



Universidad César Vallejo

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

**Eficiencia de la *Eichhornia crassipes* (C.P) para el tratamiento
de aguas residuales domésticas, revisión sistemática, 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental**

AUTORES:

Córdova Sangama, Miguel Angel (orcid.org/0000-0002-8174-5156)

Reyna García, Ciro Daniel (orcid.org/0000-0001-9344-3852)

ASESOR:

Dr. Vallejos Torres, Geomar (orcid.org/0000-0001-7084-977X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y gestión de los recursos naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

TARAPOTO – PERÚ

2022

Declaratoria de Originalidad del Autor

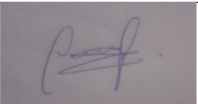
Nosotros, Córdova Sangama Miguel Ángel y Reyna García Ciro Daniel, egresados de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura / Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad César Vallejo (Sede o campus), declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada:

“Eficiencia de la *Eichhornia crassipes* (C.P) para el tratamiento de aguas residuales domésticas, revisión sistemática, 2022”, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado 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 asumo (asumimos) 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.

Tarapoto, 21 de julio del 2022.

CORDOVA SANGAMA MIGUEL ANGEL	
DNI: 75823369	Firma: 
ORCID: 0000-0002-8174-5156	
REYNA GARCIA CIRO DANIEL	
DNI: 70168816	Firma: 
ORCID: 0000-0001-9344-3852	

Dedicatoria

Para Dios, mi Luz Constante y Eterno Guía.

Para mis padres y hermanos, quienes con su desprendimiento, esfuerzo y aliento constantes contribuyeron a consolidar mi mayor anhelo.

Ciro Daniel Reyna García

Agradecer a Dios gestor de la vida, a mis padres por ser los que siempre me motivaron cada día, a mis hermanos que me alientan a seguir superándome, gracias de todo corazón.

Miguel Ángel Córdova Sangama

Agradecimiento

A todas las personas que con su apoyo y colaboración hicieron posible la consolidación del presente trabajo.

Ciro Daniel Reyna García

Agradezco siempre a Dios, por siempre brindarme mucha fortaleza y sabiduría necesaria en este proceso, además de seguir siempre adelante en cada etapa de este trabajo, a mis padres y mis hermanos por su amor incondicional, su apoyo y sus consejos, además por esos ánimos de luchar y alcanzar mis metas.

Miguel Ángel Córdova Sangama

Índice de contenidos

	Pag.
Dedicatoria	iv
Agradecimiento	vi
Índice de contenidos	vii
Índice de tablas	viii
Índice de figuras	x
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	13
II. MARCO TEÓRICO	16
III. METODOLOGÍA	26
3.1. Tipo y diseño de investigación.	26
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.	27
3.3. Escenario de estudio.....	29
3.4. Participantes.	29
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.	29
3.6. Procedimientos.	30
3.7. Rigor científico	34
3.8. Método de análisis de información.....	35
3.9. Aspectos éticos.	35
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	37
V. CONCLUSIONES	73
VI. RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS.....	75
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Tipo de macrófitas para remover aguas residuales.....	18
Tabla 2: Aguas contaminadas según su origen.....	23
Tabla 3: DBO removido por <i>Eichhornia crassipes</i> en aguas residuales domésticas	37
Tabla 4: Valores de remoción de la DBO con <i>Eichhornia crassipes</i>	39
Tabla 5: Eficiencia de remoción de la DBO con <i>Eichhornia crassipes</i>	41
Tabla 6: DQO removido por <i>Eichhornia crassipes</i> en aguas residuales domésticas	42
Tabla 7: Valores de remoción de la DQO con <i>Eichhornia crassipes</i>	44
Tabla 8: Eficiencia de remoción de la DQO con <i>Eichhornia crassipes</i>	46
Tabla 9: SST removidos por <i>Eichhornia crassipes</i> en aguas residuales domésticas	47
Tabla 10: Valores de remoción de SST con <i>Eichhornia crassipes</i>	48
Tabla 11: Eficiencia de remoción de SST con <i>Eichhornia crassipes</i>	50
Tabla 12: Nitrógeno removido por <i>Eichhornia crassipes</i> en aguas residuales domésticas	51
Tabla 13: Valores de remoción de nitrógeno con <i>Eichhornia crassipes</i>	52
Tabla 14: Eficiencia de remoción de nitrógeno <i>Eichhornia crassipes</i> en aguas residuales domésticas	54
Tabla 15: Fósforo removido por <i>Eichhornia crassipes</i> en aguas residuales domésticas	55
Tabla 16: Valores de remoción de fósforo con <i>Eichhornia crassipes</i>	56
Tabla 17: Eficiencia de remoción de fósforo con <i>Eichhornia crassipes</i>	58
Tabla 18: Metales pesados removidos por <i>Eichhornia crassipes</i> en aguas residuales domésticas	59
Tabla 19: Valores de remoción de metales pesados con <i>Eichhornia crassipes</i> ...	60
Tabla 20: Eficiencia de remoción de metales pesados con <i>Eichhornia crassipes</i>	62
Tabla 21: Tiempo usado por <i>Eichhornia crassipes</i> en remoción de contaminantes	63
Tabla 22: <i>Eichhornia crassipes</i> : Días de remoción de contaminantes	65

Tabla 23: Influencia en la <i>Eichhornia crassipes</i> en remover contaminantes	68
Tabla 24: Eficiencia de remoción de la <i>Eichhornia crassipes</i>	70

Índice de figuras

Figura 1: Biorremediación y Fitorremediación con plantas macrófitas	19
Figura 2: Características de la planta flotante (<i>Eichhornia crassipes</i>).....	22
Figura 3: Diagrama de flujo de artículos de interés.....	34
Figura 4: Valores de remoción de la DBO con <i>Eichhornia crassipes</i>	39
Figura 5: Valores de remoción de la DQO con <i>Eichhornia crassipes</i>	44
Figura 6: Valores de remoción de SST con <i>Eichhornia crassipes</i>	48
Figura 7: Valores de remoción de nitrógeno con <i>Eichhornia crassipes</i>	52
Figura 8: Valores de remoción de fósforo con <i>Eichhornia crassipes</i>	56
Figura 9: Valores de remoción de metales pesados con <i>Eichhornia crassipes</i>	60
Figura 10: <i>Eichhornia crassipes</i> : Días de remoción de contaminantes	66
Figura 11: Eficiencia de remoción de la <i>Eichhornia crassipes</i>	70

Resumen

La presente investigación tuvo como finalidad analizar la eficiencia de la *Eichhornia crassipes* (C.P) en el tratamiento de aguas residuales domésticas. El tipo de investigación fue aplicada, el diseño fue narrativo tópico y la metodología se basó en la técnica de recolección de información utilizando análisis documental en las interpretaciones de artículos y revistas indexadas que no sean menor de 5 años que abarca entre el año 2022 y 2018, se tuvo en cuenta los objetivos, categorías y subcategorías enfocados en la eficiencia de la especie vegetal *Eichhornia crassipes* (C.P) en tratar el agua residual doméstica. Los resultados en promedio el tiempo usado por *Eichhornia crassipes* para remover contaminantes de las aguas residuales domésticas es de 21 días, con un rango desde los 7 a 39 días, con un nivel de eficiencia entre el 70% y 98.05%. Se concluyó que los principales contaminantes fueron la demanda bioquímica del oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno, fósforo y metales pesados como plomo, cadmio, cobre y el zinc.

Palabras clave: Eficiencia, *Eichhornia crassipes*, aguas domésticas.

Abstract

The purpose of this research was to determine the efficiency of *Eichhornia crassipes* (C.P) in the treatment of domestic wastewater. The general objective was to evaluate the efficiency of *Eichhornia crassipes* (C.P) for the treatment of domestic wastewater. The type of research was applied, the design was topical narrative, and the methodology was based on the information collection technique used documentary analysis in the interpretations of articles and indexed journals that are not less than 5 years old covering between the year 2022 and 2018, the objectives, categories and subcategories focused on the efficiency of the plant species *Eichhornia crassipes* (C.P) in treating domestic wastewater were considered. The average time used by *Eichhornia crassipes* to remove pollutants from domestic wastewater was 21 days, with a range from 7 to 39 days, with an efficiency level between 70% and 98.05%. It was concluded that the main pollutants were biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), total suspended solids (TSS), nitrogen, phosphorus, and heavy metals such as lead, cadmium, copper, and zinc.

Keywords: Efficiency, *Eichhornia crassipes*, domestic water.

I. INTRODUCCIÓN

Al nivel global las aguas residuales domésticas que recorren sobre el suelo con diferentes direcciones de acuerdo con la topografía del lugar fueron consideradas como un peligro para el medio ambiente (Aparicio, 2018). El agua residual doméstica es generada mayormente por actividades caseras. Son liberadas por medio de drenajes o sistemas de tubería en dirección de los ríos, quebradas o lagunas, causando daños a las especies vivientes en los cuerpos de agua como receptores (Shervin, 2021). Los ríos o quebradas por su calidad natural del agua estos tienden a cambiar sus características físicas y químicas de modo que por los caudales vertidos que reciben a diario de cualquier actividad antrópica desarrollada. Los lagos y embalses frecuentan por lo general menos cantidades de sedimentos que los propios ríos; sin embargo, tienen gran riesgo de grandes impactos sujetos al punto de vista de actividades microbiológicas (Guittonny & Eleonore, 2018).

En un análisis adentrando al contexto peruano se evidencia que cerca del 70% de las aguas residuales que son generados diariamente no alcanzan a ser tratados mediante procedimientos o métodos establecidos, de igual manera, de las 143 plantas para el tratamiento residual existente, solo 14% alcanzan a cumplir respecto a la normatividad que se estipula para su funcionamiento tal como se manifiesta en el Plan Nacional de Saneamiento correspondientes a los años 2006-2015. Por otro lado, la realidad de diversos estudios evidencia que la problemática actual respecto a la población es el acceso al agua y saneamiento, donde más de 7 millones de los habitantes en el Perú lo carecen, esta realidad evidencia que no poseen acceso a agua potable y segura, sumado a ello el déficit en su producción y que cerca del 80% se remiten en los principales departamentos del país (Larios et al., 2018).

En ese sentido disponer de información acerca de los métodos que impliquen costos menos onerosos es una oportunidad para su aplicabilidad, como en el caso del uso de *Eichhornia crassipes* para el tratamiento.

