



**UNIVERSIDAD NACIONAL
“PEDRO RUIZ GALLO”
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



TESIS

**Evaluación de agua de dren con presencia de macrófitas
acuáticas como alternativa para tratamiento de aguas
residuales, Lambayeque**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÍCOLA

Autor (es):

Bach. Carlos Alonzo Pérez Rodas
Bach. César Orlando Vallejos Rojas

Asesor:

Ing. Jorge Cumpa Reyes

Lambayeque -Perú
2022



UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



TESIS

**Evaluación de agua de dren con presencia de macrófitas
acuáticas como alternativa para tratamiento de aguas
residuales, Lambayeque**

Para optar el título profesional de:

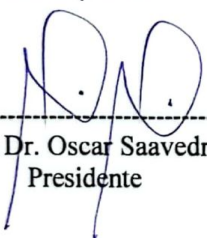
INGENIERO AGRÍCOLA


Autor (es):

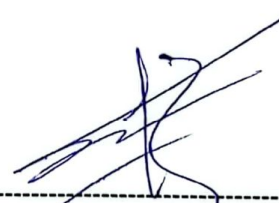
Bach. Carlos Alonzo Pérez Rodas


Bach. César Orlando Vallejos Rojas

Aprobado por:


Ing. Dr. Oscar Saavedra Tafur
Presidente


Ing. Dr. Manuel Zuidercio Maco Chunga
Vocal


Ing. Dr. Wilfredo Díaz Córdova
Secretario


Ing. M.Sc. Jorge Segundo Cumpa Reyes
Patrocinador

DEDICATORIA

Se la dedico al forjador de mi camino, Dios, y su hijo Jesucristo nuestro salvador, el que me acompaña y siempre me levanta en mis continuos tropiezos.

A mis padres Orlando y Gladys, a mi hermana Jaquelin y a mi complemento perfecto Nora, quienes a lo largo de mi vida personal y sentimental me apoyaron y me siguen apoyando, motivados en mi formación académica, creyeron en mí.

A nuestros profesores a quienes les debo gran parte de los conocimientos adquiridos, gracias a su paciencia, enseñanza y por inculcar el amor a esta hermosa carrera.

VALLEJOS ROJAS CÉSAR ORLANDO

Se la dedico al forjador de mi camino, a mi padre celestial, el que me acompaña y siempre me levanta de mi continuo tropiezo.

A mi padre y a mis tías, quienes a lo largo de mi vida me apoyaron y motivados en mi formación académica, creyeron en mí.

A nuestros profesores a quienes les debo gran parte de los conocimientos adquiridos, gracias a su paciencia y enseñanza.

PÉREZ RODAS CARLOS ALONZO

AGRADECIMIENTO

A Dios y su hijo Jesucristo, por el maravilloso regalo de la vida, por guiarme a cada momento y permitirme la superación, por regalarme sabiduría y humildad, para ser un ciudadano de bien.

A mis padres, con mucho cariño por enseñarme el camino del bien con sus buenos consejos, animándome siempre para poder superarme en la vida.

A mi hermana y novia, que siempre me apoyaron dándome consejos en los momentos difíciles de la vida y contando con sus oraciones.

A mi asesor, Dr. Cumpa Reyes Jorge, por apoyarnos con sus conocimientos para la culminación de la tesis.

VALLEJOS ROJAS CÉSAR ORLANDO

A Dios, por el maravilloso don de la vida, por guiarme a cada momento y permitirme la superación, por regalarme sabiduría y humildad, para ser un ciudadano de bien.

A mi padre, con mucho cariño por enseñarme el camino del bien con sus buenos consejos, animándome siempre para poder superarme en la vida.

A mis tías, que siempre me apoyaron dándome consejos en los momentos difíciles de la vida y contando con sus oraciones.

A mi asesor, Ing. Cumpa Reyes Jorge, por apoyarnos con sus conocimientos para la culminación de la tesis.

PÉREZ RODAS CARLOS ALONZO

RESUMEN

El tratamiento de aguas residuales se considera un problema que se extiende a nivel mundial, de acuerdo a datos de la ONU aproximadamente el 80% de agua residual del mundo no pasan por un tratamiento de descontaminación antes de ser vertidas o rehusadas. En Latinoamérica el 70% de las aguas residuales, no reciben ningún tipo de tratamiento. El agua se extrae, usa y devuelve completamente contaminada a los ríos. Por tal motivo el presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del dren 5000 con presencia de macrófitas acuáticas, como alternativa para tratamiento de aguas residuales. La investigación fue de tipo mixta, transversal, comparativa. Se tuvo como muestra tres secciones del D-5000, con una distancia de 3km entre ellos, desde la ciudad de Monsefú, hasta el mar aguas abajo. Se tuvo como resultado después de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos que hubo mejoras en los parámetros de conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y coliformes totales. Por lo que se concluyó que las macrófitas acuáticas presentes en el D-5000, son efectivos en el tratamiento natural de las aguas residuales.

Palabras clave: tratamiento de aguas residuales, drenaje, calidad del agua

ABSTRACT

Wastewater treatment is considered a problem that extends worldwide, according to UN data, approximately 80% of the world's wastewater does not undergo decontamination treatment before being discharged or reused. In Latin America 70% of wastewater does not receive any type of treatment. The water is extracted, used and returned completely contaminated to the rivers. That is why, the present study aimed to evaluate the water quality of the drain 5000 with the presence of aquatic macrophytes, as an alternative for wastewater treatment. The type of research was, mixed, cross-sectional, comparative. Three sections of the D-5000 were taken as a sample, with a distance of 3km between them, from the city of Monsefú to the sea downstream. It was found after the physicochemical and microbiological analyzes that there were improvements in the parameters of electrical conductivity, total suspended solids (TSS), biochemical oxygen demand (BOD), and total coliforms. Therefore, it was concluded that the aquatic macrophytes present in D-5000 are effective in the natural treatment of wastewater.

Keywords: wastewater treatment, drainage, water quality

ÍNDICE

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
RESUMEN	5
ABSTRACT	6
ÍNDICE	7
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	10
INTRODUCCIÓN	11
1.1. Planteamiento del problema	11
1.2. Formulación del problema	12
1.3. Objetivos de la investigación	12
1.3.1. Objetivo general	12
1.3.2. Objetivos específicos	12
1.4. Justificación del estudio	12
1.5. Limitaciones de la investigación	13
CAPÍTULO I: DISEÑO TEÓRICO	14
2.1. Antecedentes del estudio	14
2.2. Bases teóricas	16
2.2.1. Sistema de drenaje	16
2.2.2. Aguas residuales	16
2.2.3. Tratamiento de aguas residuales	16
2.2.4. Análisis fisicoquímico del agua	17
2.2.5. Análisis microbiológico del agua	18
2.2.6. Calidad del agua	18
2.2.7. Macrófitas acuáticas	18
2.2.8. Fitorremediación	19
2.2.9. Eutrofización	19
2.3. Bases conceptuales	20
2.4. Variables	21
2.4.1. Definición conceptual de la variable	21
2.4.2. Definición operacional de la variable	22
2.4.3. Operacionalización de variables	22

2.5. Hipótesis	22
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	23
3.1. Tipo y nivel de investigación	23
3.2. Descripción del ámbito de la investigación	23
3.2.1. Ubicación política	23
3.2.2. Vías de comunicación.....	24
3.3. Población y muestra.....	24
3.4. Técnicas e instrumento para la recolección de datos	25
3.5. Plan de recolección y procesamiento de datos	25
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	26
4.1. Identificación de las macrófitas acuáticas en el D-5000	26
4.2. Evaluación de la calidad del agua del D-5000 en tres secciones con presencia de macrófitas acuáticas.....	37
4.3. Comparación de las evaluaciones de la calidad de agua en cada una de las secciones.....	38
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....	42
CONCLUSIONES	43
RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	45
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables	22
Tabla 2: <i>Tessaria integrifolia</i>	27
Tabla 3: <i>Typha latifolia</i>	28
Tabla 4: <i>Axonopus affinis</i>	30
Tabla 5: <i>Distichlis spicata</i>	31
Tabla 6: <i>Scirpus limensis</i>	32
Tabla 7: <i>Portulaca olerácea</i>	33
Tabla 8: <i>Eichhornia crassipes</i>	34
Tabla 9: <i>Phyla nodiflora</i>	36
Tabla 10: Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua del D-5000	37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de ubicación de los puntos de medición	24
Figura 2: <i>Tessaria integrifolia</i>	26
Figura 3: <i>Typha latifolia</i>	28
Figura 4: <i>Axonopus affinis</i>	29
Figura 5: <i>Distichlis spicata</i>	31
Figura 6: <i>Scirpus limensis</i>	32
Figura 7: <i>Portulaca olerácea</i>	33
Figura 8: <i>Eichhornia crassipes</i>	34
Figura 9: <i>Phyla nodiflora</i>	35
Figura 10: Comparación de la conductividad eléctrica entre las tres muestras	38
Figura 11: Comparación de los sólidos totales entre las tres muestras	39
Figura 12: Comparación de la demanda bioquímica de oxígeno entre las tres muestras	40
Figura 13: Comparación de los coliformes totales entre las tres muestras	41

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Mundial

El tratamiento de aguas residuales se considera un problema que se extiende a nivel mundial, de acuerdo a datos de la ONU aproximadamente el 80% de agua residual del mundo no pasan por un tratamiento de descontaminación antes de ser vertidas o rehusadas, esto trae como consecuencia enfermedades y muertes a la flora y fauna que afectan en varios cientos de miles de millones al PBI del planeta (M. Sánchez, 2017).

