



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando la *Typha Domingensis* y *Echhornia crassipes*

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Chilcon Rojas, Maria Susana (orcid.org/0000-0001-8140-3167)

Chiuca Bonifacio, Lastenia Maribel (orcid.org/0000-0002-4866-4645)

ASESOR:

Dr. Ordoñez Galvez, Juan Julio (orcid.org/0000-0002-3419-7361)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA — PERÚ

2022

DEDICATORIA

Dedico esta tesis con todo mi amor y cariño a mis padres Clemente Chilcón y Rosa Elvira Rojas por estar conmigo en todo momento, por creer en mí, por brindarme su infinita comprensión, quienes con sus palabras de aliento nunca me dejaron caer.

Dedico también a mis 4 hermanos Wilmer, Edward, Robert y Elita, quienes estuvieron compartiendo conmigo momentos de alegrías y tristezas, son mi fuente de inspiración y mi motivación para superarme día a día.

Chilcón Rojas María Susana

A mi padre celestial por ser el motor de la vida, por darme fuerza en mis debilidades. A mi padre Juan Chiuca por ser el pilar más importante, por ser mi amigo, mi consejero, por apoyarme durante la trayectoria de mi formación profesional, quien me motivo a cumplir mi sueño más deseado. Gracias papá por creer en mí, sé que tu sabiduría me ha forjado, todo lo que soy te lo debo a ti, no habrá nadie quien te sustituya, quiero que sepas que ocupas un lugar muy especial en mi corazón, te Amo papá.

Chiuca Bonifacio Lastenia Maribel

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por su incansable amor y bondad, por ser mi guía. A pesar de las dificultades y obstáculos fue mi fortaleza; a mis padres Juan Chiuca y Margarita Aranibar, por formarme una persona con valores, quienes me enseñaron a valorar los resultados de un gran esfuerzo y sacrificio, también le agradezco a mis hermanas Elizabeth y Noemi que siempre estuvieron apoyándome, por compartir momentos de alegrías y tristezas por animarme e impulsarme a seguir adelante, a mi asesor Ordoñez Gálvez Juan Julio por su apoyo y orientación, no fue fácil el camino para llegar hasta donde estoy, pero gracias a su amor y apoyo pude lograr mis objetivos.

Chiuca Bonifacio Lastenia Maribel

Primeramente, doy las gracias a Dios por su infinito amor y bondad, quien me guía siempre por el buen camino para poder lograr todas mis metas propuestas. Este trabajo de tesis es una de mis metas hecho realidad gracias a la ayuda de Dios, porque siempre estuvo conmigo en cada escalón para llegar a mi meta. También doy las gracias a mi familia que con sus sabios consejos me ayudaron a no rendirme, a seguir adelante a pesar de los obstáculos y a logra cada objetivo que me proponga.

Chilcón Rojas María Susana



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando la Typha Domingensis y Eichhornia crassipes", cuyos autores son CHIUCA BONIFACIO LASTENIA MARIBEL, CHILCON ROJAS MARIA SUSANA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 16 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
ORDOÑEZ GALVEZ JUAN JULIO DNI: 08447308 ORCID: 0000-0002-3419-7361	Firmado electrónicamente por: JORDONEZ02 el 28- 11-2022 18:08:24

Código documento Trilce: TRI - 0443055





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, CHILCON ROJAS MARIA SUSANA, CHIUCA BONIFACIO LASTENIA MARIBEL estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Tratamiento de aguas residuales domésticas utilizando la Typha Domingensis y Eichhornia crassipes", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
CHIUCA BONIFACIO LASTENIA MARIBEL DNI: 78431318 ORCID: 0000-0002-4866-4645	Firmado electrónicamente por: LCHIUCA el 07-12-2022 22:30:18
CHILCON ROJAS MARIA SUSANA DNI: 71691128 ORCID: 0000-0001-8140-3167	Firmado electrónicamente por: MCHILCON el 07-12-2022 20:55:50

Código documento Trilce: INV - 1229244

Índice de contenidos

CARÁTULA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	14
3.2. Variables y operacionalización	14
3.3. Población, muestra y muestreo	14
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	15
3.5. Procedimientos	16
3.6. Método de análisis de datos	20
3.7. Aspectos éticos	21
IV. RESULTADOS	22
V. DISCUSIONES	51
VI. CONCLUSIONES	55
VII. RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS	58
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Validación de expertos	16
Tabla 2. Tamaño de la raíz de las macrofitas	22
Tabla 3. Tamaño de hojas de las macrofitas.....	22
Tabla 4. Cantidad de hojas de las macrofitas	23
Tabla 5. Tamaño de tallo de la macrofita <i>Typha domingensis</i>	24
Tabla 6. Tamaño de bulbos de aire de la macrofita <i>Eichhornia crassipes</i>	24
Tabla 7. Prueba de normalidad de las características morfológicas de la macrófita <i>Typha domingensis</i>	26
Tabla 8. Prueba de normalidad de las características morfológicas de la macrófita <i>Eichhornia crassipes</i>	26
Tabla 9. Resultados Post Hoc de Tukey en la variabilidad de las características morfológicas de la macrofita <i>Typha domingensis</i> respecto al tiempo de proceso.....	27
Tabla 10. Resultados Post Hoc de Tukey en la variabilidad de las características morfológicas de la macrófita <i>Eichhornia crassipes</i> respecto al tiempo de proceso....	27
Tabla 11. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 10 unidades de <i>Typha domingensis</i> (0-30 días).....	28
Tabla 12. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 16 unidades de <i>Typha domingensis</i> (0-30 días).....	29
Tabla 13. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 20 unidades de <i>Typha domingensis</i> (0-30 días).....	31
Tabla 14. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 5 unidades de <i>Typha domingensis</i> y 5 <i>Eichhornia Crassipes</i> (0-30 días).....	32
Tabla 15. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 8 unidades de <i>Typha domingensis</i> y 8 <i>Eichhornia Crassipes</i> (0-30 días).....	33
Tabla 16. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 10 unidades de <i>Typha domingensis</i> y 10 <i>Eichhornia Crassipes</i> (0-30 días).....	34
Tabla 17. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 10 unidades de <i>Eichhornia Crassipes</i> (0-30 días).....	35

Tabla 18. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 16 unidades de <i>Eichhornia Crassipes</i> (0-30 días).....	36
Tabla 19. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 20 unidades de <i>Eichhornia Crassipes</i> (0-30 días).....	38
Tabla 20. Prueba de normalidad de los parámetros fisicoquímicos.....	39
Tabla 21. Resultados Post Hoc de Tukey del análisis de varianza ANOVA en la eficiencia de los humedales artificiales con <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> sobre los parámetros fisicoquímicos.....	40
Tabla 22. Resultado de parámetros Microbiológicos en los humedales artificiales con las macrofitas <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia Crassipes</i> (30 Dias).....	42
Tabla 23. Prueba de normalidad de los parámetros microbiológicos.....	43
Tabla 24. Resultados Post Hoc de Tukey del análisis de varianza ANOVA en la eficiencia de los humedales artificiales con <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> sobre los parámetros microbiológicos.....	44
Tabla 25. Eficiencia de las macrofitas <i>typha domingensis</i> y <i>Eichhornia Crassipes</i>	45
Tabla 26. Resultados del análisis de varianza ANOVA en la eficiencia de los humedales artificiales con las macrofitas <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> sobre la purificación de aguas residuales domésticas.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama del procedimiento experimental.....	17
Figura 2. Toma de muestra	18
Figura 3. Extracción de <i>Typha latifolia</i>	18
Figura 4. Extracción de <i>Eichhornia crassipes</i>	18
Figura 5. Elaboración de humedales.....	19
Figura 6. Muestra inicial.....	19
Figura 7. Muestra 15 días.....	19
Figura 8. Muestra final.....	19
Figura 9. Análisis inicial.....	20
Figura 10. Análisis intermedio.....	20
Figura 11. Análisis final.....	20
Figura 12. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 10 unidades de <i>Typha domingensis</i> en el humedal 1.....	29
Figura 13. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 16 unidades de <i>Typha domingensis</i> en el humedal 2.....	30
Figura 14. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 20 unidades de <i>Typha domingensis</i> en el humedal 3.....	31
Figura 15. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 5 unidades de <i>typha domingensis</i> y 5 unidades de <i>Eichhornia crassipes</i> en el humedal 4.....	32
Figura 16. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 8 unidades de <i>typha domingensis</i> y 8 unidades de <i>Eichhornia crassipes</i> en el humedal 5.....	33
Figura 17. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 10 unidades de <i>typha domingensis</i> y 10 unidades de <i>Eichhornia crassipes</i> en el humedal 6.....	35
Figura 18. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 10 unidades de <i>Eichhornia crassipes</i> en el humedal 7.....	36
Figura 19. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 16 unidades de <i>Eichhornia crassipes</i> en el humedal 8.....	37
Figura 20. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 20 unidades de <i>Eichhornia crassipes</i> en el humedal 9.....	38

Figura 21. Resultados de los parámetros microbiológicos con las macrofitas <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en los 9 humedales.....	42
Figura 22. Eficiencia de las macrofitas en la reducción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	46

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo determinar la eficiencia de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas con una metodología de tipo aplicada experimental cuantitativo, para ello, se utilizaron 69 plantas por cada especie, las cuales fueron distribuidas en cada tratamiento de 10, 16 y 20 plantas. Se construyeron 9 humedales de las cuales 3 fueron con *Typha domingensis*, 3 con *Eichhornia crassipes* y 3 fueron con la combinación de ambas, durante 30 días. La muestra de agua residual fue recolectada del mercado Naranjal– SMP. Los resultados iniciales obtenidos fueron los siguientes: pH 5.59, con una turbidez de 616 UNT, de CE 4300 μ S/cm, T° 19.8 °C, DBO5 714 mg/L, DQO 1018 mg/L, A y G 184 mg/L, Detergentes 2.117 mg/L y CT, 280000 NMP/100ml. Los resultados finales obtenidos mediante la prueba de análisis estadístico ANOVA demuestran que el Humedal N°6 (10 typhas y 10 *Eichhornias*) es el más eficiente en la reducción de contaminantes en la mayoría de los parámetros. Con una CT de 77.06%, DBO5 71.56%, DQO 60.31 % y detergentes con 99.76%. El humedal 5 (8 *Typhas* y 8 *Eichhornias*) fue el más eficiente en Turbidez con una reducción del 94.64%, A y G con 92.33% y un aumento de pH con 40.18%. El humedal 2 (16 *typhas*) fue el más eficiente en T° CON 7.07 % Y pH CON 40.18%. En cuanto a CT, los humedales 7, 8 y 9 (10,16 y 20 *Eichhornia Crassipes*) respectivamente obtuvieron 99.96%, que alcanzo una máxima eficiencia. Llegando a la conclusión que los humedales artificiales con macrofitas tanto *Typha domingensis* como *Eichhornia crassipes* son eficientes para tratar aguas con contaminantes domésticos.

Palabras clave: tratamiento de aguas residuales, *Typha domingensis*, *Eichhornia crassipes*, humedales artificiales

ABSTRACT

The objective of this research was to determine the efficiency of *Typha domingensis* and *Eichhornia crassipes* in the treatment of domestic wastewater with a quantitative experimental applied methodology, using 69 plants for each species, which were distributed in each treatment of 10, 16 and 20 plants. Nine wetlands were constructed, three with *Typha domingensis*, three with *Eichhornia crassipes* and three with a combination of both, for 30 days. The wastewater sample was collected from the Naranjal-SMP market. The initial results obtained were as follows: pH 5.59, with a turbidity of 616 UNT, EC 4300 $\mu\text{S/cm}$, T° 19.8 °C, BOD5 714 mg/L, COD 1018 mg/L, A and G 184 mg/L, Detergents 2117 mg/L and TC, 280000 NMP/100ml. The final results obtained through the ANOVA statistical analysis test show that Wetland N°6 (10 *Typhas* and 10 *Eichhornias*) is the most efficient in the reduction of pollutants in most of the parameters. With a TC of 77.06%, BOD5 71.56%, COD 60.31 % and detergents with 99.76%. Wetland 5 (8 *Typhas* and 8 *Eichhornias*) was the most efficient in Turbidity with a reduction of 94.64%, A and G with 92.33% and an increase in pH with 40.18%. Wetland 2 (16 *Typhas*) was the most efficient in T° with 7.07 % and pH with 40.18%. In terms of TC, wetlands 7, 8 and 9 (10, 16 and 20 *Eichhornia crassipes*) respectively obtained 99.96%, which reached maximum efficiency. The conclusion was that artificial wetlands with macrophytes, both *Typha domingensis* and *Eichhornia crassipes*, are efficient for treating water containing domestic pollutants.

Keywords: wastewater treatment, *Typha domingensis*, *Eichhornia crassipes*, artificial wetlands.

I. INTRODUCCIÓN

La generación de aguas residuales viene de toda actividad humana, el cual deben ser sometidas a un tratamiento previo para garantizar la continuidad del ciclo de consumo de agua. Según su origen, se pueden clasificar en aguas residuales industriales y aguas residuales domésticas.

Las aguas residuales industriales son provenientes de los procesos productivos de las actividades mineras, agrícolas, agroindustriales, energéticas, entre otras, que pueden contener desechos tóxicos por los distintos procesos productivos (OEFA, 2014). Mientras que las aguas residuales son procedentes de establecimientos comerciales, zonas residenciales, instituciones públicas, las cuales presentan desechos fisiológicos como residuos descargados de los fregaderos de cocina, ducha, lavandería, entre otros. Al finalizar estas aguas servidas llegan a los cuerpos receptores de agua como los mares, ríos, lagunas, entre otros, afectando drásticamente la calidad de agua tanto superficial como subterránea y a la vez afectando la salud de la población y la integridad de los ecosistemas.

Según la Organización Mundial de la Salud [OMS], el 80% la población de América Latina se concentra en las grandes ciudades, aunque el abastecimiento de agua es insuficiente. Además, el 70% de las aguas servidas no responden al tratamiento adecuado, lo que dificulta el reúso del agua, debido a su contaminación por fuentes contaminantes tanto orgánicas como inorgánicas, lo cual, pone en riesgo la salud pública (Farkas et al., 2020).

Uno de los problemas más comunes es la contaminación del suelo de cultivos, jardines y huertos a causa de la utilización de aguas residuales sin ser tratados en los sistemas de riego, afectando directamente a las propiedades del suelo y una de las más importantes es la fertilidad, ya que es la base para tener un buen sustento de crecimiento de las plantas y un rendimiento óptimo de los cultivos (Min Li et al., 2022).

El tratamiento de las aguas residuales domésticas en zonas residenciales es un tema relacionado con el desarrollo sustentable local, con el fin de garantizar la higiene de estas áreas de agua se han desarrollado una serie de tecnologías, algunas de las cuales son llamadas tecnologías alternativas que consta de darle un tratamiento apropiado a las aguas residuales con menos costo y requieran una operación y mantenimiento sencillos (Oliveira et al., 2021). Esto es consistente con nuestra realidad y especialmente para las zonas periurbanas y rurales, en el cual son concentrados la mayoría de los sitios de eliminación de aguas residuales y en las que la gestión sostenible de esta fuente de agua se ha transformado en una demanda progresiva, de lo cual se requiere de manera urgente una alternativa de solución inmediata por parte de las autoridades municipales y provinciales. Asimismo, las propiedades de estas industrias, junto con la escasez de agua de riego, establecen que la reutilización de aguas residuales para riego se convierta en una solución de actualidad de gran relevancia (Rapheal et al., 2022).

El tratamiento biológico de aguas residuales se ha aplicado ampliamente al proceso de tratamiento de aguas residuales municipales/domésticas debido a sus bajos costes de operación, su alta eficiencia de eliminación y sus menores requisitos de gestión (Hexi et al., 2018). Además, de que, las macrofitas son reconocidas por tener un gran potencial en la absorción de los nutrientes debido a que sus finas raíces son permeables y a la vez permiten una gran interacción entre la raíz y el agua. Por otro lado, está demostrado que pueden ser útiles para prevenir el crecimiento de algas y evitar la eutrofización (Carrillo et al., 2022).

Esta investigación busca solucionar el siguiente **problema general** ¿Cuál es la eficiencia de la *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* en la purificación de aguas residuales domésticas?, con los **problemas específicos** ¿Cuáles son las características morfológicas inicial y final de las macrofitas *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de purificación de aguas residuales domésticas?, ¿Cuál es el nivel de reducción de los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después del uso de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* ?,

¿cuál el nivel de reducción de los parámetros microbiológicos del agua antes y después del uso de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes*?

El presente trabajo se justifica en cuatro ámbitos primordiales: la **justificación teórica** se fundamenta en el método para purificar aguas residuales domésticas de una forma que el proyecto brinde un método progresivo y eficiente y, además, es un proyecto de fácil comprensión e implementación, el cual será una base para las futuras investigaciones. También en la **justificación ambiental** debido a los problemas de contaminación de aguas domésticas que generan un desequilibrio en nuestro ecosistema afectando nuestro recurso hídrico, este proyecto se realiza con la finalidad de reutilizar las aguas residuales domésticas previamente tratadas para la actividad de riego de parques y jardines, generando de esta manera un ahorro del recurso hídrico y mejorando así los ecosistemas ambientales. La **justificación social**, mediante la elaboración de este proyecto nos permitirá tener una mejor calidad de vida con un ambiente más sano y agradable para poder desarrollarnos en la sociedad. Finalmente, la **justificación económica** de este proyecto se sustenta en que el sistema de humedales artificiales es de bajo costo en su construcción y en su funcionamiento, es decir, es una tecnología sostenible.

El **objetivo general** es: Determinar la eficiencia de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas y los **objetivos específicos** son: Determinar las características morfológicas inicial y final de las macrofitas a ser utilizadas en el tratamiento de aguas residuales domésticas, Determinar el nivel de reducción de los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después del uso de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes*, Determinar el nivel de reducción de los parámetros microbiológicos del agua antes y después del uso de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes*.

Así como también se ha planteado como **Hipótesis general**: La aplicación de humedales artificiales con *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* son eficientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas, e **Hipótesis específicas, H1**: Las características morfológicas de las macrófitas utilizadas en el

tratamiento de aguas residuales domésticas varían respecto al tiempo de proceso, **H2:** El nivel de los parámetros fisicoquímicos del agua reduce significativamente después del uso de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* y **H3:** El nivel de los parámetros microbiológicos del agua reduce significativamente después del uso de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes*.

