



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Nivel de reducción de coliformes termotolerantes aplicando la especie (*Zantedeschia Aethiopica*) y tiempo de retención en aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORA:

Torres Montero, Freycy (código ORCID 0000-0002-9383-1297)

ASESOR:

Doctor. Lozano Sulca Yimi Tom (código ORCID 0000-0001-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad de Gestión de los Recursos Naturales

LIMA-PERU

2021

Dedicatoria

A Dios:

Guiarme siempre en los buenos y malos momentos, darme sabiduría y paciencia.

A mi padre:

Por haber sido mi inspiración a seguir, ya que por ellos y para ellos es todo esto. Gracias por estar ahí motivándome, dándome sus sabios consejos.

Agradecimiento

A mis revisores de Tesis:

Por la disposición de su tiempo y apoyo en la revisión de la tesis presente. Agradecer todos los comentarios realizados, los cuales mejoraron significativamente el trabajo de investigación.

ÍNDICE

| | |
|--|------|
| Dedicatoria | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Índice de Tablas | v |
| Índice de Figuras | vi |
| Índice de Fotografías..... | vii |
| Índice de abreviaturas | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT | x |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. MARCO TEÓRICO..... | 7 |
| III. METODOLGÍA..... | 21 |
| 3.1. Tipo y diseño de la investigación | 22 |
| 3.2. Variables y operacionalización | 23 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo | 24 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 24 |
| 3.5. Procedimiento..... | 26 |
| 3.6. Método de análisis de datos | 32 |
| 3.7. Aspectos éticos..... | 33 |
| IV. RESULTADOS | 35 |
| V. DISCUSIÓN..... | 52 |
| VI. CONCLUSIONES | 55 |
| VII. RECOMENDACIONES..... | 57 |
| VIII. REFERENCIAS | 59 |
| IX. ANEXOS..... | 66 |

Índice de Tablas

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Composición de la fuente de aguas residuales | 12 |
| Tabla 2. Reducción de contaminantes de HA de flujo subsuperficial | 14 |
| Tabla 3. Información taxonomía | 20 |
| Tabla 4. Diseño experimental..... | 22 |
| Tabla 5. Variables y operacionalización | 23 |
| Tabla 6. Recolección de datos | 25 |
| Tabla 7. Ubicación del área experimental..... | 26 |
| Tabla 8: Características de la muestra de agua residuales domesticas | 36 |
| Tabla 9. Concentraciones de CTT después del tratamiento..... | 37 |
| Tabla 10. Estadísticas descriptivas | 41 |
| Tabla 11. Resumen del modelo para las comparaciones iniciales NMP | 41 |
| Tabla 12. Resumen del diseño NMP | 41 |
| Tabla 13. Análisis de varianza CTT | 42 |
| Tabla 14. Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% - tiemp..... | 44 |
| Tabla 15. Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% - planta..... | 44 |
| Tabla 16. Estadísticas descriptivas | 46 |
| Tabla 17. Resumen del modelo para las comparaciones CTT tratadas | 46 |
| Tabla 18. Prueba de Shapiro Wilk para plantas | 46 |
| Tabla 19. Correlaciones Rho de Spearman con plantas | 47 |
| Tabla 20. Prueba de Shapiro Wilk sin plantas | 48 |
| Tabla 21. Correlación sin plantas | 48 |
| Tabla 22. Prueba de Shapiro Wilk pH con plantas | 49 |
| Tabla 23. Correlación de pH..... | 50 |
| Tabla 24. Prueba Shapiro Wilk pH sin plantas | 50 |
| Tabla 25. Correlaciones de pH sin plantas..... | 51 |

Índice de Figuras

| | |
|--|----|
| Figura 1. Humedal construido de flujo horizontal subsuperficial..... | 17 |
| Figura 2. Humedales de flujo subsuperficial vertical | 17 |
| Figura 3. Zantedeschia Aethiopica | 20 |
| Figura 4. Ubicación de PTAR..... | 26 |
| Figura 5. Etiqueta adhesiva para etiquetar los frascos de la toma de muestra | 28 |
| Figura 6. Límites máximos permisibles para los efluentes del PTAR..... | 28 |
| Figura 7. Gráfica de probabilidad normal para la reducción de CTT | 33 |

Índice de Fotografías

| | |
|---|----|
| Fotografía 1. Diseño de los humedales artificiales | 29 |
| Fotografía 2. Recojo del agua residual para los tratamientos de los humedales artificiales..... | 30 |
| Fotografía 3. Pesaje de la arena fina..... | 30 |
| Fotografía 4. Llenado del agua residual domestico a los humedales artificiales | 31 |
| Fotografía 5. Recolección de las muestras | 70 |
| Fotografía 6. Envase para las muestras..... | 71 |
| Fotografía 7. Diseño de los humedales artificiales | 72 |
| Fotografía 8. recolección de las aguas residuales domesticas..... | 73 |

Índice de abreviaturas

TR= Tiempo de Retención

t = Tiempo

V= Volumen

d= Días

MO= Materia orgánica

PTAR= Planta de Tratamiento de Agua Residuales Domesticas

HA= Humedal artificial

CTT= Coliformes termotolerantes

CT= Coliformes totales

SST= Sólidos suspendidos totales

DBO= Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO= Demanda Química de Oxígeno

NMP= Numero más probable

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el nivel de reducción de coliformes termotolerantes aplicando la especie "*Zantedeschia Aethiopica*" y tiempo retención, caracterizando las aguas residuales domesticas del PTAR del distrito de Pampas, el diseño fue experimental, de tipo aplicada y de enfoque cuantitativo, se instaló humedales artificiales hecho de baldes con capacidad de 6 L, determinando el efecto del tiempo de retención (2 y 4 días) y la influencia de la especie "*Zantedeschia Aethiopica*". Se planteó bajo el diseño de dos factores, factor uno fue la planta y el factor dos fue el tiempo de retención. Dando como resultado niveles de reduccion altos y bajos de CTT de 13.67 NMP/100mL y 76.67 NMP/100mL a los tiempos de 4 días y 2 días respectivamente encontrandose dentro de los LMP para coliformes (10 000 NMP/100mL). Concluyendo el nivel de reducción más alto de coliformes termotolerantes presentes en el agua residual domestica tratada fue con el humedal con plantas y a un tiempo de retención de 4 días, cumpliendo con lo dispuesto en el D.S N°003-2010-MINAM.

Palabras claves: humedal artificial, coliformes termotolerantes, plantas ornamentales

ABSTRACT

The objective of the research work is to determine the level of reduction of thermotolerant coliforms applying the species "Zantedeschia Aethiopica" and retention time, characterizing the domestic wastewater of the WWTP of the Pampas district, the design was experimental, applied type and quantitative approach , artificial wetlands made of buckets with a capacity of 6 L were installed, determining the effect of the retention time (2 and 4 days) and the influence of the "Zantedeschia Aethiopica" species. It was proposed under the two-factor design, factor one was the plant and factor two was the retention time. Resulting in high and low levels of reduction of CTT of 13.67 NMP / 100mL and 76.67 NMP / 100mL at the times of 4 days and 2 days respectively, being within the LMP for coliforms (10 000 NMP / 100mL). Concluding the highest level of reduction of thermotolerant coliforms present in the treated domestic wastewater was with the wetland with plants and a retention time of 4 days, complying with the provisions of D.S N ° 003-2010-MINAM.

Keywords: artificial wetland, thermotolerant coliforms, ornamental plant

I. INTRODUCCIÓN

Durante los siglos, la población se viene triplicando, el abastecimiento de agua va en aumento, llegando a la escasez para el año 2050, según estudios revisados mencionan que un litro de agua residual perjudica 8 litros de agua potable, estimando 12 mil km³ de agua en la tierra quedan inutilizables cada año. (Isabel et al., 2011, p. 12). Siendo el agua un recurso natural importante para la supervivencia humana, está disminuyendo gradualmente por la contaminación, incluidos los acuíferos, la que representa un desequilibrio ambiental, económico y social. (Unesco, 2015, p. 4).

Las aguas residuales domésticas provienen de diferentes actividades cotidianas del ser humano, las cuales contienen gran cantidad de materia orgánica (MO), que incluye principalmente aguas negras en los inodoros, coliformes en las heces, y aguas grises en los lavavajillas (grasa, aceite, sal y residuos orgánicos), Lavadora (detergente) y ducha. Estas aguas contienen altos contaminantes en Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno, Fósforo, Azufre, metales pesados (Plomo, Mercurio y Arsénico) y niveles altos de coliformes (bacterias, virus y protozoos). (Castro Leandro et al. 2018, p. 12).

En el caso de **Colombia**, Bogotá no cuenta con el mejor manejo adecuado de sus aguas residuales domésticas, siendo un 27% tratadas y un promedio de 73% que no son tratadas y son vertidas directamente a los ríos. (Macedo y Vela 2020, p. 7). Asimismo, **Perú** no es ajeno a esta problemática, según investigaciones realizadas solo un 30% de estas plantas tienen un buen manejo, es decir el resto de 70% no son tratadas y los vierten a los ríos sin tratarlos. (Lissarrague, 2015).que ocasionaran enfermedades diarreicas, que representan el 3.6% del total de años de vida, 1.5 millones de muertes al año, incluidas 361 mil muertes en menores de 5 años. Esto se debe a falta de agua potable, instalaciones de saneamiento, mala higiene en la mayoría de los problemas, en países / regiones de bajos ingresos. (Gastañaga, 2018, p. 5).

En **Pampas** - Huancavelica uno de los problemas sociales más resaltantes es el impacto de la contaminación del Rio Opamayo, donde reside la mayoría de la

Población. Que Generan excesivas aguas servidas “desagüe” debido a la carencia de un plan de tratamiento de estas aguas domestica debido al descuido y falta de mantenimiento del PTAR. En la actualidad esto viene a ser un peligro para la población y los ecosistemas acuáticos, en consecuencia, la calidad de estas aguas origina varios tipos de problemas: 1) Incidencia de enfermedades infecciosas 2) Impacto ambiental, afectando la conservación de los ecosistemas trayendo consigo riesgos de salud a las personas y animales. (Flores y Trucios, 2019, p. 1). Con presencia de grupo de coliformes termotolerantes y demas microorganismos presentes en las aguas residuales del PTAR de Pampas causando enfermedades como el cólera (*Vibrio cholerae*), amebiasis (ameba, parásito, protozooario y *Entamoeba histolytica*), hepatitis (Virus A (HAV) y E (HEV)), fiebre tifoidea (*Salmonella typhi*) y shigelosis (bacteria *Shigella*); algunos de estos microorganismos tienen la capacidad de sobrevivir por largo tiempo en las hortalizas frescas; debido a esto se genera la baja producción en el sector ganadero, agrícola y además las enfermedades en los animales, ya que ellos consumen el agua del Rio Opamayo generando gastos económicas en la atención médica a los pacientes que tienen enfermedades debido al consumo de vegetales y otros alimentos irrigados con estas aguas contaminadas. (Huamaní, 2018, p. 14) y (Rojas, 2018, p. 3).

Por este motivo se vienen estudiando diversas plantas alternativas para ser utilizadas en la reducción de coliformes termotolerantes se la necesidad de crear tecnologías para tratar aguas residuales domésticas, acorde a pueblos rurales de poca cantidad de población. Estos sistemas usan plantas ornamentales como son: *Phragmites spp.*, *Typha spp.*, *Schoenoplectus spp.*, *Canna spp.* e *Iris spp.* y “*Zantedeschia Aethiopica*” siendo este último capaz de suministrar oxígeno a través de sus raíces y reduce 86 y 80% de DBO5 y nutrientes (NT y PT), respectivamente, (Coronel, 2016, p. 2), que a su vez permite el desarrollo bacteriano que es el encargado de llevar la función reductora de coliformes termotolerantes. (Yévenes 2017, p. 3). Asimismo, los humedales construidos con especies ornamentales *Zantedeschia* crecen y se desarrolla bien como planta emergente de humedales y es

Efectiva en el tratar aguas residuales domésticas.(Diaz y Valdivia, 2014, p. 5). Que pueden ser utilizadas en pequeños distritos de baja densidad poblacional. (Herrera et al., 2018, p. 7)

Por este motivo se vienen estudiando diversas plantas alternativas para ser utilizadas en la reducción de coliformes termotolerantes se la necesidad de crear tecnologías para tratar aguas residuales domésticas, acorde a pueblos rurales de poca cantidad de población. Estos sistemas usan plantas ornamentales como son: *Phragmites spp.*, *Typha spp.*, *Schoenoplectus spp.*, *Canna spp.* e *Iris spp.* y “*Zantedeschia Aethiopica*” siendo este ultimo capaz de suministrar oxígeno a través de sus raíces y reduce 86 y 80% de DBO5 y nutrientes (NT y PT), respectivamente, (Coronel, 2016, p. 2), que a su vez permite el desarrollo bacteriano que es el encargado de llevar la función reductora de coliformes termotolerantes. (Yévenes 2017, p. 3). Asimismo, los humedales construidos con especies ornamentales *Zantedeschia* crece y se desarrolla bien como planta emergente de humedales y es efectiva en el tratar aguas residuales domésticas.(Diaz y Valdivia, 2014, p. 5). Que pueden ser utilizadas en pequeños distritos de baja densidad poblacional. (Herrera et al., 2018, p. 7)

El presente estudio buscó reducir coliformes termo tolerantes presentes en el PTAR, construyendo artificialmente humedales para ser evaluados la influencia de las variables independientes, el tiempo de retención y planta ornamental *Zantedeschia Aethiopica* que fueron sometidos a una discusión de resultados en relación a los estudios revisados anteriormente. Viendo el contexto del desarrollo de mi investigación, planteo el siguiente problema: **Problema general**, ¿Cuál es el nivel de reducción de coliformes termotolerantes aplicando la especie *Zantedeschia Aethiopica* y el tiempo de retención en aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica?, con los **Problemas específicos**: ¿Qué características fisicoquímicos y microbiológicos tienen las aguas residuales domesticas del PTAR de Pampas-Huancavelica?, ¿Cuál es el efecto del tiempo de retención en el nivel de reducción de coliformes termotolerantes de aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica? y ¿Cómo influye la especie *Zantedeschia*

Aethiopica en el nivel de reducción de coliformes termotolerantes de aguas residuales domésticas del PTAR - Pampas Huancavelica?. En base a lo mencionado, el **Objetivo general** de la investigación es, Determinar el nivel de reducción de coliformes termotolerantes aplicando la especie *Zantedeschia Aethiopica* y el tiempo de retención en aguas residuales domésticas del PTAR - Pampas Huancavelica, los **objetivos específicos** son: Caracterizar las aguas residuales domésticas del PTAR de Pampas, Controlar el efecto del tiempo de retención en el nivel de reducción de CTT de aguas residuales domésticas del PTAR - Pampas Huancavelica y Determinar la influencia de la especie *Zantedeschia Aethiopica* en el nivel de reducción de CTT de aguas residuales domésticas del PTAR - Pampas Huancavelica. La **hipótesis propuesta general fue**; el nivel de reducción de CTT con planta *Zantedeschia Aethiopica* a un tiempo de dos días logro un nivel alto de reducción de coliformes termotolerantes de aguas residuales domésticas del PTAR - Pampas Huancavelica., las **hipótesis específicas** son: Las características presentes en las aguas residuales domésticas del PTAR de Pampas son los coliformes termotolerantes los cuales presentan concentraciones mayores que sobrepasan los límites máximos permisibles, El efecto del tiempo de retención intervino de manera importante en el nivel de reducción de CTT presentes y La planta *Zantedeschia Aethiopica* influyo bastante en el nivel de reducción de CTT presentes.. Por ello se planteó la hipótesis estadística

Para la probabilidad normal se tomará en cuenta las siguientes hipótesis

H_0 = Los datos provienen de una población normal

H_a = Los datos no provienen de una población normal

Todas las variables con Planta y tiempo

$H_0: \mu = 10000$

$H_1: \mu > 10000$

Todas las interacciones de variables

$H_0: \rho=0$ (no existe correlación)

$H_A: \rho \neq 0$ (si existe correlación)

Nuestro estudio se **justifica teóricamente**, por la aportación de conocimiento alternativos para reducir CTT del PTAR en humedal artificial con la planta *Zantedeschia Aethiopica* a un tiempo de retención, el cual ayudará a poner estrategias de mitigación y reducción de la contaminación del río Opamayo, tomando en cuenta el decreto de límite máximo permisible (LMP). Por tanto, se **Justifica en la parte práctica**, los datos obtenidos para la implementación de humedal artificial con la planta *Zantedeschia Aethiopica* reducirá el índice de contaminación del río Opamayo, mejorando aspectos sociales y ambientales, siendo este un sistema ecológico que se adaptaría a la zona causando un impacto ambiental positivo. Por lo tanto, la **justificación social**, está dirigido a la población en general del Distrito de Pampas para poder solucionar problemas de contaminación por descarga de aguas residuales a los ríos Opamayo, pudiendo reducir su contaminación y evitar el deterioro y poder conservar su sostenibilidad. Se **justifica económicamente** por el ahorro con respecto a las atenciones médicos debido al control adecuado de aguas residuales domesticas por tal disminuirá las enfermedades endémicas e infecciosos en los habitantes, y también reducirá la proliferación de enfermedades en los animales causando un impacto positivo y la salud de las personas. **Justificación ambiental** que contribuye a preservar el medio ambiente. La parte legal nacionales e internacionales la defienden y fomentan el compromiso ambiental para que estos estudios sean planificados, ejecutados y evaluados.