Según la Comisión Mundial del Agua, los 500 ríos más grandes del mundo enfrentan problemas de contaminación, a causa del crecimiento poblacional, la falta de inversión por parte del estado y la poca educación pública sobre el tema, provoca que los ríos no reciban el tratamiento que se merecen; sin embargo, ciudades como París y Londres han integrado los ríos a su vida social, económica y urbana, convirtiéndolos en hermosos paisajes (Baratto, 2014).

Yee-Batista (2013) afirmó que en Latinoamérica las aguas residuales no reciben ningún tipo de tratamiento, siendo éstos en un 70%. El agua se extrae, usa y devuelve completamente contaminada a los ríos (Larios-Meoño et al., 2015).

Nacional

En el Perú existen entidades reguladoras, quienes tienen como función supervisar que los decretos supremos referentes al tratamiento de aguas residuales sean cumplidos. Además, también deben velar por el cumplimiento de los LMP (límites máximos permisibles), que cada empresa privada o pública debe cumplir en el vertimiento, riego o rehúso de agua. Sin embargo, el principal problema reside en el insuficiente conocimiento referente a la contaminación ambiental que generan las aguas residuales no tratadas. Además, existen un gran número de plantas de tratamiento de agua residual que no funcionan correctamente, debido a que fueron sobre dimensionadas y no lograron ser lo suficientemente eficientes como se esperó porque no estaban en el lugar y clima adecuado, (M. Sánchez, 2017). De

un total de 143 Plantas de Tratamiento de aguas Residuales Domésticas, solo el 4.9% (7 plantas) operan en niveles óptimos (Larios-Meño et al., 2015).

En el país en el tema de tratamiento de agua solo ha ejecutado el 30% de la inversión pública, de acuerdo al Plan Nacional de Saneamiento Urbano y Rural 2006 – 2015.

1.2. Formulación del problema

¿Son las macrófitas acuáticas una alternativa para el tratamiento de aguas residuales?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Evaluar la calidad del agua del dren 5000 con presencia de macrófitas acuáticas, como alternativa para tratamiento de aguas residuales

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar y describir las macrófitas acuáticas presentes en el D-5000
- Evaluar la calidad del agua del D-5000 en tres secciones con presencia de macrófitas acuáticas mediante el análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST).
- Comparar las diferentes evaluaciones de la calidad del agua en cada una de las secciones con el análisis de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y sólidos suspendidos totales (SST).

1.4. Justificación del estudio

La presente investigación se justifica ya que presenta resultados favorables en diferentes aspectos como:

Agrícola: Con la investigación se obtendrá una propuesta de solución para reducir el impacto de contaminación en el recurso hídrico.

Técnica: Con la investigación se aportará más conocimientos a la comunidad científica, ya que sirve como antecedente para futuras investigaciones

Social: Con la investigación se contribuye a demostrar que las macrófitas en los drenes podrían ser un beneficio para el medio ambiente y la comunidad.

Económica: Con la investigación se aporta con ideas de tratamiento de aguas residuales de manera ecológica y de bajo costo económico.

1.5. Limitaciones de la investigación

Una de las limitaciones de la investigación fue que, al recorrer los drenes de la región, los principales han sido limpiados de toda vegetación a causa de los proyectos de limpieza y descolmatación de los drenes después del fenómeno El Niño del año 2017. Lo que representó una dificultad para encontrar un dren adecuado para llevar a cabo el estudio.

CAPÍTULO I: DISEÑO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del estudio

Internacional

En Shanghai – China. Wang et al. (2017), realizaron una investigación titulada “The effects of two free-floating plants (*Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes*) on the burrow morphology and water quality characteristics of pond loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) habitat” con el objetivo analizar si las plantas que flotan libremente mejoran la idoneidad del hábitat y cambian la morfología de las madrigueras y se pueden usar para mejorar los métodos de cría del pez Loach, se tomó como muestra tres estanques, una sin plantas, otra con *Eichhornia crassipes* y la última con *Pistia stratiotes*. Se obtuvo como resultados que el Jacinto de agua eliminó efectivamente el TN, DQO, NO₃-N y NH₄-N del agua, y la lechuga de agua eliminó el TP y NH₄-N del agua, además el Jacinto de agua y la Lechuga de agua redujeron notablemente la turbidez del agua y el OD, aumentaron el TOC y la CE; en conclusión, el Jacinto de agua purificó el agua de manera más efectiva que la lechuga de agua, proporcionando un hábitat adecuado para la alimentación, la vida y la madriguera de los peces Loachs

En Diamantina Minas Gerais y Río Grande del Norte – Brasil. Vidal-Ribeiro et al. (2019), desarrollaron un estudio denominado “Sensitivity of the macrophytes *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* to hexazinone and dissipation of this pesticide in aquatic ecosystems” que tuvo como objetivo evaluar la sensibilidad de los macrófitos *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* a la hexazinona, así como la disipación de estos pesticidas. Se tuvo como resultado que la presencia de estos macrófitos retrasó la disipación de la hexazinona debido a que deteriora otras vías de degradación de este herbicida en ambientes acuáticos además la presencia de este herbicida en el agua afecta negativamente el crecimiento y desarrollo de los *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes*.

En Nimega – Holanda. Vroom et al. (2018), realizaron una investigación con el nombre de “*Typha latifolia* paludiculture effectively improves water quality and reduces greenhouse gas emissions in rewetted peatlands” el cual tuvo como

objetivo averiguar si la *Typha latifolia* mejora significativamente la calidad del agua y disminuye gases de efecto invernadero. Para lo que se sembró esta planta en humedales y se evaluó después de dos meses; como resultados se obtuvieron que la *Typha latifolia* elimina eficazmente el nitrógeno (N) y fósforo (P), y mitiga en gran medida la emisión de metano (CH₄).

Nacional

En Huancayo, Serapio-Flores (2016), realizó una investigación llamado “Diseño de planta de tratamiento de aguas residuales utilizando humedales artificiales para riego en la ciudad universitaria los módulos, Ayacucho” el cual tuvo por objetivo realizar el diseño de una planta de tratamiento de aguas residuales usando humedales artificiales como tratamiento secundario para el riego dentro de la Ciudad Universitaria San Cristóbal de Huamanga, donde tomó cinco muestras, y que de acuerdo a los análisis, en todos los casos se cumplió los Límites Máximos Permisibles establecidos por el MINAM de la clase IV, agua apta para su reutilización en el riego de áreas verdes, ornamentales y plantaciones forestales. Lo que dio como resultado que el humedal artificial, crea una película purificadora que se nutre de los contaminantes (DBO, SST, nitrógeno, amoníaco, fósforo), obteniendo un 80% a 99% de remoción, además de ser ecológico, de fácil instalación, operación, mantenimiento y económicamente viable.

En Chachapoyas, Castro-Coronel (2016), desarrolló un estudio denominado “Eficiencia del Jacinto de agua (*Eichhornia Crassipes*) y Lenteja de agua (*Lemna Minor*) en el tratamiento de las aguas residuales de la universidad nacional toribio rodríguez de mendoza de amazonas- chachapoyas, 2015” con el objetivo de determinar cuál es la eficiencia de la *Eichhornia crassipes* y la *Lemna minor* en el tratamiento de aguas residuales, se usó tres estanques de vidrio, uno sin presencia de plantas acuáticas y las otras dos con cada una de las especies de plantas donde pasaba el agua previamente tratada en un filtro de gravas. El estudio tuvo como resultado que después de diez días de estar el agua estancado, la *Eichhornia crassipes* mostró mejor eficiencia y seguido por la *Lemna minor*, los cuales obtuvieron un 88.24% y 81.24% de remoción respectivamente.

En Lima, Garay-Aparicio (2017), desarrolló un estudio denominado “Eficacia de las macrófitas jacinto y lenteja de agua para disminuir la concentración del boro, en las aguas minerotermales de la laguna la milagrosa - Chilca, 2017” cuyo objetivo fue determinar la eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua en la disminución de la concentración del boro de la laguna “La Milagrosa” en Chilca, se tomó como muestra 3 codificadas de la siguiente manera, M1 (Jacinto de agua), M2 (Lenteja de agua) y M3 (Jacinto y Lenteja de agua). Se tuvo como resultado que el M1, M2 y M3 obtuvieron un 89.04%, 57.13% y 56.37% respectivamente, en la remoción del Boro.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sistema de drenaje

El drenaje es la remoción de manera natural o artificial del exceso de agua acumulado en la superficie y a lo largo del perfil del suelo (García-Petillo y Chamorro, 2003). El sistema de drenaje tiene como objetivo recolectar, transportar y evacuar las aguas de escurrimiento superficial para mantener la integridad de un terreno y para mantener las características de los cuerpos de agua receptores; además el drenaje tiene como uno de sus principales objetivos controlar de la erosión y la salinidad, minimizando la colmatación y conservar de la calidad fisicoquímica de los cuerpos de agua receptores (L. E. Sánchez, 2000).

2.2.2. Aguas residuales

Son volúmenes de aguas que por actividades humanas han modificado sus características originales, y a causa de bajar la calidad en los volúmenes de agua, es necesario realizar un tratamiento previo, antes de volverlos a usar, antes de verterlos en otro cuerpo de agua natural, o descargarlos al sistema de alcantarillado, para evitar contaminación (OEFA, 2014).

2.2.3. Tratamiento de aguas residuales

Son un conjunto de operaciones unitarias de tipo químico, físico o biológico el cual tiene por finalidad la reducción de los contaminantes o las características no deseables en los cuerpos de agua, ya sean naturales, de abastecimiento, residuales o de proceso. El propósito los tratamientos de agua, estos

tratamientos es devolver a las aguas las características adecuadas para darle otra vez uso, la combinación y naturaleza exacta de los procesos de tratamiento cambia en función de las características del agua al inicio y como se quiere tener al final (Rodríguez de Jorge, 2020).