II. MARCO TEÓRICO

Las aguas residuales domésticas o también conocidas como aguas servidas, son aquellas derivadas en las actividades diarias de las personas, vertidas a través de los sistemas de alcantarillado o directamente al medio ambiente, las cuales se consideran una de las principales fuentes de contaminación que puede llevar a serios problemas de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, y el aumento de concentraciones de estos contaminantes suponen una grave amenaza para flora, fauna, medio ambiente y los seres humanos (Mengistu et al.,2022).

Por lo tanto, precisa de un proceso de **tratamiento de aguas residuales** para eliminar o remover los contaminantes que se encuentran presente en los efluentes de aguas residuales, mediante distintos procesos complejos, ya sean físicos (sedimentación o flotación), químicos (coagulación o floculación) o biológicos de los cuales intervienen las plantas acuáticas y la actividad microbológica en conjunto con la finalidad de depurar el agua. Este tratamiento de depuración es esencial en el suministro de agua potable para el consumo humano (Ciobanu et al.,2020).

Las aguas residuales domésticas pueden descargarse o prepararse para su reutilización en las plantas de tratamiento de aguas residuales, el método más común de tratamiento es el proceso de tratamiento biológico (tratamiento secundario) debido a la operación, mantenimiento y reparación de plantas de tratamiento biológico de aguas residuales (Güner, 2018).

Uno de los métodos más utilizados en el tratamiento de aguas residuales domésticas son los **humedales artificiales** que son sistemas diseñados y operados con el fin de utilizar todos los procesos naturales involucrados en la eliminación de contaminantes de las aguas residuales. Los procesos que utilizan los humedales construidos son físicos, químicos y biológicos, entre ellos se encuentran la sedimentación, la volatilización, adsorción, filtración, fitoacumulador y la actividad microbiana. Además, tienen el potencial de abordar los desafíos

sociales y económicos asociados con la reutilización segura del agua. El flujo subsuperficial de la construcción de los humedales se puede clasificar de acuerdo con la dirección del flujo a horizontal y vertical (Vymazal, 2022).

Carrillo (2022). Evaluó la retención de fósforo (P) a largo plazo empleándose un sistema a escala piloto. Para ello se utilizaron 4 humedales artificiales artificiales de flujo subterráneo horizontal (HSSF) para tratar aguas residuales durante 8 años, de las cuales 2 humedales fueron sembrados con *Schoenoplectus californicus* y los otros 2 fueron sembrados con *Phragmites australis*. Como resultado se obtuvo que para ambos humedales la eficiencia de remoción de fósforo (P) fue de 18% y como conclusión obtuvieron que, conforme a los resultados conseguidos, ambas plantas tienen la capacidad de retención del fósforo (P) en los sistemas de HSSF, las cuales representan a largo plazo un tratamiento sostenible.

De la Cruz Ferrer (2020) evaluó la eficiencia de la purificación de contaminantes en el proceso de tratamiento de aguas residuales que utilizan humedales construidos para reutilizar el agua. La técnica utilizada fue de tipo subterráneo vertical. Los resultados obtenidos en este estudio son los humedales artificiales utilizados para la especie totora, y tenemos una DBO de 73,6 mg/l, DQO de 103,3 mg/l, 170 NMP/100 ml de coliformes resistentes al calor, temperatura mantenida dentro del rango permitido de 24°C, agua pH 7.6, conductividad 2612 uS/cm. La utilización de humedales artificiales verticales con especies de totora para tratar las aguas residuales arrojó un resultado aceptable.

Cayo Hernandez y otros (2021) determinaron el nivel de descontaminación de las aguas residuales, utilizando humedales artificiales subterráneo vertical sembrado con totora y carrizo. Los resultados que se obtuvieron y tuvieron una eficiencia de eliminación para totora fueron los siguientes: DBO 87.38%, SST 81.53%, coliformes termotolerantes 91.91%, temperatura 22.28%, pH 6.63%. para el carrizo la eficiencia de eliminación fueron los siguientes: 78.23% para DBO, 77.57% para los SST, 89.52% para los Coliformes Termotolerantes, 21.56% en la

temperatura y 4.82% en el pH. Se concluyó que la especie más efectiva para la eliminación del contaminante del agua residuales en humedales artificiales subterráneos verticales fue totora.

Existen diferentes tipos de plantas acuáticas que se utilizan en los humedales artificiales con el fin de depurar las aguas residuales, debido a las características fisiológicas y bioquímicas que presentan, el cual tienen la capacidad de retener y absorber los contaminantes. Una de ellas es la *Typha domingensis* que crece en lagos y humedales, su longitud puede llegar hasta 3m y el ancho de sus hojas hasta 4cm, crece muy rápido que dentro de 6 meses ya se puede cosechar, también se puede utilizar para tratar aguas residuales que provienen de residuos de viviendas, instituciones, fábricas, como también de residuos líquidos provenientes de higiene humana en actividades domésticas (Coarite et al., 2018).

Cuba Zamora et al. (2019) determinaron la efectividad de humedales para el tratamiento de aguas residuales se obtuvo un resultado inicial de 43.000.000 MPN/100 mL para coliformes totales y un valor de 330.000 MPN/100 mL obtenido luego de la descarga a través de un sistema lagunar. En la primera muestra del humedal artificial, esto dio un resultado de <1,8, que se repitió en la segunda muestra del humedal artificial después de 25 días de inundación. La eficiencia de eliminación de este parámetro es exitosa ya que elimina el 100 %. De esa manera los humedales construidos no requieren personales capacitados por lo que son de bajo costo para operar y mantener; adecuados para comunidades con fondos insuficientes.

Araujo y Castro (2021) evaluaron la totora como biorremediante para la reducción de arsénico y plomo en las aguas del río Opamayo. Se utilizaron 50 plantas divididas en cada tratamiento de 10, 15 y 20 plantas, respectivamente, la muestra de agua fue de 31 L. Con base en las características del agua fueron un pH promedio de 5.4, una turbidez de 997 UNT, se determinaron niveles de plomo de 2.78 mg/L y 1.32 mg/L de arsénico, valores que sobrepasan de los límites

permisibles. El tamaño inicial del tallo de totora fue de 10,67 cm, el tamaño de la raíz fue de 4,97 cm y la biomasa de 66,67 g, respectivamente, y el tamaño final del tallo fue de 23,67 cm, la raíz de 9,93 cm y la biomasa de 136,67 g. determinaron que para tratar el plomo y arsénico hubo diferencias significativas ($P > 0.05$), y en comparación con los demás tratamientos, el tratamiento 3 con 20 plantas fue el mejor.

Murillo y Montañez, (2022) Evaluaron la capacidad fitorremediadora de la totora y jacinto en las aguas concentradas con cianuro provenientes de las efluentes de la mina, en los resultados obtuvieron a prueba de Duncan y muestra que la totora en cuanto al crecimiento del tallo obtuvo 51,78 cm, también del jacinto más totora con 31,15 cm que fue representado como el tallo más alto y en el tratamiento con el jacinto se mostró un crecimiento menor con los valores de 31,15 cm y 12,75 cm, demostrando que la planta en lo que es la altura es diferente debido a los componentes genéticos; el tamaño de las raíces de jacinto fue de 24,25 cm, la longitud de la raíz de Totora fue la más larga, y la combinación de jacinto más totora tuvo el menor crecimiento a 24.025 cm y 19.025 cm, la totora tiene una capacidad para crecer más rápido

Otra de las plantas acuáticas fitorremediaroras y que se considera una maleza debido a su rápida reproducción es la ***Eichhornia crassipes*** que se caracteriza por no tener tallo, pero cuenta con un rizoma (de 1 a 25 cm de largo en la gran mayoría) que le permite flotar por lo que abre un rosetón de hojas con una esponjosa superficie, es parecida a un globo llena de aire mediante el cual se sostiene sobre la superficie del agua. Sus hojas son grandes de color verde radiante y sus raíces son de color marrón verdoso con una longitud entre 10 cm a 90 cm de largo. Es una planta que vive en aguas dulces, estancadas o de ligero corriente como ríos, canales, acequias, zanjas, presas, arroyos y pantanos. Ha demostrado también que tiene una buena capacidad de adaptarse a aguas residuales con alta carga de contaminantes (Huerta Elvis, 2019).

Chang y Huamán (2019) evaluó la eficiencia del jacinto de agua y la lechuga en el tratamiento de aguas residuales domésticas, a partir de la construcción del citado macrófitas en humedales artificiales. Los parámetros analizados con el jacinto tuvieron una remoción de aceite con 75,4%, DBO al 78,2%, DQO al 72,1%, STS al 82% y coliformes fecales al 99,9%. En conclusión, las macrófitas fueron eficientes para purificar las aguas contaminadas de origen doméstico.

Por otro lado, Núñez (2021) determinó la efectividad del jacinto de agua en el tratamiento de aguas residuales de forma económica y ambientalmente respetuosa a través del tratamiento en peceras, para poder cumplir con el estándar de calidad ambiental, para riego de vegetales y bebidas animales ubicadas en categoría: 3. En el primer proceso se introdujeron 12 jacintos de agua y 40L de agua residual, en el segundo proceso se introdujeron 6 jacintos de agua y 40L de agua residual, y la duración de los tratamientos 1 y 2 fue de 22 y 40 días, respectivamente. Finalmente, se logra minimizar los contaminantes en las aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas servidas “El Indio” y lograr una calidad de agua categoría 3.

Para garantizar la calidad del agua es necesario tener en cuenta los **límites máximos permisibles (LMP)** el cual es la medida para la concentración de un elemento, sustancia o parámetro químico, físico y biológico que caracteriza efluentes o emisiones que, al ser superados, causan o pueden ser nocivos para la salud humana. El Ministerio del Ambiente y los organismos que integran el sistema nacional de gestión ambiental están legalmente obligados a cumplir los criterios para determinar la fiscalización y las sanciones serán determinados por el ministerio (Aguirre et al., 2021).

De la misma manera en un proceso de tratamiento de aguas residuales, es necesario evaluar los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua. La **turbidez** es un parámetro de la calidad del agua que corresponde a una disminución de la transparencia en un medio líquido, lo que inhibe la penetración de la luz solar en el

agua si es facilitado por materia en suspensión. La turbidez puede interferir con el ambiente acuático y es un problema ambiental y socioeconómico (Belcher et al., 2022).

El **pH** es una medida que determina la acidez del agua el rango es de 0 a 14, donde 7 es el valor promedio (rango neutral). Si el valor de pH es menor que el rango neutral, entonces indica acidez, de lo contrario si el valor de pH es superior a 7, entonces muestra que el agua es alcalina. De hecho, el pH es una medida de las cantidades relativas de iones de hidróxido e hidrógeno en el agua. Si el agua contiene mayor cantidad de iones de hidrógeno, entonces quiere decir que el agua es muy acida, por otro lado, si el agua tiene más iones de hidróxido indica que está en el rango alcalino (COBCM/COBCLM, 2015).

La **Conductividad Eléctrica** es un indicador que determina la concentración de sales totales disueltas en la solución o conocidas como sales totales solubles, por lo tanto, es un parámetro que ayudan a determinar la calidad o aptitud del agua ya que maneja la solución de nutrientes. Se refiere a la capacidad del agua para transmitir corriente eléctrica, que resulta de la presencia de cationes y aniones formados por la disociación de otras sustancias (Kikuda et al., 2022).

La **temperatura** es uno de los componentes ambientales que influye directamente en el proceso de desempeño en los humedales, es decir, a bajas temperaturas la eficiencia de reducción de contaminantes es menor, debido a que este factor afecta los procesos microbiológicos, causando un crecimiento más débil de los microorganismos que ayudan en la reducción de algunos contaminantes. Además, se ha descubierto que pueden afectar a las plantas en los humedales, lo que lleva a un menor rendimiento debido a la reducción de nutrientes. Por lo tanto, a temperaturas más altas para humedales que no excedan los 30 °C pueden mejorar la remoción de materia orgánica y del nutriente que se encuentra presente en el agua residual. (Banerjee et al., 2022).

La **DBO5 (demanda Biológica de Oxígeno)** nos indica la velocidad de bacterias o los microorganismos que consumen el oxígeno para biodegradabilidad de la materia orgánica que están presentes en el agua, pero si la estequiometría de la materia orgánica excede la cantidad requerida de oxígeno, no se puede medir el oxígeno disuelto y, por lo tanto, no se puede evaluar la demanda de oxígeno (Córdova, 2018).

La **DQO (demanda química de oxígeno)** se aplica para medir la materia orgánica que se encuentra en aguas residuales de tipo industrial y municipales, este contiene compuestos que son dañinos para la vida biológica. DQO de agua residual suele ser más grandes que sus DBO correspondientes debido a más compuestos químicamente oxidados en comparación con los que fueron oxidados biológicamente, en muchos tipos de agua residuales se pueden encontrar entre los valores de DQO (Fernando Luis, 2015).

Los **Aceites y grasas** son sustancias complejas que no se pueden en el agua tanto difíciles de degradar, poseen propiedades fisicoquímicas como pH, cantidad de sólidos volátiles, presencia de hierro y calcio, contenido de humedad y metales que determinan su comportamiento. Los aceites y grasas se clasifican en dos amplias categorías basadas en fuentes minerales y vegetales, por otro lado, existen cuatro fuentes principales de aceites y grasas: fuentes domésticas, restaurantes, refinerías y metalurgia. Siendo la fuente que genera mayor cantidad de aceites, los restaurantes, ya que utilizan más recursos como carnes, mantecas, aderezos, salsas, etc. en la preparación de alimentos. Estos son dificultosos para tratar y muchas de estas instituciones no tienen sistemas de tratamiento porque son muy costosos (Zamora Hayley, 2019).

Los **detergentes** son productos utilizados para la limpieza y están compuestos principalmente por tensioactivos que actúan modificando la tensión superficial, reduciendo la adherencia de partículas (suciedad) a las superficies. Los detergentes utilizados para la limpieza doméstica e industrial se tiran por el

desagüe y se convierten en una fuente de contaminación del agua (Ribeiro y Botari, 2022).

Coliformes totales son bacterias presentes en el ambiente. Si bien su presencia no necesariamente indica contaminación fecal, sino también que los alimentos hayan sido contaminados o expuestos a una contaminación general por ejemplo utensilios sucios, alimentos poco cocidos, etc. Es decir, estas bacterias son encontradas generalmente en el intestino de las personas y de aquellos animales que tengan la sangre caliente, pero, además, se les puede encontrar distribuidas en la naturaleza, principalmente en las semillas, suelos y vegetales. Es uno de los microorganismos recomendados y utilizados como indicador de la calidad del agua. (Soto Luis, 2018).

LIMACHE, Fernando (2021) evaluó la comparación de lechuga de agua (*Pistia Stratiotes*) y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para la purificación de aguas residuales en el municipio de Tacna, y sus resultados fueron sometidos a la prueba de rangos múltiples de Tukey, gracias a ANOVA, variable, Se determinó que el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) tiene la mayor tasa de eliminación de coliformes totales durante 60 días, con un promedio de 99,36 %. La lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) tuvo la tasa de eliminación más baja de coliformes fecales el día 20, con una tasa de eliminación promedio del 78,68 %. Se descubrió que el jacinto de agua es más efectivo en comparación con la lechuga de agua.

GIRALDO, Cecilia (2020) determinó la eficiencia de las especies de jacinto de agua en el tratamiento de aguas residuales de la laguna “mansión” para el regar las áreas verdes de la Universidad de la Unión del Perú, mostrando una comparación de resultados inicial y final (caudal y efluentes), y ECA categoría 3: los resultados obtenidos en cuanto al parámetro de Coliformes Totales vemos que al inicio (influyente) su valor es de 24000.00 NMP/100 ml. Después del tratar con jacinto de agua, el valor del efluente fue de 460,00 NMP/100 ml. Luego hay una disminución en este parámetro y disminuye aún más cuando se compara con ECA

que da un valor de 5000,00 MPN/100 ml. En este parámetro, al ser adecuado para riego de vegetales. En conclusión, el jacinto de agua es muy eficiente para tratar aguas residuales.

En su investigación Huamani Elizabeth et al. (2021) utilizaron un enfoque científico, deductivo, como método concreto, experimentos observacionales que involucraron el uso de dos recipientes con agua estancada y el contacto con las dos especies durante 21 días. En el resultado obtenido se mostró el valor de pH del jacinto de agua que fue 7,09 respectivamente, de 0,5 mg/L en los parámetros del aceite, y las concentraciones de DBO5 fue de 2 mg/L, DQO fue de 11 mg/L, finalmente los coliformes termotolerantes, alcanzó el valor de NMP/100mL, también la *Eichhornia crassipes* tiene una facultad muy alta para reproducirse, en una semana ya le salen nuevas hojas, en 21 días la raíz ya llega a medir 12 cm de longitud aproximadamente, las nuevas hojas tienen un color verde-claro por otro lado las hojas iniciales tienden a secarse desde el borde presentando un color amarillento, se concluye que el sistema de fitorremediación utilizado es competente y apto para el tratamiento biológico.

Finalmente, Sinarahua y Vela (2021) evaluaron la eficiencia de eliminación de parámetros fisicoquímicos y microbianos de aguas residuales municipales utilizando dos macrofitos, *Scirpus californicus* y *Eichhornia crassipes*, donde la totora su eficacia de eliminación fue 92.25%, T4 tratado con Jacinto fue 91.09%, tanto T3 como T4 coliformes fecales tratados fueron 90.90%, y T3 para DQO con totora alcanzó un la eliminación de 63.06%, la eficiencia de remoción de DQO por el T4 de Jacinto fue de 73.06%, la eficacia de eliminación de SST por el T3 de totora fue de 88%, y la eficiencia de remoción de T4 de Jacinto fue de 84.67.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación que se realizó en este proyecto fue aplicado con el fin de resolver problemas prácticos de manera directa ya sea de la sociedad o del sector productivo para satisfacer las necesidades de la sociedad. Esta se basa principalmente en la búsqueda e implementación de nuevas tecnologías a fin de aplicarlas en el proceso de tratamiento de aguas residuales domésticas mediante humedales artificiales (MacLean, 2021).

El diseño de investigación que se realizó en este proyecto fue experimental en donde se manipuló intencionalmente una variable con la finalidad de medir su efecto sobre la otra variable de interés, por medio de experiencias cuantitativas (Domico y Ball, 2019).

El enfoque del presente proyecto de investigación fue cuantitativo. El estudio cuantitativo se basa en probar hipótesis a través de la medición numérica y el análisis estadístico inferencial (Smith y Mohamed, 2020). Para las respectivas mediciones se utilizaron instrumentos de recolección de datos cuantitativos y los programas para probar las hipótesis fueron Excel y spss.