II. MARCO TEÓRICO

Sandoval et al., (2018), evaluaron los procesos de remoción y adaptación de contaminantes de aguas residuales en microcosmos usando distintas especies ornamentales (*Lavandula* sp., *Spathiphyllum wallisii* y *Zantedeschia aethiopica*). Metodología, las plantas se sembraron encima de dos clases de sustratos: grava volcánica roja y tereftalato de polietileno, teniendo como población 16 unidades experimentales de los cuales se rellenó ocho unidades con grava volcánica roja y los restantes con polietileno tereftalato con diseño experimental de enfoque cuantitativo de dos factores (sustrato y planta). Resultando reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) de 68%, nitrato 50%, fosfato 38% y 64% de coliformes con sustrato grava volcánica rojo y con el sustrato PET redujo la demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅) 63%, Nitrato 35%, fosfato 35% y coliformes fecales 59% a 5 días. Concluyendo que contribuyeron notablemente en la eliminación de contaminantes el *Lavandula* sp., *Spathiphyllum wallisii* y *Zantedeschia aethiopica* en las aguas residuales.

Castro et al., (2018), evaluaron la eficacia de remoción con compuestos químicos del agua residual doméstica, construyendo humedal de flujo vertical con especie ornamental de *Zantedeschia aethiopica*. Utilizando un diseño experimental de enfoque cuantitativo, de área 1 x 1.2 m² y 0.4 m de altura, poniendo de 10 a 10 cm de cada capa (grava y piedra chancada) con 16 plantas de alcatraz. Resultando una eficacia de remoción a 49% de compuestos químicos y microbiológicos, a caudal de 0.67 L/seg con TRH. Concluyendo que la especie ornamental *Zantedeschia aethiopica* presento una eficiencia del 98.7 % de remoción de coliformes Fecales y totales en el agua.

Silvan et al., (2016), implementaron humedales artificiales de flujo libre que funcionan con *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* en humedales subterráneos con *Paspalum paniculatum* y *Cyperus articulatus* L. Metodología: eliminación de contaminantes de los residuos de agua se implementaron lagunas con grava volcánica roja y Tereftalato de polietileno y sin vegetación con controles de análisis. Utilizaron un diseño experimental de enfoque cuantitativo con dos factores. Dando como resultado una mayor eficacia con planta *T. domingensis* en flujo libre eliminando turbidez, color, DQO, DBO₅, NT, PT y TSS de 97.1, 83.4; 97, 8, 97.5, 97.2, 91.1 y 97.7% Respectivamente, seguido por el humedal subterráneo con *P. paniculatum* con 94.8

remociones; 71.5; 94.7; 94.8; 92.7; 52.2 y 93.0%. Concluyendo que con flujo libre de *E. crassipes* y el flujo subterráneo de *C. articulatus* L demostraron eficiencias de remoción.

Raymundo (2017), presentó diseños de tratamiento de aguas residuales con humedal de flujo superficial, utilizando un tipo de investigación aplicada de diseño no experimental transversal, tomando una población de 18 humedales naturales de Junín, 6 muestras compuestas de afluentes de Sapallanga, La Ribera y Chupaca. Dando como resultado un diseño de humedal de flujo superficial con área: longitud, ancho y alto siendo estas 242.21 m; 26.96 m; 8.99 m y 0,6 m; respectivamente con 1.71 días de RTH, área transversal de 5.39 m² y reservorio geométrico rectangular. Concluyendo que la propuesta presentada del diseño de humedal de flujo superficial del Barrio Mallqui es adaptable, por la similitud de los parámetros físicoquímicos, biológicos, climáticos e hidráulicos a los humedales naturales de Sapallanga, La Ribera y Chupaca.

Portilla (2019), proponer soluciones para aguas residuales y servicio de desagüe, construyendo un modelo único hecho por tanque séptico y humedal artificial de flujo horizontal subsuperficial. Se sembraron plantas ornamentales, aplicando el diseño experimental de enfoque cuantitativo, el cual se ejecutó de forma ordenada el humedal, después de 4 meses de adaptación se hizo la evaluación de los parámetros y monitoreos del sistema con muestras tomadas por 6 semanas, tomando muestras en las salidas del efluente del sistema. Dando como resultado el caudal de entrada 2.7 m³/día. Se concluyó que la especie *Zantedeschia aethiopica* tuvo una remoción de Turbiedad (89.5%), DBO₅ (85%), DQO (81%), Fosfato (36%), Sólidos Suspendidos Totales (97.5%), Coliformes Totales (99.97%), y Nitrato (4.9 mg/l).

Morales et al., (2015), con el objetivo de demostrar revisiones bibliográficas factibles acerca de humedales de flujo subsuperficial usando especies ornamentales para reducir MO y nutrientes presentes en aguas servidas. Dando como resultado una eficiencia reductora de DBO₅ entre 70 y 93%, a diferencia de los nutrientes reduce

Nitrogeno Total (45 y 73%) y Fosforo (40 y 80%). Concluyendo que los humedales construidos con plantas ornamentales tratan aguas servidas.

Cordova (2017), implementaron humedal artificial de flujo libre que funcionan *Zantedeschia Aethiopica* y *Canna* en humedales subterráneos Metodología: eliminación de residuos de agua se implementaron lagunas con grava volcánica roja y Tereftalato de polietileno y sin vegetación con controles de pruebas no paramétrico de Kruskal-Wallis las diferentes significancias de los cuatro tratamientos. Utilizaron un diseño experimental de enfoque cuantitativo con dos factores. Con especie *Zantedeschia Aethiopica* obtuvieron una concentración 965 NMP/100 mL en coliformes termo tolerantes, así mismo *Canna* obtuvo concentración de 18 mg/L (DBO), 39.4 mg/L (DQO) y 938 NMP/100 mL (CTT). Se concluyó que las especies *Zantedeschia Aethiopica* y *Canna* alcanzaron eficiencia significativa en la remoción de las aguas residuales domésticas.

Díaz y Valdivia (2014), evaluaron efectos del TR y tipos de plantas ornamentales disminuyendo materia orgánica de aguas residuales domésticas con diseño experimental de enfoque cuantitativo, se tuvo depósitos rectangulares con siembras de *Zantedeschia aethiopica* con bases orgánicas, *Canna* con gravas y ambas plantas con arena fina, finalmente tomaron muestras a la salida del humedal por 4 días cada 24 horas, Resultando % de remoción de MO en el humedal 1) 75% (SST), 89% (DBO5), 81% (DQO) 2) de 83% (SST), 94% (DBO5) y 88%(DQO) y 3) 85% (SST), 93% (DBO5) y 87% (DQO). Concluyendo que el tiempo de retención y la especie ornamental mostraron efectos positivos para tratar aguas residuales domésticas.

Herrera (2021), comparar eficiencia de plantas de agua *Nasturtium officinale* y *Zantedeschia aethiopica* para tratar agua residual del Distrito de Levanto, se utilizó un diseño experimental de enfoque cuantitativo. Para realizar los experimentos con tres estanques de vidrio para simular humedales artificiales en el primer estanque sirvió de testigo y el Segundo estanque se planta con la especie *Zantedeschia aethiopica* y el tercero con *Nasturtium officinale* colocando en el fondo dos estanques con planta, filtro de carbón de madera, arena y piedra de río con el fin de retener los residuos

significativos del agua residual, con un tiempo de adaptación de 10 días. Finalmente, se realizó análisis en laboratorio de (DBO₅, DQO, pH, Turbidez y OD) de antes y después de ser aplicados ambas especies. Resulto un alcance de 89% a diferencia de *Nasturtium officinale* que obtuvo un 79.5% de remoción en promedio. Concluyendo que la planta *Zantedeschia aethiopica* fue más eficiente en remover MO de aguas residuales.

En lo teórico se refiere a la “Contaminación ambiental, a alteraciones de las particularidades físicos, químicos, biológicos o combinación de distintos lugares puntuales que ocasionan alteraciones a la humanidad, exponiendo la naturaleza”. como lo mencionan varios autores. (Julca & Zamora, 2019, p.13), (Diaz y Valdivia 2018,,) y (Arocutipa, 2013, p. 2)

“Materia Orgánica (MO) es la degradación de la MO disuelta, producida por microorganismos que elaboran la biopelícula, por lo cual la composición orgánicos se degradan mediante procesos aeróbicos y anaerobios”. (Bolaños y Gonzales 2020, p. 25).

Las aguas residuales se refieren al agua cuyas propiedades físicas y químicas han cambiado debido a la actividad humana, debido a su calidad, debe ser tratada previamente antes de ser utilizada o vertido a ríos, lagos y otros cuerpos de agua, como se mencionó anteriormente. (Bernabe y Medina 2019, p. 12) y (Raymundo 2017, p. 5).

“Aguas residuales domiciliarias son referidas a las aguas residuales de fuentes residenciales o comerciales, incluidos los desechos fisiológicos generados por actividades humanas y deben tratarse adecuadamente”. (Bernabe y Medina 2019).

“Aguas residuales manufactureros son las aguas residuales de la producción y el procesamiento, incluyendo la minería, la agricultura, la energía, las actividades agroindustriales, etc., porque variarán según la fuente específica”. (Bernabe y Medina 2019, p. 34).

“Aguas residuales urbanas, es el resultado del uso domiciliario, nacen de los excrementos humanos, residuos de limpieza del hogar que contemplan un alto

porcentaje de MO y microorganismos, como son los restos de jabones, detergentes, lejías y grasas”. (Jurado & Vargas, 2015, p. 39) y (Bernabe y Medina 2019, p. 42).

“Aguas residual municipal, Aguas domesticas homogéneas de drenaje pluvial o agua residual procedente de las industrias que son tratadas antes de ser arrojadas a los alcantarillados”. (OEFA, 2014, p.3). (Bernabe y Medina 2019, p. 43).

“Aguas residuales comerciabes, son aguas de los establecimientos comerciales tales son: restaurants, lavanderías, cafeterías, hoteles, centros turísticos, mercados, supermercados, cines, teatros, bares, hospitales, lava autos, y otros”. (Chinchilla, 2015, p.3). (Bernabe y Medina 2019, p. 47).

“Las propiedades de las aguas residuales son físicas, químicas y biológicas generadas por diversas actividades domésticas e industrias manufactureras, son recolectadas para la red de alcantarillado y dirigidas a los destinos apropiados.” (Arocutipá, 2013. p. p. 65)

“Composición de aguas residuales están relacionado directamente a las actividades antropogénicas que en efecto clasifica el tipo de agua residual de acuerdo a lo mostrado en la siguiente Tabla N°: 01”. (Nuñez 2019, p. 32).

Tabla 1. Composición de la fuente de aguas residuales

Fuente: (García y Luizaca, 2017, p. 34)

| Tipo | Origen | Composición | Fuente |
|--------------|--|--|--|
| Domesticas | Viviendas, lavado, instituciones, oficinas, Zonas residenciales, instalaciones comerciales por consumo de agua potable | Detergentes, residuos animales y vegetales, sales, celulosa, almidón, orina, excremento. | (Poveda, 2014). (Metcalf & Eddy, 1995) (Gómez, 2017). (Rincón & Millán, 2013) |
| Industriales | Diversos tipos de industria, lavado de materiales, | Colorantes, grasas, barros, metales solventes, químicos y otros | (Poveda, 2014) |
| Agrícolas | Agricultura | Fertilizantes, herbicidas y pesticidas, residuos orgánicos. | (Poveda, 2014) |
| Pluviales | Lluvias | Escorrentía Superficial | (Metcalf & Eddy, 1995) |

“Proceso físico, son aquellos que tienen capacidad de fuerza físicas capaz de alterar las características y propiedades del agua con operaciones habituales y utilizadas en

tratamiento de aguas residuales urbanas (aclareo, sedimentación primaria, secundaria, floculación y filtración)". (Rodríguez 2017, p. 49).

"Proceso físico-químico, la degradación de la planta se da por tratamientos, convirtiéndolas en lodos, que pueden ser utilizados después de evaluar su grado de toxicidad". (Rodríguez 2017, p. 48)

Proceso biológico llamado biorremediación realizado por bacterias, hongos o plantas, que descontamina el agua y el suelo. La biotecnología tiende a solucionar cuestiones de contaminación con microorganismos y plantas capaces de convertir compuestos que provocan un desequilibrio en la naturaleza. (Riccio 2010, p. 52).

"Tratamiento de aguas grises domésticas, son contaminantes de baja concentración, cuando se realiza el proceso mejora su calidad, donde se utilizan diversos Tratamientos biológicos, físicos y químicos para reducir los contaminantes". (Cruz 2017, p. 76)

"Remoción física, Eliminación del objeto común en suspensión por humedales a flujo menor y soporte que produce en raíces de especie vegetal, logrando buena eficiencia en la reducción". (Hidalgo 2018, p. 56)

La remoción química se da por medio de pérdida o ganancia de los componentes provocados en transferir iones insolubles de la solución al suelo por medio absorbente y precipitación de componentes contaminados en procesos biológicos. Siendo un tratamiento que está encaminado hacia los procesos más importante que consiste en el uso de micro orgánicos para eliminar las propiedades no deseado del agua, aprovechando la actividad metabólica de estos procesos más comunes y existentes (Riccio 2010, p. 43).

"Remoción biológica, las especies de los humedales se favorecen de los compuestos contaminados que contienen nutrientes y otras especies vegetales contienen la capacidad de capturar y acumular nutrientes metálicos tóxicos, tales como Cd, Cr y Pl; que favorecen la mineralización del suelo con aportes del microorganismo". (Julca y Zamora, 2019, p. 67)

Tabla 2. Reducción de contaminantes de HA de flujo subsuperficial

| CONTAMINANTE | PROCESO |
|---------------------------------|--|
| (MO) DBO ₅ DQO | <ul style="list-style-type: none"> • Partículas de MO se eliminan por sedimentación y filtración, luego convirtiéndose a DBO₅ soluble. • La MO soluble es fijada y absorbida por el biofilm y descompuestas por las bacterias adheridas a este. |
| SST | <ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación y filtración. • Descomposición por largos tiempos de retención y bacterias especializadas en el lecho de arena |
| N | <ul style="list-style-type: none"> • Nitrificación/desnitrificación por el biofilm • Absorción de las plantas |
| P | <ul style="list-style-type: none"> • Retiene en el lecho de arena (adsorción) • Precipita con Aluminio Hierro y Calcio • Absorbe de las plantas (influencia limitada) |
| Patógenos | <ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación y filtración • Absorción por el biofilm • Depredación por protozoarios • Eliminación de las bacterias por condiciones ambientales desfavorables (temperatura pH) |
| Metales pesados | <ul style="list-style-type: none"> • Precipitación y adsorción • Absorción de las plantas (influencia limitada) |
| Contaminantes orgánicos | <ul style="list-style-type: none"> • Absorción por el biofilm y partículas de arena • Descomposición debido al largo tiempo de retención y a las bacterias especializadas del suelo (no calculable) |

Fuente: (García y Luizaca, 2017, p. 42)

“Tipos de tratamiento de aguas residuales, resulta importante transformar características evitando el impacto de su descarga en las aguas receptoras”.

“Purificación de las aguas residuales, eliminación general o específico de la contaminación disueltos de las aguas residuales, así más adelante se reutilice o vierta a los cuerpos de agua de acuerdo con parámetros permisibles del agua” (Organismo de evaluación y fiscalización ambiental, (Raymundo 2017)

Los procedimientos de depuración de aguas residuales de carácter múltiple, con distintos niveles de tratamiento. (Yévenes 2017, p. 54)

- *“Pretratamiento:* Su propósito es remover materiales gruesos y cuerpos de arena que por la existencia en el efluente cambia el estado total, perjudicando la eficacia de equipos e instalaciones”. (Yévenes 2017, p. 54)
- *“Tratamiento Primario:* Su función es eliminar solo parte de los sólidos en suspensión basados principalmente en sistemas de remoción mecánica”. (Yévenes 2017, p. 54).