2.2.4. Análisis fisicoquímico del agua

Consiste en medir las propiedades físicas y químicas del agua tales como ph, la conductividad eléctrica, sólidos totales, bicarbonatos, sulfatos, nitratos, demanda bioquímica, etc. A fin de garantizar la calidad del agua (DIRESACUSCO, 2021).

Conductividad eléctrica

El agua debido a los minerales presentes en su contenido, tienen la capacidad de transportar la corriente eléctrica, y los componentes que se pueden encontrar son la presencia de iones disueltos, tales como los iones más negativos son cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{2-}), carbonato, bicarbonato y los iones positivos son el sodio (Na^+), calcio (Ca^{2+}), potasio (K^+) y magnesio (Mg^{2+}). Por lo que la unidad que representa ésta es micromhos/cm ($\mu\text{S}/\text{cm}$) (Boyd, 2017).

Sólidos totales

Es la materia sólida en suspensión, sedimentada o disuelta en las aguas residuales y que permanecen ahí después del secado y evaporación de las muestras. Ésta generalmente está representada en miligramos por litro (mg/l) (Hernández, 2007).

Demanda bioquímica de oxígeno

Es la estimación de la cantidad de oxígeno que es necesitada en una población heterogénea microbiana con la finalidad de realizar la oxidación de la materia orgánica dentro de un cuerpo de agua en un tiempo estimado de 5 días. Ésta es representada con las unidades de miligramos por litro (mg/l) (Induanálisis, 2021).

2.2.5. Análisis microbiológico del agua

Consiste en medir la cantidad de bacterias patógenas presentes en el agua, que sean un riesgo para la salud tanto de una persona o animales, entre estos análisis tenemos los coliformes totales, coliformes termotolerantes fecales, etc. (DIRESACUSCO, 2021).

Coliformes totales

Es el total de bacterias de la familia de los coliformes que se encuentran en las aguas residuales, y una presencia elevada de este número de bacterias, es un indicador de la contaminación microbiológica del agua. Para esta medida se aplica el método colilert, que indica que se debe usar la unidad de Número Más Probable por 100 ml (NMP/100ml) (Navarro Roa, 2007).

2.2.6. Calidad del agua

Está ligada a la composición química, las características físicas y biológicas presentes en un cuerpo de agua natural o alterado por el humano, éstas característica surgen a través de los diferentes procesos antropogénicos y naturales (García et al., 2004).

2.2.7. Macrófitas acuáticas

Las macrófitas acuáticas son las plantas acuáticas, también conocidas como hidrofitos, son un grupo de plantas capaces de vivir en lugares húmedos y se diferencian entre ellas por el nivel de humedad que necesitan cada una, algunas se desarrollan en pantanos, otros ríos, otros en lagos y otras en el mar. Aquí se pueden observar algunas especies viven totalmente sumergidos en el agua, por otro lado, hay otras solo tienen una parte del tallo fuera del agua y las raíces dentro del agua, pero el resto de su cuerpo por encima del nivel del agua (Rial B, 2003).

Según su fisiología

Plantas flotantes

Son plantas que tienen la capacidad de desarrollarse sobre el agua sin echar raíces en el suelo, estas plantas pueden absorber una gran cantidad de

nutrientes disueltos en el cuerpo de agua a gran velocidad y proyectar sombra debajo del agua, reduciendo la temperatura del agua y los niveles de luz. Tienen hojas y raíces que sirven de refugio y habitat a peces y anfibios, además son excelentes para controlar el desarrollo de algas, debido a que compiten eficientemente por todos los recursos y nutrientes requeridos para su crecimiento y bloquean el ingreso de gran parte de los rayos del sol (Saubot y Serrano, 2002).

2.2.8. Fitorremediación

La fitorremediación es un término que se acuñó en 1991, se compone de las palabras griegas *fito* (planta o vegetal) y *remediar* (remediarse), significa remediar, curar o reparar un daño por medio de organismos vegetales. La fitorremediación es la tecnología que tiene la naturaleza de manera sustentable por medio de las plantas para disminuir *in situ* la concentración o peligrosidad de agentes contaminantes orgánicos e inorgánicos del aire, agua y suelo, por medio de procesos bioquímicos generados por las plantas y los microorganismos asociados a su sistema radicular que dirigen a la reducción, volatilización, degradación, mineralización y estabilización de varios tipos de contaminantes (Núñez et al., 2004).

2.2.9. Eutrofización

Es el proceso donde un ecosistema acuático se enriquece de nutrientes. Este proceso empieza cuando un cuerpo de agua recibe desechos agrícolas o forestales con contenido de nutrientes, que favorecen el crecimiento excesivo de materia orgánica y provoca también el crecimiento acelerado de algas y otras plantas acuáticas, cubriendo la superficie del agua y evitando que la luz solar entre a los niveles inferiores del agua. En consecuencia, el agua empieza hacerse turbia y disminuye la cantidad de luz, por lo que la vegetación de la parte profunda muere al no poder realizar fotosíntesis, provocando que otros microorganismos, como bacterias, se alimenten de la materia muerta, consumiendo el oxígeno que necesitan los peces y moluscos, y evitando el desarrollo de algas tóxicas y microorganismos patógenos que puedan ser causantes de enfermedades (GreenFacts, 2021).

2.3. Bases conceptuales

Erosión del Suelo

Degradación del suelo debido a la acción del agua o el viento, que elimina las capas superiores del suelo, reduciendo su calidad y fertilidad (Aguirre-Salado et al., 2023).

Sedimentación

Proceso por el cual los sedimentos se acumulan en lechos de agua, a menudo como resultado del arrastre de partículas por el movimiento del agua (Aguirre-Salado et al., 2023).

Biomasa de Macrófitas

Cantidad total de materia viva dentro de las macrófitas acuáticas en un área o volumen dado (Maldonado-Jimenez et al., 2021).

Ciclo del Agua

Proceso continuo por el cual el agua se mueve a través de la Tierra y su atmósfera, incluyendo procesos como la evaporación, condensación, precipitación, y escorrentía (Bonan et al., 2021).

Flora Acuática

Conjunto de plantas que viven y se desarrollan en ambientes acuáticos, como ríos, lagos y humedales (Maldonado-Jimenez et al., 2021).

Contaminación del Agua

Introducción de sustancias o condiciones en un cuerpo de agua que alteran negativamente su calidad, afectando a los organismos vivos y al uso humano del agua (Velázquez-Chávez et al., 2022).

Biodiversidad Acuática

Variedad de especies de plantas y animales que habitan en los ecosistemas acuáticos (Maldonado-Jimenez et al., 2021).

Sostenibilidad Ambiental

Manejo de los recursos naturales de manera que se preserven las funciones ecológicas del medio ambiente para las generaciones futuras (Zamora-Martínez et al., 2021).

Biodegradación

Proceso natural por el cual los organismos descomponen sustancias orgánicas, transformándolas en sustancias más simples y menos dañinas para el medio ambiente (Banda-Soriano et al., 2022).

2.4. Variables

Variable independiente:

Macrófitas acuáticas.

Variable dependiente:

Aguas residuales tratadas.

2.4.1. Definición conceptual de la variable

Definición conceptual de macrófitas acuáticas: son plantas que pueden vivir toda su vida en territorios inundados. Entre algunas de estas especies de macrófitas podemos encontrar al Jacinto de agua, los juncos, esparganios, enneas y carrizos; además estas plantas son usadas en estanques, jardines y pequeñas lagunas artificiales (Portillo, 2017).

Definición conceptual de aguas residuales tratadas: pueden ser de varios niveles, primarios, secundarios y avanzados, ésta última se aplica para fines específicos. Las aguas residuales tratadas en este estudio, correspondería a los sistemas primarios los cuales son los más sencillos en la aplicación de la limpieza de agua (Oropeza Burelo, 2004).

2.4.2. Definición operacional de la variable

Definición operacional de macrófitas acuáticas: éstas son las plantas que viven a lo largo de los drenes, y toleran vivir en grandes cantidades de agua.

Definición operacional de aguas residuales tratadas: son aguas que han pasado por un proceso de tratamiento, ya sea físico, químico o biológico como es el caso del estudio.

2.4.3. Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables

Variables	Dimensiones	Indicadores	Técnicas de recolección de datos
Macrófitas acuáticas	Macrófitas acuáticas	Jacinto de agua (<i>Eichhornia crassipes</i>)	Observación / Análisis documental
		Enea (<i>Typha latifolia</i>)	
	Distancia de recorrido	3 puntos de medición en 9 km	Toma de muestras
Aguas residuales tratadas	Tipo de tratamiento	Tratamiento biológico	Análisis de laboratorio
	Calidad de agua	Composición química	Análisis de laboratorio
		Características físicas	
		Características microbiológicas	

2.5. Hipótesis

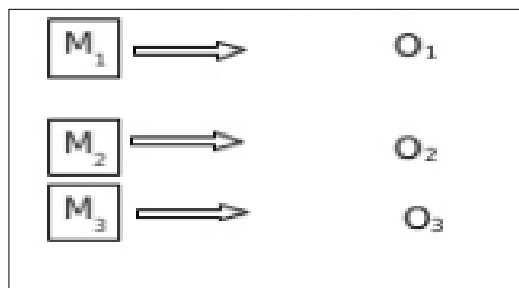
Las macrófitas acuáticas son una alternativa para el tratamiento de aguas residuales

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y nivel de investigación

El tipo de investigación es descriptiva, ya que no busca causas ni consecuencias, solo describir los fenómenos tal como aparecen en la realidad. Es mixto, o cualicuantitativo, debido a que se basa en la observación, recopilación de información en estudios previos y también por el proceso de parámetros cuantificables para evaluar las muestras.

El diseño de la investigación es de tipo comparativo, debido a que por cada muestra se obtiene una observación y se compara unas con otras. Y es transversal, ya que las mediciones ocurren en un momento concreto.



