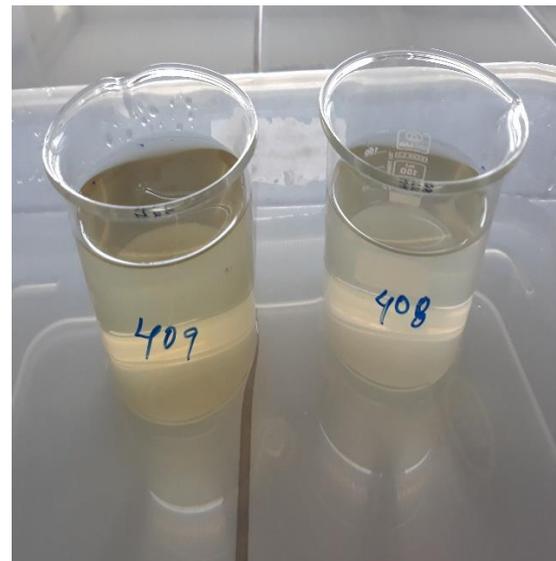


Figura 27. Presentación de las muestras después culminado el periodo de Tratamiento.