3.2. Variables y operacionalización

Variable Independiente:

Typha latifolia y *Eichhornia crassipes*

Variable Dependiente:

Tratamiento de aguas residuales domésticas

En el anexo 1, se representa la matriz de operacionalización de variable, donde se han identificado las dimensiones y sus respectivos indicadores, mediante los cuales se evaluaron y determinaron las respuestas por cada uno de los objetivos de la investigación.

3.3. Población, muestra y muestreo

Universo o población son enunciados equivalentes que se refieren a la suma total de elementos que componen el área de interés analítico sobre el cual deseamos sacar

conclusiones de nuestro análisis, inferencias estadísticas e inferencias sustantivas o teoricas. En concreto, nos referimos a la población, el marco o universo finito, el conjunto exacto de unidades de las que se extrae la muestra y al universo hipotético o población objetivo, el conjunto de poblaciones a las que se pueden extrapolar los resultados (Umair Majid, 2018).

De esta manera se consideró como población a las aguas del mercado Naranjal ubicado en la cuadra N° 3 de la AV. Las Almendras en el distrito de San Martín de Porres – Lima.

La muestra es un subconjunto de la población de interés, los datos que se recopilan deben definirse con precisión y delinarse de antemano, además de representar a la población (Chittaranjan Andrade).

La muestra consistió de 182 L de agua contaminada por residuos domésticos, que fueron distribuidos en 9 humedales artificiales de 20 L cada una y 2 L para la muestra inicial.

Esta técnica de muestreo está entre población y muestra, ya que si la población es numerosa se deben aplicar técnicas de muestreo con el fin de encontrar una muestra representativa en base a criterios y fórmulas estadísticas (Berndt, 2020).

En el proyecto se empleó el muestreo probabilístico con muestras aleatorias simples en la que todos los elementos que conformaron la población y que por lo tanto estuvieron incluidos en el marco muestral, tuvieron la misma probabilidad de ser seleccionados como muestra.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizó la Técnica de observación experimental la cual produce datos en condiciones que son parcialmente controlables por el investigador, sobre todo porque el investigador puede manipular una o más variables. Es una importante técnica de investigación científica. Puede usar hojas o fichas de registro de datos como herramientas (Prabhat y Meenu, 2021).

Los instrumentos utilizados en la presente investigación, estuvo conformado por fichas de registro de datos mediante las cuales se recopilaron información referente a cada uno de los indicadores identificados en la matriz de operacionalización. A través

de los cuales se respondieron a los objetivos planteados. Dichas fichas fueron validadas mediante el criterio de juicio de expertos apoyados con tres docentes de la UCV cuyas calificaciones se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Validación de expertos

NOMBRES	REGISTRO CIP	VALIDACIÓN (%)
Aylas Humareda, Maria Del Carmen	N° 55149	90%
Güere Salazar Fiorella Vanessa	N° 131344	90%
Aguinaga Lizarzaburo Danny Alonso	N° 95556	85%

3.5. Procedimientos

El procedimiento consistió en 6 etapas: Toma de muestra de agua, selección y recolección de las especies *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes*, elaboración de humedales artificiales, proceso de tratamiento del efluente doméstico, análisis de las muestras, eficiencia de cada tratamiento. Para lo cual se realizó un diagrama del procedimiento experimental, como se muestra en la Figura 1.

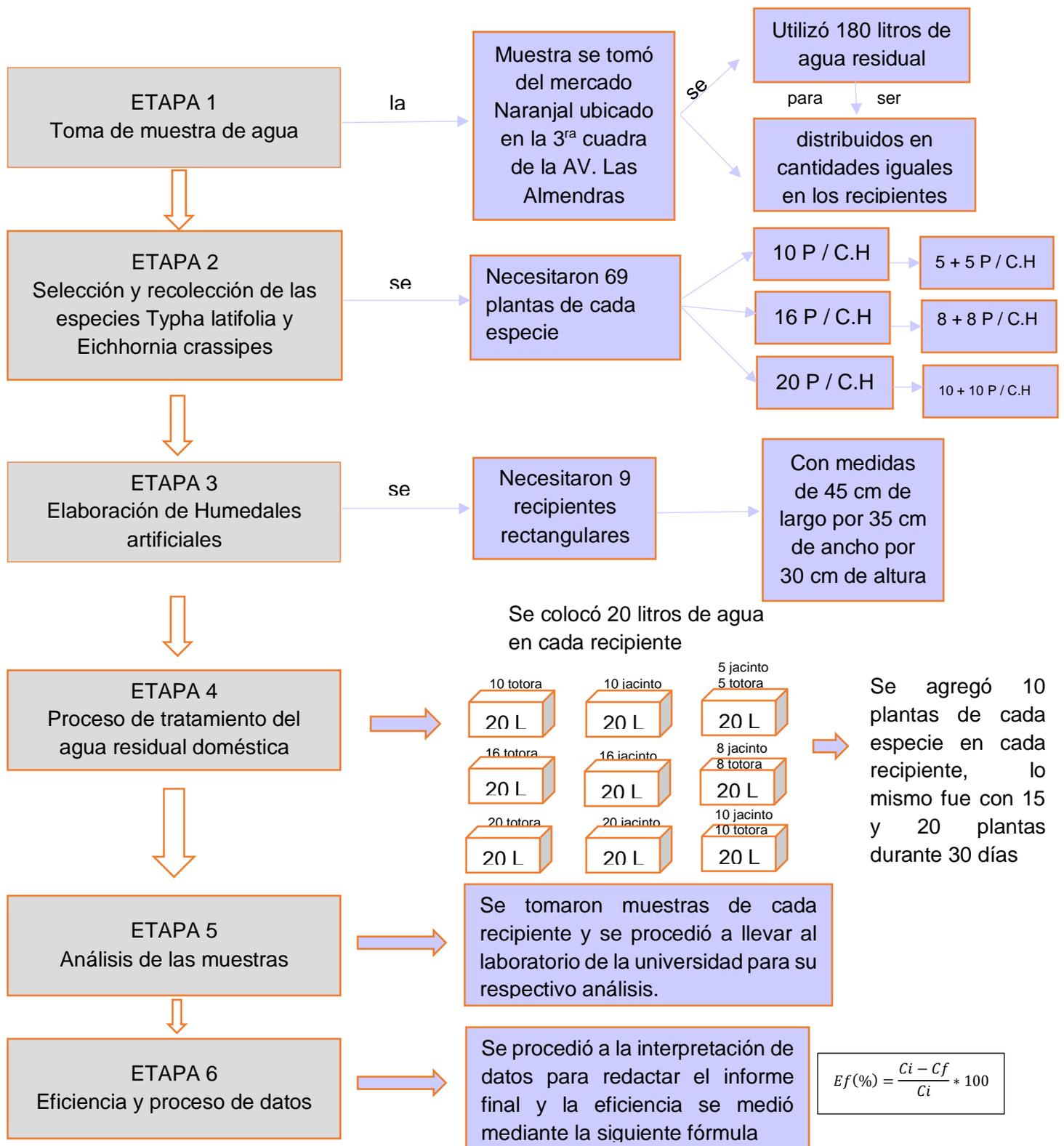


Figura 1: Diagrama del procedimiento experimental

Etapas de la investigación

Etapa 1. Toma de muestra del agua

Para la toma de muestra de agua residual doméstica se llevó a cabo en el mercado Naranjal ubicado en la 3^{ra} cuadra de la AV. Las Almendras y se recolectó un volumen de 180 litros de muestra para ser tratada y 2 litros para la muestra inicial. Como se muestra en la Figura 2.



Figura 2: Toma de muestra

Etapa 2. Selección y recolección de las especies *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes*

Para la obtención de las plantas acuáticas *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* se llevó a cabo en el distrito de Chorrillos cerca a los Pantanos de Villa, tal como se muestra en las Figuras 3 y 4, las cuales se recolectaron 69 plantas de cada especie, el tamaño de cada planta de *Typha domingensis* fue 50 cm aproximadamente y para la *Eichhornia crassipes* fue de 8 cm aproximadamente y después se trasladaron al lugar donde se realizó el procedimiento.



Figura 3: Extracción de *Typha domingensis*



Figura 4: Extracción de *Eichhornia crassipes*

Etapa 3. Elaboración de humedales artificiales

Para la elaboración de los humedales se necesitaron 9 recipientes rectangulares con las siguientes medidas 50 cm de largo por 40 cm de ancho por 30 cm de altura, las cuales se colocaron a una distancia de 10 cm, tal como se muestra en la Figura 5.



Figura 5: Elaboración de humedales

Etapa 4. Proceso de tratamiento del agua residual doméstica

El proceso del tratamiento para el agua residual doméstica fue realizado durante 30 días. En los 3 primeros humedales se sembraron macrófitas de *Typha domingensis* de 10, 16 y 20 cantidades por separado, pero con el mismo volumen de agua, es decir, en cada humedal hubo 20 litros de agua, pero con diferentes cantidades de plantas. En los 3 siguientes humedales se hizo lo mismo, pero con macrófitas de *Eichhornia crassipes* de 10, 16 y 20 cantidades respectivamente con el mismo volumen de agua. Finalmente, se realizaron 3 humedales más con la combinación de las macrófitas en iguales cantidades, para ver si varía el nivel de remoción de los contaminantes. En las Figuras 6, 7 y 8 se puede visualizar la muestra de agua en el proceso de 30 días.



Figura 6: M. inicial



Figura 7: M. 15 días



Figura 8: M. final

Etapa 5. Análisis de las muestras

Al culminar los 30 días de tratamiento se procedió a obtener muestras de cada humedal artificial para ser llevados al laboratorio de la universidad con el fin de obtener su respectivo análisis de los parámetros y ver la eficiencia de cada especie. Sin embargo, se optó por tomar una medida de análisis adicional a lo que el objetivo está pidiendo, es decir, se realizó un análisis específico de la parte intermedia para poder ver el nivel de fluidez o el nivel de intensidad a la hora de poder reducir los contaminantes en el agua.

En las Figuras 9, 10 y 11 se muestra la realización de análisis en laboratorio



Figura 9: A. inicial



Figura 10: A. intermedio



Figura 11: A. final

Etapa 6. Eficiencia y proceso de datos

Una vez obtenido los resultados se procedió a interpretarlos y se evaluó la eficiencia mediante la siguiente fórmula:

$$Ef(\%) = \frac{C_i - C_f}{C_i} * 100$$

Ef (%)= Eficiencia en porcentaje

Ci= Concentración inicial

Cf= Concentración final

Luego de ello, se realizaron las respectivas conclusiones y recomendaciones procediendo a elaborar el informe final.

3.6. Método de análisis de datos

Obteniendo los datos durante la fase experimental, se utilizaron los siguientes programas:

- Microsoft Word: Esta herramienta permitió elaborar toda la información del proyecto en un informe.

- Microsoft Excel: Esta herramienta permitió generar elaborar tablas estadísticas con la data obtenida de los resultados del laboratorio.

- Software SPSS: Permitted generar los gráficos estadísticos con la data de los resultados del procedimiento y así analizar e interpretar la estadística descriptiva para las conclusiones.

3.7. Aspectos éticos

De acuerdo al Código de Ética de la Universidad Cesar Vallejo, en lo que respecta a la investigación, ésta se realiza de acuerdo con las normas correspondientes de la Resolución de Consejo Universitario 0126-2017/UCV; teniendo en cuenta el Capítulo 3, para el desarrollo del proyecto de investigación se considera etapas y pasos que están en la publicación de investigaciones, asimismo se identificaron los lineamientos de investigación basados en la RCU N° 200-2018/UCV y se consideró el RR N° 0089-2019-UCV, los cuales explican los puntos generales que se deben tomar en cuenta al momento de redactar una investigación. Se respetó los derechos de pertenencia o propiedad literaria y autoría de la información bibliográfica, y se citó debidamente a los autores mediante la norma ISO 690, con sus respectivos datos de publicación. Finalmente, se subió el proyecto de investigación a la plataforma turnitin con el fin de verificar el índice de similitud del proyecto de investigación respecto a otras investigaciones que hayan sido publicadas.

IV. RESULTADOS

4.1. Resultados del análisis de las características morfológicas de las macrofitas *Typha domingensis* y la *Eichhornia crassipes*

Tabla 2. Tamaño de la raíz de las macrofitas

Macrófitas		Tamaño de raíz (cm)		Nivel de crecimiento
Nombre	Cantidad	12/09/22	12/10/22	
<i>Typha domingensis</i>	10	7.6	10.6	3
	16	7.3	12.3	5
	20	7	16.8	9.8
	5	7.6	12.2	4.6
	8	7	15	8
	10	7.5	12	4.5
<i>Eichhornia crassipes</i>	5	12.4	18	5.6
	8	12.6	17.5	5.6
	10	12.8	17.3	4.9
	10	12.3	17.2	4.5
	16	12.7	17.2	4.9
	20	12.2	17.1	4.5

En la Tabla 2, se muestra el comportamiento de la raíz de las macrofitas *Typha domingensis* y la *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas, distribuidas en diferentes cantidades, en un tiempo de 30 días, el tamaño inicial de la raíz de *Typha domingensis* fue de 7 cm y la final de 16.8cm, donde el crecimiento de la raíz aumentó en el humedal 3 con un valor de 9,8cm que representa el mayor crecimiento; y de la *Eichhornia crassipes* el tamaño inicial de la raíz 12.6 cm a y la final de 18cm, el tamaño mayor de la raíz aumentó en el humedal 4 con un valor de 5.6cm respectivamente.

Tabla 3. Tamaño de hojas de las macrofitas

Macrófitas		Tamaño de hoja (cm)		Nivel de crecimiento
Nombre	Cantidad	12/09/22	12/10/22	
<i>Typha domingensis</i>	10	58.0	62.3	4.3
	16	49.7	56.0	6.3
	20	50.8	56.8	6
	5	49.9	57.3	7.4

	8	56.3		61.9		5.6	
	10	44.5		54.4		9.9	
Eichhornia crassipes		Altura	Ancho	Altura	ancho	Altura	Ancho
	5	3.1	4.1	5.3	6.3	1	1
	8	2.6	3.5	4.2	5.5	0.9	1,3
	10	2.6	3.9	3.9	6	1.3	2.1
	10	3	3.9	4.4	5.6	0.5	1.2
	16	2.6	4	4.3	6.1	1.4	1.8
	20	2.9	3.9	4.3	5.6	1	1.3

En la Tabla 3, se observa las características morfológicas respecto al tamaño de hoja de las macrofitas *Typha domingensis* y la *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas, distribuidas en diferentes cantidades, en los humedales, en un tiempo de 30 días, el tamaño inicial de las hojas de *Typha domingensis* fue de 44.5 cm y la final de 54.4 cm, de lo cual el crecimiento de las hojas aumentó con un valor de 9.9 cm en el humedal 6 que representa un crecimiento considerable; y de la *Eichhornia crassipes* se muestra el crecimiento de altura y el ancho de las hojas, de la cual la altura inicial es de 2.6 cm, y la final de 4.3 cm, donde el mayor crecimiento se aumentó con un valor de 1.4 cm en el humedal 8; el ancho inicial varía de 3.9 cm y la final de 6 cm, donde el tamaño del ancho de la hoja aumentó con un valor de 2.1 cm en el humedal 6, lo que significa que fue un alto crecimiento.

Tabla 4. Cantidad de hojas de las macrofitas

Macrófitas		Cantidad de hojas (Unidades)		Nivel de crecimiento
Nombre	Cantidad	12/09/22	12/10/22	
Thypha domingensis	10	50.0	62.0	12
	16	90.0	111.0	21
	20	111.0	136.0	25
	5	28.0	36.0	8
	8	43.0	54.0	11
	10	53.0	69.0	16
Eichhornia crassipes	5	24	35	11
	8	38	54	16
	10	50	70	20

	10	48	67	19
	16	76	107	31
	20	98	130	31

En la Tabla 4, se muestra la cantidad de hojas de las macrofitas *Typha domingensis* y la *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas, distribuidas en 9 humedales con diferentes cantidades, en un tiempo de 30 días, la cantidad de hojas de *Typha domingensis* fue de 111 hojas y la final de 136 unidades, donde la cantidad de hoja aumentó con un valor de 25 unidades en el humedal 3; y de la *Eichhornia crassipes* la cantidad inicial de las hojas fue 76 y 98 unidades y la final de 107 y 130 unidades lo que significa que la mayor cantidad incremento con 31 hojas que le corresponde a los humedales 8 y 9.

Tabla 5. Tamaño de tallo de la macrofitas *Typha domingensis*

Macrófita		Tamaño del tallo (cm)		Nivel de crecimiento
Nombre	Cantidad	12/09/22	12/10/22	
<i>Typha domingensis</i>	10	16.7	17.0	0.3
	16	13.1	15.4	2.3
	20	14.1	16.4	2.3
	5	15.8	17.0	1.2
	8	16.3	17.0	0.7
	10	14.9	15.7	0.8

En la Tabla 5, se observa el crecimiento del tallo de la *Typha domingensis* en el tratamiento de aguas residuales domésticas, distribuidas en 6 humedales con diferentes cantidades, en un tiempo de 30 días, el tamaño inicial del tallo fue de 13.1 cm y 14.1 cm y la final de 15.4 cm y 16.4 cm, el tamaño del tallo incrementó con un valor de 2.3 cm que equivale un mayor crecimiento en los humedales 2 y 3.

Tabla 6. Tamaño de bulbos de aire de la macrofita *Eichhornia crassipes*

Macrófita		Tamaño de bulbos de aire (cm)		Nivel de crecimiento
Nombre	Cantidad	12/09/22	12/10/22	
<i>Eichhornia crassipes</i>	5	3.6	5	1.4
	8	4	5.4	1.4
	10	3.9	5.4	1.5
	10	3.9	6.3	2.4
	16	3.7	6.2	2.5
	20	3.8	6.3	2.5

En la Tabla 6, se muestra el tamaño de los bulbos de aire de la *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas, distribuidas en 6 humedales con diferentes cantidades, en un tiempo de 30 días, el tamaño inicial de los bulbos de aire fue de 3.7 y 3.8 cm, ya la final fue de 6.2 cm y 6.3 cm, respectivamente, donde el tamaño de los bulbos aumentó con un valor 2.5 cm, que representa un mayor crecimiento, que corresponde al humedal 8 y 9.

4.1.1. Resultados del contraste de hipótesis

4.1.1.1. Prueba de normalidad

- a) Lo primero que se realizó para saber si los datos obtenidos de las características morfológicas de las macrofitas llevan una distribución normal fue lo siguiente.

H₀: Los datos de las características morfológicas de las macrofitas siguen una distribución normal

H_a: Los datos de las características morfológicas de las macrofitas no siguen una distribución normal

- b) Para la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (H₀) depende del resultado obtenido. Si el P-valor es menor al nivel de significación, entonces se rechaza la H_a y se acepta la H₀. Sin embargo, si el P-valor es mayor entonces se acepta la H₀ y se rechaza la H_a.