- “*Tratamiento Secundario*: Se basa en el tratamiento biológico con microorganismos aeróbicos o anaeróbicos que degradan con facilidad la materia orgánica y nutrientes”. (Yévenes 2017, p. 54)
- “*Tratamiento Terciario*: Incluye la detención del nitrógeno y fósforo, además de la eliminación de microorganismos patógenos”. (Yévenes 2017, p. 54)

“Fitoextracción se utiliza en las plantas con capacidad de absorción y acumulación de los contaminantes que contiene el agua, quedando en las hojas y tallos, considerando el desarrollo posible con simple ingreso en eliminar contaminantes”. (Arroyo y Bermudez 2016, p. 40)

Los contaminantes existentes en las aguas son de naturaleza físico, químico y biológico entre ellos se puede mencionar los componentes:

- “Sólidos totales disueltos, tienen sales orgánicas (nitratos de sodio, potasio, calcio, magnesio y hierro) e inorgánicas (carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y fosfatos)”. (Bernabe y Medina 2019, p. 38).
- “**DBO₅**, Presencia de oxígeno utilizable con descomposición orgánica consumida”. (Rojas, 2018, p. 26)
- “**DQO**, Producción de oxígeno que necesita el microorganismo para oxidación y estabilización de la materia orgánica en presencia aeróbica. Siendo parámetro fisicoquímico apropiado en la calidad de agua residual industrial o domiciliaria”. (Vásquez, 2018, p. 31).
- “Coliformes Termotolerantes, Tienen la posibilidad de seguir en aguas orgánicas enriquecidas de efluentes industriales, estableciendo géneros de *Escherichiacoli* en pequeño nivel *Klebsiella*, *Enterobacter* y *Citrobacter*”, (Carhuaricra, 2019, p. 34)
- “Coliformes fecales, se encuentran principalmente en las personas y animales homeotermos que se distribuyen en la naturaleza, encontrándose principalmente en pisos, semillas y vegetales, proviniendo de las heces humanas y animales”.(Guillermo, 2014, p. 37) y También lo menciona de la misma manera (Flores y Huamán 2018, p. 45).

“Humedales, formadas por plantas flotantes y sumergidas en aguas no profundas”.
(Cruz 2017, p. 50).

- “Plantas flotantes, aquellas que utilizan CO₂ de la atmosfera, liberando el oxígeno por medio del desarrollo de fotosíntesis, tomando nutrientes del agua por medio de las raíces”. (Julca y Zamora, 2019, p 40)
- “Plantas sumergidas, que absorben oxígeno, CO₂ y nutrientes del agua. La reacción es lenta por naturaleza de las aguas turbias que restringen el ingreso de la luz del sol, limitando la fotosíntesis”. (Julca y Zamora, 2019, p. 49)

“Humedales artificiales, son sistemas biológicos que trabajan en la percolación de las aguas residuales, donde usan plantas acuáticas o macrofitas a fin de realizar pasos para tratar agua residual”, citado por (Coronel, 2016, p. 32).

“Tipos de humedales artificiales aplicados en aguas residuales; son fluido libre y fluido subsuperficial. Se emplean para proveer régimen secundario”. (Humedales, s.f., p.5).

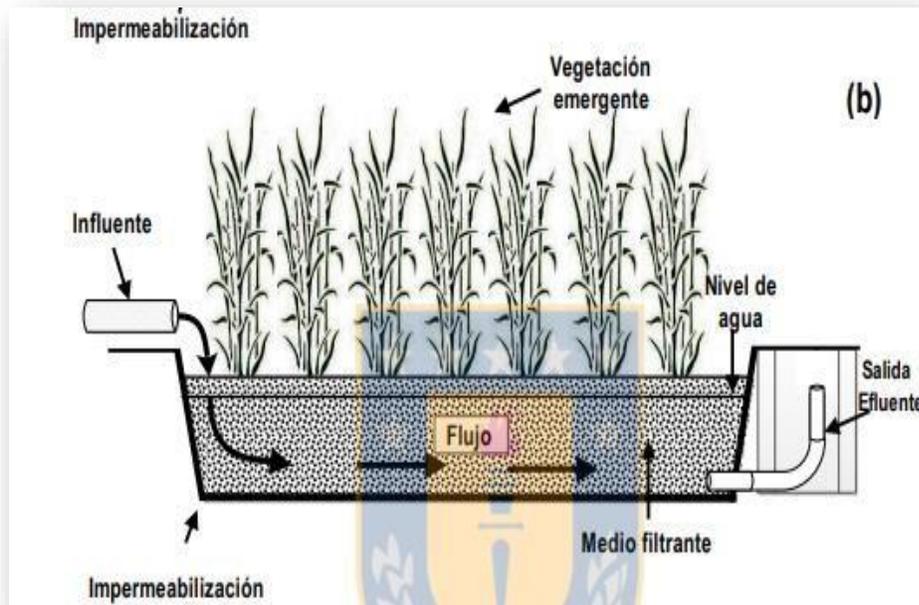
“Humedal de fluido superficial. Donde el agua fluye sobre el sector del suelo. Este tipo de humedal artificial se edifica cuando, a parte del régimen del agua, se quiere llevar a cabo un hábitat para la vida”. (EAA Eco Agua América S . A . C, 2014, p. 43)

“Humedal de flujo subsuperficial. Se caracterizan por circular el agua por medio del suelo que muestra propiedad granular (60 cm a hondura media), con relación a las raíces macrófitas. Es semejante a la filtración con menores cantidades de solidos suspendidos y fluido a menor condición uniforme”.(Nuñez 2017, p. 33).

Los humedales de flujo subsuperficial dividen en dos tipos y son lo siguiente:

- Humedal de afluencia subsuperficial horizontal, este sucede el agua a tratar circula de forma horizontal, el agua atraviesa por un material filtrante medio granular con rizo y raíz. el fondo del agua es entre 0,3 y 0,9 m, funcionan siempre inundadas. .(Montalván y López, 2017, p. 31).

Figura 1. Humedal construido de flujo horizontal subsuperficial



Fuentes: (Lopez, 2016, p. 33)

- Humedal artificial de flujo subsuperficial Vertical, la situación del agua a tratar recircula de arriba abajo, en medio de la percolación en donde se encuentra la vegetación. El agua se adhiere de la parte vertical pasando el sistema mecánico de dosificación. Evidenciando que al dosificar el agua toma ciclos de saturación y falta de saturación, pasando por distintas actividades aerobias y anaerobias. (Arce 2018, p. 45).

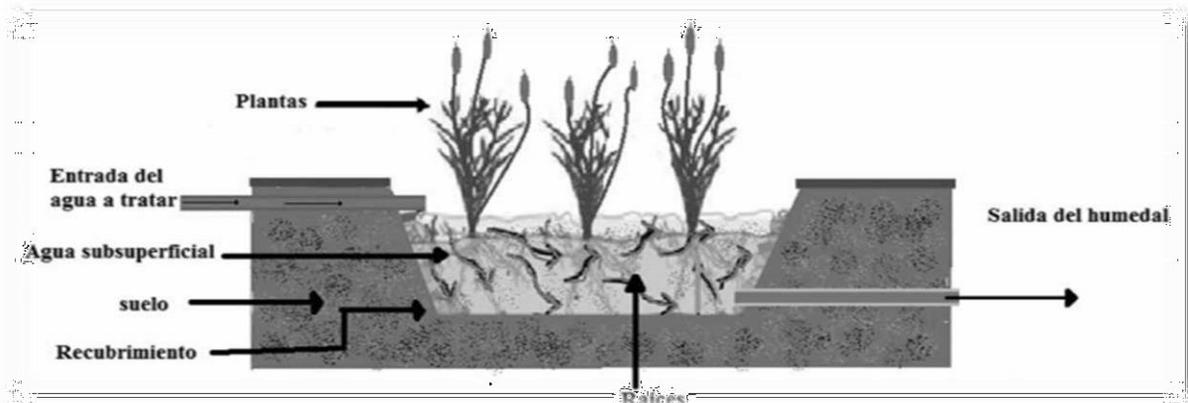


Figura 2. Humedales de flujo subsuperficial vertical

Fuente: (Rivera 2015, p. 29)

Los elementos primordiales de los humedales artificiales son los siguientes:

- Substrato sirve de sustento a la vegetación que tiene suelos, arenosos, gravas, rocosos, y materiales de MO dando principio a la transformación química y biológica que tienen espacio debajo del substrato. Siendo el substrato un medio de alojamiento para distintos contaminantes de las aguas residuales domésticas.(Sierra, 2018, p. 50).
- Vegetación. - cumplen una función muy importante en los humedales. Las plantas obtienen oxígeno atmosférico a mediante sus hojas hasta sus raíces y rizomas donde se encuentran los microorganismos aerobios ellos utilizan el oxígeno para degradar la materia orgánica. Asimismo, mantienen la capacidad hidráulica del suelo, los vegetales consumen los nutrientes de nitrógeno y fósforo sus concentraciones se encuentran en sus tallos y hojas. (Córdor, 2019, p. 35).
- Agua residual. Son las que nacen de las casas e instalaciones donde se realizan ocupaciones industriales, comerciales, de servicios o descargas de los retretes y servicios sanitarios.(Rodríguez y Vargas 2019, p. 53).
- Microorganismos. Los Primordiales son las levaduras, hongos, bacterias, y protozoarios. Una biomasa microbiana adhiere parte del carbono y otros nutrientes, teniendo la capacidad de obtener cantidades de sustancias orgánicas e inorgánicas, el que cambia la reacción de oxidación-reducción de los sustratos afectando la humedal.(Martinez 2014, , p. 36).

“Funciones en general de humedales artificiales: las funcionalidades primordiales son 3: (Bernabe y Medina 2019) y (Lapa, 2014, p. 43).

- Fijar exactamente los contaminantes en el punto del sustrato.
- Utilizar y editar elementos por medio del microorganismo
- Lograr escenarios de régimen firmes a menor cuidado y consumo de energía.

“Ventajas de humedales artificiales, son eficaces relacionados a remover contaminantes metálicos con un resultado económico y efectivo a diferencia de otros

estudios. No utilizan químicos ni intervención de la energía no renovable, usando material reciclable y reutilización del agua". (Bernabe y Medina 2019, p. 47)

Existen diversas plantas para el proceso de descontaminación del agua residual, el cual es necesario del sitio de origen, adecuación al clima y especies: carrizo (*Phragmites* spp.), Alpinia (*Alpinia purpurata*), espadaña (*Typha* spp.), junco (*Schoenoplectus* spp.), lirio (*Iris* spp), achira (*Canna* spp.), papiro (*Cyperus* spp.), cala (*Zantedeschia aethiopica*). (Castro et al. 2018, p. 35).

"Macrófitas, es todo aquello que se genera en la profundidad de los humedales artificiales, gracias a la existencia de estas el crecimiento se convierte en producción sustancial en la percolación de aguas residuales artificiales". (Bernabe y Medina 2019, p. 43)

"Tiempo de retención, en que permanece el agua estancada hasta su proceso de filtración, hace referencia al tiempo que tarda el agua en los humedales artificiales". (Bernabe y Medina 2019, p. 43).

"Las plantas acuáticas son plantas que requieren mucha agua y lograr proveer las raíces, de esta forma lograr subsistir, tienen la posibilidad de realizarse en sitios muy húmedos y completamente ahogados". (Bolaños y Gonzales 2020, p. 34).

"Plantas acuáticas emergentes, aquellas hojas y tallos que flotan en el área del agua, las raíces están fijas sobre el suelo ejemplos, juncos y carrizos logrando una altura de 1 a 2 metros". (Julca y Zamora, 2019, p. 47)

Zantedeschia aethiopica planta herbácea que luce por las bellísimas flores. Se cultiva en la tierra y medio acuático, ubicándose en sitios externos e internos de origen tropical que llega a aguantar heladas con rebrote todo el año como lo mencionan (Bolaños y Gonzales 2020, p. 41) y (Jamanca 2006, p. 48).

Figura 3. *Zantedeschia Aethiopica*



Fuente: (Soto 2014)

Tabla 3. Información taxonomía

| | |
|---------------|-------------------------|
| NOMBRE COMUN: | ALCATRAZ |
| REINO: | PLANTAE |
| PHYLUM: | MAGNOLIOPHYTA |
| CLASE: | LILIOPSIDA |
| ORDEN: | ARALES |
| FAMILIA: | ARACEAE |
| GENERO: | ZANTEDESCHIA |
| ESPECIE: | ZANTEDESCHIA AETHIOPICA |

FUENTE: (Khare, 2007, p. 43)

III. METODOLGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación:

El **tipo de investigación** es aplicada de enfoque cuantitativo, la cual se orientó a la reducción de coliformes termotolerantes a un tiempo dado por humedal artificial y adquisición de teorías y fundamentos basados en la temática a estudiar, dirigida a cumplir un objetivo en particular, la base del conocimiento adquirido es aplicada a la solución de problemas o a las nuevas producciones e innovaciones (Gulbrandsen & Kyvik, 2010, pág. 350).

El **diseño de investigación** fue experimental de dos factores, factor uno fue la planta y el factor dos fue el tiempo de retención; cuyo fin fue determinar las condiciones de variables independientes, para determinar la influencia de la variable dependiente según la referencia de (Montgomery, 2014).

Tabla 4. Diseño experimental

| PLANTA (und) | SIN PLANTA | | CON PLANTA | |
|---------------|------------|-----|------------|-----|
| TIEMPO (días) | 2 | 4 | 2 | 4 |
| R-I | S11 | S21 | C11 | C21 |
| RII | S12 | S22 | C12 | C22 |
| RIII | S13 | S23 | C13 | C23 |

Fuente: Elaboración propia

3.2. Variables y operacionalización.

Tabla 5. Variables y operacionalización

| VARIABLE | DEFINICIÓN CONCEPTUAL | DEFINICIÓN OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES |
|---|---|---|---|---|
| VARIABLE INDEPENDIENTE | | | | |
| Tiempo de retención | Resulta al tiempo que un volumen (V) de agua tiende a estar estancado en un lugar dado, demostrando que tiempo demora en salir el agua de un humedal. (Ramos 2014 , p.38). | TR son días u horas en que demora el tratamiento de aguas residuales domésticas. | Control de tiempo | <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo (días) • Tiempo (horas) • Tiempo (minutos) • Tiempo (meses) |
| Planta ornamental “<i>Zantedeschia aethiopica</i>” | Aquella que se cultiva y comercializa de manera decorativa por ser estéticas, tales como flores, hojas, perfume y ser conocidos por el follaje, frutos y tallos | Planta ornamental que tendrá la capacidad de captar los coliformes termo tolerantes | <ul style="list-style-type: none"> • raíz • tallo • grosor • altura | m cm |
| VARIABLES DEPENDIENTE | | | | |
| Nivel de reducción de Coliformes termotolerantes | Minimización de carga orgánica el cual compone un conjunto de propiedades físicos y químicos. | Se demostrará el nivel de reducción de coliformes termotolerantes | Parametros: <ul style="list-style-type: none"> • físico • químicas • pH | NMP/mg L |

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: Tiene volumen de 691 m³ de aguas residuales domésticas del PTAR de Pampas ubicado en el punto 514620(E) y 8630442(N).

Muestra:

- Se extrajo 36 L de agua residual domestico del PTAR. Los tratamientos fueron en total 4 tratamientos: 2 con planta y 2 sin planta, con 3 repeticiones, totalizando 12 unidades experimentales, siendo el volumen para cada muestreo de 3L. (Vásquez, 2018)
- Los humedales artificiales con planta *Zantedeschia Aethiopica* fueron 4 por cada tratamiento utilizando un total de 24 plantas.

Muestreo: No probabilístico por conveniencia en toma de su muestra de sus aguas residuales domésticas del PTAR del distrito de Pampas – Huancavelica.

- El volumen se realizó por el caudal producido de 8 L/s al día (24 horas).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica de investigación: Observación directa de campo del humedal artificial con la planta "*Zantedeschia Aethiopica*" en el muestreo y monitoreos respectivos durante los TR (tiempos de retención) en lo que se presenciara la reduccion de coliformes termotolerantes en el tratamiento de aguas residuales domésticas del PTAR del distrito de Pampas.

Instrumentos de investigación:

- **La ficha de campo** se utilizó el Fichaje textual, fichas de resumen, fichas bibliográficas y de comentario. Se empleó procedimientos de toma de muestras, evaluación de parámetros in situ y en tiempo real, así como también reportes de laboratorios.