En la provincia de San Martín las aguas residuales domésticas convergidas contaminan los ríos Cumbaza y Shilcayo. Donde por medio de la Administración Nacional del Agua (ANA) ha encontrado altos niveles de bacterias coliformes en

heces en aguas que fluyen por el distrito de Tarapoto, por el río del distrito de la banda de Shilcayo y el río Cumbaza, superando los estándares de calidad ambiental (ECA). Todos estos problemas son causados por las aguas residuales domésticas generadas en la ciudad, desechos sólidos sin tratamiento alguno, uso desmedido de agroquímicos en las actividades agrícolas, aguas residuales descontroladas de la industria y la agricultura (ANA, 2018).

De acuerdo con los problemas ocasionados en la calidad del agua y los altos costos del tratamiento convencional de aguas contaminadas por efluentes domésticos, se buscan nuevas alternativas de bajo costo, como el uso de plantas flotantes que cumplen funciones extraordinarias de fitorremediación con los procesos de absorber los contaminantes que se encuentran en los recursos hídricos causando peligros en la biodiversidad de las especies acuáticas; la fitorremediación es el uso de plantas y sus microorganismos relacionados para mejorar la función y restaurar el suelo contaminado. Esta técnica se fundamenta en procesos naturales en los que las plantas y la microflora de sus raíces asociadas descomponen y/o retienen contaminantes. (Kamrun & Hoque, 2021).

Por consiguiente, se formuló el problema general: PG: ¿Cuál será la eficiencia de la *Eichhornia crassipes* (C.P.) para el tratamiento de aguas residuales domésticas, ¿2022? Seguido de los problemas específicos: PE1: ¿Cuáles serán los tipos de contaminantes fisicoquímicos removidos por *Eichhornia crassipes* (C.P.) en aguas residuales domésticas? PE2: ¿Cuál será el tiempo usado por *Eichhornia crassipes* para remover contaminantes de las aguas residuales domésticas? PE3: ¿Cuál será la eficiencia de la *Eichhornia crassipes* (C.P.) en remover los porcentajes de los contaminantes fisicoquímicos en las aguas residuales domésticas?

La Justificación teórica se basó en la depuración por plantas en aguas contaminadas utilizando la aplicación de *Eichhornia Crassipes* (C.P.), el cual es una opción frecuentemente eficaz para reducir agentes contaminantes frecuentes en agua residuales ya que mediante esto, permitimos en tratar y reutilizar aguas no tratadas, se minimizara algunos desechos y se estimula el uso conveniente del agua, donde enseña a las personas en tratar utilizando procesos de bajo costo con plantas macrófitas lo cual contribuirán elocuentemente en la mejora de la calidad

de los cuerpos de agua. **Justificación metodológica** está basada directamente en el aprovechamiento de toda información pertinente ya publicada mediante artículos por diferentes científicos y que serán de suma importancia para enriquecer el conocimiento sobre la aplicación de *Eichhornia Crassipes (C.P)* para reducir todo tipo de contaminantes en aguas residuales que son altamente perjudicadas para el uso de cualquier actividad a desarrollar por el hombre. **Justificación ambiental** está basada en lograr la reducción del volumen y del nivel de peligrosidad de los contaminantes en aguas residuales, empleando estrategias y métodos como la eficacia de remoción mediante la utilización de la *Eichhornia Crassipes (C.P.)* la cual es uno de los tratamientos más económicos y amigables con el medio ambiente.

Seguidamente se formuló el **objetivo general**: Evaluar la eficiencia de la *Eichhornia crassipes (C.P.)* para el tratamiento de aguas residuales domésticas, 2022. **Los objetivos específicos**: OE1: Determinar los tipos de contaminantes fisicoquímicos removidos por *Eichhornia crassipes (C.P.)* en aguas residuales domésticas. OE2: Determinar el tiempo usado por *Eichhornia crassipes* para remover contaminantes de las aguas residuales domésticas OE3: Determinar la eficiencia de la *Eichhornia crassipes (C.P.)* en remover los porcentajes de los contaminantes fisicoquímicos en las aguas residuales domésticas.

II. MARCO TEÓRICO

Gavilánez (2018), en su estudio plantearon como objetivo la determinación de la eficiencia de *Eichhornia crassipes* y microorganismos eficientes sobre contaminantes químicos y orgánicos de las aguas residuales de Naranjito, aplicaron un diseño experimental directamente al azar, mezclado 4 procedimientos en 3 aplicaciones, cada humedal experimental fue de recipientes de 1m³ de capacidad. Usaron un método de un sistema de la siguiente manera: T₁: *Eichhornia crassipes*; T₂ microbios productivos y por último T₃: microorganismos originarios, atrapados utilizando arroz en fermentación; además de un testigo (T₄). Con tiempos de siete y catorce días, evaluaron los agentes químicos tales como H₂S, NTK, entre otros. Obtuvieron resultados con remoción de 50%, 95% y 88% de contaminantes del agua como DBO, DQO y SST respectivamente presentes en las aguas residuales domesticas utilizadas en los sistemas de tratamientos. Concluyeron que las especies vegetales utilizadas en remover contaminantes fueron muy eficientes en los cortos tiempos evaluados.

Morales et al. (2019), en su artículo relacionaron el “tratamiento de aguas contaminadas en Santa Lucia con la planta flotante *Eichhornia crassipes*”. Usaron una metodología Monitoreándose mediante 8 semanas, Planteando 3 procedimientos Muestra A -1, Muestra B - 2 y Muestra C - 3. Se evaluaron DBO y DQO. La obtención de los resultados fue para la Muestra A - 1: 59,58% y 63,18%, seguido de la Muestra B - 2: 39,51% y 46,05% y por último en la Muestra C - 3: 40,70% y 49,47%. La impregnación por materia orgánica requiere de la cantidad de hojas, no interfiere el tamaño de planta. Concluyeron que la *Eichhornia crassipes* es la mejor en frecuentar o remover contaminantes que perjudicaron la calidad del agua en Santa Lucía.

Mena (2021), en su artículo de investigación evaluaron el uso de plantas acuáticas en remover contaminantes de aguas residuales domésticas. Utilizaron 3 especies de macrófitas para conocer las propiedades de cada una para remover contaminantes. Donde se obtuvieron como resultados que demuestran que 3 macrófitas son eficaces, estando en la delantera la *Eichhornia Crassipes*, en

94.73% Ni, 84.36% Pb, y 78.48% Cd, seguido de *Schoenoplectus Colifornicus*, Ni un 83.00%, Pb 61.23% y Cd 51.90%, asimismo para *Phragmites Australis*, Ni un 79.90%, Pb 60.23% y Cd 29.11%. Se concluyó que para un mejor tratamiento de aguas residuales domésticas es considerada la especie macrófita *Eichhornia Crassipes*, de la cual se obtuvo mejores resultados.

Tejada et al. (2018), realizó en su artículo de investigación hizo el requerimiento de la *Eichhornia crassipes* en relación con una síntesis de arboximetilcelulosa". Se resumió carboximetilcelulosa (CMC) a partir de (*Eichhornia crassipes*). Parcialmente se encontró los componentes de una porción, habiendo residuo de células en un rango de 24% y 27% en estolón y hojuelas. Por la cual se encontró el NaOH en un rango de 6,8% y 10% de p/v, situada en el licor.

Cáceres et al. (2021), en su revisión de artículos hizo el uso de 2 especies flotantes y un compuesto para el tratamiento de aguas residuales domésticas provenientes de la población de Moquegua". La metodología fue el uso de *E. foetida* + *E. crassipes* para remover contaminantes presentes en aguas residuales domésticas. Teniendo como resultado que la presencia como discrepancias del proceso de remoción de los contaminantes existente, llegando a una verificación que el que tuvo mayor eficiencia es la *E. foetida* + *E. crassipes*, la cual redujo un 5 °C de temperatura, 94.48% de Solidos Totales Suspendidos, 98.41% de Demanda Biológica de Oxígeno, 100.00% de CT, Potencial de Hidrogeno de 7.51. concluyeron que el uso de especies como *E. foetida* y *E. crassipes* fueron muy eficientes en remover los contaminantes fisicoquímicos.

Vera et al. (2018), en su artículo de revisión se realizaron mediante un proceso de Fitorremediación para tratar agua altamente contaminada con dos especies de macrófitas. Con respecto a remover Pb en procesos encajados no exhibió distinción en relación con métodos de inspección, en las 2 primeras horas de procedimiento los dispositivos fisicoquímicos de arrebató e impregnación del agente toxico en detención, la conveniente degradación de la planta, por acentuarse a las 24 horas por técnicas microbiológicas (acumulación del agente contaminante por la planta).

La *Canna generalis* tubo mejor de atraer mayor agrupación en las raíces el plomo que en hojas, procediendo completamente contradictorio al *Typha dominguensis*, que mostró la distribución de metales pesados.

En cuanto a las bases teóricas, en primera instancia las plantas acuáticas son aquellas que realizan importantes procesos, teniendo como tareas fundamentales, un proceso de aireación radicular; beneficiar a los seres vivos auxiliares microbiológicos en el rizoforo con oxígeno, así como la impregnación de alimentos como N y P; También permite la eliminación de agentes tóxicos recogidos en los tejidos vegetales ya través de la permeabilidad de los sólidos por aglomeración en la raíz (Gavilanes 2018, p. 14).

Además, la macrófita tiene una duración de más de 2 años, se le conoce como una especie flotante en lagunas u otras aguas residuales, además, algunos individuos la consideran una maleza porque se multiplica rápidamente, cuando se multiplica reduce el flujo de agua en humedales, reduciendo la ganancia de luz y la cantidad de oxígeno disuelto (OD). Asimismo, se indica que la planta E.C crece por sus propios medios en cualquier estanque artificial, por un período de 15, 30, 70 y 90 días, luego de su cultivo de la planta, la temperatura adecuada para su desarrollo tiene un promedio de 20 a 30°C, y si las temperaturas de siembra no son adecuadas entre 8 a 15°C, la planta decae en su crecimiento (Rodríguez, 2018).

2.2.2 Tipo de plantas utilizadas en la fitorremediación de aguas contaminadas:

Para ello, se tiene las siguientes plantas usadas en los diferentes sistemas de tratamientos de aguas residuales, demostrado en la tabla 1:

Tabla 1: Tipo de macrófitas para remover aguas residuales

Nombre común	Nombre científico	Tipo de uso
Lenteja de agua	<i>Lemna minor</i> (L)	Es una macrófita que se usa para apartar contaminantes de aguas residuales.
Calta palustre	<i>Caltha palustris</i> (C.L)	Planta acuática para remover contaminantes.