Donde:

M_1 , M_2 y M_3 : Representan las muestras

O_1 , O_2 y O_3 : Representan las observaciones

3.2. Descripción del ámbito de la investigación

3.2.1. Ubicación política

Departamento: Lambayeque

Provincia: Chiclayo

Distrito: Monsefú

Figura 1

Mapa de ubicación de los puntos de medición



Nota. Obtenido de GoogleEarth

3.2.2. Vías de comunicación

Las vías de comunicación hasta el dren 5000, comienzan siguiendo la avenida Miguel Grau saliendo por La Victoria, pasando la vía de evitamiento hasta la entrada de Monsefú, habiendo 10.8km desde la plazuela. Posteriormente se ingresa por trocha carrozable siguiendo el dren hasta llegar al mar. Se toman tramos con distanciamiento mínimo de 3km entre ellos.

3.3. Población y muestra

Población: D-5000, se encuentra en la carretera Chiclayo – Monsefú, por la prolongación de la Av, Miguel Grau.

Muestra: 3 secciones del D-5000, se seleccionaron 3 secciones de todo el dren con un distanciamiento de 3km entre cada sección, para ver la mejora con forme al agua sigue su curso al mar.

3.4. Técnicas e instrumento para la recolección de datos

Técnicas: Observación de laboratorio y análisis documental

Instrumentos: Ficha de observación y guía de análisis documental

Equipos: Peachímetro, GPS, laptop

Materiales: Botella de vidrio

3.5. Plan de recolección y procesamiento de datos

El plan para la recolección de datos fue la siguiente:

- Se recorrió el dren D-5000, para realizar el reconocimiento de campo.
- Se identificó las 3 secciones adecuadas para la recolección de la muestra.
- Se tomó la muestra del agua presente entre las macrófitas, en envases de vidrio.
- Se llevaron al laboratorio para su análisis biológico.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. Identificación de las macrófitas acuáticas en el D-5000

Durante el recorrido del D-5000, se ubicaron diferentes especies de flora acuática, los cuales crecieron por eutrofización, a continuación, se describirán las especies de macrófitas encontradas:

***Tessaria integrifolia*: Pájaro bobo**

Arbusto de madera muy suave. Se adapta a gran diversidad de condiciones edafológicas, debido a que vive en suelos de textura liviana a pesada, por lo que presenta tolerancia a la salinidad de los suelos. Crece en la chala, en la yunga marítima y fluvial del Perú. Se encuentra a orillas de los ríos y acequias o lugares de humedad residual. Se en América del Sur incluyendo el norte y centro de Chile, norte de Argentina, Bolivia, Paraguay, Perú y Uruguay (Tolosa, 2015a).

Figura 2

Tessaria integrifolia



Nota. Obtenido de Google imágenes

Tabla 2

Tessaria integrifolia

Tessaria integrifolia	
Reino	Planta
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Asterales
Familia	Asteraceae
Subfamilia	Asteroideae
Tribu	Inuleae
Género	Tessaria
Especie	integrifolia

Nota. Elaborado a partir de Tolosa (2015)

Typha latifolia: Enea

La enea es una hierba que echa raíces bajo el agua, es un macrófito que se encuentra en la orilla de los cursos de agua lenta, en arroyos, chacras y pozas. La enea puede medir en promedio dos metros de altura con uno a dos centímetros de ancho en sus hojas. Y en las pozas de oxidación llegan a medir hasta 4 metros de altura. La enea tiene dos partes de la inflorescencia, la femenina abajo y la masculina arriba, separadas por la distancia del tallo (Tolosa, 2012a).

Figura 3

Typha latifolia



Nota. Obtenido de Google imágenes

Tabla 3

Typha latifolia

Typha latifolia	
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Typhaceae
Género	Typha
Especie	T. latifolia

Nota. Elaborado a partir de Tolosa (2012)

Axonopus affinis: Gramalote

Es una planta que se adapta al sol como a la sombra. Es originaria de clima cálido y húmedo. Es un género nativo de las regiones subtropicales y tropicales de América, abarcando desde el centro de USA, hasta Chile y Argentina, además tiene presencia en África, Australia y Asia tropical debido a que aparentemente fueron introducido en esos lugares (gardencenterejea, 2018).

Figura 4

Axonopus affinis



Nota. Obtenido de Google imágenes

Tabla 4

Axonopus affinis

Axonopus affinis	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Commelinidae
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Panicoideae
Tribu	Paniceae
Género	Axonopus
Especie	Affinis

Nota. Elaborado a partir de (gardencenterejea, 2018).

Distichlis spicata: Grama salada

Presenta un tallo que nace de los nudos subterráneos. Tiene presencia en los suelos salados, es resistente a la sequía. Hierba de características rudas; por lo general se tupe formando una especie de tapiz, perenne de 0.20- 0.40 m de altura, con rizoma vigoroso, profundos, cubierto de escamas. Su hoja es imbricada estrecha, con vainas glabras (conabio, 2009a).

Figura 5

Distichlis spicata



Nota. Obtenido de Google imágenes

Tabla 5

Distichlis spicata

Distichlis spicata	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Chloridoideae
Tribu	Eragrostideae
Género	Distichlis
Especie	spicata

Nota. Elaborado a partir de (conabio, 2009).

Scirpus limensis: Junco

Es una planta herbácea nativa de América, tiene ramas aéreas provistas de una médula esponjosa. Habita en los charcos, a orillas de los ríos, en los desagüaderos, drenes y pantanos. El Junco tiene flores hermafroditas y frutos en cápsulas. Esta especie se reproduce mediante un potente rizoma subterráneo que genera nuevos tallos y esta cohesión entre tallos genera acumulación de sedimentos que trae el río, lo que origina acumulación de sedimentos (Plants of the World, 2007).

Figura 6

Scirpus limensis



Nota. Obtenido de Google imágenes

Tabla 6

Scirpus limensis

Scirpus Limensis	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Cyperales
Familia	Cyperaceae
Género	Schoenoplectus
Especie	Limensis

Nota. Elaborado a partir de (Plants of the World, 2007).

Portulaca olerácea: Verdolaga

Planta originaria de la India y del Oriente medio, aunque actualmente está a nivel mundial; y en algunas regiones es considerada una maleza. Es de clima templado cálido y húmedo, crece espontáneamente en los campos, huertos y jardines. Abundan en el final del dren, es decir, a la orilla de la playa. Esta planta herbácea forma parte de la familia de las Portulacáceas, su tallo y sus hojas son quebradizos, de color rojizo-carnoso, lampiño y jugoso (conabio, 2009b).

Figura 7

Portulaca olerácea



Nota. Obtenido de Google imágenes

Tabla 7

Portulaca olerácea

Portulaca olerácea	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Caryophyllales
Familia	Portulacaceae
Género	Portulaca
Especie	P. oleracea

Nota. Elaborado a partir de (conabio, 2009).

Eichhornia crassipes: Jacinto de agua

Es una planta invasora, se han extendido prácticamente por todo el mundo, debido a su aspecto ornamental generó su exportación a jardines con medios acuáticos y estanques en climas templados y cálidos. Requiere de aguas estancadas o con poca corriente e intensa iluminación. No resiste los inviernos fríos, solo temperaturas de 15-18°C y brota con bastante facilidad en primavera. Es una especie flotante que acrece de tallo y que tiene las raíces sumergidas, tiene un rizoma muy particular emergente del que sale un rosetón de hojas con una superficie con apariencia inflada como la de globo o en forma una vejiga llena de aire y esponjoso. Las hojas le permiten al jacinto de agua mantenerse sobre la superficie acuática todo el tiempo (Tolosa, 2015b).

Figura 8

Eichhornia crassipes



Nota. Obtenido de Google imágenes

Tabla 8: *Eichhornia crassipes*

<u>Eichhornia crassipes</u>	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Orden	Commelinales
Familia	Pontederiaceae
Género	Eichhornia
Especie	<u>E. crassipes</u>

Nota. Elaborado a partir de Tolosa (2015)

Phyla nodiflora: Turre o hierba de mosquito

Es abundante desde la primavera hasta el otoño especialmente en suelos arenosos, en campos bajos, también se encuentra en zonas ribereñas y en lugares donde hay humedad. Es una planta con hojas de 1-3cm de largo, 10mm de ancho, ovadas y a menudo cubierta con diminutos pelos, su raíz pivotante central puede crecer hasta 80cm de profundidad, pero también cuenta con raíces secundarias que se forman a partir de nudos a lo largo de la raíz central (Tolosa, 2012b).

Figura 9

Phyla nodiflora



Nota. Obtenido de Google imágenes

Tabla 9

Phyla nodiflora

Phyla nodiflora	
Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Lamiales
Familia	Verbenaceae
Género	Phyla
Especie	nodiflora

Nota. Elaborado a partir de Tolosa (2012)

4.2. Evaluación de la calidad del agua del D-5000 en tres secciones con presencia de macrófitas acuáticas

Se realizó la evaluación de la calidad del agua del D-5000 en tres puntos, donde el primer punto tiene la cota más alta cerca de la ciudad de Monsefú, y el tercer punto está en la cota más baja aguas abajo cerca al mar. El análisis fisicoquímico y microbiológico de cada una de las muestras están en la tabla 10, y en la última fila los estándares máximos permitidos de la calidad de agua, por cada parámetro, es así que los datos coloreados son los que no cumplen el estándar emitido por el MINAN.

Además, se aprecia en la tabla que la cantidad de algunos parámetros van decreciendo desde la primera muestra a la tercera, tales como el ph, la conductividad eléctrica, el calcio, el cloruro, los sólidos totales, los bicarbonatos, los sulfatos, los nitratos, el plomo, la demanda bioquímica de oxígeno y los coliformes totales.