Tabla 6. Recolección de datos

| PLANTA (und) | SIN PLANTA | | CON PLANTA | |
|---------------|------------|-----|------------|-----|
| TIEMPO (días) | 2 | 4 | 2 | 4 |
| R-I | S11 | S21 | C12 | C22 |
| RII | S11 | S21 | C12 | C22 |
| RIII | S11 | S21 | C12 | C22 |

Elaboración propia

La tabla muestra humedal artificial sin planta y con planta ornamental "*Zantedeschia Aethiopica*", con replicas R1, R2 y R3 siendo las repeticiones de las variables a estudiar con un total de 12 plantas.

Materiales y reactivos para realizar los humedales: Mencionamos los materiales y equipos que se utilizaron en el desarrollo de la tesis.

Materiales

- Mascarilla
- Guantes quirúrgicos
- Zapato de seguridad
- Baldes de 6 l y 20 l
- Jarra de 2.50 l medidor

Material biológico

- 24 plantas jóvenes de Alcatraz (*Zantedeschia Aethiopica*)
- Arena fina
- 36 litros de agua residual

Equipos

- Balanza analítica Sartorius
- Cronómetro.
- pH-metro.
- Lampa

Reactivos

- Ácido Nítrico (HNO_3)

3.5. Procedimiento

Una vez revisado y examinado la bibliografía necesaria, se desarrolló diseño de sistema piloto de planta de tratamiento de aguas residuales por humedal artificial. Por ello fue fundamental caracterizar sus aguas residuales domesticas del PTAR de Pampas mediante muestras en campo y estudios de laboratorio, para posteriormente determinar las características y condiciones para abordar el tema de cálculo y diseño, y otros aspectos relevantes.

Datos del Lugar de investigación: El lugar donde se realizó la experimentación fue en el área del PTAR situado en el distrito de Pampas provincia de Tayacaja y Departamento Huancavelica mostrado las coordenadas de la Tabla N° 7.

Tabla 7. Ubicación del área experimental

| Coodenadas UTM | | altitud (msnm) |
|----------------|-----------|----------------|
| WGS84 | | |
| ESTE | NORTE | |
| 51°46'20" | 86°30'42" | |



Figura 4. Ubicación de PTAR

Fuente: Google Earth

Caracterizar el aguas Residuales Domesticas: Según: (D.S. N° 003-2010-MINAM), tomo muestras representativas de las aguas residuales domésticas, para ser analizadas los parámetros establecidos. Llegando al punto de monitoreo.

Toma de muestras de agua residual domestica

- a. Se realizó toma de muestra de acuerdo al protocolo de monitoreo de calidad de agua. (VIVIENDA, 2013, p. 13)

Para iniciar con la toma de muestra primero se escogió un punto accesible debido a que el tipo de muestreo realizado fue un muestreo puntual, en este punto se registró las coordenadas UTM del punto de muestreo: 8630536(NORTE) ,514589(ESTE). (Ver Anexo 2), con ayuda de un GPS (Sistema de Posición Global), seguidamente se recolectaron las muestras introduciendo los frascos en las aguas residuales domésticas, en dirección contraria al flujo del efluente; antes de tapar los frascos se agregó ácido nítrico al 1 %, se almacenó en un cooler en forma vertical y se selló, esto ayudo a preservar las muestras hasta su llegada al laboratorio. Adicionalmente a estas muestras de aguas residuales domesticas recolectadas del PTAR de Pampas para llevar a analizarlos al laboratorio.

- b. Para las muestras experimentales se tomó la muestra de la salida de cada uno de los tratamientos de los humedales artificiales en dos tiempos: la primera a los 2 días y la segunda a los 4 días en recipientes. (VIVIENDA, 2013, p. 13).
 - **Preservación de muestras:** Tomada la muestra, se adiciono al parámetro 10 gotas del reactivo ácido nítrico para la preservación in situ. Ver el Figura N^o 5.
 - **Etiquetado y rotulado de las muestras de agua:** Se etiqueto los frascos y se rotulo, con letra clara y legible. Con plumón de tinta indeleble conteniendo la siguiente información como se ve en el siguiente Figura N^o 5:

| | |
|---|---|
| Nombre de la PTAR | |
| Denominación del punto de monitoreo (efluente o afluente) | |
| N°.de muestras (orden de toma de muestras). | |
| Fecha y hora: | |
| Ensayo físico químico: | <input type="checkbox"/> DBO <input type="checkbox"/> DQO <input type="checkbox"/> AYG <input type="checkbox"/> SST |
| Ensayo microbiológico: | <input type="checkbox"/> CTT |
| Otros parámetros: | |
| Otros parámetros: | |
| Preservación: | |
| Operador del muestreo: | |

Figura 5. Etiqueta adhesiva para etiquetar los frascos de la toma de muestra

Fuente: (D.S. N° 003-2010-MINAM)

Nota: Los laboratorios acreditados ante INDECOPI pueden utilizar su propia etiqueta para muestras de agua residual.

- **Conservación y Transporte de las Muestras:** Una vez recolectada, preservada y rotulada, se guardó en caja almacenada y térmica con refrigerante, cumpliendo con la recomendación de temperatura.
- **Límites Máximos Permisibles (LMP) de las Descargas de Aguas Residuales Domésticas:** Según la Aprobación de LMP para efluentes de PTAR de Domésticas descrito en el (D.S. N° 003-2010-MINAM)

Figura 6. Límites máximos permisibles para los efluentes del PTAR

| PARÁMENTRO | UNIDAD | LMP DE EFLUENTE PARA VERTIDOS A CUERPOS DE AGUAS |
|------------------|--------|--|
| 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 – 8.5 |
| Sólidos Totales en Suspensión | ML/L | 150 |
| Temperatura | °C | < 35 |

Fuente: (D.S. N° 003-2010-MINAM)

- Diseño de humedales artificiales:** Para el diseño de humedales artificiales se adaptó 6 baldes de capacidad de 6 litros, el material de los baldes fue de plástico con salida de un caño. Este diseño simulará como humedal artificial con agua estancada con planta ornamental “*Zantedeschia Aethiopica*”. El tiempo de estancamiento fue de 2 y 4 días, se eligió en base a investigaciones recientes.

Fotografía 1. Diseño de los humedales artificiales



Descripción de los experimentos a realizar

- Las muestras para la caracterización de agua residual doméstico se extrajeron del efluente del PTAR – Pampas Huancavelica, también para los tratamientos de los humedales artificiales.



Fotografía 2. Recojo del agua residual para los tratamientos de los humedales artificiales.

- Las plantas ornamentales “*Zantedeschia Aethiopica*” se obtuvo del campo natural de Pampas.
- La arena fina se extrajo de los ríos de Pampas
- El pesaje de la arena se realizó con una romana y fue agregado a cada balde de humedal artificial.



Fotografía 3. Pesaje de la arena fina

- Las mediciones Coliformes Termotolerantes; se realizaron dentro del sistema, tres repeticiones por cada tratamiento. Por lo tanto, apoyado en el tiempo de retención y planta “*Zantedeschia*”

Aethiopica”, fue posible determinar valores de reducción del parámetro analizado.



Fotografía 4. Llenado del agua residual domestico a los humedales artificiales

- Los experimentos realizados en campo y laboratorio se hicieron con finalidad de analizar y determinar varianza del tiempo de retención de parámetros de la calidad de agua residual doméstico.
- La reducción realizada fue de Coliformes termotolerantes el cual determinó la cantidad de reducción de CTT presente en las aguas residuales, con la intervención del TR (2 y 4 días) con la finalidad de determinar si la reducción fue lenta o rápida a los tiempos de estancamiento del agua. Como el control del tiempo de retención fue dada para 4 días, por investigaciones similares con otras plantas ornamentales, donde tomaron periodos de reducción menores a 5 días. (Vivienda, 2013, p. 13)
- La capacidad de reducción de Coliformes Termotolerantes con plata y tiempo son los objetivos que se alcanzaron en esta tesis experimental.

Frecuencia y medida de las variables de investigación: Se utilizaron dos tiempos de retención sin plantas y con plantas, de tal manera que se pueda observar los cambios en lo experimental.

La frecuencia de medida de parámetros de coliformes termotolerantes, se realizaron el día cero (0) y luego de cada 2 días se recogieron las muestras tratadas en el punto de la toma de muestra la cual fue en la salida de los humedales artificiales.

3.6. Método de análisis de datos

Según el planteamiento de las hipótesis en la investigación, utilizando el paquete estadístico SPSS para el análisis estadístico y análisis de varianza, prueba de t de student para comparar varianzas con respecto a la caracterización de las muestras líquidas, para las pruebas de los resultados de cada prueba experimental y sus réplicas se utilizará el análisis de ANOVA, para la comparación entre estos mismos y analizar la influencia con la planta ornamental *Zantedeschia Aethiopica* con tiempos distintos en humedales artificiales de aguas residuales domésticas.

Para la probabilidad normal se tomará en cuenta las siguientes hipótesis

H_0 = Los datos provienen de una población normal

H_a = Los datos no provienen de una población normal

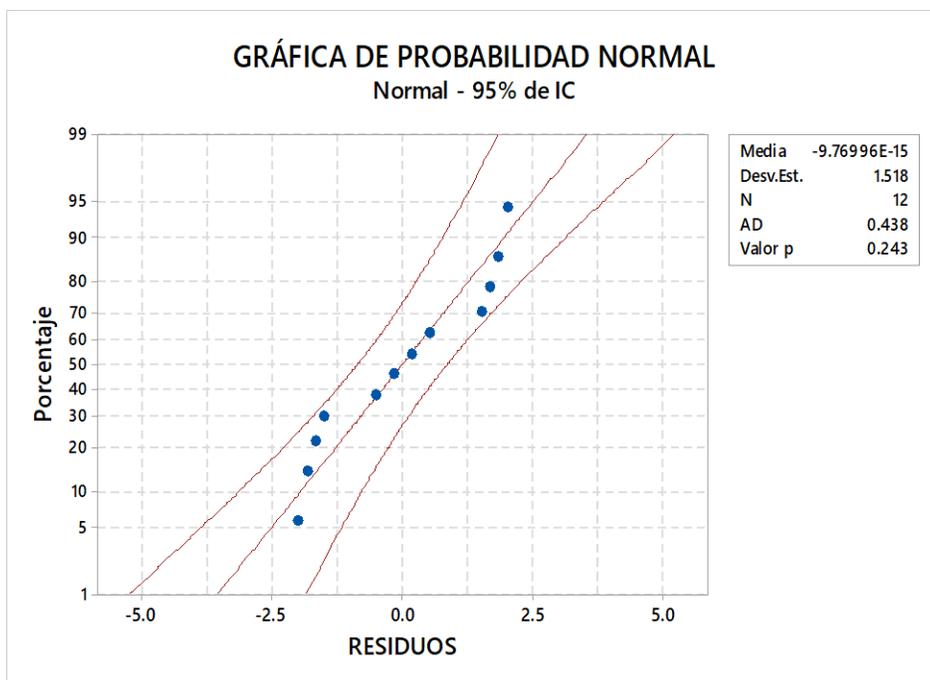


Figura 7. Gráfica de probabilidad normal para la reducción de CTT

La probabilidad normal presentado en la figura 7 se realizó para demostrar que los resultados obtenidos vienen de una población normal, es decir los puntos azules representan a los residuos obtenidos con la diferencia de los porcentajes de reducción de CCT que se obtuvieron luego del tratar aguas residuales domesticas utilizando la planta "*Zantedeschia Aethiopica*". los porcentajes de reducción teóricos que hallo el programa utilizando el estadístico de Anderson Darling, se observa que todos los resultados se encuentran distribuidos normalmente cerca de la diagonal además se observa que el valor de p es de 0,243 mayor al valor de significancia (0,05) se acepta la hipótesis nula, que los datos provienen de una población normal y no existió ningún dato atípico que pudo afectar el proceso.

3.7. Aspectos éticos

Ambiental: El presente trabajos es amigable con el medio ambiente ya que con este trabajo se tomará conciencia y orientara la importancia del recurso hídrico con método de humedal artifician aprovechando plantas ornamentales de manera óptima a través de la remoción.

Derecho a la autodeterminación: Está comprende recopilación de fuentes de información humana de manera voluntaria, respetando la

decisión de involucrarse en la investigación. El deber es respetar la decisión de los participantes. Se tendrá presente si desean colaborar o no con nuestra investigación.

Derecho a la información veraz y completa: La información es veraz por que los datos que se obtiene se extraen sin alteración de nada, es completa por que se desarrolló procesos de métodos científicos y se ha determinado los valores que sean evaluado.

IV. RESULTADOS

Características físicoquímicos y bacteriológicos de las aguas residuales del PTAR de Pampas: Para iniciar con el desarrollo experimental se realizó el muestreo de las aguas residuales domesticas siguiendo los pasos indicados por protocolo de monitoreo de calidad de agua según R-M-273-2013-VIVIENDA tal como se explica en la metodología de (VIVIENDA, 2013)

Tabla 8: Características de la muestra de agua residuales domesticas

| CARACTERIZACIÓN DE AGUAS RESIDUALES PTAR – PAMPAS | | |
|--|------------------|----------------|
| <i>Pruebas</i> | | <i>Muestra</i> |
| <i>Aceites y grasas</i> | <i>m/L</i> | <i>16.4</i> |
| <i>Demanda Bioquímica de oxígeno</i> | <i>mgDBO/L</i> | <i>102</i> |
| <i>Demanda Química de oxígeno</i> | <i>mgDBO/L</i> | <i>276</i> |
| <i>Sólidos Suspendidos Totales</i> | <i>mg/L</i> | <i>172</i> |
| <i>pH</i> | <i>pH</i> | <i>7.03</i> |
| <i>Temperatura</i> | <i>C°</i> | <i>19.8</i> |
| <i>Coliformes Termotolerantes</i> | <i>NMP/100mL</i> | <i>350000</i> |

Estas muestras de aguas residuales domesticas fueron llevadas al laboratorio EQUAS, donde fueron sometidas a un análisis de aguas residuales, determinando la concentración del PTAR de Pampas, concentración en las aguas residuales domesticas a cuál se registra en la tabla N° 8 un valor de 35×10^4 NMP/100 mL de coliformes termotolerantes (ver anexo III).

El tratamiento para reducir las concentraciones de coliformes termotolerantes de aguas residuales domesticas se realizó utilizando la planta ornamental cartucho y sin planta a diferentes tiempos de retención (2 y 4 días) interaccionándolos de acuerdo al diseño experimental planteado en el capítulo anterior, una vez transcurrido el tiempo de retención propuesto se filtraron las muestras de aguas residuales domesticas mediante los humedales, consecuentemente se tomaron alícuotas de 10 mL para mandarlas a analizar al laboratorio de Ensayo Acreditado, en donde se llevó

a cabo la determinación de cuánto fue la concentración de Coliformes termotolerantes después de tratar aguas residuales domésticas, estos resultados se presentan el N° de ensayo 0230-21 (Ver anexo V), y en la tabla N° 9

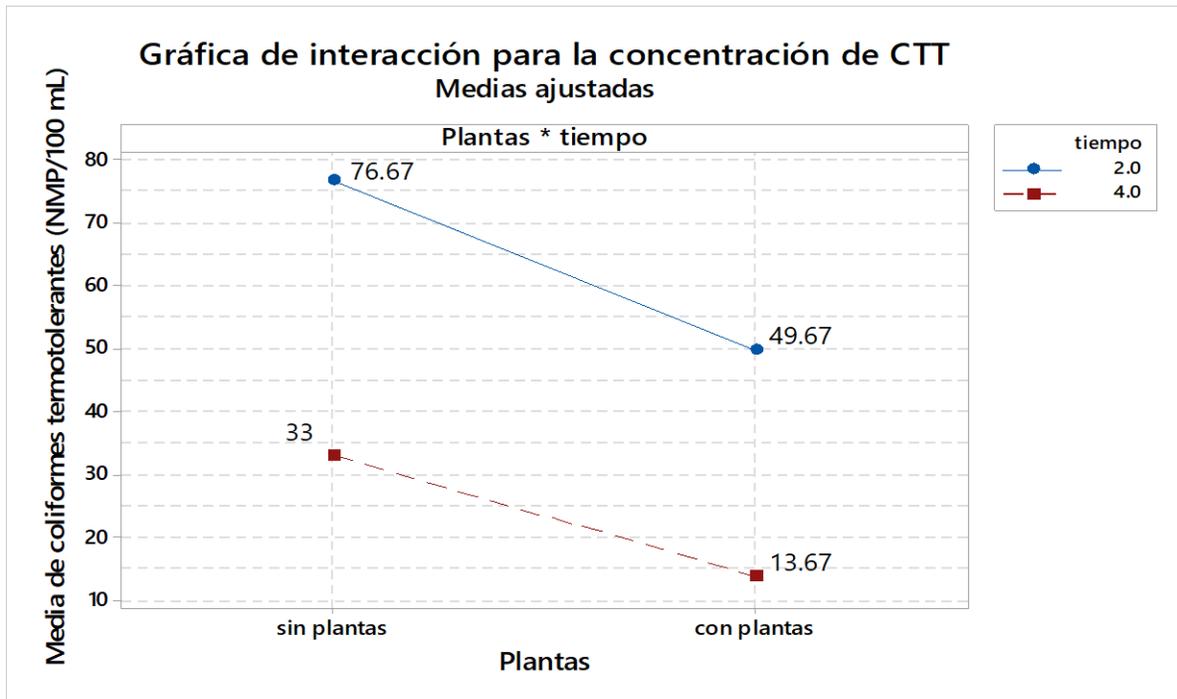
Tabla 9. Concentraciones de CTT después del tratamiento.

| PLANTA (und) | SIN PLANTA | | CON PLANTA | |
|------------------|------------|----|------------|----|
| | 2 | 4 | 2 | 4 |
| R-I NMP/100 mL | 79 | 32 | 49 | 14 |
| R-II NMP/100 mL | 74 | 34 | 52 | 12 |
| R-III NMP/100 mL | 77 | 33 | 48 | 15 |

La tabla 9 está basada en el diseño experimental propuesto, en donde se puede observar la interrelación de la planta y el tiempo de retención en el humedal artificial, observando el comportamiento de las concentraciones de CTT de las aguas residuales domésticas, en base a interrelaciones de las variables independientes.