Cárice llorón	<i>Carex pendula</i> (H)	Planta acuática utilizada para destituir contaminantes de aguas residuales.
Cárice de las riberas	<i>Carex riparia</i> (C)	Planta acuática que se utiliza para remover materia orgánica de aguas residuales.
Menta de agua	<i>Mentha acuatica</i> (L)	Planta acuática utilizada para remover contaminantes de aguas residuales industriales.
Carrizo	<i>Phragmites australis</i> (C)	Planta acuática utilizada para tratar aguas contaminadas.
Botón de oro	<i>Ranunculus repens</i> (C.L)	Planta acuática utilizada para tratar aguas residuales industriales
Junco de laguna	<i>Scirpus lacustris</i> (P)	Macrófita utilizada para remover contaminantes de aguas residuales industriales.

Fuente: Rodríguez, 2019.

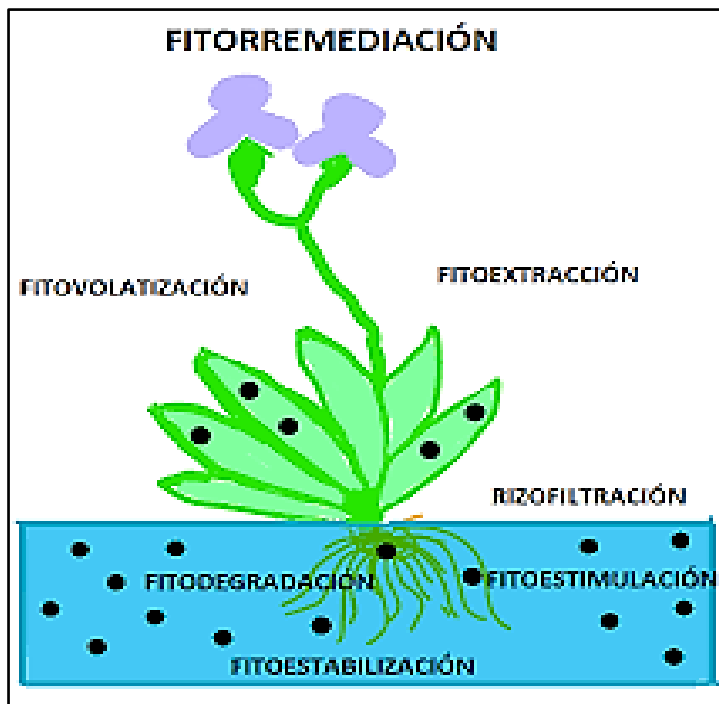


Figura 1: Biorremediación y Fitorremediación con plantas macrófitas

Fuente: Frers, 2018.

Los métodos usados por la planta en cuanto a la Fitoextracción, las plantas absorben los contaminantes (principalmente metales) a través de sus raíces y los acumulan en grandes conjuntos en la biomasa aérea, removiendo los contaminantes del suelo durante la recolección. Cuando los metales extraídos de las plantas se pueden recuperar de la biomasa (biomasa), se obtienen beneficios económicos. (Jamuna & Noorjahan, 2019).

La Fitoestabilización ocurre por diferentes componentes, la planta puede retener o paralizar contaminantes en sus raíces y/o en su zona de influencia. Este proceso confina la migración y la biodisponibilidad de los contaminantes y, por lo tanto, somete en gran medida los efectos potencialmente dañinos sobre el ambiente y su movimiento hacia la cadena alimentaria. (Arvindbhai & Susmita, 2021).

La Rizodegradación se produce en las raíces de las plantas, respiran ciertos compuestos (secreciones) al agua circundante (rizosfera), incitando la existencia, el desarrollo y la acción de los microorganismos en la rizosfera para descomponer los contaminantes orgánicos. La eficacia de este conjunto de técnicas que se puede incrementar mediante la incorporación de microorganismos capaces de abatir contaminantes orgánicos o desarrollar su biodisponibilidad (bioaumento) y/o mediante la añadidura de compuestos para incitar los procesos simbióticos microbianos de las plantas (bioestimulación) (Ali & Naeem, 2020).

La Fitovolatilización se da en las plantas que captan contaminantes y los libera en una forma menos dañina a la atmósfera a través de la secreción. En la fábrica, el contaminante se metaboliza o descompone antes de ser vertido (Ali & Naeem, 2020).

2.2.3 Función de las macrófitas: Las funciones de las macrófitas en los humedales artificiales es promover o captar al máximo los contaminantes presentes en las aguas residuales domésticas, industriales, entre otras. Para así estas aguas puedan llegar a otros cuerpos de aguas sin ningún riesgo de perjudicar la flora y fauna acuática existente en los ríos, quebradas, lagunas, etc. (Frers, 2018).

2.2.4 Mecanismo para depurar contaminantes: Las plantas flotantes utilizadas en los procedimientos de descontaminación de cuerpos de agua contaminados manejan ciertos mecanismos para la remoción de agentes peligrosos considerando

los siguientes métodos: Permeabilidad y precipitación de sólidos captados por la macrófita, seguida de siembra o aplicación de la planta para la posterior captura de contaminantes a posteriormente ser cosechada y depositada o liberada en un lugar adecuado para un proceso de destrucción y como tercer mecanismo se basa en la remoción de residuos orgánicos con grupos formados por organismos biológicos adheridos a la raíz de la macrófita utilizada para el tratamiento (Martelo y Lara, 2018).

2.2.5 Tipos de acción de la macrófita en los contaminantes: Para el tratamiento de aguas contaminadas por residuos domésticos o industriales, tenemos lo siguiente: Fitoextracción, en este caso las plantas capturan los contaminantes en las hojas y raíces. Rizofiltración, esto funciona porque las raíces atraen los metales pesados, los recogen y los expulsan. Fitovolatilización, en este caso, las plantas macrófitas atraen y alteran el contaminante para luego ser expuesto al ambiente. (Sampriti et al., 2021). Remover, se entiende que es función de la planta acuática que al remover el contaminante permite que se reduzca y que el agua reduzca la tasa de contaminación, así esta agua se vuelve de calidad y aprovechable para cualquier actividad (Domínguez, 2018).

2.2.6: Captar: Es responsabilidad de la planta macrófita captar los contaminantes por los microorganismos que se encuentran en sus raíces y reducirlos en pro de descontaminar el cuerpo de agua que se contamina (Barbalho, 2020).

2.2.7: La *Eichhornia Crassipes* (C.P): Supuestamente contienen un tallo, ya que se suministra un rizoma personal y contiene una zona porosa, lo que facilita que la planta tenga estabilidad sobre la zona plana del cuerpo de agua, por lo que el grupo de raíces tiene una coloración azulada oscura. Asimismo, tiene unas medidas de ancho y amplitud cercanas a los 30 cm, también se indica que al purificar el agua estas especies acuáticas logran reducir en 3.9 °C la temperatura que generan las pequeñas sombras que brinda el número de hojas que posee, en además de ser muy amplio (Guittonny, Eleonore, et al., 2018)

2.2.8 Las características de la *Eichhornia Crassipes*: Se denomina su nombre por flotar en humedales, además de: ríos, lagos, charcas, por lo tanto, esta planta se identifica por tener hojas anchas, tallos pequeños y flores acorde a su entorno, esta planta se ubica mayormente en las orillas de lagunas, humedales artificiales, se entiende que las aguas donde se encuentra la planta son poco profundas, lo que facilita su reproducción frecuente (Tocto 2018).

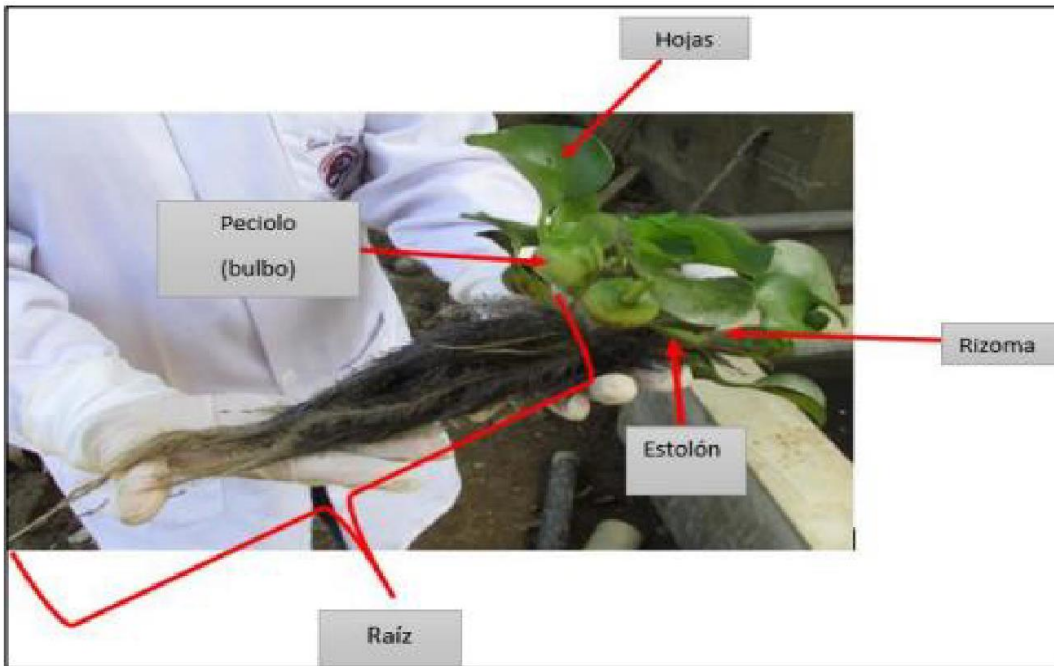


Figura 2: Características de la planta flotante (*Eicchornia crassipes*).

Fuente: Tocto, 2018.