- Nivel de confianza: 0.95

- Nivel de significancia (α): 0.05

c) Para determinar la significancia estadística

Se utilizó el test de Shapiro-Wilk, debido a que la cantidad de elementos empleados en la muestra es menor a 50

Tabla 7. Prueba de normalidad de las características morfológicas de la macrofita *Typha domingensis*

	Shapiro-Wilk		
RAIZ	.958	7	.805
TALLO	.835	7	.089
HOJAS	.937	7	.613
CANTIDAD	.884	7	.245

Tabla 8. Prueba de normalidad de las características morfológicas de la macrofita *Eichhornia crassipes*

	Shapiro-Wilk		
RAÍZ	.605	7	.000
ALTURA	.761	7	.017
ANCHO	.865	7	.169
BULBOS	.865	7	.167
CANTIDAD	.947	7	.706

d) Decisión y conclusión

En las Tablas 7 y 8 se observa un P-valor mayor al nivel de significancia $p > 0.05$, por lo que se llega a la conclusión de aceptar la H_0 y rechazar la H_a , es decir, que los datos llevan una distribución normal y para lo cual se opta por las pruebas estadísticas paramétricas como es el ANOVA y la prueba de Post Hoc.

4.1.1.2. Contraste de hipótesis

a) El procedimiento que se siguió para la prueba de hipótesis específica 1 fue lo siguiente:

H₀: Las características morfológicas de las macrofitas utilizadas en el tratamiento de aguas residuales domésticas no varían respecto al tiempo de proceso

H_a: Las características morfológicas de las macrofitas utilizadas en el tratamiento de aguas residuales domésticas varían respecto al tiempo de proceso

b) Para la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (H₀) depende del resultado obtenido. Si el P-valor es menor al nivel de significación, entonces se rechaza la H₀ y se acepta la H_a. Sin embargo, si el P-valor es mayor entonces se acepta la H₀ y se rechaza la H_a.

- Nivel de confianza: 0.95
- Nivel de significancia (α): 0.05

c) Para determinar la significancia estadística

Se empleó la prueba de Post Hoc de Tukey en el análisis de varianza ANOVA, en el cual se compararon las diferencias de medias de las características morfológicas entre las muestras.

Tabla 9. Resultados Post Hoc de Tukey en la variabilidad de las características morfológicas de la macrofitas *Typha domingensis* respecto al tiempo de proceso

Variable dependiente		(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
RAÍZ	HSD	VALOR	H. CON T	-5.93333*	1.70468	.030	-11.1638	-.7029
	Tukey	INICIAL	H. CON T Y E	-5.76667*	1.70468	.034	-10.9971	-.5362
TALLO	HSD	VALOR	H. CON T	-2.26667*	.51997	.011	-3.8621	-.6713
	Tukey	INICIAL	H. CON T Y E	-2.56667*	.51997	.006	-4.1621	-.9713
HOJAS	HSD	VALOR	H. CON T	-7.36667	2.40678	.050	-14.7513	.0180
	Tukey	INICIAL	H. CON T Y E	-6.86667	2.40678	.065	-14.2513	.5180

CANTIDA	HSD	VALOR	H. CON T	-58.00000	19.37926	.055	-117.4609	1.4609
D	Tukey	INICIAL	H. CON T Y E	-8.00000	19.37926	.912	-67.4609	51.4609

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

Tabla 10. Resultados Post Hoc de Tukey en la variabilidad de las características morfológicas de la macrofita *Eichhornia crassipes* respecto al tiempo de proceso

Variable dependiente		(I)	(J)	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
RAÍZ	HSD	VALOR	H. CON E Y T	-5.10000*	.17213	.000	-5.6282	-4.5718
	Tukey	INICIAL	H. CON E	-4.66667*	.17213	.000	-5.1948	-4.1385
ALTURA	HSD	VALOR	H. CON E Y T	-1.03333*	.14657	.001	-1.4830	-.5836
	Tukey	INICIAL	H. CON E	-1.13333*	.14657	.001	-1.5830	-.6836
ANCHO	HSD	VALOR	H. CON E Y T	-1.53333*	.23413	.001	-2.2517	-.8150
	Tukey	INICIAL	H. CON E	-1.36667*	.23413	.003	-2.0850	-.6483
BULBOS	HSD	VALOR	H. CON E Y T	-1.46667*	.11222	.000	-1.8110	-1.1224
	Tukey	INICIAL	H. CON E	-2.46667*	.11222	.000	-2.8110	-2.1224
CANTIDA	HSD	VALOR	H. CON E Y T	-29.00000	17.14859	.283	-81.6166	23.6166
	D	Tukey	INICIAL	H. CON E	-77.33333*	17.14859	.010	-129.9499

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

d) Decisión y conclusión

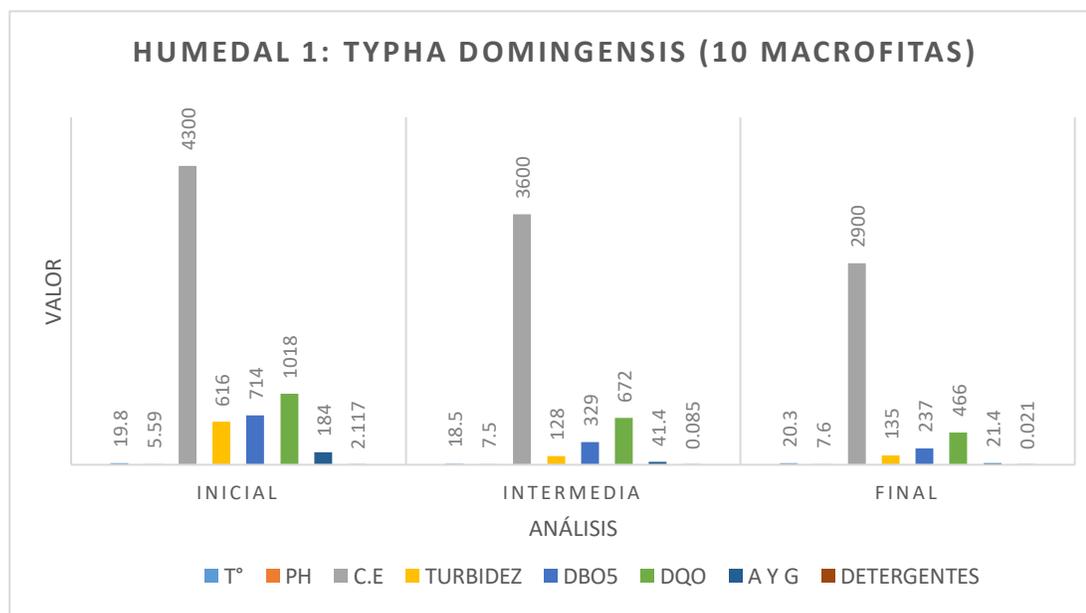
En las Tablas 9 y 10, se determinó entre las muestras de las características morfológicas un P-valor menor al nivel de significancia ($p < 0.05$), en el cual se puede visualizar que las medias sí presentan diferencias significativas por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_a . Concluyendo que las características morfológicas de las macrófitas sí presentan variabilidad respecto al tiempo.

4.2. Resultados del análisis de los parámetros fisicoquímicos

Tabla 11. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 10 unidades de *Typha domingensis* (0-30 días)

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura	°C	19.8	18.5	20.3
pH	pH	5.59	7.5	7.6
Conductividad Eléctrica	μS/cm	4300	3600	2900
Turbidez	NTU	616	128	135
DBO5	Mg/L	714	329	237
DQO	Mg/L	1018	672	466
Aceites y Grasas	Mg/L	184	41.4	21.4
Detergentes	Mg/L	2.117	0.085	0.021

Figura 12. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 10 unidades de *Typha domingensis* en el humedal 1



En la Tabla 11 y Figura 12 se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos empleando 10 unidades de *Typha domingensis*, cada 15 días, en el análisis final los parámetros tuvieron una reducción significativa en los

valores, la C.E redujo a 2900 $\mu\text{S/cm}$, turbidez a 135 NTU, DBO5 a 237 mg/L, DQO a 446 mg/L, aceites y grasas a 21.4 mg/L y los detergentes redujeron a 0.021 mg/L, a excepción de la temperatura que subió a 20.3 $^{\circ}\text{C}$ y el pH a 7.6 lo que quiere decir que el agua se encuentra en forma alcalina.

Tabla 12. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 16 unidades de *Typha domingensis* (0-30 días)

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	19.8	18.6	21.2
pH	pH	5.59	7.8	7.8
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	4300	3410	2700
Turbidez	NTU	616	44	83
DBO5	Mg/L	714	329	237
DQO	Mg/L	1018	667	457
Aceites y Grasas	Mg/L	184	41.6	21.6
Detergentes	Mg/L	2.117	0.072	0.011

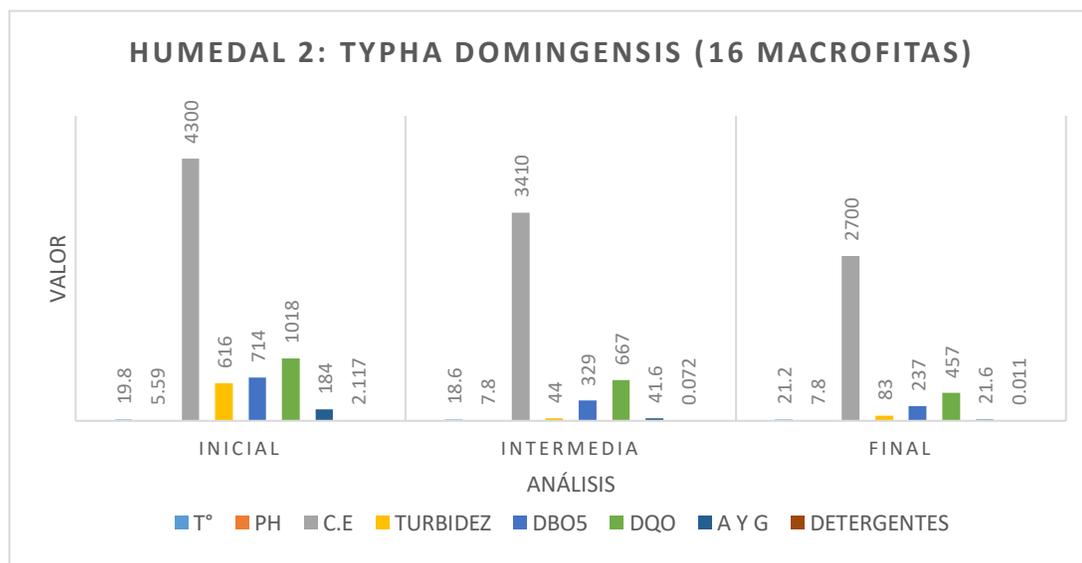


Figura 13. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 16 unidades de *Typha domingensis* en el humedal 2

En la Tabla 12 y Figura 13 se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos empleando 16 unidades de *Typha domingensis*, cada 15 días, en el análisis final los parámetros tuvieron una reducción favorable en los valores, la C.E redujo a 2700 $\mu\text{S/cm}$, turbidez a 83 NTU, DBO5 a 237 mg/L, DQO a 457 mg/L, aceites y grasas a 21.6 mg/L y los detergentes redujeron a 0.011 mg/L, en cambio la temperatura subió a 21.2 $^{\circ}\text{C}$ y el pH a 7.8 lo que quiere decir que el agua se encuentra en forma alcalina.

Tabla 13. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 20 unidades de *Typha domingensis* (0-30 días)

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	19.8	18.8	20.3
pH	pH	5.59	7.3	7.6
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	4300	3700	2800
Turbidez	NTU	616	160	96
DBO5	Mg/L	714	330	234
DQO	Mg/L	1018	662	446
Aceites y Grasas	Mg/L	184	40.1	21.1
Detergentes	Mg/L	2.117	0.084	0.012

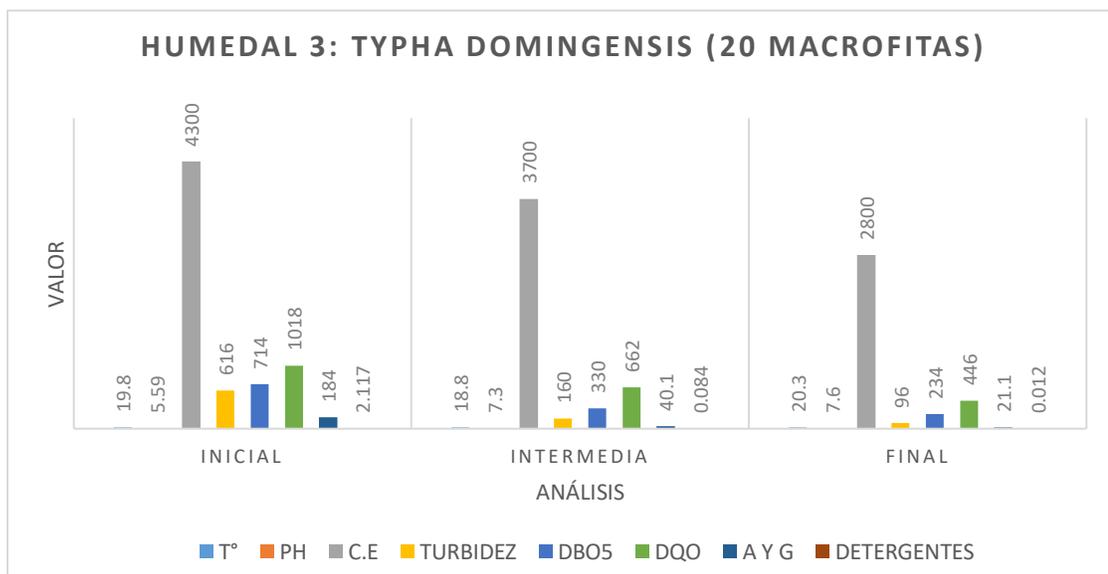


Figura 14. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 20 unidades de *Typha domingensis* en el humedal 3

En la Tabla 13 y Figura 14 se observa los resultados de los parámetros fisicoquímicos empleando 20 unidades de *Typha domingensis*, cada 15 días, en el análisis final los parámetros tuvieron una reducción significativa en los valores, la C.E redujo a 2800 $\mu\text{S/cm}$, turbidez a 96 NTU, DBO5 a 234 mg/L, DQO a 446 mg/L, aceites y grasas a 21.1 mg/L y los detergentes redujeron a 0.012 mg/L, en cambio la temperatura subió a 20.3 °C y el pH a 7.6 lo que quiere decir que el agua se encuentra en forma alcalina.

Tabla 14. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 5 unidades de *Typha domingensis* y 5 *Eichhornia crassipes* (0-30 días)

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura	°C	19.8	19	20.8
pH	pH	5.59	7.6	7.7
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	4300	3150	2267
Turbidez	NTU	616	268	133
DBO5	Mg/L	714	318	209
DQO	Mg/L	1018	639	420
Aceites y Grasas	Mg/L	184	35.2	14.3
Detergentes	Mg/L	2.117	0.074	0.008

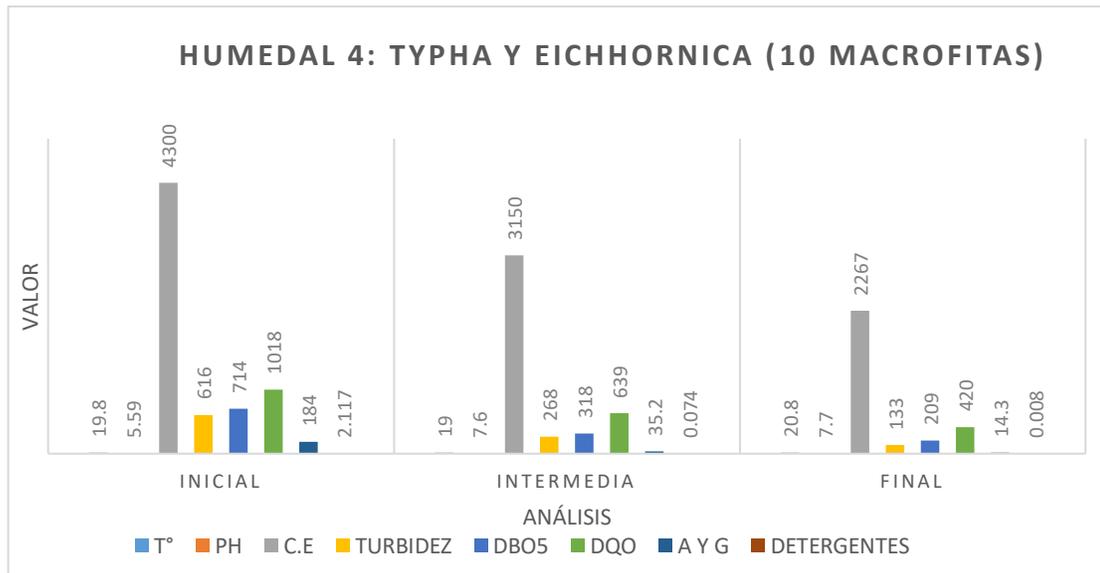


Figura 15. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 5 unidades de *Typha domingensis* y 5 unidades de *Eichhornia crassipes* en el humedal 4

En la Tabla 14 y Figura 15 se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos empleando la combinación de 5 *Typha domingensis* y 5 *Eichhornia crassipes*, en total de 10 macrófitas, durante un mes y se monitoreó cada 15 días, en el análisis final los parámetros tuvieron una reducción significativa en los valores, la C.E redujo a 2267 μ S/cm, turbidez a 133 NTU, DBO5 a 209 mg/L, DQO a 420 mg/L, aceites y grasas a 14.3 mg/L y los detergentes redujeron a 0.008 mg/L, pero la temperatura subió a 20.8 °C y el pH a 7.7 lo que quiere decir que el agua se encuentra en forma alcalina.