Se observa que utilizando la planta *Zantedeschia Aethiopica* y comparando las concentraciones de CTT obtenidas a los tiempos de retención de 2 días y 4 días, se advierte que el nivel más alto de reducción de CTT registrada es de 14 (NMP/100mL) a los 4 días con planta y el nivel más bajo de reducción de CTT registrada es de 79 (NMP/100mL) a los 2 días sin planta; al utilizar sin planta se fija que el nivel de reducción más alto de CCT registrado fue de 32 (NMP/100mL) a los 4 días y el nivel más bajo de reducción de CTT fue de 79 (NMP/100mL) registrada a los 2 días; finalmente utilizando planta en humedal artificial, el nivel alto y bajo de reducción de CCT registrados fueron de 14 (NMP/100mL) y 49 (NMP/100mL) a los 4 días y 2 días respectivamente, estos resultados fueron registrados en las réplicas I, II y III y para entender mejor el comportamiento de los resultados se realizó un promedio en el grafico 1 presentado en la figura 8.

Gráfico 1. Concentraciones de CTT después del proceso de reducción



Tal como se explicó anteriormente en la tabla 4 se distingue en la grafica 1 el nivel de reducción mas alto de CTT presente en las aguas tratadas fue de 13.67 NMP/100mL este valor se obtiene cuando el humedal artificial estuvo con planta a un tiempo de 4 dias; mientras que en el humedal artificial sin planta y el proceso de reducción duro 2 dias fue de 76.67 NMP/100mL siendo el nivel de reducción mas bajo para CTT, mostrando el primero un nivel alto de reducción de *número más probable de coliformes termotolerantes*.

Efecto del tiempo de retención en el nivel de reducción alto y bajo de CTT del PTAR de Pampas, con humedales artificiales a partir de 2 y 4 días en base a las concentraciones tanto iniciales como finales del CCT.

Gráfico 2. Influencia de la planta en la reducción de CTT



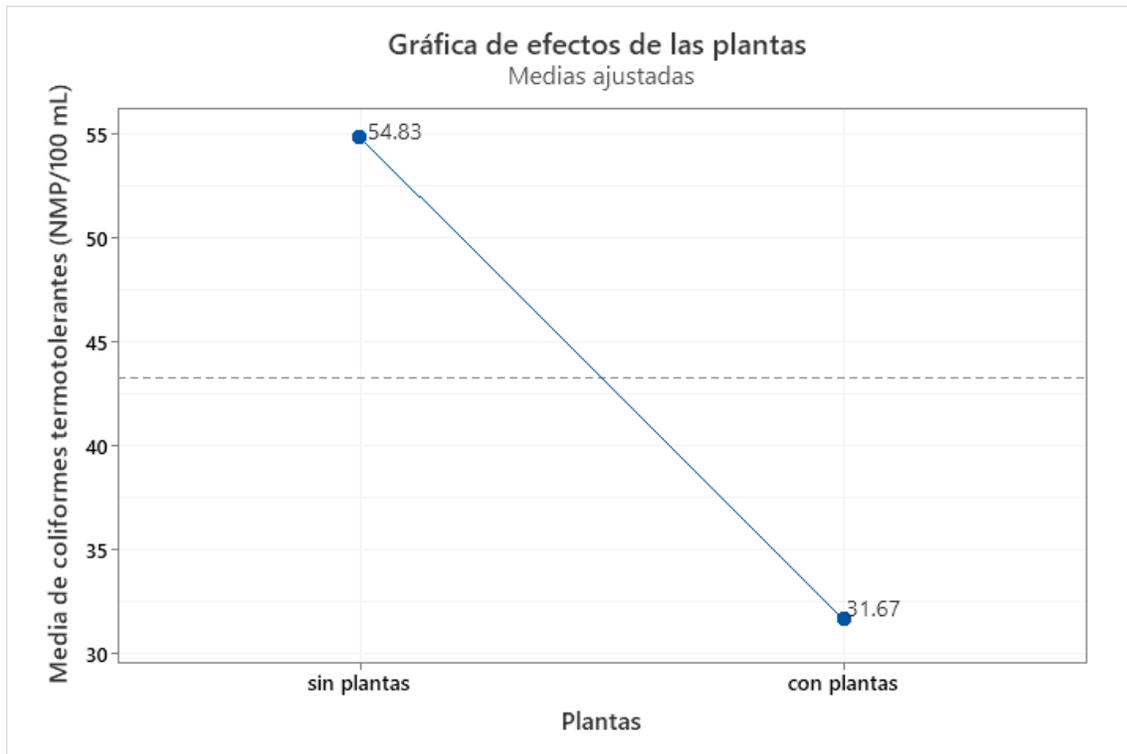
Se observa en el gráfico 2. Para la determinación del efecto del tiempo de retención existe diferencia de reducción de CTT, ya que cuando el tiempo es de 4 días el nivel de reducción fue alto de número más probable de CTT alcanzado 23.33 NMP/100mL; mientras que cuando el tiempo fue de 2 días se pudo alcanzar sólo un nivel de reducción bajo de número más probable de CTT 63.17 NMP/100mL.

Es importante resaltar que el tiempo influye en la reducción de CTT debido a que a mayor tiempo el nivel de reducción es más alto para las concentraciones de CTT, además de esto la intervención del nivel de reducción de CTT se encuentran en sus diferentes morfologías, como superficies porosas, agujeros tubulares repartidos por la superficie o fibra con lisas superficies, tal como lo indica (Sandoval et al., 2018) y (Portilla 2019)

Influencia de la planta *Zantedeschia Aethiopica* en el nivel de reducción alto y bajo de CTT de aguas residuales del PTAR, se obtuvieron utilizando por cada tratamiento. Los resultados presentados en la gráfica 3 muestran una reducción gradual de CCT cuando se usa a planta a diferencia de la otra que no se utilizó

planta para todo el tratamiento. En este caso, el alto nivel de reducción de CCT se atribuye a la retención de los contaminantes másicos dentro de los humedales artificiales con arena fina.

Gráfico 3. Influencia de la planta en la reducción de CTT



En la grafica 3 se analizó la influencia de la planta *Zantedeschia Aethiopica* en el nivel de reducción. Cuando el humedal artificial con planta el nivel de reducción de CTT fue alto alcanzando un 31.67NMP/100mL y cuando el humedal artificial sin planta el nivel de reducción de CTT fue bajo alcanzó solamente de 54.83 NMP/100mL, indicando que con uso de planta *Zantedeschia Aethiopica* se obtuvieron al niveles de reduccion de numeros mas probables de reducción de CTT, esta misma relación se observa en el estudio de (Vásquez, 2018), (Castro et al., 2018), (Portilla 2019) y (Cordova 2017) quienes estudiaron el comportamiento de remoción de DBO₅ con y sin planta.

ANALISIS ESTADÍSTICO

1. T DE STUDENT PARA EL NMP DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN EL AGUA RESIDUAL INICIAL

Los siguientes análisis se realizaron en el software estadístico MINITAB 18

Tabla 10. Estadísticas descriptivas

| N | Media | Desv.Est. | Error estándar de la media | Límite superior de 95% para μ |
|---|--------|-----------|----------------------------|-----------------------------------|
| 2 | 350000 | 0,01 | 0 | 350000 |

μ : media de t estudent

Hipótesis nula $H_0: \mu = 10000$

Hipótesis alterna $H_1: \mu > 10000$

Tabla 11. Resumen del modelo

para las comparaciones

iniciales

| Valor T | Valor p |
|-------------|---------|
| 48083261,12 | 0,000 |

NMP

Se observa en la table 11. que el valor de p para el numero más probable de CTT en el agua residual inicial es menor al nivel de significancia ($p < \alpha \rightarrow 0,000 < 0,05$) por lo tanto se acepta la hipótesis alterna, que afirma que el NMP de CTT de las aguas residuales iniciales es mayor a 10000 NMP/100mL incumpliendo lo dispuesto en el DS N°003-2010-MINAM.

- **Diseño de parcelas divididas:** Los siguientes análisis se realizaron en el software estadístico MINITAB 18

Tabla 12. Resumen del diseño NMP

| | | | |
|-----------------------|----|------------------------------------|---|
| Factores: | 2 | Corridas por parcela completa: | 6 |
| Difíciles de cambiar: | 1 | Corridas por parcela completa: | 2 |
| Corridas: | 12 | Réplicas por parcela completa: | 3 |
| Bloques: | 3 | Réplicas por parcela sub-dividida: | 1 |

- **Coliformes termotolerantes**

Tabla 13. Análisis de varianza CTT

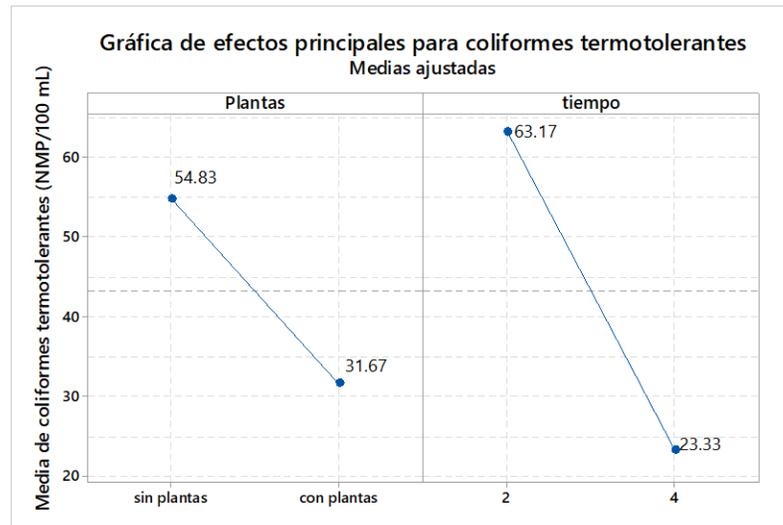
| Fuente | GL | SC Ajust. | MC Ajust. | Valor F | Valor p |
|----------------|----|-----------|-----------|---------|---------|
| Bloques | 2 | 0,50 | 0,25 | 0,23 | 0,812 |
| Plantas | 1 | 1610,08 | 1610,08 | 1486,23 | 0,001 |
| Error de PC | 2 | 2,17 | 1,08 | 0,17 | 0,849 |
| tiempo | 1 | 4760,08 | 4760,08 | 751,59 | 0,000 |
| Plantas*tiempo | 1 | 44,08 | 44,08 | 6,96 | 0,058 |
| Error de PD | 4 | 25,33 | 6,33 | | |
| Total | 11 | | | | |

Bloques: al ser p mayor al nivel de significancia ($p > \alpha \rightarrow 0,812 > 0,05$) se infiere que las réplicas no presentaron diferencias estadísticamente significativas

Plantas: al ser p menor al nivel de significancia ($p < \alpha \rightarrow 0,001 < 0,05$) se infiere que la presencia o ausencia de plantas *Zantedeschia Aethiopica* en los humedales artificiales influye significativamente el número más probable de CTT presentes en las aguas residuales tratadas

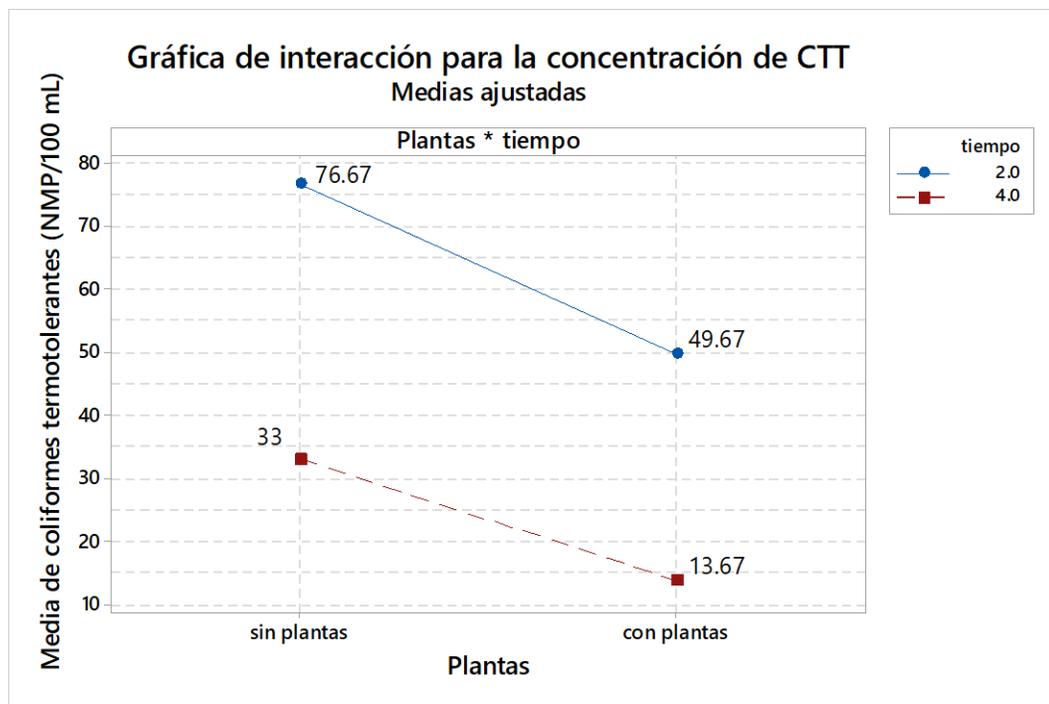
Tiempo de retención: al ser p menor al nivel de significancia ($p < \alpha \rightarrow 0,000 < 0,05$) se infiere que el tiempo de retención hidráulica influyó en el número más probable de coliformes termotolerantes presentes en las aguas residuales tratadas.