2.2.9 El agua residual doméstica: Se considera como un agua utilizada por cualquier uso o actividad por la población, donde es necesario realizar un tratamiento previo para luego ser vertida a otros cuerpos de agua y evitar cualquier alteración al otro cuerpo de agua. Estas aguas vertidas contienen agentes tóxicos como materia orgánica con un cincuenta por ciento de carbohidratos, un cuarenta por ciento de proteínas, un diez por ciento de aceites y detergentes, su potencial de hidrógeno está entre 6 y 8% (Magar. 2019), demostrada en la tabla 2:

Tabla 2: Aguas contaminadas según su origen:

Tipo de aguas servidas	Definición	Parámetros	Macrófitas removedores
<i>Agua servida urbana</i>	Se denomina por ser una mezcla de aguas residuales industriales con agua de escorrentía pluvial.	<ul style="list-style-type: none"> • Materia orgánica • Aceites y grasas • Turbidez • Coliformes • Coliformes totales 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Lemna sp</i> • <i>Typha domingensis</i> • <i>Eichhornia crassipes</i> • <i>Lemna minor</i> • <i>Pistia stratiotes</i>
<i>Agua servida Domestica</i>	Son procedentes de zonas de donde habitan poblaciones donde a diario el ser humano realiza multitudes actividades usando el agua, donde producto de esto se consideran aguas residuales domésticas.	<ul style="list-style-type: none"> • Aceites y grasas • Nitritos • Coliformes • Coliformes totales • DBO • DQO • Ph • Nitrógeno • Bacterias 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Scirpus americanus</i> • <i>Typha latifolia</i> • <i>Eichhornia crassipes</i> • <i>Limnobium laevigatum</i>
<i>Agua servida industrial</i>	Son aquellas aguas vertidas desde establecimientos comerciales, plantas procesadoras, minerías, etc	<ul style="list-style-type: none"> • Coliformes totales • DBO • DQO • Solidos suspendidos totales • Plomo • Cromo • Mercurio • Arsénico 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Scirpus americanus</i> • <i>Typha latifolia</i> • <i>Eichhornia crassipes</i> • <i>Limnobium laevigatum</i> • <i>Lemna minor</i> • <i>Pistia stratiotes</i>

Fuente: Magar, 2019.

2.2.10 Sistema de tratamiento de agua residual: Son denominados para tratar aguas contaminadas que pongas en riesgo otros cuerpos de aguas, tiene un

propósito que dichas aguas tóxicas puedan llegar a otros cuerpos de agua descontaminadas y así estas mismas puedan ser aprovechadas para cualquier actividad que pueda desarrollar el ser humano (Jamuna y Noorjahan, 2019).

Los sólidos suspendidos totales (SST), son aquellos sólidos provenientes de materia en suspensión situadas en aguas de industrias, también se menciona como presencia de sustancias solubles o insolubles, con unidades de medida como mg/L presentes en aguas contaminadas (Castillo, 2019).

- **El (OD)**, denominado oxígeno disueltos requerida para vidas acuáticas, esto distribuido en el cuerpo de agua requiere de contextos ambientales tales como la salinidades, temperaturas y presiones parciales, además de mantener la vida en las aguas, se requiere de juntas de 5 mg/L, formando parte para una vida acuática, si es menor a 3mg/L serán perjudiciales (Kamrun & Hoque, 2021).
- **El DBO**, indica que es la importe de O₂ necesaria en deteriorar residuos orgánicos presente en cuerpos hídricos, además usa en medición por la calidad del cuerpo de agua, en un lapso que se utiliza para medir DBO considerablemente comprende de 5 días, con una temperatura comprendida a 20 °C (Kumar, 2020).
- **El DQO**, se usa constantemente este parámetro para conocer la suma de residuos orgánicos presentes en el agua contaminada, se comprende que mide el porcentaje de oxígeno necesitado para oxidar la MO, utilizando compuesto químico denominado dicromato de potasio y tiende darse en contextos ácida y temperaturas muy altas, así volverse oxidado a CO₂ y H₂O (Kochi & Freitas, 2020).
- **El pH**, se considera la medición de pH en las aguas residuales y además mediante esto se conoce del agua su calidad, e demuestra el acidez o alcalinidad; aguas residuales con pH menos de 5 y mayores a 9 es complicado realizar o tratar utilizando el proceso microbiológico (Martelo y Jara, 2018, p. 27).
- **La temperatura**, se denominada temperatura como uso fundamental para el aprovechamiento de los microorganismos en la putrefacción del contaminante orgánico persistente en el cuerpo de agua, se considera importante en el aumento de la actividad microbiológica teniendo como una temperatura flexible de 25 a 35° C (Premla, Chow & Chai, 2018).

- **El nitrógeno**, es un componente muy importante que favorece en el desarrollo de algas y plantas situadas en aguas, los nitrógenos están formados por nitratos, nitritos, amoníaco (Mondi, 2018).
- **Coliformes fecales**, los coliformes fecales son microorganismos presentes en el agua contaminada por desechos de la población, donde estas están situadas por los desechos humanos, además que provocan mucho daño en la salud de las personas (García, 2018).
- **La *Escherichia coli***, se conoce como bacteria muy perjudicial si se encuentra en los organismos de las personas, esta bacteria es procedente de la familia *Enterobacteriaceae*, y se encuentra mayormente en los desagües procedentes de los domicilios (Shefali, et al. 2018).

2.2.11 Humedales. Se considera humedales a toda aquella agua que se encuentra encharcada o estancada en la superficie del suelo, formando cuerpos de agua de grandes proporciones. Además, los humedales albergan gran cantidad de especies como fauna y flora ya que es un hábitad adecuado para dichas especies (Valderrama, 2019)

2.2.12 La Fitodepuración. Se considera que es un proceso de manera artificial para tratar aguas contaminadas con cual especie de planta acuáticas, para que dichas aguas sean vertidas de manera reutilizables en la actividad agrícola o uso domésticas (Vargas, 2018, p. 29)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

Tipo de investigación. Esta investigación fue aplicada, pues adquirió como objetivo dotar a la humanidad de conocimientos para el desarrollo de un determinado hecho, y de igual forma se sustentaron en teorías obtenidas de estudios distinguidos (Lozada, 2014, p.35). De esta manera, el estudio aprovechó el conocimiento científico en el cual se resolvió inconvenientes mediante la aplicación de *Eichhornia crassipes* al tratamiento de aguas residuales domésticas, donde la teoría del tratamiento por plantas pronosticó la acción de la microflora de las plantas contra contaminantes en las aguas residuales domésticas.

Diseño de investigación. Se trató de una investigación narrativa de tópicos, según Gavilánez (2018) la revisión sistemática precisó la recolección de datos de diferentes artículos entorno a la investigación. De acuerdo con el requerimiento de *Eichhornia crassipes* en remover contaminantes en agua residual y superficial mediante revisión sistemática - categorías y subcategorías (palabras claves), fichas, se va a organizar la revisión, analizar, evaluar y actualizar conocimientos.

Asimismo, el diseño de investigación se consideró narrativo de tópico, que tuvo como objetivo mostrar certezas a partir de pruebas, hechos, acuerdos o prácticas notables, se demostró que la investigación estudio para comprender y conocer e interpretar el mundo subjetivo con respecto a la información selecta (Cortez, 2017, p.81).

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización apriorística.

Matriz de categorización apriorística: Eficiencia de la <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P) para el tratamiento de aguas residuales domésticas, Revisión sistemática, 2022					
Objetivo específico	Problema específico	Categoría	subcategoría	Criterios	Referencias
Determinar los tipos de contaminantes fisicoquímicos removidos por <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P) en aguas residuales domésticas	¿Cuál serán los tipos de contaminantes fisicoquímicos removidos por <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P.) en aguas residuales domésticas?	Contaminantes fisicoquímicos	<ul style="list-style-type: none"> Tipo de contaminantes 	<ul style="list-style-type: none"> DBO DQO Nitrógeno Fosfato SST Metales pesados 	<ul style="list-style-type: none"> Ali y Naeem (2020) Vargas (2018) Chunping y Yanqing (2019) Guixiang y Hui (2018) Barbalho y Vidal et al. (2020). Premla, Chow y Chai. (2018) Martelo y Lara (2018) Ruiz (2019)
Determinar el tiempo usado por <i>Eichhornia crassipes</i> para remover contaminantes de las aguas residuales domésticas	¿Cuál será el tiempo usado por <i>Eichhornia crassipes</i> para remover contaminantes de las aguas residuales domésticas?	Tiempo usado por <i>Eichhornia crassipes</i>	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo de remoción de contaminantes 	<ul style="list-style-type: none"> 15 días 30 días 70 días 90 días 	<ul style="list-style-type: none"> Rodríguez (2018) Frers (2018) Torres (2019)

<p>Determinar la eficiencia de la <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P) en remover los porcentajes de los contaminantes fisicoquímicos en las aguas residuales domésticas.</p>	<p>¿Cuál será la eficiencia de la <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P.) en remover los porcentajes de los contaminantes fisicoquímicos en las aguas residuales domésticas?</p>	<p>Influencia en la <i>Eichhornia crassipes</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características <i>Eichhornia crassipes</i> • Método de contención • Método de eliminación 	<ul style="list-style-type: none"> • Adaptación, Crecimiento, Tamaño de raíz, Tamaño del tallo y Cantidad de hojas. • Rizofiltración, Fitoestabilización, Fitoimmobilización. • Fitodegradación, Fitoextracción, Fitovolatilización. 	<ul style="list-style-type: none"> • Rodríguez et al. (2018) • Shefali y Shigh (2021) • Omondi y Tain (2018) • Chunping y Yanqing (2019)
--	---	---	--	---	--

3.3. Escenario de estudio.

De acuerdo con lo planteado por Hernández, Fernández y Baptista (2014, p. 514), se presentó como caso de estudio el lugar o ambiente en el que ocurrirán los hechos. Por lo tanto, se considera y determina que la investigación estuvo compuesta por medio de artículos y revista literaria, se informó como un estudio de caso a las fuentes literarias de todo el mundo relevantes en relación con el uso de la *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales domésticas.

3.4. Participantes.

Los participantes del estudio estuvieron considerados los autores correspondientes a los artículos evaluados en las diversas bases de datos exploradas inicialmente, mediante los fuentes de búsqueda almacenadas en las páginas y plataformas webs, la biblioteca de la Universidad Cesar Vallejo, en la que se procedió a acceder a las bases de datos como ScienceDirect, Ebsco, Scopus y Scielo.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

El análisis que se manejaron en esta investigación fue la técnica de análisis de documentos que, según Dulzaides y Molina (2004, p.2), es una práctica para indagar, analizar y esquematizar toda la información de otros antecedentes científicos de forma sistemática formato y estándar.