Tabla 10

Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua del D-5000

N° de Orden	Dren Colector	Punto de Referencia	Parámetros																
			Análisis Físico - Químico										Microbiológicos						
			ph (a 25°C)	C.E. (uS/cm)	Calcio (Ca) (mg/L)	Magnesio (Mg) (mg/L)	Sodio (Na) (mg/L)	Potasio (K) (mg/L)	Cloruros (mg/L)	Sólidos totales (mg/L)	Bicarbonatos (HCO ₃) (mg/L)	Sulfatos (SO ₄) (mg/L)	Nitratos (NO ₃) (mg/L)	Hierro (Fe) (mg/L)	Cobre (Cu) (mg/L)	Plomo (Pb) (mg/L)	DBO ₅ (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100ml)	Coliformes Termotolerantes Fecales (NMP/100ml)
1	D-5000	-6.86, -79.87	7.5	3660	590	70	437	19.55	545.9	2060	504.45	383.71	9.6	0.2	0	0.01	54.3	6.8 x 10 ³	4.5 x 10 ²
2	D-5000	-6.87, -79.89	7.42	3200	420	90	442	22.45	362.6	1955	412.35	231.6	7.8	0.2	0	0	22	6.2 x 10 ³	5.8 x 10 ²
3	D-5000	-6.89, -79.89	7.44	3010	270	220	462.3	27.37	276.5	1657	337.3	206.5	6.4	0.4	0	0	18	2.4 x 10 ³	2 x 10 ³
Estandar de calidad de agua			6.5 - 8.5	<2500	-	**	-	-	500	<1000	518	1000	100	5	0.2	0.05	15	<5000	<1000/<2000

(a) Decreto supremo N° 004-2017-MINAM

Nota. los datos coloreados, son los que están por arriba del estándar de calidad de agua permitido por el MINAN

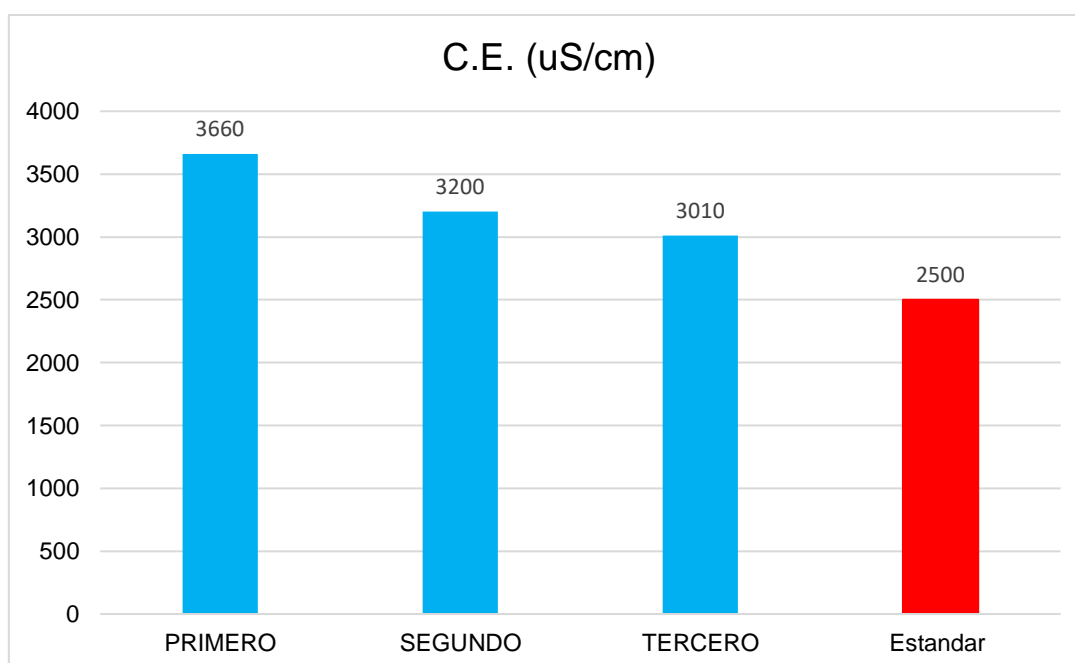
4.3. Comparación de las evaluaciones de la calidad de agua en cada una de las secciones

En la figura 9, se observa que la conductividad eléctrica de las muestras de agua del D-5000, entre los tres puntos, es de manera decreciente conforme se aleja de la ciudad aguas abajo llegando al mar. Sin embargo, en ninguna de las tres está por debajo del máximo permitido por el estándar de calidad del agua emitido por el Ministerio del Ambiente en el Perú.

La conductividad eléctrica de las tres muestras, al estar por encima del estándar permitido, hace que no sea recomendable usarlo ni para agricultura ni ganadería, por la cantidad de iones disueltos.

Figura 10

Comparación de la conductividad eléctrica entre las tres muestras



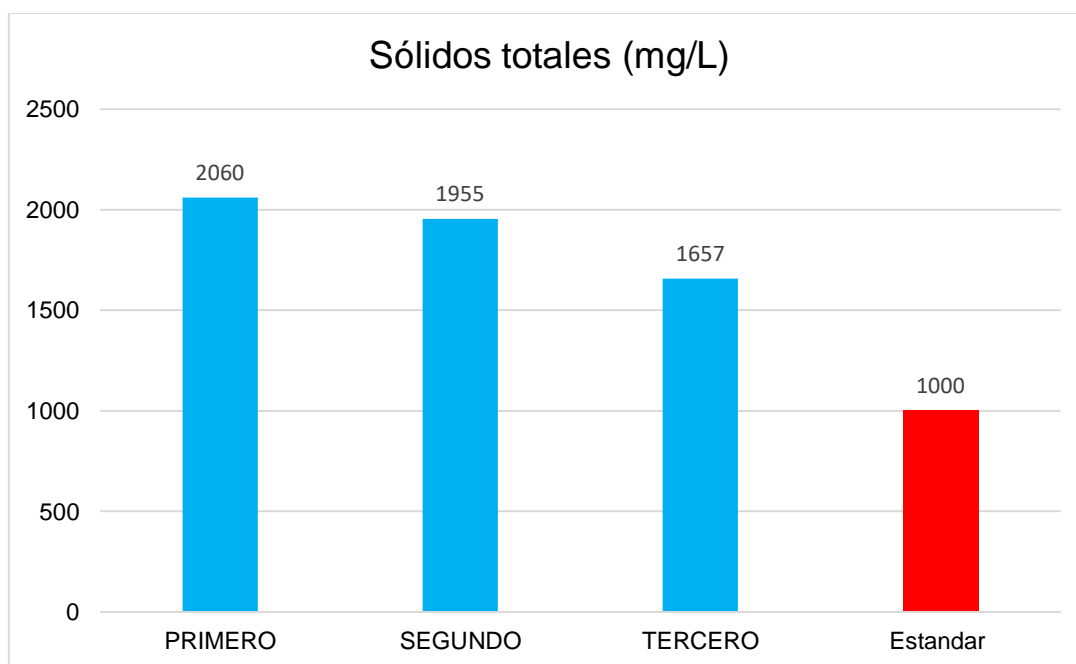
Nota. Elaborado a partir de la Tabla 10 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua del D-5000

En la figura 10, se observa que los sólidos totales de las muestras de agua del D-5000, entre los tres puntos, es de manera decreciente conforme se aleja de la ciudad aguas abajo llegando al mar. Sin embargo, en ninguna de las tres está por debajo del máximo permitido por el estándar de calidad del agua emitido por el Ministerio del Ambiente en el Perú.

La concentración de sólidos totales de las tres muestras, al estar por encima del estándar permitido, hace que no sea recomendable usarlo ni para agricultura ni ganadería, por la cantidad materia que permanece en el agua.

Figura 11

Comparación de los sólidos totales entre las tres muestras



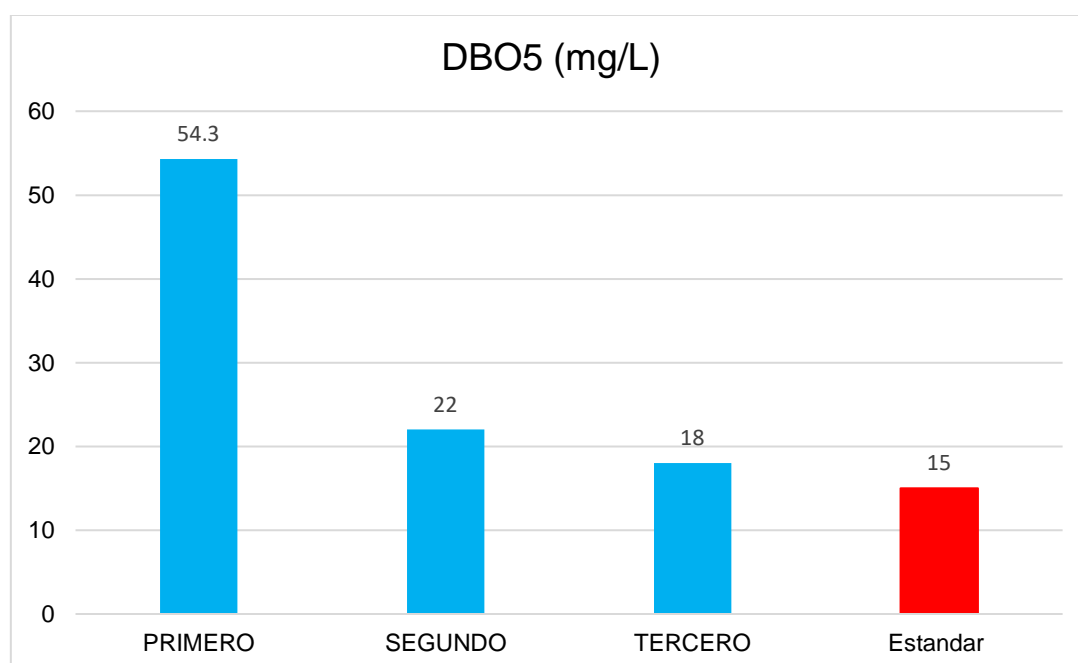
Nota. Elaborado a partir de la Tabla 10 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua del D-5000

En la figura 11, se observa que la demanda bioquímica de oxígeno de las muestras de agua del D-5000, entre los tres puntos, es de manera decreciente conforme se aleja de la ciudad aguas abajo llegando al mar. Sin embargo, en ninguna de las tres está por debajo del máximo permitido por el estándar de calidad del agua emitido por el Ministerio del Ambiente en el Perú.