Gráfico 4. Gráficas de efectos



La grafica 4 de efectos muestra que la menor concentración de CTT presentes en el agua residual tratada se logró con el humedal con plantas y a un tiempo de retención de 4 días según lo mencionado en los estudios

Gráfico 5. Gráfica de interacción



La grafica 5 de interacción presenta que al utilizar un humedal con plantas con 4 días de retención el número más probables de CTT fue inferior a 20 NMP/100 mL

- **Análisis de comparaciones multiples**

Para demostrar el mejor nivel de las plantas y del tiempo de retención se realizó la prueba estadística de comparacion multiple de Tukey

- **Comparaciones por parejas de Tukey: tiempo**

Tabla 14. Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% - tiempo

| Tiempo de retención (días) | N | Media de concentración de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) | Agrupación | |
|----------------------------|---|---|------------|---|
| 2 | 6 | 63,1667 | A | |
| 4 | 6 | 23,3333 | | B |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la tabla 14 se observa que los tiempos de retención de 2 días y 4 días presentan diferentes letras de agrupación indicando que los resultados obtenidos en cada tiempo son diferentes significativamente; siendo el tiempo de 4 días donde se reduce en menor medida la concentración de coliformes termotolerantes hasta 23,33 NMP/100 mL

- **Comparaciones por parejas de Tukey: Plantas**

Tabla 15. Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95% - plantas

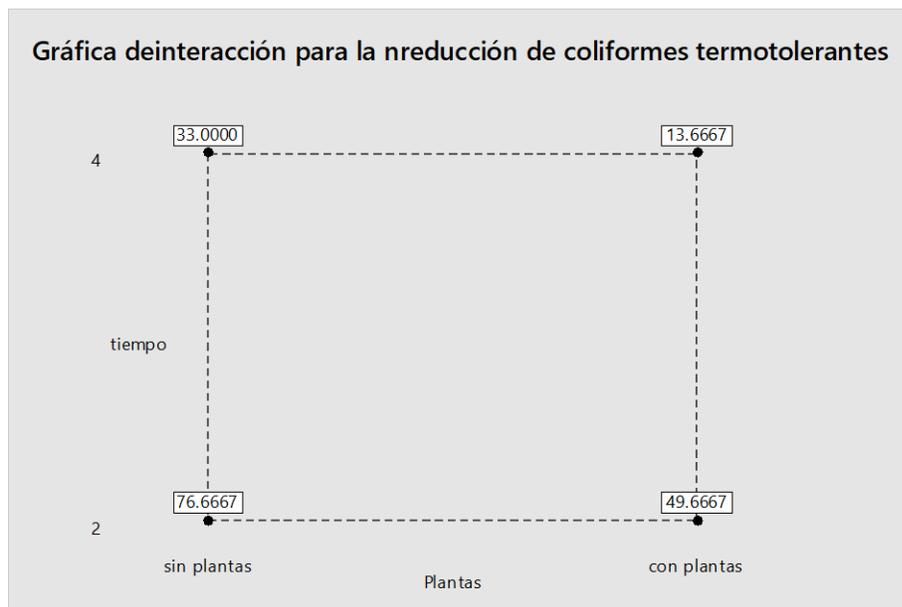
| Plantas | N | Media de concentración de coliformes termotolerantes (NMP/100 mL) | Agrupación | |
|-------------|---|---|------------|---|
| sin plantas | 6 | 54.8333 | A | |
| con plantas | 6 | 31.6667 | | B |

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En la tabla se observa que los humedales con plantas y sin plantas presentan diferentes letras de agrupación indicando que los resultados obtenidos en cada nivel son diferentes significativamente; siendo el humedal con plantas donde se reduce en menor medida la concentración de CTT hasta 31,67 NMP/100 mL .

2. T DE STUDENT PARA CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES EN EL AGUA RESIDUAL TRATADA

Gráfico 6. Grafica de interacción para reducir CTT tratadas



Se observa en la gráfica 6. Que la presencia de plantas *Zantedeschia Aethiopica* en los humedales artificiales con un tiempo de retención de 4 días disminuye hasta 13,67 NMP el número más probable de CTT presentes en las aguas residuales tratadas, considerando presencia de plantas y tiempo de 4 días generaron mejores resultados se hizo una prueba de t de student con los resultados obtenidos bajo estas condiciones con el fin de determinar si cumplen con lo dispuesto en el DS N°003-2010-MINAM.

Tabla 16. Estadísticas descriptivas

| N | Media | Desv.Est. | Error estándar de la media | Límite superior de 95% para μ |
|---|--------|-----------|----------------------------|-----------------------------------|
| 3 | 13,667 | 1,528 | 0,882 | 16,242 |

μ : media de t estudent

Hipótesis nula $H_0: \mu = 10000$

Hipótesis alterna $H_1: \mu < 10000$

Tabla 17. Resumen del modelo para las comparaciones CTT tratadas

| Valor T | Valor p |
|-----------|---------|
| -11323,44 | 0,000 |

Se observa en la tabla 17 que el valor de p para el numero más probable de coliformes termotolerantes en el agua residual tratada es menor al nivel de significancia ($p < \alpha \rightarrow 0,000 < 0,05$) por ende se acepta la hipótesis alterna, que afirma que el NMP de CTT de las aguas residuales tratadas es menor a 10000 NMP/100mL cumpliendo lo dispuesto en el D.S N°003-2010-MINAM.

- **Análisis de la correlación de la temperatura con la concentración de coliformes termotolerantes**

Los siguientes análisis se realizaron en el software estadístico IBM SPSS STATISTICS 25

A. Humedales con plantas

A.1. Análisis de normalidad

H_0 = Los datos provienen de una población normal

H_a = Los datos no provienen de una población normal

Tabla 18. Prueba de Shapiro Wilk para plantas

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|--|------|---|-------|------|---|------|
| TEMPERATURA | ,180 | 6 | ,200* | ,920 | 6 | ,505 |
| COLIFORMES | ,300 | 6 | ,097 | ,756 | 6 | ,023 |
| *. Esto es un límite inferior de la significación verdadera. | | | | | | |
| a. Corrección de significación de Lilliefors | | | | | | |

La significancia es 0,05=5%

La probabilidad de la prueba (Sig) es mayor que la significancia se acepta la hipótesis nula, caso contrario rechazamos la nula.

La temperatura en la table 18 tiene una prueba sig mayor a la significancia ($sig > \alpha \rightarrow 0,505 > 0,05$) por lo tanto proviene de una población normal

La concentración de coliformes termotolerantes tiene una prueba sig menor a la significancia ($sig < \alpha \rightarrow 0,023 < 0,05$) por lo tanto no proviene de una población normal.

Siendo uno de ellos no normal la prueba de correlación será de Spearman (no paramétrica)

A.2. Estadística de correlación

Ho: $\rho=0$ (no existe correlación)

HA: $\rho \neq 0$ (si existe correlación)

Tabla 19. Correlaciones Rho de Spearman con plantas

| | | | TEMPERATUR A | COLIFORMES |
|-----------------|-------------|----------------------------|-----------------|------------|
| Rho de Spearman | TEMPERATURA | Coeficiente de correlación | 1,000 | -,319 |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,538 |
| | | N | 6 | 6 |
| | COLIFORMES | Coeficiente de correlación | -,319 | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,538 | . |
| | | N | 6 | 6 |

Rho de spearman=-0.319

La probabilidad de la prueba (Sig) es mayor que la significancia se acepta la hipótesis nula, caso contrario rechazamos la nula.

La probabilidad de la prueba sig es mayor a la significancia ($sig > \alpha \rightarrow 0,538 > 0,05$) entonces se acepta la hipótesis nula. (No hay correlación)

B. Humedales sin plantas

B.1. Análisis de normalidad

H_0 = Los datos provienen de una población normal

H_a = Los datos no provienen de una población normal

Tabla 20. Prueba de Shapiro Wilk sin plantas

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|--|---------------------------------|----|------|--------------|----|------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| TEMPERATURA | ,309 | 6 | ,075 | ,864 | 6 | ,204 |
| COLIFORMES | ,308 | 6 | ,079 | ,739 | 6 | ,016 |
| a. Corrección de significación de Lilliefors | | | | | | |

La significancia es 0,05=5%

La probabilidad de la prueba (Sig) es mayor que la significancia se acepta la hipótesis nula, caso contrario rechazamos la nula.

La temperatura tiene una prueba sig mayor a la significancia ($sig > \alpha \rightarrow 0,204 > 0,05$) por lo tanto proviene de una población normal

La concentración de coliformes termotolerantes tiene una prueba sig menor a la significancia ($sig < \alpha \rightarrow 0,016 < 0,05$) por lo tanto no proviene de una población normal.

Siendo uno de ellos no normal la prueba de correlación será de Spearman (no paramétrica)

B.2. Estadística de correlación

H_0 : $\rho=0$ (no existe correlación)

H_A : $\rho \neq 0$ (si existe correlación)

Tabla 21. Correlación sin plantas

| | | TEMPERATURA | COLIFORMES |
|-----------------|-------------|-----------------------------|------------|
| Rho de Spearman | TEMPERATURA | Coefficiente de correlación | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | . |
| | | N | 6 |
| | COLIFORMES | Coefficiente de correlación | ,058 |
| | | Sig. (bilateral) | ,913 |
| | | N | 6 |

Rho de spearman=0,58

La probabilidad de la prueba (Sig) es mayor que la significancia se acepta la hipótesis nula, caso contrario rechazamos la nula.

La probabilidad de la prueba sig es mayor a la significancia ($sig > \alpha \rightarrow 0,913 > 0,05$ entonces se acepta la hipótesis nula. (No hay correlación)

- **Análisis de la correlación del pH con la concentración de coliformes termotolerantes**

A. Humedales con plantas

A.1. Análisis de normalidad

H₀= Los datos provienen de una población normal

H_a= Los datos no provienen de una población normal

Tabla 22. Prueba de Shapiro Wilk pH con plantas

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|----|------|--------------|----|-------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| COLIFORMES | 0,300 | 6 | ,097 | 0,756 | 6 | 0,023 |
| pH | 0,484 | 6 | ,000 | 0,510 | 6 | 0,000 |

a. Corrección de significación de Lilliefors

La significancia es 0,05=5%

La probabilidad de la prueba (Sig) es mayor que la significancia se acepta la hipótesis nula, caso contrario rechazamos la nula.

El pH tiene una prueba sig menor a la significancia ($sig < \alpha \rightarrow 0,000 < 0,05$) por lo tanto no proviene de una población normal

La concentración de CTT tiene una prueba sig menor a la significancia ($sig < \alpha \rightarrow 0,023 < 0,05$) por lo tanto no proviene de una población normal.

Al ser ambos no normal la prueba de correlación será de Spearman (no paramétrica)

A.2. Estadística de correlación

Ho: $\rho=0$ (no existe correlación)

Ha: $\rho \neq 0$ (si existe correlación)

Tabla 23. Correlación de pH

| | | COLIFORMES | pH |
|-----------------|------------|----------------------------|-------|
| Rho de Spearman | COLIFORMES | Coeficiente de correlación | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | . |
| | | N | 6 |
| | pH | Coeficiente de correlación | -,200 |
| | | Sig. (bilateral) | ,704 |
| | | N | 6 |

Rho de spearman=-0,2

La probabilidad de la prueba (Sig) es mayor que la significancia se acepta la hipótesis nula, caso contrario rechazamos la nula.

La probabilidad de la prueba sig es mayor a la significancia ($sig > \alpha \rightarrow 0,704 > 0,05$) entonces se acepta la hipótesis nula. (No hay correlación)

B. Humedales sin plantas

B.1. Análisis de normalidad

H₀= Los datos provienen de una población normal

H_a= Los datos no provienen de una población normal

Tabla 24. Prueba Shapiro Wilk pH sin plantas

| Pruebas de normalidad | | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------|----|-------|--------------|----|------|
| | Kolmogorov-Smirnov ^a | | | Shapiro-Wilk | | |
| | Estadístico | gl | Sig. | Estadístico | gl | Sig. |
| COLIFORMES | ,308 | 6 | ,079 | ,739 | 6 | ,016 |
| pH | ,213 | 6 | ,200* | ,948 | 6 | ,721 |

*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Corrección de significación de Lilliefors

La significancia es 0,05=5%

La probabilidad de la prueba (Sig) es mayor que la significancia se acepta la hipótesis nula, caso contrario rechazamos la nula.

El pH tiene una prueba sig mayor a la significancia ($sig > \alpha \rightarrow 0,721 > 0,05$) por lo tanto proviene de una población normal

La concentración de CTT tiene una prueba sig menor a la significancia ($sig < \alpha \rightarrow 0,016 < 0,05$) por lo tanto no proviene de una población normal.

Siendo uno de ellos no normal la prueba de correlación será de Spearman (no paramétrica)

B.2. Estadística de correlación

Ho: $\rho=0$ (no existe correlación)

Ha: $\rho \neq 0$ (si existe correlación)

Tabla 25. Correlaciones de pH sin plantas

| | | | COLIFORME S | pH |
|-----------------|----------------|----------------------------|----------------|-------|
| Rho de Spearman | COLIFORME S | Coeficiente de correlación | 1,000 | ,406 |
| | | Sig. (bilateral) | . | ,425 |
| | | N | 6 | 6 |
| | Ph | Coeficiente de correlación | ,406 | 1,000 |
| | | Sig. (bilateral) | ,425 | . |
| | | N | 6 | 6 |

Rho de spearman=0,406

La probabilidad de la prueba (Sig) es mayor que la significancia se acepta la hipótesis nula, caso contrario rechazamos la nula.

La probabilidad de la prueba sig es mayor a la significancia ($sig > \alpha \rightarrow 0,425 > 0,05$) entonces se acepta la hipótesis nula. (No hay correlación)

V. DISCUSIÓN

Se observa en la tabla 8 resultados del análisis fisicoquímico y microbiológico de las aguas residuales domésticas del PTAR, dichos resultados exceden los límites máximos permisibles (LMP) descrito en el D.S. 010-2010-MINAM, observando la mayor concentración de CTT de 35×10^4 NPM/100mL guardando relación con lo que sostiene el estudio realizado por (Flores y Trucios, 2019, p. 1), por este motivo estas aguas residuales fueron tratadas utilizando planta ornamental "*Zantedeschia Aethiopica*" tal como lo indica (Rojas 2018, p. 61)

La tabla 9 está basada en el diseño experimental propuesto, en donde se puede observar la interrelación del tiempo de retención y planta *Zantedeschia Aethiopica*, antes de analizar el comportamiento de las concentraciones de CTT de las aguas residuales domésticas, en base a las interrelaciones de las variables independientes. Mostrando los resultados obtenidos del nivel de reducción alto y bajo de CTT con tratamiento de humedal artificial sin planta a los tiempos de retención de 2 y 4 días, se advierte que el nivel más alto de concentración de CTT registrada fue de 32 NPM/100mL a los 4 días y la concentración de bajo nivel de reducción de CTT registrada fue de 79 NPM/100mL a los 2 días; mientras que con planta *Zantedeschia Aethiopica* el nivel más alto de CTT alcanzado fue de 14 NPM/100mL a los 4 días y el nivel más bajo de CTT alcanzada fue de 49 NPM/100mL a los 2 días estos resultados fueron registrados en la réplica I. Para tener certeza de las concentraciones de CTT obtenidas en la réplica I. Se realizaron dos réplicas más; la réplica II siguió el mismo patrón que en la réplica I, se observa que el nivel más bajo de reducción de CTT registrada fue de 74 NPM/100mL a los 2 días; y el nivel más alto de reducción de CTT registrada fue de 34 NPM/100mL a los 4 días; mientras que con planta *Zantedeschia Aethiopica* el nivel más alto de CTT alcanzado fue de 12 NPM/100mL a los 4 días y el nivel más bajo de reducción de CTT alcanzada fue de 52 NPM/100mL a los 2 días. Por último, la réplica III sigue el mismo patrón que en las dos réplicas anteriores con niveles de reducción de CTT cercanos a los ya obtenidos.

Observándose que los nivel más altos y bajos de reduccion de CTT de 33 NMP/100mL y 77 NMP/100mL a los tiempo de 4 días y 2 días respectivamente y mientras que con planta *Zantedeschia Aethiopica* los nivel más altos y bajos de reduccion de CTT de 15 NMP/100mL y 48 NMP/100mL a los tiempo de 4 días y 2 días respectivamente, esta misma relación se observa en el estudio de (Rojas 2018, p. 61).

La grafica 4 de efectos muestra que los nivel más altos y bajos de reduccion de coliformes termo tolerantes presentes en el agua residual tratada se logró con el humedal con plantas y a un tiempo de retención de 4 días según lo mencionado en los estudios (Sandoval et al., 2018) y (Portilla 2019).