El formulario de análisis de información fue una herramienta que se manipularon para recopilar información en la investigación cualitativa de artículos indexados relacionados con el tema de investigación, manejando fuentes narrativas y de perfilado de las búsquedas realizadas. (Guerrero, Cortez y Carchi, 2017, 68).

3.6. Procedimientos.

Para desarrollar la revisión sistemática se consideró tres etapas esenciales, siendo estas necesarias y fundamentales al momento de la recopilación; así se obtuvo datos ordenados, objetivos, que contaron con adecuados niveles de confianza, inicialmente por las bases de datos de impacto como lo son ScienceDirect, Ebsco, Scopus y Scielo, de esta manera, la exploración de los artículos estuvieron establecidos de acuerdo con palabras claves en español e inglés para una búsqueda eficiente, que se describe a continuación:

ScienceDirect: (palabras claves); a). Fitorremediación (Phytoremediation), b). *Eichhornia crassipes* (*Eichhornia crassipes*), c). Aguas contaminadas (Contaminated water), d). Aguas residuales (Wastewater), e). Metales pesados (Heavy metals), f). Procesos de Fitorremediación (Phytoremediation processes), g). Plantas acuáticas (Aquatic plants), h). Tiempo de tratamiento (Treatment time), i). Tipo de contaminantes (Type of pollutants). Al ejecutar la búsqueda en la base de datos con las palabras claves ya señaladas nos indicó una cantidad de 82 artículos, luego al elegir los artículos que cumplan los 5 años de antigüedad del año lectivo (2018 – 2022) nos proyectó 21 artículos efectuando la fecha escogida.

Ebsco: (Palabras claves), a). Fitorremediación (Phytoremediation), b). *Eichhornia crassipes* (*Eichhornia crassipes*), c). Aguas contaminadas (Contaminated water), d). Aguas residuales (Wastewater), e). Metales pesados (Heavy metals), f). Procesos de Fitorremediación (Phytoremediation processes), g). Plantas acuáticas (Aquatic plants), h). Tiempo de tratamiento (Treatment time), i). Tipo de contaminantes (Type of pollutants). Al ejecutar la búsqueda en la base de datos con las palabras claves ya señaladas nos indicó una cantidad de 123 artículos, luego al seleccionar los artículos que cumplan los 5 años de antigüedad del año lectivo (2018 – 2022) nos proyectó 30 artículos efectuando la fecha escogida.

Scopus: (Palabras claves), a). Fitorremediación (Phytoremediation), b). *Eichhornia crassipes* (*Eichhornia crassipes*), c). Aguas contaminadas (Contaminated water), d). Aguas residuales (Wastewater), e). Metales pesados (Heavy metals), f). Procesos de Fitorremediación (Phytoremediation processes), g). Plantas acuáticas (Aquatic plants), h). Tiempo de tratamiento (Treatment time), i). Tipo de contaminantes (Type of pollutants). Al ejecutar la búsqueda en la base de datos con las palabras claves ya señaladas nos indicó una cantidad de 153 artículos, luego al seleccionar los artículos que cumplan los 5 años de antigüedad del año lectivo (2018 – 2022) nos proyectó 39 artículos efectuando la fecha elegida.

Scielo: (Palabras claves), a). Fitorremediación (Phytoremediation), b). *Eichhornia crassipes* (*Eichhornia crassipes*), c). Aguas contaminadas (Contaminated water), d). Aguas residuales (Wastewater), e). Metales pesados (Heavy metals), f). Procesos de Fitorremediación (Phytoremediation processes), g). Plantas acuáticas (Aquatic plants), h). Tiempo de tratamiento (Treatment time), i). Tipo de contaminantes (Type of pollutants). Al ejecutar la búsqueda en la base de datos con las palabras claves ya señaladas nos indicó una cantidad de 260 artículos, luego al elegir los artículos que cumplan los 5 años de antigüedad del año lectivo (2018 – 2022) nos proyectó 74 artículos cumpliendo la fecha elegida.

ScienceDirect: Al seleccionar los artículos ligados al tema, de acuerdo con las palabras de búsqueda, a). Fitorremediación (Phytoremediation), b). *Eichhornia crassipes* (*Eichhornia crassipes*), c). Aguas contaminadas (Contaminated water), d). Aguas residuales (Wastewater), e). Metales pesados (Heavy metals), f). Procesos de Fitorremediación (Phytoremediation processes), g). Plantas acuáticas (Aquatic plants), h). Tiempo de tratamiento (Treatment time), i). Tipo de contaminantes (Type of pollutants). Nos quedamos con una cantidad de 21 artículos de gran impacto.

Ebsco: Al seleccionar los artículos ligados al tema, de acuerdo con las palabras de búsqueda, a a). Fitorremediación (Phytoremediation), b). *Eichhornia crassipes* (*Eichhornia crassipes*), c). Aguas contaminadas (Contaminated water), d). Aguas residuales (Wastewater), e). Metales pesados (Heavy metals), f). Procesos de Fitorremediación (Phytoremediation processes), g). Plantas acuáticas (Aquatic plants), h). Tiempo de tratamiento (Treatment time), i). Tipo de contaminantes (Type of pollutants). Nos quedamos con una cantidad de 24 artículos de gran impacto con el tema.

Scopus: Al seleccionar los artículos ligados al tema, de acuerdo con las palabras de búsqueda, a). Fitorremediación (Phytoremediation), b). *Eichhornia crassipes* (*Eichhornia crassipes*), c). Aguas contaminadas (Contaminated water), d). Aguas residuales (Wastewater), e). Metales pesados (Heavy metals), f). Procesos de Fitorremediación (Phytoremediation processes), g). Plantas acuáticas (Aquatic plants), h). Tiempo de tratamiento (Treatment time), i). Tipo de contaminantes (Type of pollutants). Nos quedamos con una cantidad de 24 artículos de gran impacto con el tema.

Scielo: Al seleccionar los artículos ligados al tema, de acuerdo con las palabras de búsqueda, a). Fitorremediación (Phytoremediation), b). *Eichhornia crassipes* (*Eichhornia crassipes*), c). Aguas contaminadas (Contaminated water), d). Aguas residuales (Wastewater), e). Metales pesados (Heavy metals), f). Procesos de Fitorremediación (Phytoremediation processes), g). Plantas acuáticas (Aquatic plants), h). Tiempo de tratamiento (Treatment time), i). Tipo de contaminantes (Type of pollutants). Nos quedamos con una cantidad de 18 artículos de gran impacto con el tema.

Luego de realizó un pase de filtro de los artículos ligados al tema de investigación de las bases de datos ScienceDirect, Ebsco, Scopus, Scielo se obtuvo una cantidad de 34 artículos. Seguidamente se realizó una filtración de los artículos

relacionando los títulos con el tema de investigación donde se obtuvo para ScienceDirect una cantidad de 9 artículos, para Ebsco una cantidad de 12 artículos y para Scopus 5 artículos, para Scielo 8, teniendo un promedio definido de 34 artículos de las 4 bases de datos de búsqueda de la biblioteca virtual de la Universidad Cesar Vallejo.

Finalmente se realizó un análisis minucioso entre las palabras claves de búsqueda en relación con los artículos ya obtenidos de las 4 bases de datos, donde para ScienceDirect se seleccionó 7 artículos de gran impacto relacionado al tema de investigación de acuerdo con las categorías y subcategorías marcadas en la investigación, igualmente para Ebsco se seleccionó 8 artículos de gran impacto relacionado al tema de investigación de acuerdo con las categorías y subcategorías marcadas en la investigación, seguidamente Scopus se seleccionaron 5 artículos de gran impacto relacionado al tema de investigación de acuerdo con las categorías y subcategorías marcadas en la investigación, por ultimo para Scielo se recolectaron 4 artículos. De este análisis se consideró la totalidad de artículos que cumplieron con los criterios necesario para su consideración y análisis siendo esta descrita en la figura 3:

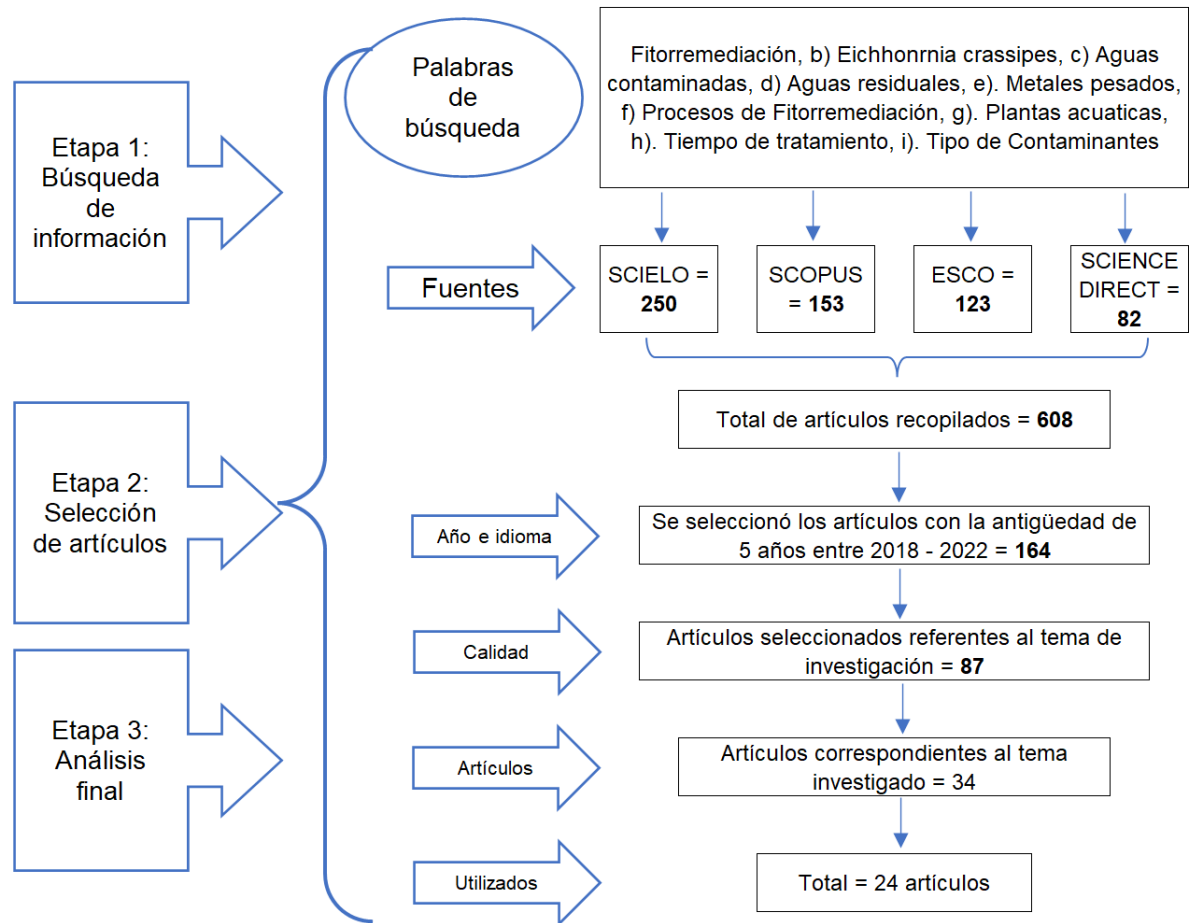


Figura 3: Diagrama de flujo de artículos de interés.