La demanda bioquímica de oxígeno de las tres muestras, al estar por encima del estándar permitido, hace que no sea recomendable usarlo ni para agricultura ni ganadería, por la cantidad materia que es susceptible de ser consumida u oxidada.

Figura 12

Comparación de la demanda bioquímica de oxígeno entre las tres muestras



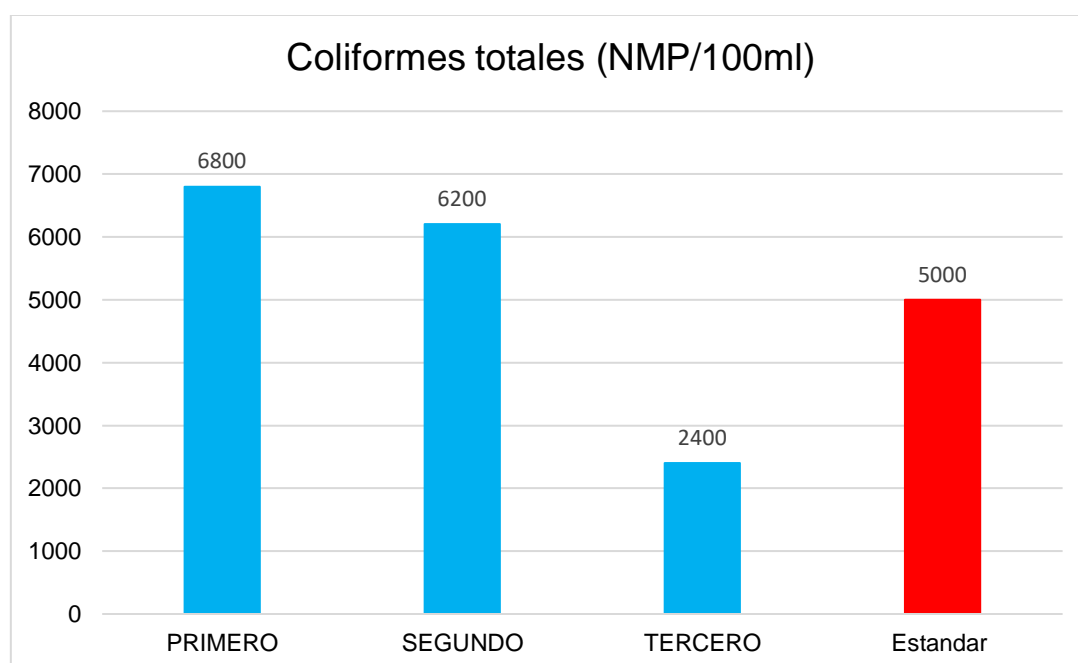
Nota. Elaborado a partir de la Tabla 10 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua del D-5000

En la figura 12, se observa que los coliformes totales de las muestras de agua del D-5000, entre los tres puntos, es de manera decreciente conforme se aleja de la ciudad aguas abajo llegando al mar. Sin embargo, solo en la tercera muestra está por debajo del máximo permitido por el estándar de calidad del agua emitido por el Ministerio del Ambiente en el Perú.

Los coliformes totales de dos de las muestras, al estar por encima del estándar permitido, hace que no sea recomendable usarlo ni para agricultura ni ganadería, por la cantidad de bacterias que se encuentran en el agua.

Figura 13

Comparación de los coliformes totales entre las tres muestras



Nota. Elaborado a partir de la Tabla 10 Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua del D-5000

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN

Se identificó y se describió la flora presente en el dren 5000, entre ellas la *Tessaria integrifolia*, *Typha latifolia*, *Axonopus affinis*, *Distichlis spicata*, *Scirpus limensis*, *Portulaca olerácea*, *Phyla nodiflora*, *Eichhornia crassipes* y *Phyla nodiflora*, que al igual que Vidal-Ribeiro et al. (2019) identificaron a la *Pistia stratiotes* y *Eichhornia crassipes* y Garay-Aparicio (2017), identificó al Jacinto de agua y Lenteja de agua, como alternativas en el tratamiento de aguas residuales por su naturaleza acuática y resistente a vivir en un ambiente con presencia de contaminantes.

Se evaluó la calidad del agua en el dren 5000 la presencia de las macrófitas, en tres secciones mediante análisis fisicoquímicos y microbiológicos, donde se observó que con forme se aleja de la ciudad, la calidad del agua se ve mejorada de los sólidos suspendidos totales (SST) y la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), al igual que Vroom et al. (2018) y Serapio-Flores (2016), que en sus estudios, determinaron que las macrófitas acuáticas, mejoran notablemente la calidad de las aguas residuales.

Se comparó las tres evaluaciones en las diferentes secciones del dren 5000, de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos con la conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y el parámetro microbiológico con los coliformes totales, donde se observó que la presencia de las macrófitas acuáticas en el D-5000, son una manera natural y ecológica de reducir los contaminantes en el agua, siendo éstos una opción de tratamiento primario y extensivo. Y así como Wang et al. (2017) y Castro-Coronel (2016), también determinaron que éstas macrófitas acuáticas, son altamente eficientes para la purificación de las aguas residuales.

CONCLUSIONES

Después de identificar y describir las macrófitas acuáticas presentes en el D-5000, y revisar la bibliografía, se concluyó que estas plantas existen de manera natural para generar el balance ambiental que necesita el agua, ya que se nutren y pueden sobrevivir en aguas residuales.

Posteriormente de evaluar la calidad del agua del D-5000 en tres secciones con presencia de macrófitas acuáticas mediante el análisis fisicoquímicos y microbiológicos, se concluyó que estas plantas acuáticas son una alternativa ecológica para un primer tratamiento de las aguas residuales, ya que reducen la presencia de contaminantes en el agua.

Finalmente, al comparar las diferentes evaluaciones de la calidad del agua en cada una de las secciones, de acuerdo a los parámetros fisicoquímicos con la conductividad eléctrica, sólidos suspendidos totales (SST), demanda bioquímica de oxígeno (DBO), y el parámetro microbiológico con los coliformes totales, se concluyó que las macrófitas acuáticas, cumplen un rol importante en la naturaleza, manteniendo en equilibrio la calidad del agua.

RECOMENDACIONES

Para la Población de Monsefú y Alrededores: Se insta a los habitantes a no arrojar basura o residuos en los drenes. Esta acción es crucial para preservar la calidad del agua y el suelo, fundamentales para la agricultura y la ganadería. Los resultados del estudio, que muestran la eficacia de las macrófitas acuáticas en mejorar la calidad del agua, subrayan la importancia de mantener los drenes libres de contaminación.

Para EPSEL: Se sugiere mejorar el tratamiento de aguas residuales y evitar su vertimiento directo en los drenes. El estudio demuestra cómo las macrófitas pueden contribuir a un tratamiento más eficiente y sostenible, por lo tanto, se recomienda considerar la integración de métodos naturales, como el uso de macrófitas, en los procesos de tratamiento de aguas.

Para PEOT: Se aconseja que, durante la limpieza de los drenes, se conserve un porcentaje de la flora, especialmente las macrófitas identificadas como más efectivas en la purificación del agua. Esta medida puede ayudar a reducir la contaminación que llega al mar y mejorar la calidad del agua, como lo indica la investigación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguirre-Salado, O. T., Pérez-Nieto, J., Aguirre-Salado, C. A., Monterroso-Rivas, A. I., & Gallardo-Lancho, J. F. (2023). Erosión hídrica, redistribución del carbono orgánico del suelo y conservación del suelo y agua: Una revisión. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 29(3), Article 3. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2022.10.075>
- Banda-Soriano, Y., Oltehua-López, O., Texier, A.-C., Cuervo-López, F. de M., Banda-Soriano, Y., Oltehua-López, O., Texier, A.-C., & Cuervo-López, F. de M. (2022). Biodegradación de antibióticos por desnitrificación y efectos sobre la fisiología, cinética y comunidades microbianas desnitrificantes. *Hidrobiológica*, 32(1), 59-70. <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2022v32n1/banda>
- Baratto, R. (2014). *Ocho ejemplos de que es posible descontaminar los ríos urbanos*. Plataforma Urbana. <http://www.plataformaurbana.cl/archive/2014/01/21/ocho-ejemplos-de-que-es-posible-descontaminar-los-rios-urbanos/>
- Bonan, L., Bonanata, J., González, M. L., Pittaro, A., Chadwick, G., & Azpiazu, S. (2021). La significatividad del ciclo del agua: Un camino para explorar modos de construir una educación científica intercultural. *Tecné, Episteme y Didaxis: TED*, 50, 15-33.
- Boyd, C. (2017). *Conductividad eléctrica del agua, parte 1* « Global Aquaculture Advocate. Global Aquaculture Alliance. <https://www.aquaculturealliance.org/advocate/conductividad-electrica-del-agua-parte-1/>

- Castro-Coronel, E. (2016). *EFICIENCIA DEL JACINTO DE AGUA (Eichhornia crassipes) Y LENTEJA DE AGUA (Lemna minor) EN EL TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS- CHACHAPOYAS, 2015*. Universidad Nacional Toribio Rodriguez de Mendoza de Amazonas.
<http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/657>
- conabio. (2009a). *Distichlis spicata—Ficha informativa*.
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/poaceae/distichlis-spicata/fichas/ficha.htm>
- conabio. (2009b). *Portulaca oleracea—Ficha informativa*.
<http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/portulacaceae/portulaca-oleracea/fichas/ficha.htm>
- DIRESACUSCO. (2021). *Programa de vigilancia y calidad del agua*.
http://www.diresacusco.gob.pe/salud_comunitaria/saneamiento/componente1.htm
- Garay-Aparicio, I. B. (2017). *EFICACIA DE LAS MACRÓFITAS JACINTO Y LENTEJA DE AGUA PARA DISMINUIR LA CONCENTRACIÓN DEL BORO, EN LAS AGUAS MINEROTERMALES DE LA “LAGUNA LA MILAGROSA - CHILCA, 2017*. Universidad Cesar Vallejo.
<http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/3525>
- García, M., Sánchez, F. D., Marín, R., Guzmán, H., Verdugo, N., Domínguez, E., Vargas, O., Panizzo, L., Sánchez, N., Gómez, J., & Cortés, G. (2004). *El Agua*. 1-76.
- García-Petillo, M., & Chamorro, A. (2003). *Drenaje del perfil de viñedos. Evaluación del efecto en la napa freática, el rendimiento y la calidad de la*

uva.