Se determinó que el más bajo nivel de reducción de coliformes termotolerantes presentes en el agua residual tratada se dio a un tiempo de retención de 4 días según lo mencionado en los estudios revisados de (Rodriguez y Vargas, 2019, p. 52), (Sandoval et al., 2018) y (Portilla 2019)

Se determinó el nivel de reducción de CTT de aguas residuales domésticas por el diseño de humedales artificiales con la *Zantedeschia Aethiopica* obteniendo un nivel de reducción de 31.67, con resultados de CTT corroborando con las investigaciones de (Castro et al., 2018), (Portilla 2019) y (Cordova 2017)

VI. CONCLUSIONES

1. Según los resultados del nivel de reducción de CTT de las aguas residuales domesticas del PTAR de Pampas se obtuvo un nivel alto de reducción de 13.67 NPM/100mL utilizando planta ornamental *Zantedeschia Aethiopica* a un tiempo de 4 días a diferencia del nivel de reducción mas bajo de 76.67 NPM/100mL fue sin el uso de la planta *Zantedeschia Aethiopica* a un tiempo de 2 días.
2. Las aguas residuales domesticas del PTAR del distrito de Pampas fueron caracterizadas para determinar la concentración de CTT que contenían, obteniendo como resultado una concentración de CTT de 35×10^4 NPM/100mL valor que excede a 10 000 NPM/100mL como límite máximo permisible dispuesto para CTT, además del CTT, otros resultados como el DBO, DQO y solidos suspendidos totales, presentan concentraciones superiores a sus límites máximos permisibles como son 12mg/L, 76mg/L y 22 mg/L para cada uno respectivamente.
3. Se evaluaron dos tiempos de retención: 2 días y 4 días lo que permitió controlar el efecto que tuvo el tiempo en el nivel de reducción de CTT de las aguas residuales domesticas del PTAR, en presencia de plantas *Zantedeschia Aethiopica* en los humedales artificiales con un tiempo de retención de 4 días el nivel de reducción fue alto llegando hasta 13.67 NMP, cuando el tiempo de retención fue de 2 días el nivel de reducción fue bajo alcanzando una retención de 49.67 estos resultados y sus réplicas que registraron porcentajes de reducción de CTT próximas demuestran que a mayor tiempo de retención se obtuvieron mejores resultados de niveles altos de reducción.
4. Se determinó la influencia de la planta ornamental *Zantedeschia Aethiopica* en la reducción de CTT presente en las aguas residuales domésticas, para esto se utilizó sin planta y con planta obteniéndose resultados de niveles de reducción altos y bajos de CTT, con planta de hasta 54.87 NMP y sin planta de 31.67 NMP todo esto dentro de un proceso de niveles de reducción de CTT que duro 4 días; tal como se observan los resultados logrando altos niveles de reducción de CTT fue con planta.

VII. RECOMENDACIONES

- Evaluar la eficiencia de otros sustratos que puedan tratar la reducción de CTT.
- Evaluar la influencia del tamaño de sus partículas en la reducción CTT.
- Evaluar cómo influye el pH de la solución a tratar la reducción de CTT.
- Comparar la eficiencia de la planta ornamental *Zhandeschia Aethiopica* con otras plantas adsorbentes basadas en la reducción de CTT.
- Comparar la eficiencia del número de plantas sembradas en los humedales artificiales para la reducción de CTT.
- Utilizar tipos de humedales para tratamiento de aguas residuales.

VIII. REFERENCIAS

- Alwafi Ridho Subarkah. (2018). No Title空間像再生型立体映像の 研究動向. *Nhk技研*, 151(2), 10-17.
- Arocutipa, J. (2013). Evaluación y propuesta técnica de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en Massiapo del distrito de Alto Inambari - Sandia. *Universidad Nacional del Altiplano-Puno*, 81.
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4516/Arocutipa_Lorenzo_Juan_Hipolito.pdf?sequence=1
- Cambillo. (2016). Universidad Nacional Del Centro Del Peru. *Universidad Nacional Del Centro Del Centro De Posgrado*, 10-11.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/5992>
- Carhuaricra, P. (2019). *Fitorremediación por el proceso de fitodegradación con dos especies macrófitas acuáticas, Limnobium laevigatum y Eichhornia crassipes para el tratamiento de aguas residuales domésticas de la laguna facultativa en la localidad de Pacaypampa. (Grado)*. 155.
- CASTRO LEANDRO, Y. Y., PEREZ HUACHACA, W., MARIÑO CONDORI, C., & CRUZ HUARANGA, M. A. (2018). Eficiencia de tratamiento de las aguas domésticas mediante HAFSV con la especie *Zantedeschia aethiopica* en Viquez – Lurigancho (Perú). *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 4(2), 16-28.
<https://doi.org/10.17162/rictd.v4i2.1094>
- Cóndor, H. (2019). *Humedal artificial en remoción de la materia orgánica de las aguas residuales domésticas de Paccha - La Oroya a nivel de laboratorio*. 92.
<http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/6276>
- Conislla, Y., & Quispe, E. (2019). Universidad Nacional De Huancavelica "Violencia. *Repositorio Institucional - UNH*, 80. <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2755>
- Construidos, H., Plantas, C. O. N., Para, O., & Tratamiento, E. L. (2015). Humedales construidos con plantas ornamentales para el tratamiento de materia orgánica y nutrientes contenidos en aguas servidas (Constructed wetlands with ornamental plants for removal of organic matter and nutrients contained in sewage). *Theoria*, 22(1), 33-46.
- Coronel, J. (2016). Propuesta de humedal artificial para tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados.(grado). *Tesis de Licenciatura*, 63.

<http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/22137/1/25-1-16963.pdf>

Del, V., Calcinación, M. D. E., La, E. N., Para, T., El, O., Para, T., El, O., Orgánica, M., & Suelo, D. E. L. (2019). *La Molina Molina*.

Diego Alonso Rivera Vergara*. (2015). Humedales de flujo subsuperficial como biofiltros de aguas residuales en Colombia. *Cuaderno Activa*, 7, 99-107.

<http://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/265/269>

EAA Eco Agua América S . A . C. (2014). *Tratamiento de aguas residuales a través de Humedales Artificiales*. 27.

EFICIENCIA DE LAS PLANTAS ACUÁTICAS. (2021).

Egziabher, T. B. G., & Edwards, S. (2013). 済無No Title No Title. *Africa's potential for the ecological intensification of agriculture*, 53(9), 1689-1699.

García, A., & Luizaca, W. (2017). *Diseño De Un Sistema De Humedales Artificiales Para El Tratamiento De Las Aguas Residuales En La Comunidad Del Tabacay, Cantón Azogues, Provincia De Cañar*. 194.

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27743/1/Trabajo de Titulación.pdf>

Gastañaga, M. del C. (2018). Agua, saneamiento y salud. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 35(2), 181.

<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3732>

Guannilo Iñigo Anggie Paola, S. C. L. M. (2014). Facultad de Ingeniería Facultad de Ingeniería. *Ucv*, 0-116.

Guillermo, K. (2014). *Calidad de aguas residuales del tratamiento primario en pozas de oxidación de distrito de Viques-Huancayo*. 1-63.

http://repositorio.unapikitos.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4477/1/da_Tesis_Titulo_2_015.pdf?sequence=1&isAllowed=y%0Ahttps://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-06.pdf

Herrera, M. T. A., Martínez, F. Z., Lara-Borrero, J. A., Vidal, G., & Académicos, E. (2018). *Humedales de tratamiento: alternativa de tratamiento de aguas residuales aplicable en América Latina*.

Huamaní Cahuas, C. F. (2018). Determinación del efecto de las aguas servidas sobre el

suelo y cultivos en la desembocadura del canal de regadío de las Salinas Bajo - Chancay- Lima. *Universidad Católica Sedes Sapientiae*.

Humedales, C. I. I. I. (s. f.). *Capítulo iii. humedales. 3.1. 31-45*.

Isabel, M., González, G., Chiroles, S., & li, R. (2011). Uso seguro y riesgos microbiológicos del agua residual para la agricultura Safe use and microbiological risks of wastewater for agriculture. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37(1), 61-73.

Julca, L., & Zamora, R. (2019). Fitoextracción de aniones en humedales artificiales empleando Lemna minor y Scyrpus a nivel de laboratorio. *Universidad César Vallejo*, 45.

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/34122/julca_pl.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jurado, J. carlos, & Vargas, E. A. (2015). Remoción de materia orgánica en un sistema biodiscos en el tratamiento de aguas residuales urbanas de los efluentes “Las Vírgenes” – Huancayo a Nivel de Laboratorio”. *Universidad Nacional Del Centro Del Perú*, 146. [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1006/Jurado De la Cruz Juan Carlos %2B.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1006/Jurado%20De%20la%20Cruz%20Juan%20Carlos%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Khare, C. P. (2007). *Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng. *Indian Medicinal Plants*, 1-1. https://doi.org/10.1007/978-0-387-70638-2_1792

Lapa, R. (2014). Ayacucho - Perú 2014. *Juan y Carla*.

Latorre, A. (2017). *Diseño de un humedal artificial para el municipio de Arcos de las Salinas (Teruel)*.

Lissarrague, J. (2015). Aguas residuales y sus Consecuencias en el Desarrollo y la producción. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL*, 2, 9-25.

Lopez, D. (2016). *Evaluación estacional de humedales contruidos de flujo horizontal subsuperficial para la depuración de aguas servidas en zonas rurales: Implicancias en la generación de metano*. 240. http://repositorio.udec.cl/bitstream/handle/11594/1939/Tesis_Evaluacion_Estacional_de_humedades.Image.Marked.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lucha, D. E. L. A., & La, C. (2018). *Universidad nacional de huancavelica*.

- Macedo Gonzales, P. A. (ORCID: (2020). Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales incorporando humedales artificiales para mejorar la disposición de coliformes fecales, Tarapoto 2020. En *Universidad César Vallejo*.
- Mayolo, S. A. D. E., Para, T., El, O., Académico, G., Sc, A. M., Julio, E., & Cadenas, P. (2006). *Universidad nacional "santiago antunez de mayolo"*.
- MINAM, (Ministerio del Ambiente). (2018). Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM Aprueban Limites Máximos Permisibles para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales. *Normas Legales El Peruano*, 1-2. http://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2013/09/ds_003-2010-minam.pdf
- Montalván, P., & López, K. (2017). *Eficiencia del humedal artificial con Cyperus papyrus y Typha angustifolia en la depuración de aguas residuales domésticas Habana - 2015*. 1-111. <http://hdl.handle.net/11458/2467>
- Núñez, M., Vallester, E., & Marileña, A. (2017). *Evaluación De La Eficiencia En Remoción De Nitrato En Un Humedal Construido a Escala De Laboratorio*. 98.
- NUÑEZ MORALES, E., SABOYA RIOS, N., & CRUZ HUARANGA, M. (2019). Fitorremediación mediante las especies palustre y flotante, *Zantedeschia aethiopica* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas en la zona de la región natural Quechua-Cajamarca. *Revista de Investigación Ciencia, Tecnología y Desarrollo*, 5(2). <https://doi.org/10.17162/rictd.v5i2.886>
- Pacherre Granda, J. J. (2017). Facultad De Ingenieria Escuela Profesional De Ingenieria Empresarial. *Universidad César Vallejo*, 0-3. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/14794%0Ahttp://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/12225>
- Patrocinante, P., Alexander, M., Vega, O., Comisión, P., Ángela, M., Barrera, S., Franco, M., & Leonelli, B. (2017). *Universidad Del Bío-Bío Facultad De Ingeniería Departamento De Ingeniería Civil Y Ambiental*.
- Perez Cotrina, D. (2017). Facultad de Ingeniería Facultad de Ingeniería. *Ucv*, 358.
- Química, F. D. E. (2014). *Universidad de murcia*.
- Raymundo J. (2017). Modelo de tratamiento de aguas residuales mediante humedal artificial de flujo superficial en el centro poblado La Punta - Sapallanga. *Universidad*

Nacional Del Centro Del Perú, 193.

<http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/3873/RaymundoMontes.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Riccio Yauri, L. F. (2010). Remoción de aceites y grasas de aguas residuales de la Universidad Nacional del Centro del Perú, por electrocoagulación, a nivel de laboratorio. *Universidad Nacional de Trujillo*.
<http://www.dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7727>

RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ, S. D., & VARGAS NIÑO, Y. (2019). TESIS: EVALUACIÓN DEL POTENCIAL DE HUMEDALES ARTIFICIALES PILOTO, IMPLEMENTADOS CON LA ESPECIE *Heliconia psittacorum*, EN LA REMEDIACIÓN DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS DE BAJO CAUDAL PARA ZONAS RURALES DEL PIEDEMONTE LLANERO. *Universidad Santo Tomás Ingeniería Ambiental*.

Rojas, M. (2018). *Tratamiento de aguas residuales domésticas con la especie vetiver (Chrysopogon Zizanioides) en humedales artificiales en la comunidad de Santa Rosa Bajo, Distrito de Chota, 2017*. 77.
http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/UCV/25780/Rojas_DMY.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Salvador, U. D. E. E. L., & Salvador, U. D. E. E. L. (2020). *Ingeniera químico*.

Sandoval-Herazo, L. C., Alvarado-Lassman, A., Marín-Muñoz, J. L., Méndez-Contreras, J. M., & Zamora-Castro, S. A. (2018). Effects of the use of ornamental plants and different substrates in the removal of wastewater pollutants through microcosms of constructed wetlands. *Sustainability (Switzerland)*, 10(5).
<https://doi.org/10.3390/su10051594>

Sierra, O. L. G. (2018). Tratamiento de aguas residuales mediante humedales artificiales. *Kuxulab' Revista de divulgación*, 19, 47-55.

Silvan, S., Ocaña, L., Margulis, B., Germán, R., Roberto, J., Cerino, R., José, M., Silván, R. S., Ocaña, G. L., Germán, R., Margulis, B., Roberto, J., Barajas, H., & Romellón, J. (2016). *DE VEGETACIÓN MACRÓFITA*.

UNESCO. (2015). El Crecimiento Insostenible Y La Creciente Demanda Mundial De Agua. *Wwdr*, 12.
<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/images/WWDR2015Facts>

_Figures_SPA_web.pdf

Vásquez, J. (2018). *Remoción de materia orgánica de las aguas residuales de la Universidad César Vallejo-Trujillo utilizando jacinto de agua (Eicchornia crassipes) en humedales artificiales*. 61. <http://repositorio.uladech.edu.pe/handle/123456789/17465>

VIVIENDA. (2013). *Rm N°273-2013-Vivienda*.

Ставрианиди, А. Н. (2014). *No Title* **НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОБНАРУЖЕНИЮ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ЖЕНЬШЕНЯ МЕТОДОМ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ЖИДКОСТНОЙ ХРОМАТО-МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ**. 203.

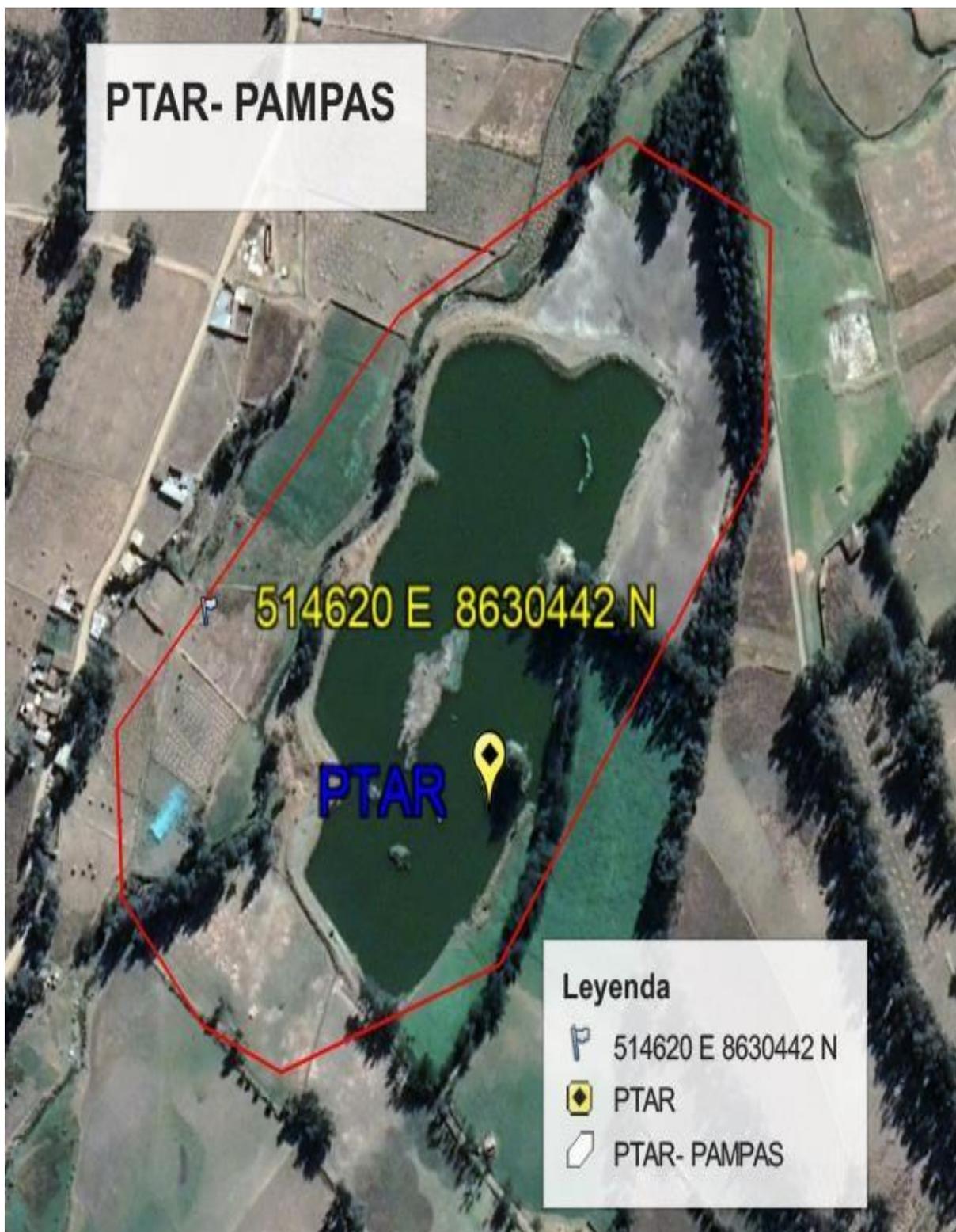
IX. ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