Tabla 15. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 8 unidades de *Typha domingensis* y 8 *Eichhornia crassipes* (0-30 días)

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura	°C	19.8	19	21.1
pH	pH	5.59	7.7	7.8
Conductividad Eléctrica	μ S/cm	4300	2736	2118

Turbidez	NTU	616	170	33
DBO5	Mg/L	714	315	205
DQO	Mg/L	1018	636	416
Aceites y Grasas	Mg/L	184	35.3	14.1
LDetergentes	Mg/L	2.117	0.065	0.006

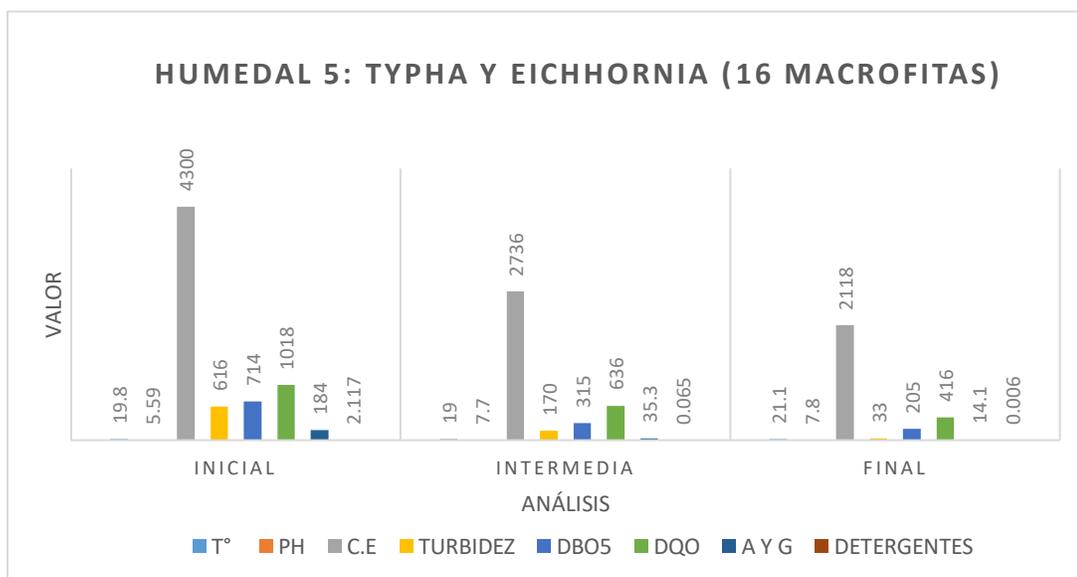


Figura 16. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 8 unidades de typha domingensis y 8 unidades de Eichhornia crassipes en el humedal 5

En la Tabla 15 y Figura 16 se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos empleando la combinación de 8 *Typha domingensis* y 8 *Eichhornia crassipes*, en total 16 macrófitas, durante un mes y se monitoreó cada 15 días, en el análisis final los parámetros tuvieron una reducción significativa en los valores, la C.E redujo a 2118 μ S/cm, turbidez a 33 NTU, DBO5 a 205 mg/L, DQO a 416 mg/L, aceites y grasas a 14.1 mg/L y los detergentes redujeron a 0.006 mg/L, pero la temperatura subió a 21.1 °C y el pH a 7.8 lo que quiere decir que el agua se encuentra en forma alcalina.

Tabla 16. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 10 unidades de *Typha domingensis* y 10 *Eichhornia Crassipes* (0-30 días)

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura	°C	19.8	18.8	21.1
pH	pH	5.59	7.5	7.3
Conductividad Eléctrica	μS/cm	4300	1155	986
Turbidez	NTU	616	191	139
DBO5	Mg/L	714	314	203
DQO	Mg/L	1018	632	404
Aceites y Grasas	Mg/L	184	33.4	14.3
Detergentes	Mg/L	2.117	0.052	0.005

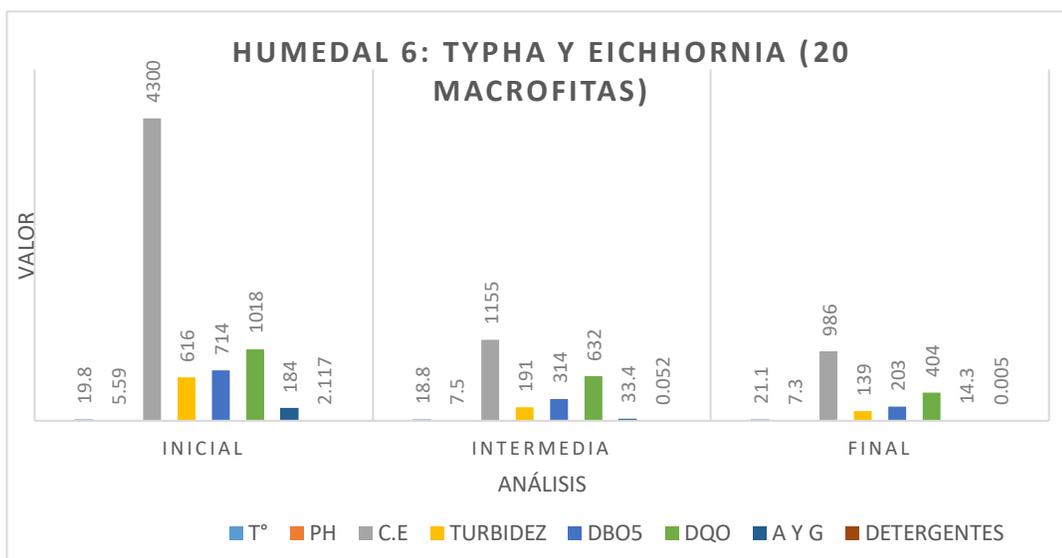


Figura 17. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 10 unidades de *Typha domingensis* y 10 unidades de *Eichhornia crassipes* en el humedal 6

En la Tabla 16 y Figura 17 se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos empleando la combinación de 10 *Typha domingensis* y 10 *Eichhornia crassipes*, en total de 20 macrófitas, durante un mes y se monitoreó cada 15 días, en el análisis final los parámetros tuvieron una reducción significativa en los valores, la C.E redujo a 986 μS/cm, turbidez a 139 NTU, DBO5 a 203 mg/L, DQO a 404 mg/L, aceites y grasas a 14.3 mg/L y los

detergentes redujeron a 0.005 mg/L, pero la temperatura subió a 21.1 °C y el pH a 7.3 lo que quiere decir que el agua se encuentra en forma alcalina.

Tabla 17. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 10 unidades de *Eichhornia Crassipes* (0-30 días)

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura	°C	19.8	19	20.8
pH	pH	5.59	7.7	7.4
Conductividad Eléctrica	μS/cm	4300	1849	1321
Turbidez	NTU	616	95	170
DBO5	Mg/L	714	325	272
DQO	Mg/L	1018	686	436
Aceites y Grasas	Mg/L	184	40.3	18.7
Detergentes	Mg/L	2.117	0.083	0.012

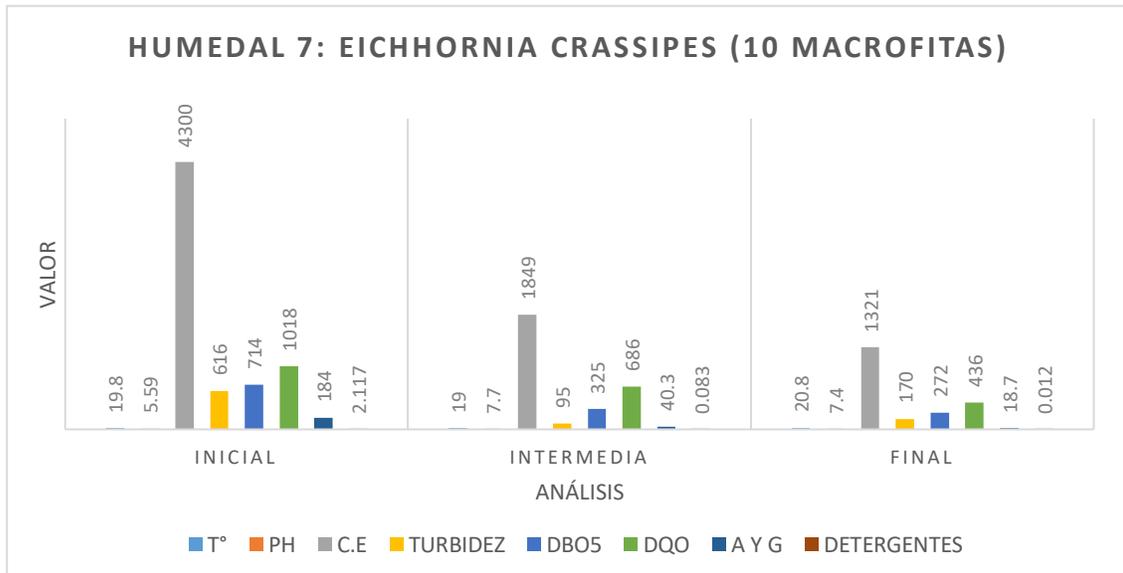


Figura 18. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 10 unidades de *Eichhornia crassipes* en el humedal 7

En la Tabla 17 y Figura 18 se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos empleando 10 *Eichhornia Crassipes*, durante un mes y se

monitoreó cada 15 días, en el análisis final los parámetros tuvieron una reducción considerable en los valores, la C.E redujo a 1321 $\mu\text{S}/\text{cm}$, turbidez a 170 NTU, DBO5 a 272 mg/L, DQO a 436 mg/L, aceites y grasas a 18.7 mg/L y los detergentes redujeron a 0.012 mg/L, pero la temperatura subió a 20.8 $^{\circ}\text{C}$ y el pH a 7.4 lo que quiere decir que el agua se encuentra en forma alcalina.

Tabla 18. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 16 unidades de *Eichhornia Crassipes* (0-30 días)

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	19.8	18.2	21.1
pH	pH	5.59	7.6	7.2
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S}/\text{cm}$	4300	2017	1520
Turbidez	NTU	616	48	240
DBO5	Mg/L	714	317	266
DQO	Mg/L	1018	682	428
Aceites y Grasas	Mg/L	184	38.3	18.3
Detergentes	Mg/L	2.117	0.078	0.344

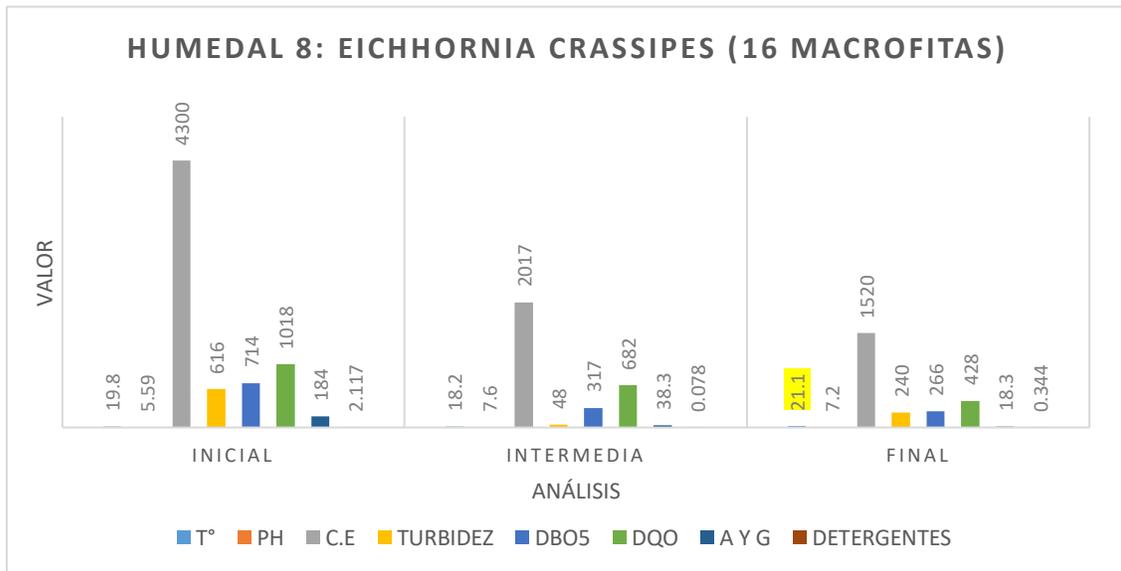


Figura 19. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 16 unidades de *Eichhornia crassipes* en el humedal 8

En la Tabla 18 y Figura 19 se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos empleando 16 *Eichhornia Crassipes*, durante un mes y se monitoreó cada 15 días, en el análisis final los parámetros tuvieron una reducción considerable en los valores, la C.E redujo a 1520 $\mu\text{S/cm}$, Turbidez a 240 NTU, DBO5 a 266 mg/L, DQO a 428 mg/L, aceites y grasas a 18.3 mg/L y los detergentes redujeron a 0.344 mg/L, pero la temperatura subió a 21.1 $^{\circ}\text{C}$ y el pH a 7.2 lo que quiere decir que el agua se encuentra en forma alcalina.

Tabla 19. Resultados de parámetros fisicoquímicos con el uso de 20 unidades de *Eichhornia Crassipes* (0-30 días)

PARAMETRO	UNIDAD DE MEDIDA	INICIAL	INTERMEDIO	FINAL
Temperatura	$^{\circ}\text{C}$	19.8	18.9	20.8
pH	pH	5.59	7.4	7.2
Conductividad Eléctrica	$\mu\text{S/cm}$	4300	2052	1642
Turbidez	NTU	616	88	46
DBO5	Mg/L	714	322	248
DQO	Mg/L	1018	686	422
Aceites y Grasas	Mg/L	184	38.3	17.3
Detergentes	Mg/L	2.117	0.072	0.011

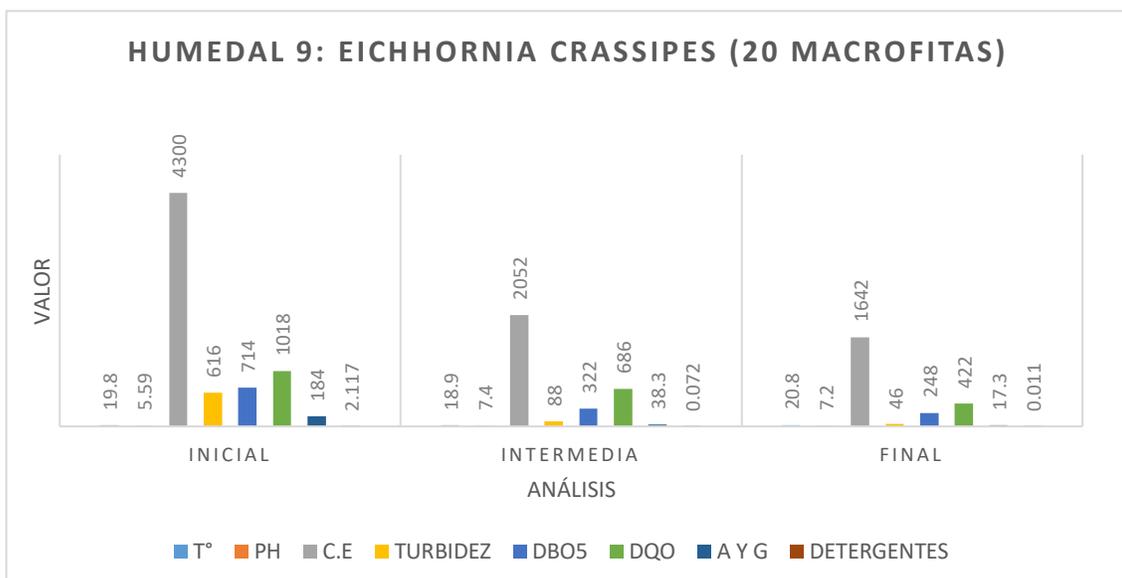


Figura 20. Resultados de los parámetros fisicoquímicos con 20 unidades de *Eichhornia crassipes* en el humedal 9

En la Tabla 19 y Figura 20 se muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos empleando 20 *Eichhornia Crassipes*, durante un mes y se monitoreó cada 15 días, en el análisis final los parámetros tuvieron una reducción considerable en los valores, la C.E redujo a 1642 $\mu\text{S}/\text{cm}$, Turbidez a 46 NTU, DBO5 a 248 mg/L, DQO a 422 mg/L, aceites y grasas a 17.3 mg/L y los detergentes redujeron a 0.011 mg/L, pero la temperatura subió a 20.8 °C y el pH a 7.2 lo que quiere decir que el agua se encuentra en forma alcalina.

4.2.1. Resultados del contraste de hipótesis

4.2.1.1. Prueba de normalidad

a) Lo primero que se realizó para saber si los datos obtenidos de los parámetros fisicoquímicos llevan una distribución normal fue lo siguiente.

H₀: Los datos de los parámetros fisicoquímicos siguen una distribución normal

H_a: Los datos de los parámetros fisicoquímicos no siguen una distribución normal

b) Para la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (H₀) depende del resultado obtenido. Si el P-valor es menor al nivel de significación, entonces se rechaza la H_a y se acepta la H₀. Sin embargo, si el P-valor es mayor entonces se acepta la H₀ y se rechaza la H_a.

- Nivel de confianza: 0.95

- Nivel de significancia (α): 0.05

c) Para determinar la significancia estadística

Se utilizó el test de Shapiro-Wilk, debido a que la cantidad de elementos empleados en la muestra es menor a 50.

Tabla 20. Prueba de normalidad de los parámetros fisicoquímicos

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
pH	.890	9	.200
T°	.836	9	.053
C.E	.933	9	.515
TURBIDEZ	.958	9	.781
DBO5	.921	9	.400
DQO	.963	9	.833
AYG	.865	9	.109
DETERGENTES	.431	9	.000

d) Decisión y conclusión

En la Tabla 20 se observa un P-valor mayor al nivel de significancia $p > 0.05$, por lo que se llega a la conclusión de aceptar la H_0 y se rechaza la H_a , es decir, que los datos llevan una distribución normal y para lo cual se opta por las pruebas estadísticas paramétricas como es el ANOVA y la prueba de Post Hoc.

4.2.1.2. Contraste de hipótesis

a) El procedimiento que se llevó a cabo para la prueba de hipótesis específica 2 se realizó lo siguiente:

H₀: El nivel de los parámetros fisicoquímicos del agua no reduce significativamente después del uso de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes*

H_a: El nivel de los parámetros fisicoquímicos del agua reduce significativamente después del uso de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes*

b) Para la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (H_0) depende del resultado obtenido. Si el P-valor es menor al nivel de significación, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a . Sin embargo, si el P-valor es mayor entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a .

- Nivel de confianza: 0.95
- Nivel de significancia (α): 0.05

c) Prueba determinar la significancia estadística

Se empleó la prueba de Post Hoc de Tukey en el análisis de varianza ANOVA, en el cual se compararon las diferencias de medias de los parámetros fisicoquímicos entre las muestras.