Fuente: Elaboración propia, 2022.

3.7. Rigor científico

Para el desarrollo del estudio se consideró criterios que permitan alcanzar la validez de los datos procesados, siendo estos cuatro aspectos relevantes, credibilidad, transferibilidad, dependencia y confiabilidad, los mismos que fueron descritos a continuación:

Credibilidad; se enfocó en la aplicación de la *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales, donde la información fue extraída de revistas científicas indexadas en bases de datos como SCOPUS, SCIENCE DIRECT, EBSCO, SCIELO (Hernández, Fernández Y Baptista, P. 453-459).

Transferibilidad; se brindó la posibilidad de extender los resultados y contextos similares, y se trasladaron como consecuencia de la elaboración de un análisis minucioso de las investigaciones a nivel nacional e internacional (Hernández, Fernández Y Baptista, P. 453-459).

Dependencia; se propuso la recolección de datos para lograr la comprensión de los métodos utilizados para la aplicación de la *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales, el cual permitió la identificación de las características y tipo de contaminantes junto a la evaluación de resultados obtenidos para desarrollar un análisis reflexivo (Rueda, 1999, p.496-502).

Confiabilidad; se aborda el interés de los autores por lo que se elaboró las investigaciones enfocadas en la aplicación de la *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales, se aportó el registro de artículos desarrollados de manera rigurosa, los cuales ayudaron a comprobar la fiabilidad de los resultados obtenidos (Pope, 1995, p109-112).

3.8. Método de análisis de información.

Para la investigación de acuerdo con el proceso del análisis de información se utilizó la estadística descriptiva ya que fue un método que permitió el recojo, almacenamiento, ordenamiento, desarrollo de tablas y figuras al igual que la automatización de los parámetros básicos sobre el conjunto de datos de la información recopilada.

3.9. Aspectos éticos.

En la investigación se elaboró con citas de fuentes confidenciales como artículos, se respetarán las citas de autor y las referencias bibliográficas, como referencias, tomando como referencia la guía ISO 690 de la Universidad César Vallejo, se demostraron los resultados frente a los criterios prescritos de rigor. Se detalló según las categorías de investigación y subcategorías según los objetivos del

tema de investigación, relacionados con los trabajos relacionados con la tesis durante la efectucción de los análisis convenientes.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Tipos de contaminantes fisicoquímicos removidos por *Eichhornia crassipes* (C.P) en aguas residuales domésticas.

Para el desarrollo del primer objetivo específicos de los principales contaminantes fisicoquímicos que fueron removidos por uso de la especie vegetal *Eichhornia crassipes* (C.P) en las aguas contaminadas por efluentes domésticas quedó demostrado además del tipo del contaminante el tiempo y el porcentaje que los diferentes autores evaluaron durante el desarrollo de sus investigaciones. El cual está demostrado en la siguiente tabla 3.

Tabla 3: DBO removido por *Eichhornia crassipes* en aguas residuales domésticas

Contaminantes fisicoquímicos			
Tipo de contaminantes	Tipo de agua	Valores de remoción	Fuente
DBO	Muestras sin procesar de lixiviados de vertederos	La <i>Eichhornia crassipes</i> reduce de manera significativa la DBO El máximo porcentaje de remoción de consiguió al 50% y 75%, de 210 a 3.23 mg/L, y de 236 a 3.09 mg/L, respectivamente.	Abbas et al. (2019)
	Aguas contaminadas de los sectores de la bahía interior de Puno	La <i>Eichhornia crassipes</i> permitió el 50% de la remoción de la demanda bioquímica de oxígeno presentando valores de 507, 282 y 79 mg/L.	Jiménez, Jahuira e Ibañez (2018)
	Aguas residuales domésticas e industriales	El jacinto de agua absorbió de forma significativa los contaminantes como la DBO con	Mohd et al. (2020)

		evidenciando valores en el rango de 1720 – 171.5 mg /L.	
	Aguas residuales domésticas	Los parámetros de DBO fueron desde 260 y 115 mg/L y se redujeron a 25 mg/L gracias a la <i>Eichhornia crassipes</i> .	Ntakiyiruta et al. (2020)
	Mezcla de aguas residuales domesticas e industriales	La <i>Eichhornia crassipes</i> redujo entre el 70% y 86% la materia orgánica (DBO ₅) siendo los parámetros de 182.6 a 142 mg/L, disminuyendo a 25.6 mg/L.	Rodríguez et al. (2018)
	Aguas residuales colocadas en un montaje de humedales construidos	Reducción en la carga de afluentes orgánicos con una reducción promedio hasta el 5.7 y 7.7 mg/L representando por 45.6% y 48.7%, respectivamente. Los valores iniciales fueron 4670, 2790, 1300 y 725.	Souza et al. (2021)
	Muestras de aguas residuales de estanques	La mayor eliminación de DBO se consiguió al 92.78% de 50 a 3.6 mg/L. Los otros valores que mostró la DBO fueron de 42.91 mg/L, 20 mg/L y 23 mg/L.	Syakina et al. (2019)
	Aguas residuales	La DBO tuvo valores superiores a 30 mg/L, el cual fue disminuido a 1.77 y 3.73 mg/L en el 72.50% de remoción, 1.55 mg/L en el 80%, 2.1 mg/L en el 75%, y 2.52 mg/L en el 70%.	Ting et al. (2020)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Valores de remoción de la DBO con *Eichhornia crassipes*

	Abbas et al. (2019)	Jiménez, Jahuir e Ibañez (2018)	Mohd et al. (2020)	Ntakiyiruta et al. (2020)	Rodríguez et al. (2018)	Souza et al. (2021)	Syakina et al. (2019)	Ting et al. (2020)
Valor inicial mg/L	236	507	1720	260	182.6	725	50	30
Valor final mg/L	3.09	79	171.5	25	25.6	7.7	3.6	1.55
Remoción DBO mg/L	232.91	428	1548.5	235	157	717.3	46.4	28.45
Desviación Estándar	506.12							

Fuente: Elaboración propia.

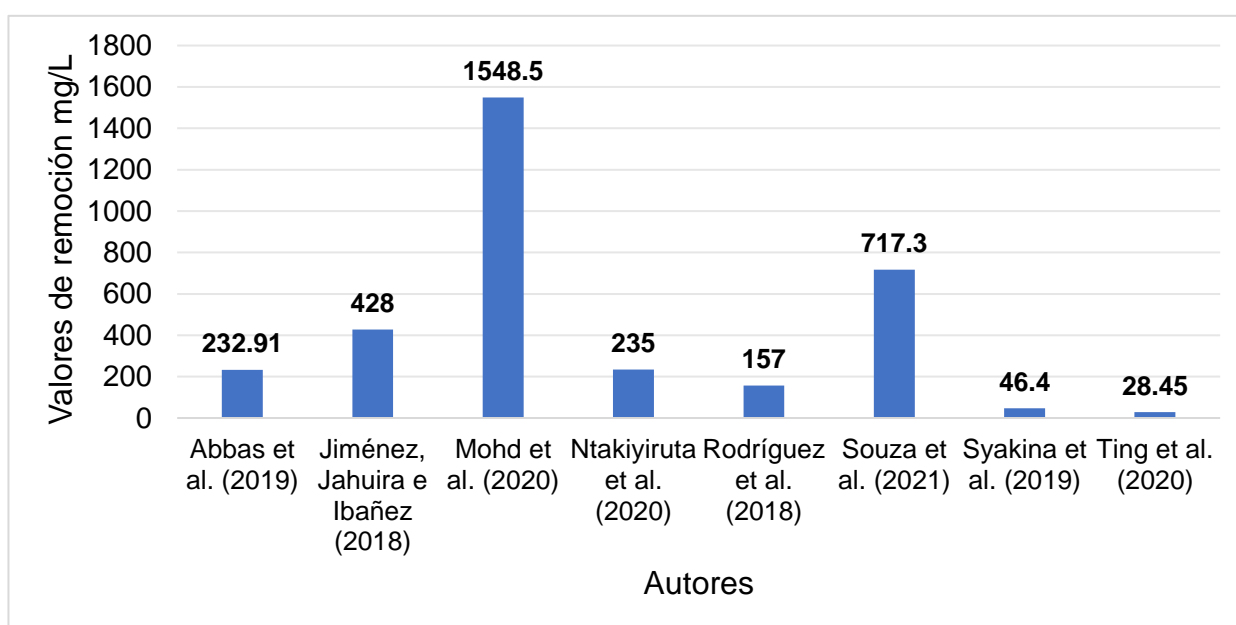


Figura 4: Valores de remoción de la DBO con *Eichhornia crassipes*

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla 4 y figura 4, los valores de remoción de *Eichhornia crassipes* en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) según el 20% de los artículos científicos analizados se encuentra entre los parámetros de 28.45 a 1548.5 mg/L, evidenciando una desviación estándar de 506.12. De manera específica, Abbas et al. (2019) al tratar las aguas residuales tomadas de vertederos, disminuyeron a través de la fitorremediación con el jacinto de agua la proporción de

DBO de 236 mg/L a 3.09 mg/L, con un total de 232.91 miligramos por litros removidos; seguidamente Ntakiyiruta et al. (2020) pudieron obtener un nivel de eliminación de DBO en aguas residuales equivalente a 235 mg/L. De igual forma, Jiménez, Jahuira e Ibañez (2018) en su investigación lograron una absorción de 428 mg/L, como también Rodríguez et al. (2018) y Syakina et al. (2019), mediante el uso de la *Eichhornia crassipes* alcanzaron valores removidos equivalentes a 157 y 46.4 mg/L, respectivamente. Por otro lado, en el caso de Mohd et al. (2020), la presencia de DBO en las aguas residuales se redujo de 1720 a 171.5 mg/L, siendo un total de 1548.5 miligramos por litros absorbidos por la planta acuática; respecto a Ting et al. (2020) el total de remoción se representó por 28.45 mg/L dado que el valor inicial fue igual a 30, consiguiendo al término 1.55 mg/L.