CAPACIDAD REDUCTORA DEL *ZANDESCHIA AETHIOLPICA* Y TIEMPO RETENCIÓN DE COLIFORMES TERMOTOLERANTES DE AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS DEL PTAR - PAMPAS HUANCAMELICA

| Problema | Objetivo | Hipótesis | Variables |
|---|--|--|--|
| <p>PROBLEMA GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuál es nivel de reducción de coliformes termotolerantes aplicando la especie <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y el tiempo de retención en aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica? | <p>OBJETIVO GENERAL</p> <ul style="list-style-type: none"> - Determinar el nivel de reducción de coliformes termotolerantes aplicando la especie <i>Zantedeschia Aethiopica</i> y el tiempo de retención en aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica | <p>HIPOTESIS GENERAL:</p> <ul style="list-style-type: none"> - El nivel de reducción de CTT con planta <i>Zantedeschia Aethiopica</i> a un tiempo de dos días logro un nivel alto de reducción de coliformes termotolerantes de aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica | <p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de retención • Planta ornamental (<i>Zantedeschia Aethiopica</i>) |
| <p>PROBLEMA ESPECÍFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Qué características fisicoquímicos y microbiológicos tienen las aguas residuales domesticas del PTAR de Pampas-Huancavelica? - ¿Cuál es efecto del tiempo de retención en el nivel de reducción de coliformes termotolerantes de aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica? - ¿Cómo influye la especie <i>Zantedeschia Aethiopica</i> en el nivel de reducción de coliformes termotolerantes de aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica? | <p>OBJETIVO ESPECÍFICO:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Caracterizar las aguasresiduales domesticas del PTARde Pampas - Controlar el efecto del tiempo de retención en el nivel de reducción de CTT de aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica - Determinar la influencia de la especie <i>Zantedeschia Aethiopica</i> en el nivel reducción de CTT de aguas residuales domesticas del PTAR - Pampas Huancavelica. | <p>HIPOTESIS ESPECÍFICO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las características presentes en las aguas residuales domesticas del PTAR de Pampas son los coliformes termotolerantes los cuales presentan concentraciones mayores que sobrepasan los límites máximos permisibles - El efecto del tiempo de retención intervino de manera importante en el nivel de reducción de CTT presente - La planta <i>Zantedeschia Aethiopica</i> influyo bastante en el nivel de reducción de CTT presentes. | <p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nivel de reducción de coliformes termotolerantes |

ANEXO 2: UBICACIÓN DEL LUGAR DE EXPERIMENTACIÓN

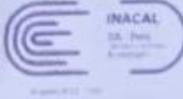


ANEXO 3: INFORME DE ENSAYO



Environmental Quality Analytical Services S.A.
Compromiso al Servicio de la Protección y el Medio Ambiente

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA CON
REGISTRO N° LE - 030



INACAL
INSTITUTO NACIONAL DE ACREDITACIÓN

INFORME DE ENSAYO N° A1658/20

Solicitante : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE TAYACAJA
Dirección : Jr. Grau N° 115 – Pampas - Tayacaja

Procedencia : PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA CIUDAD DE PAMPAS
Distrito: Pampas - **Provincia:** Tayacaja – **Departamento:** Huancavelica

Matriz de la Muestra : Agua Residual

Fecha de Muestreo : 19 - Noviembre - 2 020
Responsable del Muestreo : Personal Técnico - Empresa Solicitante

Fecha y Hora de Recepción : 23 - Noviembre - 2 020 / 06:25 h
Fecha de Ejecución del Ensayo: 23 - Noviembre al 01 - Diciembre - 2 020

Código Interno: L1658/20

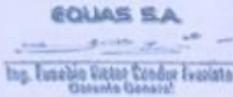
| PARÁMETROS | 1658-1 ^M | Expresado en: | METODOS DE ENSAYO |
|----------------------------------|--|---------------|--------------------------------|
| | PTO (1) ^M N 8 630 538 - E 514 589 (*) (15:00 h) | | |
| Aceites y Grasas | 16,4 | mg/L | APHA 5520 D |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 102 | mg DBO/L | APHA 5210 B (***) (*) |
| Demanda Química de Oxígeno | 276 | mg DQO/L | APHA 5220 D |
| Sólidos Suspendedos Totales | 172 | mg/L | APHA 2540 D |
| pH | 7,03 | Unidad de pH | APHA 4500-H* B (***) (*) |
| Temperatura | 19,8 | C° | APHA 2550 B (***) (*) |
| Microbiológicos | | | |
| Coliformes Termotolerantes (NMP) | 35 x 10 ⁴ | NMP/100 mL | APHA 9221 E (Item 1) (***) (*) |

(*) Código de Laboratorio (**) Código del Solicitante y hora de muestreo (***) Ubicación en coordenadas UTM

REFERENCIA DE MÉTODOS ANALÍTICOS -
 STANDARD METHODS FOR THE EXAMINATION OF WATER AND WASTEWATER, 23 rd Ed. APHA, AWWA WEF, 2017.
 (*) Los métodos indicados no han sido acreditados por el INACAL-DA.

ESTADO Y CONDICIÓN DE LA MUESTRA -
 (***) El resultado de Demanda Bioquímica de Oxígeno, pH, Temperatura y Coliformes Termotolerantes (NMP) es referencial, porque no cumple con los requisitos de control de calidad. Se efectuó el análisis a solicitud del cliente.

Lima, 01 de Diciembre de 2 020.



EQUAS SA
Ing. Humberto Víctor Córdova Irujo
Gerente General



Prohibida su reproducción parcial o total sin la autorización del Director Gerente – EQUAS S.A.
 Los resultados obtenidos se refieren solamente a las muestras analizadas.
 Los resultados de los ensayos obtenidos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de productos o como verificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
 El laboratorio mantendrá en custodia por 30 días, la muestra únicamente para los ensayos de metales, la solicitud de destrucción ante la comisión debe realizarse diez días antes de su vencimiento.

REINTEGRA AL CUADRO CAMERA

1111 W W P A N
CALLE 08
FONO 17-89-2-828

Dirección de Laboratorio: Ms. 1 Lote 74, Urb. Naranjito – Puente Piedra, alt. del Km 28,5 de la Pan. Norte
 Teléfonos: 348-4976 / 349-4050 e_mail: info@equas.com.pe

Página 1 de 1

ANEXO 4: DESARROLLO EXPERIMENTAL



Fotografía 5. Recolección de las muestras



Fotografía 6. Envase para las muestras



Fotografía 7. Diseño de los humedales artificiales



Fotografía 8. recoleccion de las aguas residuales domesticas

ANEXO 5: RESULTADOS DESPUES DEL TRATAMIENTO

INFORME DE ENSAYO N° 0210-21

Solicitante : FREYCY TORRES MONTERO
Dirección del Solicitante : PASAJE VILLARICA SN.- HUANCAN
Atención : FREYCY TORRES MONTERO
Proyecto : Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Lugar de Muestreo : Distrito: Pamas, Provincia: Tayacaja, Departamento: Huancavelica
Tipo de Muestra : Agua Residual (Industrial)
Fecha de Monitoreo : 04/05/21
Fecha de Recepción de Muestra : 05/05/21
Fecha de Inicio de Análisis : 05/05/21
Fecha de Término de Análisis : 07/05/21
Fecha de Emisión : 07/05/21

MEDICIONES IN SITU

| Código de Cliente | Descripción | COORDENADAS UTM | |
|-------------------|-----------------------|-----------------|---------|
| | | Norte | Este |
| FCP21 | Agua Tratada del PTAR | 8630442 | 0514620 |
| FSP21 | | | |
| FCP41 | | | |
| FSP41 | | | |

CALIDAD DE AGUA

| Código de Laboratorio | 0210-1 | 0210-2 | 0210-3 | 0210-4 | Límite | Unidad |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Código de Cliente | FCP21 | FSP21 | FCP41 | FSP41 | Detección | |
| Temperatura | 14,5 | 14,6 | 14,7 | 14,6 | 0,1 | °C |
| pH | 7,08 | 7,09 | 7,10 | 7,06 | — | Unid. pH |
| Parámetro Microbiológico | | | | | | |
| Coliformes Fecales | 4,9 x 10 | 7,9 x 10 | 1,4 x 10 | 3,2 x 10 | <1,8 | NMP/100mL |

- Muestreado por el área de monitoreo según procedimiento LB-P-07: Ejecución de Muestreo de Agua.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el área de monitoreo.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo. Indicado en el acta.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas.
- El cliente renuncia al derecho de la dirimencia.

Método de Análisis:

Temperatura: APHA AWWA WEF 2550 B 23rd Edition 2017, Temperature, Laboratory and Field Methods.
 pH: APHA AWWA-WEF Part 4500-H+H, 23rd Edition 2017, pH Value, Electrometric Method.
 Coliformes Fecales: APHA AWWA-WEF Part 9221 E, 23rd Edition, 2017 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group.
 Fecal Coliform Procedure.

LB-F-38

Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
 Surquillo - Lima
 Teléfonos: 242-2696 / 444-8987
 web: www.labecoperu.com
 e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

1 de 2
Revisión: 11

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 034

INFORME DE ENSAYO N° 0220-21

Solicitante : FREYCY TORRES MONTERO
Dirección del Solicitante : PASAJE VILLARICA S/N - HUANCAN
Atención : FREYCY TORRES MONTERO
Proyecto : Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Lugar de Muestreo : Distrito: Pamas, Provincia: Tayacaja, Departamento: Huancavelica
Tipo de Muestra : Agua Residual (Industrial)
Fecha de Monitoreo : 04/05/21
Fecha de Recepción de Muestra : 05/05/21
Fecha de Inicio de Análisis : 05/05/21
Fecha de Término de Análisis : 07/05/21
Fecha de Emisión : 07/05/21

MEDICIONES IN SITU

| Código de Cliente | Descripción | COORDENADAS UTM | |
|-------------------|-----------------------|-----------------|---------|
| | | Norte | Este |
| FCP22 | Agua Tratada del PTAR | 8630442 | 0514620 |
| FSP22 | | | |
| FCP42 | | | |
| FSP42 | | | |

CALIDAD DE AGUA

| Código de Laboratorio | 0210-5 | 0210-6 | 0210-7 | 0210-8 | Límite | Unidad |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Código de Cliente | FCP22 | FSP22 | FCP42 | FSP42 | Detección | |
| Temperatura | 14,8 | 14,9 | 14,9 | 14,1 | 0,1 | °C |
| pH | 7,10 | 7,08 | 7,15 | 7,02 | — | Unid. pH |
| Parámetro Microbiológico | | | | | | |
| Coliformes Fecales | 5,2 x 10 | 7,4 x 10 | 1,2 x 10 | 3,4 x 10 | <1,8 | NMP/100mL |

- Muestreado por el área de monitoreo según procedimiento LB-P-07: Ejecución de Muestreo de Agua.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el área de monitoreo.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado en el acta.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas.
- El cliente renuncia al derecho de la discrepancia.

Método de Análisis:

Temperatura: APHA AWWA WEF 2550 B 23rd Edition 2017, Temperature, Laboratory and Field Methods.
pH: APHA AWWA WEF Part 4500-HHB, 23rd Edition 2017, pH Value, Electrometric Method.
Coliformes Fecales: APHA AWWA WEF Part 9221 E, 23rd Edition, 2017 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group.
Fecal Coliform Procedure.

"EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE"

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 034

INFORME DE ENSAYO N° 0230-21

Solicitante : FREYCY TORRES MONTERO
Dirección del Solicitante : PASAJE VILLARICA S/N.- HUANCAN
Atención : FREYCY TORRES MONTERO
Proyecto : Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Lugar de Muestreo : Distrito: Pampas, Provincia: Tayacaja, Departamento: Huancavelica
Tipo de Muestra : Agua Residual (Domestico)
Fecha de Monitoreo : 04/05/21
Fecha de Recepción de Muestra : 05/05/21
Fecha de Inicio de Análisis : 05/05/21
Fecha de Término de Análisis : 07/05/21
Fecha de Emisión : 07/05/21

MEDICIONES IN SITU

| Código de Cliente | Descripción | COORDENADAS UTM | |
|-------------------|-----------------------|-----------------|---------|
| | | Norte | Este |
| FCP23 | Agua Tratada del PTAR | 8630442 | 0514620 |
| FSP23 | | | |
| FCP43 | | | |
| FSP43 | | | |

CALIDAD DE AGUA

| Código de Laboratorio | 0210-9 | 0210-10 | 0210-11 | 0212-12 | Límite | Unidad |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|-----------|-----------|
| Código de Cliente | FCP23 | FSP23 | FCP43 | FSP43 | Detección | |
| Temperatura | 14,6 | 14,7 | 14,5 | 14,8 | 0,1 | °C |
| pH | 7,05 | 7,04 | 7,12 | 7,04 | — | Unid. pH |
| Parámetro Microbiológico | | | | | | |
| Coliformes Fecales | 4,8 x 10 | 7,7 x 10 | 1,5 x 10 | 3,3 x 10 | <1,8 | NMP/100mL |

- Muestreo por el área de monitoreo según procedimiento LB-P-07: Ejecución de Muestreo de Agua.
- La fecha de muestreo es dato proporcionado por el área de monitoreo.
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo: Indicado en el acta.
- Condición y Estado de la muestra ensayada: Las muestras llegaron refrigeradas.
- El cliente renuncia al derecho de la dimensión.

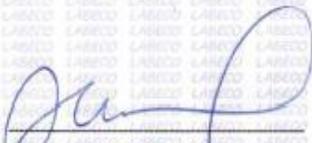
Método de Análisis:

Temperatura: APHA AWWA WEF 2550 B23rd Edition 2017, Temperature, Laboratory and Field Methods.
 pH: APHA AWWA-WEF Part 4500-H+H, 23rd Edition 2017, pH Value, Electrometric Method.
 Coliformes Fecales: APHA AWWA-WEF Part 9221 E, 23rd Edition, 2017 Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group, Fecal Coliform Procedure.

LB-F-40

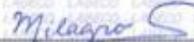
Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
 Surquillo - Lima
 Teléfonos: 242-2696 / 444-8987
 web: www.labecoperu.com
 e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 034**



Ing. Pedro Torre Talavera
CIP 144914

Supervisor de Emisión de Informes de
Ensayo C/CA



Biga. Milagro Taype Villegas
CBP 10623

Coordinador ISO

Lima, 07 de Mayo de 2021.

- Nota 1: El presente documento sólo es válido para la(s) muestra(s) de la referencia.
 - Nota 2: Este resultado no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de productos "o como certificado del sistema de Calidad de la entidad que lo produce".
 - Nota 3: La(s) muestra(s) y corizas muestras se mantendrán por un periodo de siete (7) días de emitido el presente Informe de Ensayo.
 - Nota 4: Toda corrección o enmienda física al presente Informe de Ensayo será emitida con "un nuevo informe que haga referencial al corregido".
 - Nota 5: Está prohibido la reproducción total y/o parcial del presente informe, salvo autorización escrita por LABECO Análisis Ambientales S.C.R.L.
 - Nota 6: Se adjunta el LB-F-13: Cadena de Vigilancia correspondiente a este informe.
 - Nota 7: "Para los parámetros in situ, en matriz agua, se realizan las mediciones por duplicado y se reporta el promedio de las mediciones"
- Anexo 1: Condiciones de recepción.

—o—o—o—o—

LB-F-40
Av. Victor Alzamora 348, Urb. Barrio Medico
Surquillo - Lima
Teléfonos: 242-2696 / 444-8987
web: www.labecoperu.com
e-mail: labeco@labecoperu.com, labecoperu@gmail.com

2 de 2
Revisión: 11

EL USO INDEBIDO DE ESTE INFORME DE ENSAYO CONSTITUYE DELITO SANCIONADO CONFORME A LA LEY, POR LA AUTORIDAD COMPETENTE