Tabla 21. Resultados Post Hoc de Tukey del análisis de varianza ANOVA en la eficiencia de los humedales artificiales con *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* sobre los parámetros fisicoquímicos

Variable dependiente		(I) HUMEDALES	(J) HUMEDALES	Diferencia de medias (I- J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
							Límite inferior	Límite superior
pH	HSD	VALOR	H. con T	-2.07667 [*]	.12693	.000	-2.4831	-1.6702
	Tukey	INICIAL	H. con T y E	-2.01000 [*]	.12693	.000	-2.4165	-1.6035
			H. con E	-1.67667 [*]	.12693	.000	-2.0831	-1.2702
T°	HSD	VALOR	H. con T	-.80000 [*]	.23452	.037	-1.5510	-.0490
	Tukey	INICIAL	H. con T y E	-1.20000 [*]	.23452	.004	-1.9510	-.4490
			H. con E	-1.10000 [*]	.23452	.007	-1.8510	-.3490
C.E	HSD	VALOR	H. con T	1500.00000 [*]	296.37214	.004	550.9121	2449.0879
	Tukey	INICIAL	H. con T y E	2509.66667 [*]	296.37214	.000	1560.5788	3458.7546
			H. con E	2805.66667 [*]	296.37214	.000	1856.5788	3754.7546
TURBIDEZ	HSD	VALOR	H. con T	511.33333 [*]	48.18310	.000	357.0341	665.6326
	Tukey	INICIAL	H. con T y E	514.33333 [*]	48.18310	.000	360.0341	668.6326
			H. con E	464.00000 [*]	48.18310	.000	309.7008	618.2992
DBO5	HSD	VALOR	H. con T	476.00000 [*]	5.57275	.000	458.1541	493.8459
	Tukey	INICIAL	H. con T y E	508.33333 [*]	5.57275	.000	490.4874	526.1792
			H. con E	452.00000 [*]	5.57275	.000	434.1541	469.8459
DQO	HSD	VALOR	H. con T	561.66667 [*]	6.04152	.000	542.3196	581.0137
	Tukey	INICIAL	H. con T y E	604.66667 [*]	6.04152	.000	585.3196	624.0137
			H. con E	589.33333 [*]	6.04152	.000	569.9863	608.6804
AYG	HSD	VALOR	H. con T	162.63333 [*]	.31535	.000	161.6235	163.6432
	Tukey	INICIAL	H. con T y E	169.76667 [*]	.31535	.000	168.7568	170.7765
			H. con E	165.90000 [*]	.31535	.000	164.8901	166.9099
			H. con T	2.10067 [*]	.07840	.000	1.8496	2.3517

DETERGENT	HSD	VALOR	H. con T y E	2.11067*	.07840	.000	1.8596	2.3617
ES	Tukey	INICIAL	H. con E	1.99467*	.07840	.000	1.7436	2.2457

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

d) Decisión y conclusión

En la Tabla 21, se determinó entre las muestras de los parámetros fisicoquímicos un P-valor menor al nivel de significancia ($p < 0.05$), en el cual se puede visualizar que las medias sí presentan diferencias significativas por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_a . Concluyendo que el nivel de los parámetros fisicoquímicos sí reducen significativamente.

4.3. Resultados del análisis de los parámetros microbiológicos

Tabla 22. Resultado de parámetros microbiológicos en los humedales artificiales con las macrofitas *Typha domingensis* y *Eichhornia Crassipes* (30 días)

HUMEDALES	inicial	intermedio	final
H1	280000	150000	1100
H2	280000	150000	1100
H3	280000	150000	1100
H4	280000	1500	150
H5	280000	1500	150
H6	280000	1500	150
H7	280000	150000	110
H8	280000	150000	110
H9	280000	150000	110

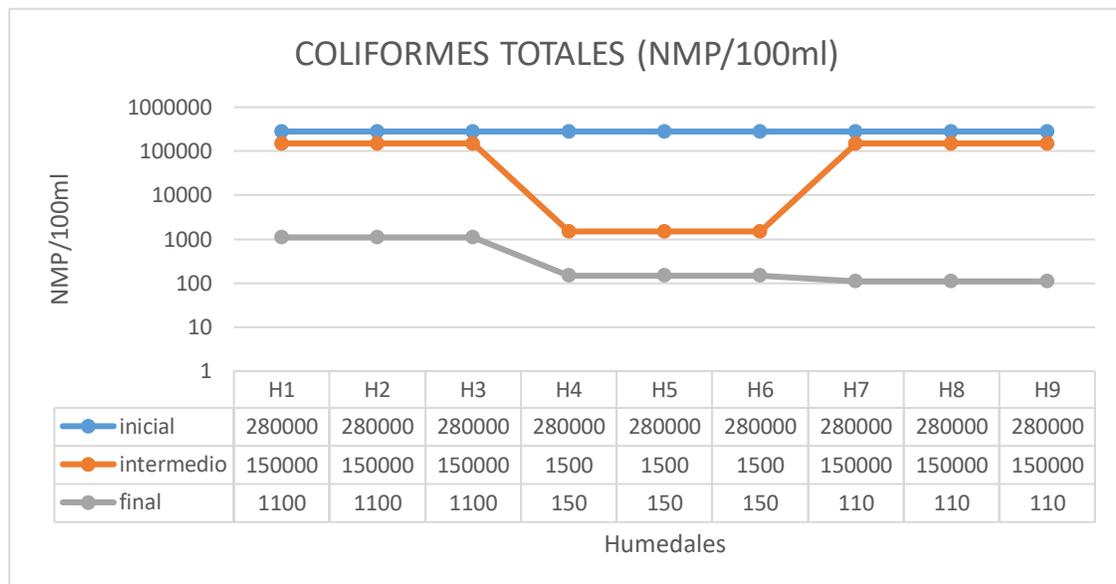


Figura 21. Resultados de los parámetros microbiológicos con las macrofitas *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* en los 9 humedales

En la Tabla 22 y y la Figura 21 se muestra el resultado de los coliformes totales (NMP/100ml) en 9 humedales, se analizó durante 30 días, el monitoreo fue cada 15 días, el resultado inicial fue 280000 NMP/100ml, los que tuvieron buenos resultados en el análisis final fueron el humedal 7 (10 *Eichhornia crassipes*), humedal 8 (16 *Eichhornia crassipes*), y el humedal 9 (20 *Eichhornia crassipes*) con una reducción significativa de 110 NMP/100ml

4.3.1. Resultados del contraste de hipótesis

4.3.1.1. Prueba de normalidad

a) Para saber si los datos obtenidos de los parámetros microbiológicos siguen una distribución normal se realizó lo siguiente:

H0: Los datos de los parámetros microbiológicos siguen una distribución normal

Ha: Los datos de los parámetros microbiológicos no siguen una distribución normal

b) Para la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (H_0) depende del resultado obtenido. Si el P-valor es menor al nivel de significación, entonces se rechaza la H_a y se acepta la H_0 . Sin embargo, si el P-valor es mayor entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a .

- Nivel de confianza: 0.95
- Nivel de significancia (α): 0.05

c) Para determinar la significancia estadística

Se utilizó el test de Shapiro-Wilk, debido a que la cantidad de elementos empleados en la muestra es menor a 50.

Tabla 23. Prueba de normalidad de los parámetros microbiológicos

	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Coliformes	.370	10	.000

d) Decisión y conclusión

En la Tabla 23 se observa un P-valor mayor al nivel de significancia $p > 0.05$, por lo que se llega a la conclusión de aceptar la H_0 y se rechaza la H_a , es decir, que los datos llevan una distribución normal y para lo cual se opta por las pruebas estadísticas paramétricas como el ANOVA y la prueba de Post Hoc.

4.3.1.2. Prueba de hipótesis

a) El procedimiento que se llevó a cabo para la prueba de hipótesis específica 2 se realizó lo siguiente:

H₀: El nivel de los parámetros microbiológicos del agua no reduce significativamente después del uso de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes*

H_a: El nivel de los parámetros microbiológicos del agua reduce significativamente después del uso de *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes*

b) Para la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (H_0) depende del resultado obtenido. Si el P-valor es menor al nivel de significación, entonces se rechaza la H_0 y se acepta la H_a . Sin embargo, si el P-valor es mayor entonces se acepta la H_0 y se rechaza la H_a .

- Nivel de confianza: 0.95
- Nivel de significancia (α): 0.05

c) Prueba para determinar la significancia estadística

Se empleó la prueba de Post Hoc de Tukey en el análisis de varianza ANOVA, en el cual se compararon las diferencias de medias de los parámetros microbiológicos entre las muestras.

Tabla 24. Resultados Post Hoc de Tukey del análisis de varianza ANOVA en la eficiencia de los humedales artificiales con *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* sobre los parámetros microbiológicos

Variable dependiente: Coliformes totales

	(I) Humedales	(J) Humedales	Diferencia de		Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
			medias (I-J)	Desv. Error		Límite inferior	Límite superior
HSD Tukey	valor inicial	H. con T	278900.00000	.70711	.000	278897.7356	278902.2644
		H. con T y E	279850.00000	.70711	.000	279847.7356	279852.2644
		H. con E	279890.00000	.70711	.000	279887.7356	279892.2644

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

d) Decisión y conclusión

En la Tabla 24, se determinó entre las muestras de los parámetros fisicoquímicos un P-valor menor al nivel de significancia ($p < 0.05$), en el cual se puede visualizar que las medias sí presentan diferencias significativas por lo que se rechaza la H_0 y se acepta la H_a . Concluyendo el nivel de los parámetros microbiológicos sí reducen significativamente.

4.4. Resultados de la eficiencia de las macrofitas *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domésticas

Tabla 25. Eficiencia de las macrofitas *Typha domingensis* y *Eichhornia Crassipes*

Parámetros	Eficiencia (%)								
	Humedales con T			Humedales con T y E			Humedales con E		
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
Temperatura	2.52	7.07	2.52	5.05	6.56	6.56	5.05	6.56	5.05
PH	36.5	40.18	36.54	38.36	40.18	31.1	32.9	29.27	29.27
C.E	32.55	37.2	34.88	47.27	50.74	77.06	69.27	64.65	61.81
Turbidez	78.08	86.52	84.41	78.4	94.64	77.43	72.40	61.03	92.53
DBO5	65.96	66.80	67.22	70.72	71.28	71.56	61.90	62.74	65.26
DQO	54.22	55.1	56.18	58.74	59.13	60.31	57.17	57.95	58.54
A y G	88.36	88.26	88.53	92.22	92.33	92.22	89.83	90.05	90.57
Detergentes	99	99.24	99.44	99.62	99.71	99.76	99.43	83.75	99.48
Coliformes totales	99.6	99.6	99.6	99.94	99.94	99.94	99.96	99.96	99.96

En la Tabla 25 se muestra la eficiencia de las macrofitas *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* distribuidos en 9 humedales con diferentes cantidades.

La eficiencia se calculó con la siguiente formula:

$$Ef(\%) = \frac{Ci - Cf}{Ci} * 100$$

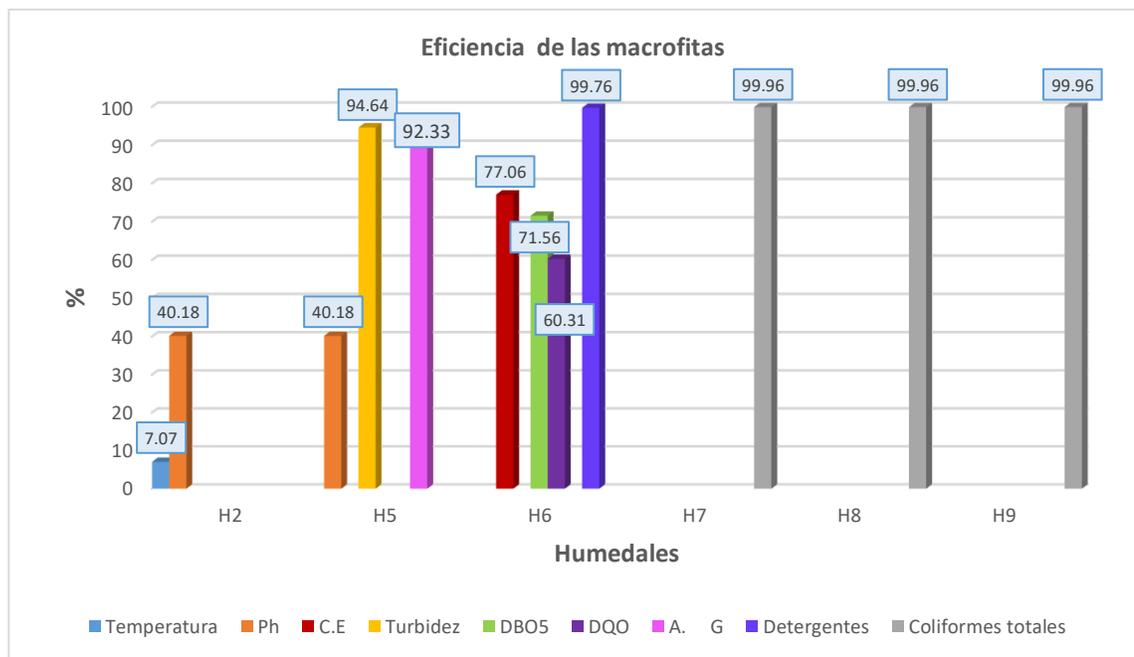


Figura 22. Eficiencia de las macrofitas en la reducción de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

En la Figura 22 se muestra la eficiencia de las macrofitas que obtuvieron una mayor reducción en los parámetros; el humedal 6 que está conformado por 10 *Typha domingensis* y 10 *Eichhornia crassipes*, alcanzó una eficiencia en la mayoría de los parámetros, la Conductividad Eléctrica fue de 77.06%, DBO5 fue de 71.56%, DQO fue de 60.31% y detergentes con 99.76%; el humedal 5 (8 *Typha domingensis* y 8 *Eichhornia crassipes*) tuvieron una eficiencia en la Turbidez con 94.64%, aceites y grasas con 92.33% y un aumento en pH de 40.18%; en el humedal 2 (16 totoras) se obtuvo un aumento de la temperatura con 7.07% y el pH con 40.18% al igual que en el humedal 5; en cuanto a los coliformes totales, los humedales 7, 8 y 9 (10,16 y 20 *Eichhornia crassipes*) respectivamente fueron muy efectivos con 99.96%, que alcanzo una máxima eficiencia.

Sin embargo, comparando los resultados de eficiencia entre ambas especies utilizadas, la que obtuvo el mayor porcentaje de reducción de contaminantes fue la *Eichhornia crassipes*, y el humedal con mejores resultados fue el que tenía

mayor cantidad de macrofitas (20 macrofitas). Llegando a la conclusión, que a mayor cantidad de macrofitas, habrá mayor porcentaje de reducción de contaminantes del agua residual.

4.4.1. Resultados del contraste de hipótesis

4.4.1.1. Prueba de hipótesis general

a) Los pasos que se llevaron a cabo para la prueba de hipótesis general fueron los siguientes:

H₀: La aplicación de humedales artificiales con *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* no son eficientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

H_a: La aplicación de humedales artificiales con *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* son eficientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas.

b) Para la probabilidad de rechazar la hipótesis nula (H₀) depende del resultado obtenido. Si el P-valor es menor al nivel de significación, entonces se rechaza la H₀ y se acepta la H_a. Sin embargo, si el P-valor es mayor entonces se acepta la H₀ y se rechaza la H_a.

- Nivel de confianza: 0.95
- Nivel de significancia (α): 0.05

c) Prueba para determinar la significancia estadística

Se utilizó el análisis de varianza ANOVA, con el fin de determinar si existe diferencia de medias entre los grupos con la muestra inicial.

Tabla 26. Resultados del análisis de varianza ANOVA en la eficiencia de los humedales artificiales con las macrofitas *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* sobre el tratamiento de aguas residuales domésticas.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
PH	Entre grupos	8.580	3	2.860	118.339	.000
	Dentro de grupos	.193	8	.024		
	Total	8.773	11			
T°	Entre grupos	2.663	3	.888	10.758	.004
	Dentro de grupos	.660	8	.082		
	Total	3.323	11			
C.E	Entre grupos	14424000.333	3	4808000.111	36.492	.000
	Dentro de grupos	1054037.333	8	131754.667		
	Total	15478037.667	11			
TURBIDEZ	Entre grupos	559559.583	3	186519.861	53.560	.000
	Dentro de grupos	27859.333	8	3482.417		
	Total	587418.917	11			
DBO5	Entre grupos	520558.250	3	173519.417	3724.925	.000
	Dentro de grupos	372.667	8	46.583		
	Total	520930.917	11			
DQO	Entre grupos	773440.917	3	257813.639	4708.925	.000
	Dentro de grupos	438.000	8	54.750		
	Total	773878.917	11			
AYG	Entre grupos	62152.229	3	20717.410	138887.663	.000
	Dentro de grupos	1.193	8	.149		
	Total	62153.422	11			
DETERGENTES	Entre grupos	9.653	3	3.218	349.050	.000
	Dentro de grupos	.074	8	.009		
	Total	9.727	11			
COL.TOTALES	Entre grupos	175831146600. 000	3	58610382200.0 00	78147176266.6 67	.000
	Dentro de grupos	6.000	8	.750		
	Total	175831146606. 000	11			

d) Decisión y conclusión

En la Tabla 26 se determinó un P-valor menor al nivel de significancia ($p < 0.05$) en todos los parámetros, en el cual se puede visualizar que las medias sí presentan diferencias significativas, por lo tanto, se rechaza la H_0 y se acepta la H_a . Concluyendo que los humedales artificiales con las macrofitas *Typha domingensis* y *Eichhornia crassipes* son eficientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas. Además de que, al ser analizadas por separado, la macrofita con mayor eficiencia es la *Eichhornia crassipes*.

V. DISCUSIONES

La presente investigación logró determinar la eficiencia de las macrofitas *Typha domingensis* y *Eichhornia Crassipes* como purificadoras de aguas residuales domésticas, el humedal 6 que está conformado por 10 *Typha domingensis* y 10 *Eichhornia crassipes*, alcanzó una eficiencia en la mayoría de los parámetros, la Conductividad Eléctrica fue de 77.06%, DBO5 fue de 71.56%, DQO fue de 60.31% y detergentes con 99.76%; el humedal 5 (8 *Typha domingensis* y 8 *Eichhornia crassipes*) tuvieron una eficiencia en la Turbidez con 94.64%, aceites y grasas con 92.33%, en el humedal 2 (16 totoras) se obtuvo un aumento en la temperatura con 7.07% y el pH con 40.18% al igual que en el humedal 5.

También, Cayo Hernández y otros (2021) tuvieron sus resultados con una eficiencia de eliminación para totora el DBO fue de 87.38%, SST 81.53%, coliformes termotolerantes 91.91%, temperatura 22.28%, pH 6.63%, por otro lado, Sinarahua y Vela (2021) demostraron mayor eficiencia de reducción de los parámetros con las macrófitas *totora* y *jacinto de agua* en aguas residuales, donde para aceites y grasas se tuvo una eficiencia de 86.82 % con totora y 90.31 % para Jacinto de agua, coliformes fecales 99,98 % con totora y 99.97 con Jacinto de agua, DBO5 con totora 92.97% y con Jacinto de agua 97.02%, DQO con 63.06% para totora y 73.06 para Jacinto de agua. De igual modo Chang y Huamán (2019) el jacinto de agua tuvo una mayor una remoción de aceite con 75,4%, DBO al 78,2%, DQO al 72,1%, STS al 82% y coliformes fecales al 99,9%.