Estos resultados presentan cierta semejanza con el estudio de Araque et al. (2019), quienes pudieron determinar una absorción de DBO desde 1235 a 814 mg/L representando una eficiencia de 6.24% en un periodo de 1 semana, pero aun así el cuerpo de agua demostró características de fácil biodegradación. Así también, los hallazgos de Tocto et al. (2019) coinciden con los resultados de la investigación, dado que el jacinto de agua minimizó la DBO a 60.64 mg/L, manifestando previamente un valor de 71.57 hasta llegar a 10.93 mg/L. No obstante, Morales et al. (2019) en su estudio solo pudieron obtener en menor medida una remoción de 21.47 miligramos por litro de agua, teniendo en cuenta que en un inicio fue de 34 mg/L y el final de 12.53 mg/L.

Teniendo en cuenta los resultados, es preciso resaltar que el valor mínimo obtenido mediante la capacidad de fitorremediación de la *Eichhornia crassipes*, referido en el estudio de Ting et al. (2020) se explica debido a que el proceso de fitorremediación se llevó a cabo en condiciones de modo discontinuo, en el que se colocaron tanques con una capacidad de 20.25 litros, en condiciones exteriores y se dispusieron de tal manera que la disponibilidad de luz fuera máxima. En cambio, el factor máximo que se indica en el estudio de Mohd et al. (2020) se justifica porque el jacinto de agua se obtuvo directamente a la edad de dos meses del stock de un invernadero y se empleó dentro de este un sistema de humedales diseñado en un

tanque cilíndrico de 1 metro de altura con 1.7 metros de circunferencia que podía albergar mucho más contenido de aguas residuales (200 litros de líquido).

Tabla 5: Eficiencia de remoción de la DBO con *Eichhornia crassipes*.

	Diferencias emparejadas							
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	p
				Inferior	Superior			
DBO Antes - DBO después	424.195	506.121	178.941	1.067	847.323	2.371	7	.025

En un análisis de la remoción del DBO de los 8 artículos revisados se ha demostrado que la *Eichhornia crassipes* es eficiente de manera significativa de acuerdo con “t” de Student, debido a que el p valor alcanzado es menor a 0.050; de igual manera, en promedio la diferencia de media después del tratamiento fue de 424.195 mg/L con una desviación estándar de remoción equivalente a 506.12 mg/L respectivamente.

Tabla 6: DQO removido por *Eichhornia crassipes* en aguas residuales domésticas

Contaminantes fisicoquímicos			
Tipo de contaminante	Tipo de agua	Valores de remoción	Fuente
DQO	Muestras sin procesar de lixiviados de vertederos	La <i>Eichhornia crassipes</i> redujo significativamente la DQO, consiguió al 50% y 75%, de 487 a 2.04 mg/L, y de 578 a 5.08 mg/L, respectivamente.	Abbas et al. (2019)
	Aguas residuales textiles sin tratar	Los resultados indicaron que la <i>Eichhornia crassipes</i> minimizó la DQO desde 980 mg/L a 199 mg/L.	Chandramali y Wickramasinghe (2018)
	Aguas contaminadas de los sectores de la bahía interior de Puno	La <i>Eichhornia crassipes</i> hizo posible la remoción de la DQO presentando valores de 1423, 2434 hasta 86 mg/L.	Jiménez, Jahaira e Ibañez (2018)
	Aguas residuales de sistemas de estanques de plantas	El jacinto de agua permitió la absorción al 68.21%, disminuyendo de 68 mg/L a menos de 30 mg/L	Lu et al. (2018)
	Aguas residuales industriales	La <i>Eichhornia crassipes</i> absorbió de forma significativa los contaminantes relacionados a la DQO evidenciando valores en el rango de 13000 - 2820 mg /L.	Mohd et al. (2020)
	Aguas residuales domésticas	Los parámetros de DQO fueron desde 330 mg/L y se redujo a un máximo de 125 mg/L	Ntakiyiruta et al. (2020)
	Mezcla de aguas residuales domesticas e industriales	La <i>Eichhornia crassipes</i> redujo la DQO siendo los parámetros de 456.7 a 354.8 mg/L.	Rodríguez et al. (2018)

	Muestras de aguas residuales de estanques	La mayor eliminación de DQO del 25.24 % se logró después de 14 días.	Syakina et al. (2019)
	Aguas residuales	La DQO tuvo valores superiores a 145 mg/L, el cual fue disminuido a 35 mg/L en el 80% de remoción.	Ting et al. (2020)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 7: Valores de remoción de la DQO con *Eichhornia crassipes*.

	Abbas et al. (2019)	Chandramali y Wickramasinghe (2018)	Jiménez, Jahuirae Ibañez (2018)	Lu et al. (2018)	Mohd et al. (2020)	Ntakiyiruta et al. (2020)	Rodríguez et al. (2018)	Syakina et al. (2019)	Ting et al. (2020)
Valor inicial mg/L	578	980	1423	68	13000	330	456.7	131	145
Valor final mg/L	5.08	199	86	30	2820	125	354.8	65	35
Remoción DQO mg/L	572.92	781	1337	38	10180	205	101.9	66	110
Desviación Estándar	3288.27								

Fuente: Elaboración propia.

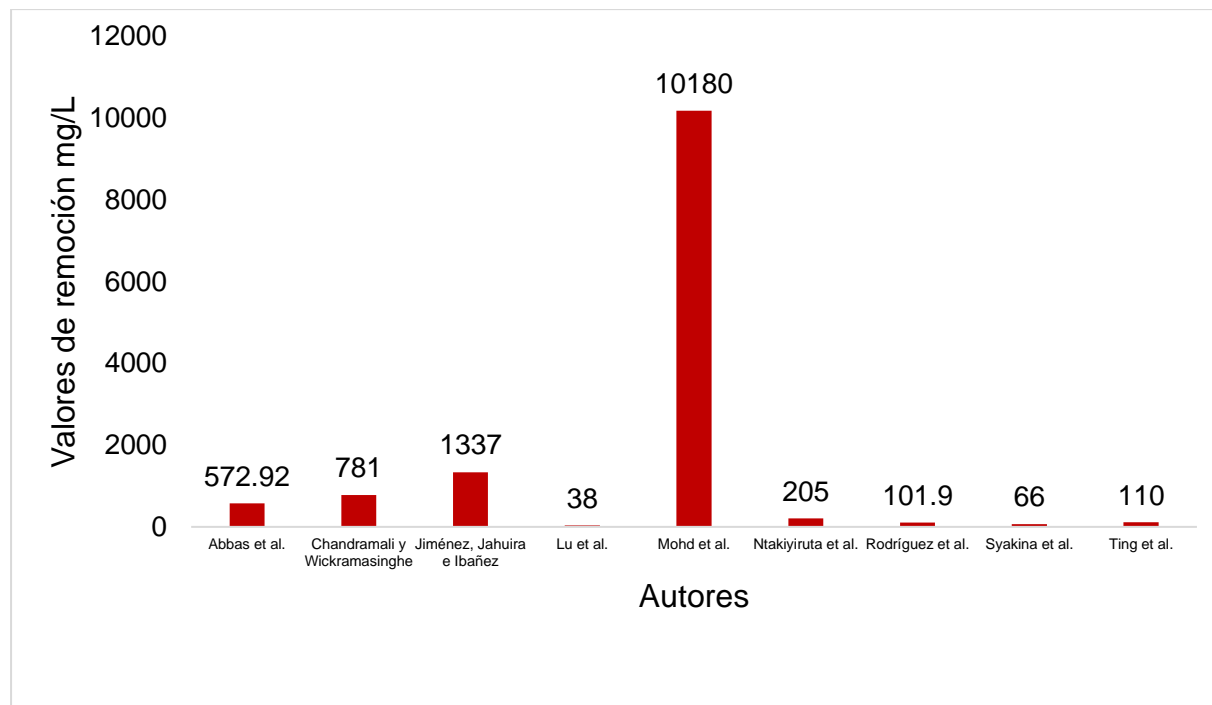


Figura 5: Valores de remoción de la DQO con *Eichhornia crassipes*

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la tabla 7 y figura 5 que el 22.5% de los autores analizados confirma que la *Eichhornia crassipes* reduce la presencia de demanda química de oxígeno (DQO) en las aguas residuales domésticas, revelando un rango de 38 - 10180 mg/L con una desviación estándar igual a 3288.27 que demuestra que los valores alcanzados tienen significativa variabilidad. De modo detallado, Lu et al. (2018) en su investigación pudo comprobar la capacidad de remoción del jacinto de agua, consiguiendo en un inicio un valor de DQO equivalente a 68 mg/L, el cual fue reducido en un 68.21% a 30 miligramos por litro de agua. Por su parte, Syakina et al. (2019) al analizar muestras de agua contaminadas por residuos domésticos, pudo afirmar que la *Eichhornia crassipes* disminuye la DQO en 14 días en un 25.24% desde 131 a 65 mg/L. Además, en los estudios de Rodríguez et al. (2018), Ting et al. (2019) y Ntakiyiruta et al. (2020) alcanzaron valores de remoción cercanos representados por 101.1 mg/L, 110 mg/L y 205 mg/L, respectivamente. En cuanto a los resultados superiores, en primera instancia el estudio de Mohd et al. (2020) reflejó el factor de remoción más alto con 10180 miligramos de DQO por litro de agua, mostrando un valor inicial de 13000 mg/L y uno final igual a 2820 mg/L; continuando con lo señalado en la evaluación de Jiménez, Jahaira e Ibañez (2018), en donde la *Eichhornia crassipes* eliminó o absorbió 1337 mg/L de DQO. En el caso de Chandramali y Wickramasinghe (2018) la remoción al 50% con la mencionada planta acuática hizo posible una disminución de 487 a 2.04 mg/L; al 75% fue de 578 a 5.08 mg/L. Finalmente, Abbas et al. (2019) al tratar aguas residuales domésticas con jacinto de agua comenzaron con valores de 980 mg/L de DQO, absorbiendo 572.92 mg/L, hasta llegar a 5.08 mg/L.