<http://www.fagro.edu.uy/~hidrologia/riego/Seminario%20drenaje%20DSA.pdf>

gardencenterejea. (2018, octubre 17). Axonopus affinis, césped que podría embellecer el jardín. *Blog Garden Center Ejea*.

<https://blog.gardencenterejea.com/axonopus-affinis-cesped/>

GreenFacts. (2021). *Glosario: Eutrofización*.

<https://www.greenfacts.org/es/glosario/def/eutrofizacion.htm>

Hernández, A. M. (2007). *SÓLIDOS SUSPENDIDOS TOTALES EN AGUA*

SECADOS A 103 – 105 °C. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales.

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Suspendidos+Totales+en+aguas.pdf/f02b4c7f-5b8b-4b0a-803a-1958aac1179c>

Induanálisis. (2021). *DBO y DQO | Publicaciones*. Induanalisis, Laboratorio, monitoreo, consultoría y equipo. Bucaramanga - Col.

https://www.induanalisis.com/publicacion/detalle/dbo_y_dqo_31

Larios-Meño, F., Gonzáles, C., & Morales, Y. (2015). Las aguas residuales y sus consecuencias en el Perú. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la USIL*, 11(2). <https://www.usil.edu.pe/sites/default/files/revista-saber-y-hacer-v2n2.2-1-19set16-aguas-residuales.pdf>

Maldonado-Jimenez, I., Aparicio-Saavedra, M. E., Maldonado-Jimenez, I., & Aparicio-Saavedra, M. E. (2021). Estimación del almacenamiento de carbono en la biomasa de macrófitas en la Bahía interior de Puno, lago Titicaca. *Ecosistemas y recursos agropecuarios*, 8(2).

<https://doi.org/10.19136/era.a8n2.2848>

- Navarro Roa, M. O. (2007). *COLIFORMES TOTALES Y E. COLI POR EL MÉTODO DE FILTRACIÓN POR MEMBRANA EN AGAR CHROMOCULT*.
<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Coliformes+totales+y+E.+coli+en+Agua+Filtraci%C3%B3n+por+Membrana.pdf/5414795c-370e-48ef-9818-ec54a0f01174>
- Núñez López, R. A., Meas Vong, Y., Ortega Borges, R., & J. Olguín, E. (2004). Fitorremediación: Fundamentos y aplicaciones. *Ciencia*, 1-15.
- OEFA. (2014). *Fiscalización ambiental en Aguas Residuales* (p. 42). Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.
https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827
- Oropeza Burelo, V. M. (2004). *Tratamiento de aguas residuales*. Universidad de las Américas.
http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lar/oropeza_b_vm/capitulo4.pdf
- Plants of the World. (2007). *Schoenoplectus pungens var. Pungens* | *Plants of the World Online* | Kew Science. Plants of the World Online.
<http://powo.science.kew.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:77170598-1>
- Portillo, G. (2017). *Qué son las plantas macrófitas*.
<https://www.jardineriaon.com/que-son-las-plantas-macrofitas.html>
- Rial B, A. (2003). *El concepto de planta acuática en un humedal de los Llanos de Venezuela*. <http://www.fundacionlasalle.org.ve/userfiles/11-Memoria155%20119-132.pdf>
- Rodríguez de Jorge, L. (2020, diciembre 15). *El proceso de tratamiento de aguas residuales y eliminación de contaminantes emergentes* [Text]. iAqua;

- iAgua. <https://www.iagua.es/blogs/lander-rodriguez-jorge/proceso-tratamiento-aguas-residuales-y-eliminacion-contaminantes>
- Sánchez, L. E. (2000). *Drenaje de minas a cielo abierto*. UNESCO.
<http://biblioteca.unmsm.edu.pe/redlieds/Recursos/archivos/MineriaDesarrolloSostenible/MedioAmbiente/cierre%20de%20minas.pdf>
- Sánchez, M. (2017). *Aguas residuales en Perú, realidad 2017*.
<https://www.iagua.es/blogs/maria-sanchez-montes/aguas-residuales-peru-costo-improvisacion>
- Saubot, P. J., & Serrano, G. (2002). *Plantas Flotantes*.
http://www.elestanque.com/plantas/plantas_flotantes.html
- Serapio-Flores, L. (2016). *DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES UTILIZANDO HUMEDALES ARTIFICIALES PARA RIEGO EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA LOS MODULOS, AYACUCHO*.
Uniersidad Peruana del Centro.
<http://repositorio.upecen.edu.pe/handle/UPECEN/83>
- Tolosa, H. (2012a, marzo 11). Totorá (Typha latifolia). *Flora Bonaerense*.
<https://florabonaerense.blogspot.com/search>
- Tolosa, H. (2012b, junio 19). Yerba del mosquito (Phyllanthus canescens). *Flora Bonaerense*. <https://florabonaerense.blogspot.com/search>
- Tolosa, H. (2015a, marzo 15). Flora Bonaerense: Aliso de río (Tessaria integrifolia). *Flora Bonaerense*.
<https://florabonaerense.blogspot.com/2013/12/aliso-de-rio-tessaria-integrifolia.html>
- Tolosa, H. (2015b, diciembre 8). Flora Bonaerense: Camalote (Eichhornia crassipes). *Flora Bonaerense*.

<https://florabonaerense.blogspot.com/2015/12/camalote-eichhornia-crassipes.html>

- Velázquez-Chávez, L. de J., Ortiz-Sánchez, I. A., Chávez-Simental, J. A., Pámanes-Carrasco, G. A., Carrillo-Parra, A., & Pereda-Solís, M. E. (2022). *Influencia de la contaminación del agua y el suelo en el desarrollo agrícola nacional e internacional*. 25.
<https://doi.org/10.22201/fesz.23958723e.2022.482>
- Vidal-Ribeiro, V. H., Barbalho-Alencar, B. T., Correa-dos-Santos, N. M., Martins-da-Costa, V. A., Barbosa-dos-Santos, J., Teodoro-Francino, D. M., De-Freitas-Souza, M., & Valadão-Silva, D. (2019). Sensitivity of the macrophytes *Pistia stratiotes* and *Eichhornia crassipes* to hexazinone and dissipation of this pesticide in aquatic ecosystems. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 177-183.
- Vroom, R. J. E., Xie, F., Geurts, J. J. M., Chojnowska, A., Smolders, A. J. P., Lamers, L. P. M., & Fritz, C. (2018). *Typha latifolia* paludiculture effectively improves water quality and reduces greenhouse gas emissions in rewetted peatlands. *Ecological Engineering*, 88-98.
- Wang, J., Fu, G., Li, W., Shi, Y., Pang, J., Wang, Q., Lü, W., Liu, C., & Liu, J. (2017). The effects of two free-floating plants (*Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes*) on the burrow morphology and water quality characteristics of pond loach (*Misgurnus anguillicaudatus*) habitat. *Aquaculture and Fisheries*, 1-8.
- Zamora-Martínez, M. C., Maya-Martínez, A., Uzcanga-Pérez, N. G., Rogel-Salazar, R., Santiago-Bautista, I., Reygadas Prado, G. F., & Villavicencio-Gutiérrez, E. E. (2021). *Investigaciones sobre sostenibilidad de los*

recursos naturales en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. 12. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v12iespecial-1.1144>