En cuanto al primer objetivo específico se muestra las características morfológicas de las macrófitas *Typha domingensis* y la *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de aguas residuales domesticas que fueron distribuidos en 9 humedales en diferentes cantidades, en un tiempo de 30 días, el tamaño inicial de la raíz de *Typha domingensis* fue de 7 cm y la final de 16.8cm, donde el crecimiento de la raíz aumentó en el humedal 3 con un valor de 9,8cm que representa el mayor crecimiento; y de la *Eichhornia crassipes* el tamaño inicial de la raíz 12.6 cm a y la final de 18cm, el tamaño mayor de la raíz aumentó en el humedal 4 con un valor de 5.6cm respectivamente; el tamaño inicial de las hojas de *Typha domingensis* fue

de 44.5 cm y la final de 54.4 cm, de lo cual el crecimiento de las hojas aumentó con un valor de 9.9 cm en el humedal 6 que representa un crecimiento considerable; y de la *Eichhornia crassipes* se muestra el crecimiento de altura y el ancho de las hojas, de la cual la altura inicial es de 2.6 cm, y la final de 4.3 cm, donde el mayor crecimiento se aumentó con un valor de 1.4 cm en el humedal 8; el ancho inicial varia de 3.9 cm y la final de 6 cm, donde el tamaño del ancho de la hoja aumentó con un valor de 2.1 cm en el humedal 6, lo que significa que fue un alto crecimiento; la cantidad de hojas de *Typha domingensis* fue de 111 hojas y la final de 136 unidades, donde la cantidad de hoja aumentó con un valor de 25 unidades en el humedal 3; y de la *Eichhornia crassipes* la cantidad inicial de las hojas fue 76 y 98 unidades y la final de 107 y 130 unidades lo que significa que la mayor cantidad incremento con 31 hojas que le corresponde a los humedales 8 y 9; el tamaño inicial del tallo fue de 13.1 cm y 14.1 cm y la final de 15.4 cm y 16.4 cm, el tamaño del tallo incrementó con un valor de 2.3 cm que equivale un mayor crecimiento en los humedales 2 y 3; el tamaño inicial de los bulbos de aire fue de 3.7 y 3.8 cm, ya la final fue de 6.2 cm y 6.3 cm, respectivamente, donde el tamaño de los bulbos aumentó con un valor 2.5cm, que representa un mayor crecimiento, que corresponde al humedal 8 y 9.

Así mismo, Huamani Elizabeth et al. (2021) en su investigación indicaron que la *Eichhornia crassipes* tiene alta capacidad reproductiva, y las hojas nuevas crecen después de una semana y de 21 días las raíces miden unos 12 cm de largo, las hojas nuevas son de "verde claro", en cambio, las hojas madre se han secado desde el borde y están amarillentas.

También, Araujo y Castro (2021) determinó el tamaño inicial del tallo de totora que fue de 10.67 cm, el tamaño de la raíz fue de 4.97 cm y la biomasa de 66.67 g, respectivamente, y el tamaño final del tallo fue de 23.67 cm, la raíz de 9.93 cm y la biomasa de 136.67 g. comparación con los demás tratamientos, el tratamiento 3 con 20 plantas fue el que presentó mejores resultados.

De igual manera, Murillo y Montañez (2020) menciona que el final del tamaño del tallo de la totora fue de 51.78 cm, de la combinación de jacinto más totora es de 31.15 cm que se representó con el mayor crecimiento, y la longitud de jacinto

creció menos, 31.15 cm y 12.75 cm, respectivamente, lo que indica que la altura de las plantas fue diferente, lo que se debió principalmente a factores genéticos; el tamaño de las raíces de jacinto fue de 24.25 cm, la longitud de la raíz de Totorá fue la más larga, y la combinación de jacinto más totora tuvo el menor crecimiento a 24.025 cm y 19.025 cm.

Respecto a los parámetros fisicoquímicos, las macrofitas se encuentran distribuidas en 9 humedales con diferentes cantidades, en humedal 6 (10 *Typha domingensis* y 10 *Eichhornia Crassipes*) se tuvo mayor nivel de reducción de la conductividad eléctrica que fue de 4300 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 986 $\mu\text{S}/\text{cm}$, la DBO5 redujo de 714 mg/L a 203 mg/L, la DQO redujo de 1018 mg/L a 404 mg/L, y los detergentes redujeron de 2.117 mg/L a 0.005 mg/L; en el humedal 5 (8 *Typha domingensis* y 8 *Eichhornia Crassipes*) tuvieron un alto nivel de reducción, la turbidez redujo de 616 NTU a 33 NTU, los aceites y grasas tuvieron una reducción de 184 mg/L a 14.1 mg/L, y en humedal 2 (20 totora) hubo un pequeño aumento en cuanto a la temperatura de 19.8 °C a 21.2 °C y el pH de 5.59 a 7.8 al igual que en humedal 5, lo que quiere decir que tanto la Temperatura y el pH se encuentran dentro del rango permitido, ya que el pH es alcalina.

Así mismo De la Cruz Ferrer (2020) indica sobre los resultados obtenidos con la especie totora, se tiene una DBO de 73.6 mg/l, DQO de 103.3 mg/l, 170 NMP/100 ml de coliformes resistentes al calor, temperatura mantenida dentro del rango permitido de 24°C, agua pH 7.6, conductividad 2612 uS/cm, que quiere decir que la utilización de humedales artificiales verticales con especies de totora para tratar las aguas residuales es eficiente para reducir los contaminantes.

De igual manera Sinarahua y Vela (2021) también reportó la reducción significativa de concentración de todos los parámetros, donde se mostraron los siguientes resultados a los 24 días los resultados de, aceites y grasas con totora fue 2.0 mg/L, con jacinto de agua 2.30 mg/L, coliformes fecales con totora 11 000 NMP/100 mL, con jacinto de agua 11 000 NMP/100 mL, demanda biológica de oxígeno con totora 26.0 mg/L, con jacinto de agua 11.0 mg/L, demanda química de oxígeno con totora 214.2 mgO₂/L y con jacinto de agua 156.2 mgO₂/L, para sólidos totales suspendidos con totora 18 mL/L, jacinto de agua 23 mL/L; para pH con totora

7.4 unidades y con jacinto 7.4 unidades; para temperatura con totora 24.6 °C y con jacinto de agua 25.0 °C.

Huamani Elizabeth et al. (2021) en su resultado que se realizó durante 21 días obtuvo un resultado que mostró el valor de pH del jacinto de agua 7.09 respectivamente, de 0.5 mg/L en los parámetros del aceite, y las concentraciones de DBO5 fue de 2 mg/L, DQO fue de 11 mg/L, finalmente los coliformes termotolerantes, alcanzó el valor de 7.8 NMP/100mL

En cuanto a los parámetros microbiológicos se tiene los coliformes totales que la concentración inicial fue 280000 NMP/100ml, los que tuvieron buenos resultados en el análisis final fueron el humedal 7 (10 *Eichhornia Crassipes*), humedal 8 (16 *Eichhornia Crassipes*), y el humedal 9 (20 *Eichhornia Crassipes*) con una reducción significativa de 110 NMP/100ml que alcanzó una máxima eficiencia de 99.96%, también LIMACHE, Fernando (2021) obtuvo casi los mismos resultados con mayor tasa de eliminación de coliformes totales durante 60 días, con un promedio de 99.36 %. Así mismo Cuba Zamora et al. (2019) tuvieron el análisis inicial de 43.000 MPN/100 mL para coliformes totales y un valor de 330.000 MPN/100 mL obtenido luego de la descarga a través de un sistema lagunar, en la primera muestra del humedal artificial dio un resultado de <1.8, que se repitió en la segunda muestra del humedal artificial después de 25 días de tratamiento la eficiencia de eliminación de este parámetro fue exitosa ya que elimina el 100 %. De la misma manera GIRALDO, Cecilia (2020) tuvo el resultado inicial de coliformes totales un valor de 24000.00 NMP/100 ml. Después del tratamiento (con jacinto de agua), el valor del efluente fue de 460.00 NMP/100 ml. Luego hay una disminución en este parámetro y disminuye aún más cuando se compara con ECA que da un valor de 5000 MPN/100 ml.

VI. CONCLUSIONES

El humedal que alcanzó más eficiencia de reducción de contaminantes fue el 6 (la combinación de 10 *Typhas domingensis* y 10 *Eichhornia Crassipes*) con mayores resultados de reducción en Conductividad Eléctrica con 77.06%, DBO5 con 71.56%, DQO con 60.31% y en detergentes tuvo una eficiencia de 99.76%. Al comparar los resultados entre ambas especies, la más eficiente es la *Eichhornia crassipes*, utilizando mayor cantidad de macrofitas.

Las características morfológicas de las macrófitas *typha domingensis* y la *Eichhornia crassipes* en el humedal 3 que contiene *Typha domingensis* se logró el mayor crecimiento en la raíz de 7cm a 16.8 cm; y de la *Eichhornia crassipes* el tamaño mayor de la raíz aumentó en el humedal 4 de 12.4 cm a 18cm; el crecimiento de las hojas de *typha domingensis* aumentó de 44.5 cm a 54.4 cm en el humedal 6 y de la *Eichhornia crassipes* el crecimiento de la altura de la hoja aumento de 2.6 cm a 4.3cm en el humedal 8; y el ancho de la hoja aumentó de 2.6 cm a 3.9 cm en el humedal 6; el tamaño de bulbos de aire de la *Eichhornia crassipes* aumento de 3.8 cm a 6.3 cm que corresponde al humedal 9; el tamaño de tallo *Typha domingensis* aumentó de 14.1 cm a 16.4 cm que corresponde al humedal 3; y la cantidad de hojas de *Typha domingensis* incrementó de 111 a 136 unidades en el humedal 3 y de la *Eichhornia crassipes* aumento de 76 y 98 a 107 y 130 unidades respectivamente en el humedal 8 y 9; el crecimiento depende a la cantidad de macrofitas.

El nivel de reducción de los parámetros fisicoquímicos con las macrofitas *Typha domingensis* y *Eichhornia Crassipes* se logró reducir en el humedal 6 a la mayoría de los parámetros, la conductividad eléctrica redujo de 4300 μ S/cm a 986 μ S/cm, la DBO5 redujo de 714 mg/L a 203 mg/L, la DQO redujo de 1018 mg/L a 404 mg/L, los detergentes redujeron de 2.117 mg/L a 0.005 mg/L, y en el humedal 5 la turbidez redujo de 616 NTU a 33 NTU, los aceites y grasas tuvieron una reducción de 184 mg/L a 14.1 mg/L; lo que quiere decir que las macrofitas actúan más juntas que por separado.

El nivel de reducción de los coliformes totales se logró reducir en los humedales 7, 8 y 9 (10,16 y 20 *Eichhornia Crassipes*) respectivamente de 280000 NMP/100ml a 110 NMP/100ml con una eficiencia de 99.96%, que alcanzo una máxima eficiencia, lo que significa que la macrofita *Eichhornia Crassipes* es más eficiente que la *Typha domingensis* y la combinación de ambas macrofitas.

VII. RECOMENDACIONES

1. Realizar esta técnica de tratamiento durante de la estación de verano ya que las macrofitas utilizadas tienden a tener mayor rendimiento de reducción de contaminantes en altas temperaturas.
2. Si se quiere trabajar con la macrofita *Typha domingensis* se recomienda utilizar humedales no menores de 50 cm de altura debido al tamaño de la planta.
3. Realizar esta técnica de tratamiento por más de 30 días de proceso con la finalidad de obtener mejores resultados.
4. Evaluar los parámetros cada 10 días, para tener una mayor visualización de la capacidad remediadora que pueden tener las macrofitas.
5. Generar un modelo matemático a través de los análisis experimentales de una manera periódica cada 5 días, por 2 meses.

REFERENCIAS

AGUIRRE SIGUEÑAS, María Eugenia, et al. Factores que influyen en el establecimiento de límites máximos permisibles para garantizar el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental en agua. 2021. Disponible en: https://repositorio.oefa.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12788/160/Grupo%2011_Flor es%20Contreras.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ARAUJO MAYHUA, Yosser Cristian; CASTRO VENTURA, Cristhian Jhoseph. Schoenoplectus californicus (totora) como biorremediador para mitigación del arsénico y plomo en aguas del río Opamayo, Rumichaca-Huancavelica–2021. 2021. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/73467/Araujo_MYC-Castro_VCJ-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

BANERJEE, K., [et al.]. A machine-learning approach for prediction of water contamination using latitude, longitude, and elevation. *Water*, 14(5), 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w14050728>

BELCHER, H., [et al.]. The applicability of current turbidimetric approaches for analyzing fibrin fibers and other filamentous networks. *Biomolecules*, 2022. 12, 807. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/biom12060807>

BERNDT Andrea. Sampling Methods. *Journal of Human Lactation* [en línea]. Vol 36, N° 2, 2020 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022]. Disponible en <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0890334420906850>

CARRILLO V, GÓMEZ G, VIDAL G. Phosphorus uptake by macrophyte plants in monocultures and polycultures in constructed wetlands for wastewater treatment. *Revista Ecological Engineering* [en línea]. vol. 182, 2022. [fecha de consulta: 20 de noviembre de 2022].

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857422001513?via%3Dihub>

CARRILLO, Valentina [et al.]. Evaluation of long-term phosphorus uptake by *Schoenoplectus californicus* and *Phragmites australis* plants in pilot-scale constructed wetlands. *Revista International Journal of Phytoremediation* [en línea]. vol. 24, n° 6, 2022. [Fecha de consulta: 12 de junio de 2022].

Disponible en <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15226514.2021.1960478?scroll=top&nedAccess=true>

CHITTARANJAN Andrade. Sample Size and its Importance in Research. Revista India de medicina psicológica [en línea], 2020 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022]. Disponible en https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.4103/IJPSYM.IJPSYM_504_19

CIOBANU, R., [et al.]. Sustainability analysis of a municipal wastewater treatment plant through emergy evaluation. *Sustainability*, 2021. 14, 6461. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/su14116461>

COARITE Mamani, Efrain, et al. Uso de la totora en planta de tratamiento de aguas residuales. 2018. Tesis Doctoral. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/27431/EG-2221.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CHANG Gutiérrez Karina y HUAMÁN Taype Carmen Rosa. Eficiencia en el tratamiento de aguas residuales domesticas mediante las macrófitas Eichhornia Crassipes y Pistia Stratiotes, plantas típicas de la Selva Peruana. Tesis (Título Profesional de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Peruana Unión, 2019. Disponible en: file:///C:/Users/NITRO/Downloads/Karina_Tesis_Licenciatura_2020.pdf

COBCM/COBCLM. Descripción de Indicadores, 2015. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-pH%20f.pdf>

CÓRDOVA Estefany, Eficiencia del Aloe barbadensis miller en la reducción de Turbidez, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Coliformes Totales en aguas residuales del matadero de aves "San Francisco"-Comas 2018. 2018. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/18339/C%c3%b3rdova_FEF.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CUBAS ZAMORA, José Antohny; MIRELES ADRIANZÉN, Gerson Abelardo. Eficiencia del humedal artificial con totora (scirpus californicus) en la depuración de efluentes de las lagunas de estabilización del cp la otra banda. 2020. Disponible en: <https://repositorio.udl.edu.pe/bitstream/UDL/306/1/TESIS%20CUBAS%20Y%20MIRELES.pdf>

DE LA CRUZ Ferrer, Humberto. Humedal artificial empleando especies fitodepuradoras nativas para el tratamiento de aguas residuales en el Distrito de San Antonio Huarochirí-2020. Tesis (título de Ingeniero Civil). Lima: universidad de Cesar

Vallejo, 2020. Disponible en: file:///C:/Users/NITRO/Downloads/De%20La%20Cruz_FH-SD.pdf

DOMICO Jack y Ball Martín. The SAGE Encyclopedia of Human Communication Sciences and Disorders. Sage reference [en línea], 2019 [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022]. ISBN: 9781483380810
Disponible en <http://dx.doi.org/10.4135/9781483380810.n242>

FARKAS Kata [et al]. Viral indicators for tracking domestic wastewater contamination in the aquatic environment. Water Research [en línea]. Vol 181, 2020 [fecha de consulta: 12 de junio del 2022]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0043135420304632>

FUENTES Rosa [et al]. Caracterización de la materia orgánica disuelta en agua subterránea del Valle de Toluca mediante espectrofotometría de fluorescencia 3D. Revista Internacional De Contaminación Ambiental, 31(3), 253–264, 2015. ISSN-p: 0188-4999. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/46282>

FERNANDO Luis. Caracterización y Mejoramiento de las Aguas Residuales de la Empresa Tecopesca para Obtener Parámetros de Riego Destinado a las Canchas de Fútbol para uso Comunitario y para el Parque de los Recuerdos Sector Jaramijo. 2015. Tesis de Maestría. Universidad de Guayaquil, Dirección de Posgrado, Maestría en Administración Ambiental. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/26308/1/T-UG-DP-MAA-010.pdf>

GARCIA Hervias, Richar Alexis. Optimización de la densidad de la Eichhornia crassipes" jacinto de agua" para remoción de fósforo, Ancash-2017. 2019. Disponible en: http://200.48.38.121/bitstream/handle/USANPEDRO/12477/Tesis_62010.pdf?sequence=1&isAllowed=y

GIRALDO BARBUDO, Cecilia Rufina. Eficiencia de la especie eichhornia crassipes-jacinto de agua en el tratamiento del agua residual de la laguna "mansión" para el riego de las áreas verdes en la universidad Peruana Unión, periodo–2015. 2018. Disponible en: [file:///C:/Users/NITRO/Downloads/T033_47651596_T%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/NITRO/Downloads/T033_47651596_T%20(1).pdf)

HERNANDEZ, Pablo [et al]. Bioadsorción de nitratos presentes en salmueras procedentes de plantas de ósmosis inversa. 2021. Disponible en:

<https://repositorio.upct.es/bitstream/handle/10317/9618/tfg-herbio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERNÁNDEZ CAYO, José Giancarlo; VARGAS Gálvez, Daniel Alejandro. Eficiencia entre *Schoenoplectus californicus* y *Phragmites australis*, mediante diseños de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales, AgroVictoria, Ica, 2021. 2021. Disponible en:

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/77833/Hernandez_CJG_Vargas_GDA-SD.pdf?sequence=1

HEXI Zhou [et al]. Overview of strategies for enhanced treatment of municipal/domestic wastewater at low temperature. *Science of The Total Environment* [en línea]. vol 643, 2018 [fecha de consulta: 12 de junio del 2022]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718321764#>

HUAMANI LEON, Elizabeth; HUAYTA ASTOPILLO, Doris; ORTEGA VELIZ, Dina Flor. Eficiencia de remoción de la especie *Hydrocotyle bonariensis* (redondita de agua) y *Eichhornia crassipes* (jacinto de agua) en las aguas residuales del río Shullcas-2021. 2021. Disponible en:

https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/11100/1/IV_FIN_107_T_E_Huamani_Huayta_Ortega_2021.pdf

HUERTA NUÑEZ, Elvis Ever. Uso de la Planta *Eichhornia Crassipes* “Jacinto de Agua” para la Reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en el Agua Residual Porcina de la Empresa Campoy, Distrito de Aucallama, Huaral. Tesis (Ingeniería Ambiental). Perú: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, 2019. Disponible en: <http://repositorio.unifsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/4030/ELVIS%20HUERTA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

KIKUDA, R., [et al.]. Evaluation of water quality of buritis lake. *Water*, 2022 14(9), 1414. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w14091414>

LIMACHE QUISPE, Fernando Daniel. Evaluación comparativa de lechuga de agua (*Pistia stratiotes*) y jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Tacna. 2021. Disponible en:

http://tesis.unjbg.edu.pe/bitstream/handle/UNJBG/4427/2019_2021_limache_quispe_fd_fcag_ingenieria_ambiental.pdf?sequence=1&isAllowed=y

LOZADA José. (2014) Investigación aplicada: Definición, propiedad intelectual e industria. *Ciencia américa: Revista de divulgación científica de la Universidad*

Tecnológica Indoamérica, vol. 3, no 1, p. 47-50. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6163749>

MACLEAN Silvie. A Conceptual Continuous Improvement Framework to Examine the “Problems of Understanding” Applied Research. Higher Learning Research Communications [en línea]. Vol 11, N° 2, 2021. [Fecha de consulta: 13 de junio del 2022]. Disponible en <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1320372.pdf>

MAS-PLA, J Y MENCIO, A., 2019. Groundwater nitrate pollution and climate change: Learnings from a water balance-based analysis of several aquifers in a western mediterranean region (Catalonia). Environmental Science and Pollution Research International, vol. 26(3), 2184-2202. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1859-8>

MENGISTU, Leliza., [et al.]. Comparison study on sonodirect and sonoalternate current electrocoagulation process for domestic wastewater treatment. *International Journal of Analytical Chemistry*, 2022. Disponible en <https://doi.org/10.1155/2022/3477995>

MIN, Li., [et al]. Occurrence, spatial distribution and ecological risks of antibiotics in soil in urban agglomeration. *Journal of Environmental Sciences*. Vol. 125, 2022. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2022]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1001074222001498?via%3Dihub>

MURILLO ADVÍNCULA, Angelica y MONTAÑEZ MACHCO, María. Capacidad fitorremediadora del *Schoenoplectus americanus* y *Eichhornia crassipes* sobre la concentración de cianuro en el efluente de la Mina Paltarumi SAC, Barranca, 2020. Tesis (título profesional de ingeniero ambiental). Huaura: Universidad católica sedes Sapientiae, 2022. Disponible en: https://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14095/1578/Murillo_Montanez_tesis_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y

NÚÑEZ ALBERCA, Fernando. Jacinto de agua y tiempo de permanencia en el proceso de fitorremediación de las Lagunas PTAR-EI Indio. 2021. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2705/IASIN-NUN-ALB-2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

OEFA, 2014. Disponible en <https://www.oefa.gob.pe/2014/>

OLIVEIRA Gislayne A., [et al]. Floating treatment wetlands in domestic wastewater treatment as a decentralized sanitation alternative. *Science of the Total Environment* [en línea]. Vol. 773, 2021 [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S004896972100677X?via%3Dihub>

PARDEDE, Parlindungan (2019). Mixed Methods Research Designs in EFL. In: *PROCEEDING English Education Department Collegiate Forum (EED CF) 2015-2018*. UKI Press, Indonesia, Jakarta, pp. 230-243. ISBN 978 623 7256 25 0
Disponible en <http://repository.uki.ac.id/933/>

PRABHAT Pandey y Meenu Mishra Pandey. Research methodology: tools and techniques. Bridge Center [en línea], 2021 [Fecha de consulta: 15 de junio del 2022]. Disponible en <http://dspace.vnbrims.org:13000/jspui/bitstream/123456789/4666/1/RESEARCH%20METHODOLOGY%20TOOLS%20AND%20TECHNIQUES.pdf>

RAPHEAL, ANDREWS y EKUA. Wastewater reuse in agriculture: the effect of macrophyte-assisted vermifiltration treatment on seed germination and seedling development. *Water practice y technology* [en línea]. vol. 17 n° 9, 2022 [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2022].
Disponible en: <https://iwaponline.com/wpt/article/17/9/1849/90158/Wastewater-reuse-in-agriculture-the-effect-of>

RIBEIRO, M. P., y BOTARI, A. Evaluation of effluent post-treatment by slow filtration and adsorption with activated carbon produced from spent coffee grounds in surfactant removal in sewage treatment. *Revista Ambiente & Agua*, vol. 17 n° 1, 1-10, 2022. Disponible en: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2756>

SINARAHUA SANANCIMA, Katerin y VELA DEL CASTILLO, Iris. Remediación de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en aguas residuales urbanas, utilizando dos plantas macrófitas *Scirpus californicus*, *Eichhornia crassipes*, Tarapoto, 2021. Tesis (Título Profesional De Ingeniera Ambiental). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/82665/Sinarahua_SK-Vela_DCIS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SOTO LÓPEZ, Luis Miguel. Eficiencia de la Fotocatálisis con Plata (Ag) para la Inactivación de Coliformes Totales Presente en Agua de Pozo del AA.HH Márquez

Ubicado en la Provincia Callao-2018. Tesis (Ingeniero Ambiental). Perú: Universidad César Vallejo, 2018.

Disponible en https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/20222/Soto_LLM.pdf?sequence=1&isAllowed=y

SMITH Justin y MOHAMED Hasanb. Quantitative approaches for the evaluation of implementation research studies. *Psychiatry Research*. Vol. 283, 2020 [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2022].

Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165178119307024>

SUAREZ Doris. Fósforo total en agua por digestión acida, método del ácido ascórbico, (2004) Disponible en:

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/F%C3%B3sforo+Total+en+Agua+M%C3%A9todo+del+Acido+Asc%C3%B3rbico.pdf/bf2f449b-4b9b-4270-b77e-159258d653e2>

UMAIR Majid. Research Fundamentals: Study Design, Population, and Sample Size. *Revista URNCST* [en línea]. Vol 2, n° 1-12, 2018 [Fecha de consulta: 14 de junio del 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.26685/urncst.16>

VANEGAS GÓMEZ, Erika Vanessa. Eficiencia del Jacinto de Agua (*Eichhornia Crassipes*) en la Fitodepuración de Aguas Residuales Domésticas (ARD) y Aguas Residuales no Domésticas (ARND). Monografía (Ingeniería Ambiental). Puerto Gaitán: Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD), 2020.

Disponible en <https://repositorio.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/35009/evvanegasg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

VYMAZAL, J. The historical development of constructed wetlands for wastewater treatment. *Land*, 2022. 11, 174. Disponible en <https://doi.org/10.3390/land11020174>

ZAMORA Hayley. Características físico-químicas de aceites y grasas y sus efectos en los sistemas de alcantarillados. 2019. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/1179/TB-Zamora%20H.pdf?sequence=5&isAllowed=y>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDAD DE MEDIDA
Variable Independiente Typha domingensis y Eichhornia crassipes	La totora es una planta acuática emergente (o macrofita) que crece en humedales, planicies de inundación y aguas poco profundas, caracterizada por ser una planta perenne acuática silvestre (junco) en ríos, arroyos, arroyos, lagunas, lagunas, adaptada a las condiciones climáticas, sus raíces son subterráneas de 0,03 m a 0,07 m y el tallo puede tener de 2,5 m a 3 m de altura, 5 m, su espesor varía de 0,03 m a 0,05 m (Huerta Elvis, 2019). El Jacinto de agua vive en aguas estancadas (lagos, estanques, lagunas), aunque a veces se encuentra en aguas corrientes donde el caudal de agua es reducido (ríos, canales, acequias, acequias de drenaje). Esta especie no tiene tallo, pero tiene rizomas que le permiten flotar, su color es verde radiante con hojas en forma de corazón y sus raíces son de color marrón verdoso, atrayendo microorganismos (Coarite et al., 2018).	Para el desarrollo de la investigación se tendrá en consideración las características morfológicas de cada macrofita	Características morfológicas de la planta	Altura	Cm
				Cantidad de hojas	Unidad
				Tamaño de la raíz	Cm
Variable Dependiente Tratamiento de aguas residuales domésticas	Un sistema de tratamiento de aguas residuales es un conjunto integrado de actividades y procesos físicos, químicos y biológicos, utilizados con el fin de depurar las aguas residuales hasta el nivel de calidad requerido para su tratamiento final o utilizarlos por reutilización (Ciobanu et al.,2020).	Los niveles de descontaminación se medirán en parámetros Físicos, químicos y biológicos	Nivel de reducción Parámetros fisicoquímicos (antes y después)	Turbidez	NTU
				pH	Unidad de pH
				Temperatura	°C
				Conductividad Eléctrica	(μ S/cm)
				Aceites y grasas	mg/L
				Detergentes	mg/L.

				DBO5	mg/L
				DQO	mg/L.
			Nivel de reducción de los parámetros Microbiológicos (antes y después)	Coliformes totales.	NMP/100mL

Anexo 2: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN	TÉCNICAS	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS
PROBLEMA GENERAL ¿Cuál es la eficiencia de la <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en la purificación de aguas residuales domésticas?	OBJETIVO GENERAL Determinar la eficiencia de <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en la purificación de aguas residuales domésticas	HIPÓTESIS GENERAL La aplicación de humedales artificiales con <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> son eficaces en la purificación de aguas residuales domésticas	VI: <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> VD: Tratamiento de aguas residuales domésticas	Tipo: Aplicada Nivel: Explicativo	Son las aguas del mercado Naranjal ubicado en la cuadra N° 3 de la AV. Las Almendras en el distrito de San Martín de Porres – Lima.	Técnica de observación experimental	Recolectar Datos. Se realiza mediante fichas de registro de datos
				Diseño		Muestra	
PROBLEMAS ESPECÍFICOS - ¿Cuáles son las características morfológicas inicial y final de las macrofitas <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i> en el tratamiento de aguas residuales domésticas? - ¿Cuál es el nivel de reducción de los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después del uso de <i>Typha domingensis</i> y	OBJETIVOS ESPECÍFICOS - Determinar las características morfológicas inicial y final de las macrofitas a ser utilizadas en el tratamiento aguas residuales domésticas - Determinar el nivel de reducción de los parámetros fisicoquímicos del agua antes y después del uso de <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS H1: Las características morfológicas de las macrófitas utilizadas en el tratamiento de purificación de aguas residuales domésticas varían respecto al tiempo de proceso H2: El nivel de los parámetros fisicoquímicos del agua reduce significativamente después del uso de <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>	Clasifica la variable Variable cuantitativa Continua Razón	Experimental	Son 182L de agua contaminada por residuos domésticos, que serán distribuidos en 6 humedales artificiales de 20L cada una y 2L para analizar la muestra inicial	Las fichas de registro de datos.	-Proceso de análisis de datos. se utilizará el programa Microsoft Excel y SPSS para generar los datos estadísticos en tablas y gráficos.

<p><i>Eichhornia crassipes</i>?</p> <p>-¿cuál el nivel de reducción de los parámetros microbiológicos del agua antes y después del uso de <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>?</p>	<p>- Determinar el nivel de reducción de los parámetros microbiológicos del agua antes y después del uso de <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>.</p>	<p>H3: El nivel de los parámetros microbiológicos del agua reduce significativamente después del uso de <i>Typha domingensis</i> y <i>Eichhornia crassipes</i>.</p>					
---	---	--	--	--	--	--	--

Anexo 3. Límites Máximos Permisibles

Parámetros	Unidad de medida	D1: Riego de vegetales		D2: Bebida de animales
		Agua para riego no restringido (c)	Agua para riego restringido	Bebida de animales
FÍSICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	5		10
Bicarbonatos	mg/L	518		**
Cianuro Wad	mg/L	0,1		0,1
Cloruros	mg/L	500		**
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	100 (a)		100 (a)
Conductividad	(μ S/cm)	2 500		5 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	15		15
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	40		40
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,2		0,5
Fenoles	mg/L	0,002		0,01
Fluoruros	mg/L	1		**
Nitratos (NO ₃ -N) + Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	100		100
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	10		10
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 4		≥ 5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5		6,5 – 8,4
Sulfatos	mg/L	1 000		1 000
Temperatura	°C	Δ 3		Δ 3
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	5		5
MICROBIOLÓGICOS Y PARASITOLÓGICO				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 ml	1 000	2 000	1 000
Escherichia coli	NMP/100 ml	1 000	**	**
Huevos de Helminths	Huevo/L	1	1	**

ANEXO 5. Evidencias fotográficas



Toma de datos de las medidas de las características morfológicas de las macrofitas

Elaboración de los humedales artificiales



Toma de datos de análisis de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en laboratorio

ANEXO 6. Certificación de identificación de plantas



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA
FACULTAD DE ZOOTECNIA
Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales



La Molina, 10 de noviembre de 2022

INFORME DE IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA

Mediante la presente se informa que las muestras vegetales provenientes de los Pantanos de Villa, Chorrillos, Lima, han sido estudiadas en el Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales de la Facultad de Zootecnia de la Universidad Nacional Agraria La Molina para su determinación taxonómica. El examen y reconocimiento de los caracteres morfológicos de orden cualitativo y cuantitativo en dichos especímenes permiten concluir que corresponden a las especies *Pontederia crassipes* Mart. y *Typha domingensis* Pers.

La clasificación taxonómica de cada una de las especies según el sistema APG IV (Angiosperm Phylogeny Group IV, 2016) es la siguiente:

- 1) Clado : angiospermas (Angiospermae)
Clado : mesangiospermas (Mesangiospermae)
Clado : monocotiledóneas (Monocotyledoneae)
Clado : commelinidas (Commelinidae)
Orden : Commelinales
Familia : Pontederiaceae
Género : *Pontederia* L.
Especie : *Pontederia crassipes* Mart.
= *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms (sinónimo)

- 2) Clado : angiospermas (Angiospermae)
Clado : mesangiospermas (Mesangiospermae)
Clado : monocotiledóneas (Monocotyledoneae)
Clado : commelinidas (Commelinidae)
Orden : Poales
Familia : Typhaceae
Género : *Typha* L.
Especie : *Typha domingensis* Pers.

Atentamente,




Ph.D. Raúl Tácuna Céspedes
Jefe del LEUP
Facultad de Zootecnia
Universidad Nacional Agraria La Molina


Juan José Alegría Olivera
Investigador CONCYTEC - RENACYT P0099300
Investigador Adjunto
Herbario "A. Weberbauer" (MOL)
Dpto. de Biología, Facultad de Ciencias
Universidad Nacional Agraria La Molina

ANEXO 7. Resultados del análisis en laboratorio



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATO DE QUÍMICA

Fecha de muestreo	RESULTADOS DE L ANÁLISIS	Fecha de ejecución de análisis
12/09/2022	Fecha de recepción de las muestras	12/09/2022 al 12/10/2022
RESPONSABLE DEL LABORATORIO	12/09/2022	Objeto de Estudio
Ing.Hitler Román Pérez	Usuarios	Ejecución de tesis
Muestra	Tesistas	Parámetros a Analizar
Aguas residuales domesticas	Tipo de muestra	Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos
Punto de muestreo	Puntual - simple	Fecha de la emisión del reporte
Entrada y salida del humedal artificial	Cantidad de muestra	15/10/2022
Lugar de muestreo	36 frascos	
Lima	Lugar de análisis	
	Laboratorio de química	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATO DE QUÍMICA

ANÁLISIS DEL TRATAMIENTO CON HUMEDALES ARTIFICIALES (INICIAL, INTRMEDIA Y FINAL)										
Análisis De Los Parámetros Físicoquímicos Y Biológicos										
Fecha De Muestreo	N° de muestra	Parámetros Físicoquímicos								Parámetros Microbiológicos
		pH (unida d pH)	Temperatura (°C)	Conductividad Eléctrica (µS/cm)	Turbidez (NTU)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	Aceites y Grasas (mg/L)	Detergentes (mg/L)	Coliformes totales (NMP/100ml)
12/09/2022	1	5.59	19.8	4300	616	714	1018	184	2.117	280000
27/09/2022	1	7.5	18.5	3600	128	325	672	41.4	0.085	150000
27/09/2022	2	7.8	18.6	3410	44	329	667	41.6	0.083	150000
27/09/2022	3	7.3	18.8	3700	160	330	662	40.1	0.084	150000
27/09/2022	4	7.6	19	3150	268	318	639	35.2	0.074	1500
27/09/2022	5	7.7	19	2736	170	315	636	35.3	0.065	1500
27/09/2022	6	7.5	18.8	1155	191	314	632	33.4	0.052	1500
27/09/2022	7	7.6	19	1849	95	325	686	40.3	0.083	150000
27/09/2022	8	7.8	18.2	2017	48	317	682	38.3	0.078	150000
27/09/2022	9	7.6	18.9	2052	88	322	686	38.3	0.072	150000
12/10/2022	1	7.7	20.3	2900	135	243	466	21.4	0.021	1100
12/10/2022	2	7.8	21.2	2700	83	237	457	21.6	0.016	1100
12/10/2022	3	7.3	20.3	2800	96	234	446	21.1	0.012	1100
12/10/2022	4	7.4	20.8	2267	133	209	420	14.3	0.008	150
12/10/2022	5	7.2	21.1	2118	33	205	416	14.1	0.006	150
12/10/2022	6	7.2	21.1	986	139	203	404	14.3	0.005	150
12/10/2022	7	7.6	20.8	1321	170	272	436	18.7	0.012	110
12/10/2022	8	7.8	21.1	1520	240	266	428	18.3	0.344	110
12/10/2022	9	7.6	20.8	1642	46	248	422	17.3	0.011	110

Hitler Román Pérez
ING. AMBIENTAL