ANEXOS

Anexo 1: Punto de medición 1



Anexo 2: Punto medición 2

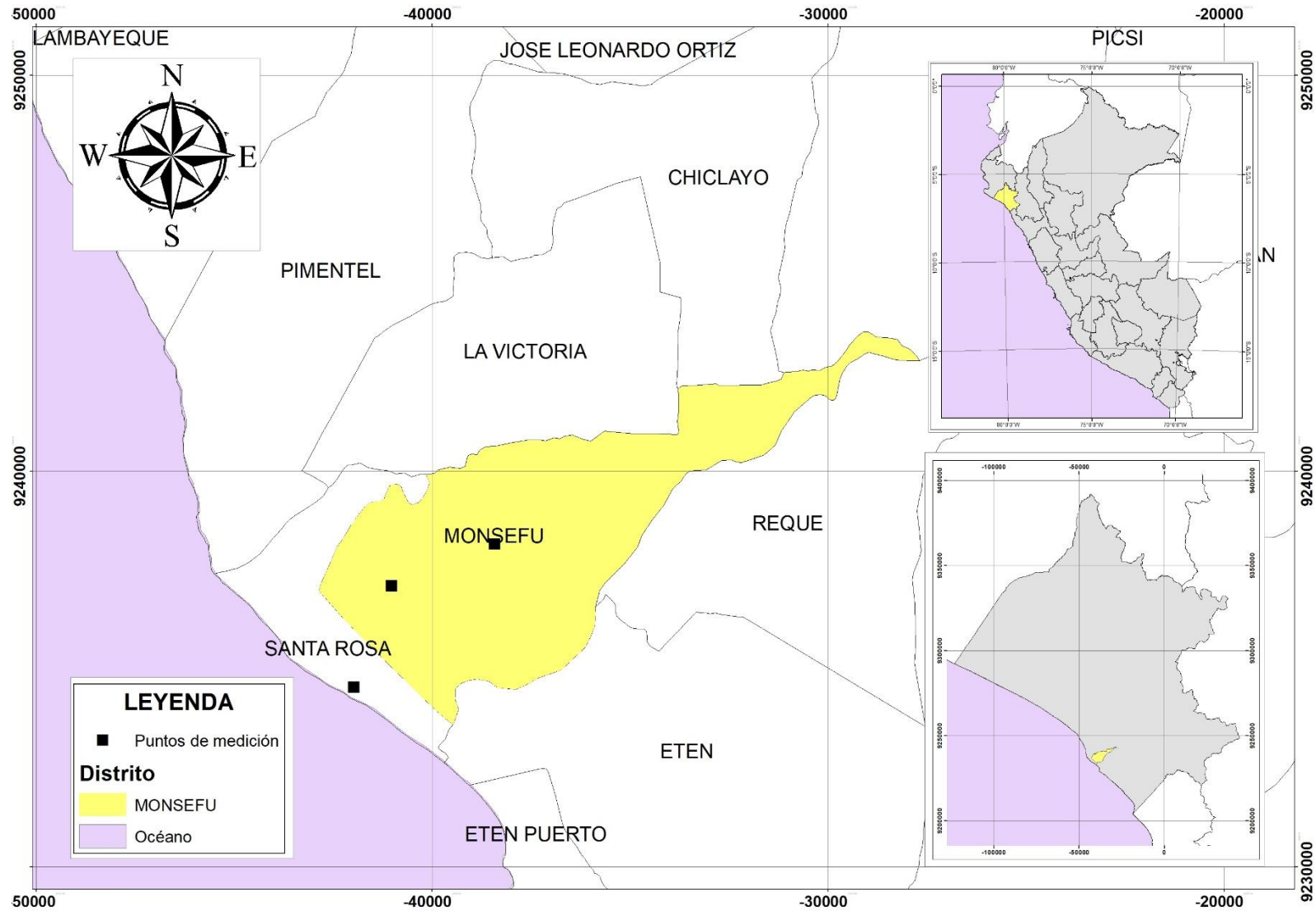


Anexo 3: Punto de medición 3





Anexo 4: Mapa de ubicación de los puntos de medición





UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
UNIDAD DE INVESTIGACION



Ciudad Universitaria – Lambayeque – IP. 4058



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL N°005-2022-UINV-FIA

Siendo las 11:00 horas del día 10 de agosto de 2022, se reunieron vía plataforma virtual: meet.google.com/hwo-qxnh-qot, los Miembros del Jurado designado mediante Resolución N°432-2021-FIA-VIRTUAL, conformado por:

DR. OSCAR SAAVEDRA TAFUR
DR. WILFREDO DIAZ CORDOVA
M.SC. MANUEL ZUIDERCIO MACO CHUNGA

Presidente
Secretario
Vocal

Para llevar a cabo la sustentación virtual de tesis citados mediante Resolución N°230-2022-FIA-VIRTUAL; denominado **“EVALUACIÓN DE AGUA DE DREN CON PRESENCIA DE MACRÓFITAS ACUÁTICAS COMO ALTERNATIVA PARA TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, LAMBAYEQUE”** presentado por los bachilleres **CARLOS ALONZO PÉREZ RODAS Y CÉSAR ORLANDO VALLEJOS ROJAS** y patrocinado por el **M.SC. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola.

Luego de culminada la sustentación, el Jurado procedió a realizar las preguntas a los sustentantes y si hubieran observaciones, anotándolas para su corrección respectiva, el jurado luego de evaluar las rubricas decidió **APROBAR** la tesis con el calificativo de **BUENO** correspondiente a la nota de **16 (DIECISEIS)**.

En consecuencia, los referidos Bachilleres quedan aptos para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrícola, de acuerdo a la Ley universitaria 30220, el Estatuto y Reglamento de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Siendo las 12:22 horas del mismo día, se dio por finalizado el acto de sustentación y se procedió a firmar la presente acta los que en ella han intervenido

DR. OSCAR SAAVEDRA TAFUR
Presidente de Jurado

DR. WILFREDO DIAZ CORDOVA
Secretario de Jurado

M.SC. MANUEL Z. MACO CHUNGA
Vocal del jurado

M.SC. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES
Patrocinador

UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTAD DE INGENIERIA AGRICOLA

Dr. Wilfredo Díaz Córdova
Director de la Unidad de Investigación -FIA



Firmado digitalmente por:
DIAZ CORDOVA Wilfredo FAU
20105685875 soft
Motivo: Soy el autor del
documento
Fecha: 24/08/2022 13:40:49-0500



CONSTANCIA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, **JORGE SEGUNDO CUMPA REYES**, Docente Principal de la Facultad de Ingeniería Agrícola, asesor de la Tesis : **"Evaluación de agua de dren con presencia de macrófitas acuáticas como alternativa para tratamiento de aguas residuales, Lambayeque"**, presentada por los bachilleres, **CARLOS ALONZO PÉREZ RODAS y CÉSAR ORLANDO VALLEJOS ROJAS**, luego de la revisión exhaustiva del documento y de igual manera he constatado, que la misma tiene un índice de similitud de 16 % verificable en el reporte de similitud del programa Turnitin.

El suscrito ha analizado dicho reporte y concluye que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio.

A mi criterio personal, la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo.

Lambayeque, 24 de Marzo del 02



M. Sc. Ing. **JORGE SEGUNDO CUMPA REYES**
DOCENTE ASESOR

Adjunto: Resumen del Reporte (Con porcentaje y parámetros de configuración)

Evaluación de agua de dren con presencia de macrófitas acuáticas como alternativa para tratamiento de aguas residuales, Lambayeque

INFORME DE ORIGINALIDAD

16%

INDICE DE SIMILITUD

17%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

hdl.handle.net

Fuente de Internet

2%

2

repositorio.unprg.edu.pe

Fuente de Internet

1%

3

repositorio.ucv.edu.pe

Fuente de Internet

1%

4

repositorio.uap.edu.pe

Fuente de Internet


1%

5

www.przetargi.info

Fuente de Internet

1%


M. Sc. Ing. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES
DOCENTE ASESOR

6

repositorio.unjfsc.edu.pe

Fuente de Internet

1%

7

repositorio.udh.edu.pe

Fuente de Internet

1%


8

Submitted to Universidad Manuela Beltrán

Trabajo del estudiante

1%

9	repositorio.ucss.edu.pe Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.upagu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.udl.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Catolica De Cuenca Trabajo del estudiante	<1 %
15	repository.unad.edu.co Fuente de Internet	<1 %
16	bolsa-trabajo.upads.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	jhadim.blogspot.com Fuente de Internet	<1 %
18	www.archdaily.mx Fuente de Internet	<1 %
19	repositorio.ute.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
20	www.undp.org.cu Fuente de Internet	<1 %



M. Sc. Ing. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES
DOCENTE ASESOR

21

docplayer.es

Fuente de Internet

<1%

22

es.unionpedia.org

Fuente de Internet

<1%

23

Submitted to Colegio Nueva Inglaterra

Trabajo del estudiante

<1%

24

repositorio.unsa.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

25

Submitted to Garrison Forest High School

Trabajo del estudiante

<1%

26

redjusticiaambientalcolombia.files.wordpress.com

Fuente de Internet

<1%

27

cienciasforestales.inifap.gob.mx

Fuente de Internet

<1%

28

repositorio.unj.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

29

repositorio.utn.edu.ec

Fuente de Internet

<1%

30

es.scribd.com

Fuente de Internet

<1%

31

sinergiejournal.eu

Fuente de Internet


<1%

32

tesis.usat.edu.pe

Fuente de Internet

<1%



M. Sc. Ing. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES
DOCENTE ASESOR

33

www.bdigital.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1%

34

apps.who.int

Fuente de Internet

<1%

35

es.convdocs.org

Fuente de Internet

<1%

36

repositorio.continental.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

37

ri.uaemex.mx

Fuente de Internet

<1%

38

Submitted to Pontificia Universidad Catolica de Chile

Trabajo del estudiante

<1%

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 15 words

Excluir bibliografía

Activo



M. Sc. Ing. JORGE SEGUNDO CUMPA REYES
DOCENTE ASESOR



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por **Turnitin**. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Carlos Alonzo Pérez Rodas César Orlando Vallejos Rojas
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Evaluación de agua de dren con presencia de macrófitas ac...
Nombre del archivo: TESIS_ALONZO_Y_CESAR_07-12-2023.docx
Tamaño del archivo: 7.2M
Total páginas: 54
Total de palabras: 8,007
Total de caracteres: 45,730
Fecha de entrega: 07-dic.-2023 10:50p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2252091561

 UNIVERSIDAD NACIONAL
"PEDRO RUIZ GALLO"
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA 

TESIS

Evaluación de agua de dren con presencia de macrófitas
acuáticas como alternativa para tratamiento de aguas
residuales, Lambayeque

Para optar el título profesional de:
INGENIERO AGRÍCOLA

Autor (es):
Bach. Carlos Alonzo Pérez Rodas
Bach. César Orlando Vallejos Rojas

Avisor:
Ing. Jorge Cumpa Reyes

Lambayeque - Perú
2023

Derechos de autor 2023 Turnitin. Todos los derechos reservados.


Ing. M. Sc. Jorge Segundo Cumpa Reyes