Dichos resultados tienen analogía con el estudio de Ramírez-Loreto et al. (2020) quienes pudieron comprobar la capacidad de remoción de la *Eichhornia crassipes* disminuyendo los contaminantes de DQO en un 64% de 520 a 185.67 mg/L en un tiempo de 72 horas. Al igual que en la investigación de Morales et al. (2019), los valores resultantes se asemejan porque verificaron la eficiencia de la *Eichhornia crassipes* para mejorar la calidad de agua, reduciendo las concentraciones de DQO en un 59.58%, desde 62.91 a 25.43 mg/L. Sin embargo, en cierto grado contradice los hallazgos de Araque et al. (2020), puesto que al realizar el tratamiento de aguas

residuales solo obtuvieron una eficiencia de remoción del jacinto de agua eliminando solo el 10% de la DQO (5515 - 4515 mg/L) en un periodo de entre 1 a 5 semanas.

De igual forma, se destaca que la diferencia entre el valor máximo y mínimo obtenidos tanto en los experimentos ejecutados por Lu et al. (2018) y Mohd et al. (2020) se explican, debido a la proporción de muestras de agua y cantidad de plantas empleadas, como también a que están estuvieron afectadas por temperaturas superiores a 39°C, respectivamente.

Tabla 8: Eficiencia de remoción de la DQO con *Eichhornia crassipes*

Diferencias emparejadas								
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	p
				Inferior	Superior			
DQO Antes -								
DQO después	1487.98	3288.27	1096.09	-1039.61	4015.57	1.358	8	0.106

Los resultados de los 9 artículos sistematizados, evidencia que mediante la prueba t de Student se ha demostrado que la *Eichhornia crassipes* no alcanzo el nivel suficiente de eficiencia en la remoción del DQO en aguas residuales domésticas ($t_{obt} < t_{cri}$) con un valor de significancia mayor a 0.050; además, la media fue de 1487.98 mg/L con una desviación estándar de remoción de 3288.27 mg/L.

Tabla 9: SST removidos por *Eichhornia crassipes* en aguas residuales domésticas

Contaminantes fisicoquímicos			
Tipo de contaminante	Tipo de agua	Valores de remoción	Fuente
SST	Muestras sin procesar de lixiviados de vertederos	La <i>Eichhornia crassipes</i> redujo significativamente el nivel de sólidos suspendidos totales, al 100%, absorbiendo de 734 mg/L y reduciendo a 4.09 mg/L.	Abbas et al. (2019)
	Aguas residuales textiles sin tratar	A través del tratamiento la <i>Eichhornia crassipes</i> redujo la DQO desde 182 mg/L a 58 mg/L, representando un 66.9%	Chandramali y Wickramasinghe (2018)
	Aguas contaminadas de los sector de la bahía interior de Puno	La <i>Eichhornia crassipes</i> hizo posible la remoción del SST presentando valores de 1420 a menos de 25 mg/L.	Jiménez, Jahuira e Ibañez (2018)
	Aguas residuales industriales	La <i>Eichhornia crassipes</i> absorbió de forma significativa los sólidos totales disueltos mostrando valores en el rango de 399.3 – 55.7 mg /L, con una eficiencia del 94% y 77%.	Mohd et al. (2020)
	Aguas residuales domésticas	Los parámetros de SST fueron desde 120 mg/L y se redujo hasta 30 mg/L	Ntakiyiruta et al. (2020)
	Mezcla de aguas residuales domesticas e industriales	La <i>Eichhornia crassipes</i> permitió la reducción de SST de 7.3 a 1.5 mg/L.	Rodríguez et al. (2018)
	Muestras al azar de aguas residuales y sedimentos	La SST tuvo valores superiores a 193 mg/L, el cual fue disminuido a 2.8 mg/L.	Lawrence et al. (2022)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Valores de remoción de SST con *Eichhornia crassipes*.

	Abbas et al. (2019)	Chandramali y Wickramasinghe (2018)	Jiménez, Jahuira e Ibañez (2018)	Mohd et al. (2020)	Ntakiyiruta et al. (2020)	Rodríguez-Miranda et al. (2018)	Lawrence et al. (2022)
Valor inicial mg/L	734	182	1420	399.3	120	7.3	193
Valor final mg/L	4.09	58	25	55.7	30	1.5	2.8
Remoción SST mg/L	729.91	124	1395	343.6	90	5.8	190.2
Desviación Estándar	495.45						

Fuente: Elaboración propia.

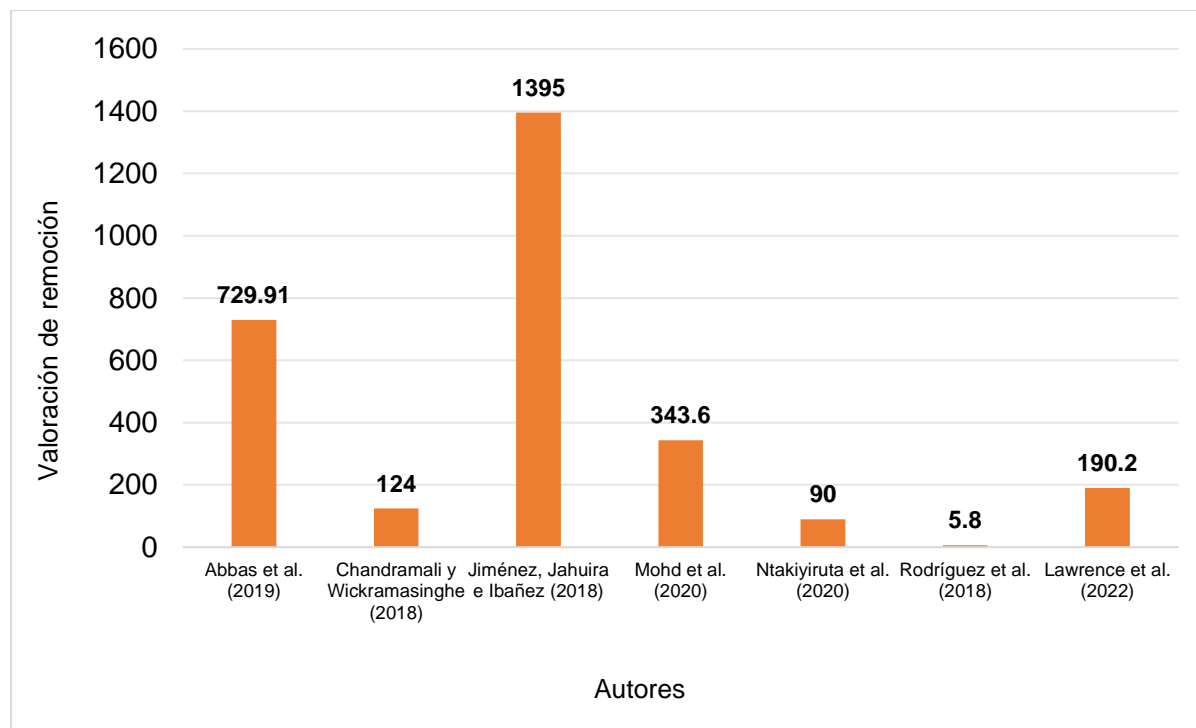


Figura 6: Valores de remoción de SST con *Eichhornia crassipes*.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando la tabla 10 y figura 6, la *Eichhornia crassipes* contribuye a la eliminación significativa de los sólidos suspendidos totales (SST) en las aguas residuales según el 17.5% de los artículos científicos analizados, encontrándose los valores de remoción en los parámetros de 5.8 a 1395.0 mg/L, evidenciando una desviación estándar de 495.45. De modo específico, Abbas et al. (2019) al utilizar el jacinto de agua como tratamiento de aguas residuales permitió la reducción total de los SST en un 729.91 mg/L; seguidamente Mohd et al. (2020) pudieron obtener un nivel de eliminación eficiente de sólidos suspendidos en aguas residuales (entre un 77% y 94%) equivalente a 343.6 mg/L. De igual forma, Jiménez, Jahuira e Ibañez (2018) en su investigación lograron la máxima absorción al disminuir las concentraciones de SST de 1420 mg/L a aproximadamente 28 mg/L. También Chandramali y Wickramasinghe (2018) mediante el uso de la *Eichhornia crassipes* pudieron disminuir a 58 mg/L el total de sólidos suspendidos totales, siendo el valor inicial igual a 182 mg/L. Por otro lado, en el caso de Lawrence et al. (2022), la presencia de SST en las aguas residuales se redujo de 193 a 2.8 mg/L, siendo un total de 190.2 miligramos por litros absorbidos por la planta acuática; respecto a Ntakiyiruta et al. (2020) el total de remoción se representó por 90 mg/L ya que el valor inicial fue igual a 120, consiguiendo al término 30 mg/L. Por último, Rodríguez-Miranda et al. (2018) al emplear la *Eichhornia crassipes* obtuvo una remoción total de SST de 5.8, pero se debe tener en cuenta que el valor de dichos contaminantes inicialmente fue 7.3 mg/L y al final 1.7 mg/L.

Estos resultados se asocian al estudio de Ramírez-Loreto et al. (2020), quien pudo comprobar que la *Eichhornia crassipes* es eficiente en un lapso de 72 horas con un 50.4% de eficiencia para disminuir los niveles de sólidos suspendidos totales que se pueden encontrar en los cuerpos de agua, indicando una disminución de 0.68 a 0.34 mg/L. A parte de ello, los hallazgos del estudio de Coayla et al. (2018) se asimilan al presente estudio, teniendo en cuenta que obtuvieron una eliminación de 51 mg/L (36.25%) de SST en un plazo de nueve días, seguido de 6 días con 63 mg/L. No obstante, Ayala et al. (2018) en su investigación evidencia hallazgos poco significativos, dado que, al tratar aguas contaminadas con residuos domésticos

tomados de la quebrada de Santa Lucia, constataron que en un periodo de 2 semanas la *Eichhornia crassipes* solo alcanza una remoción total de 2.08 mg/L.

En ese sentido, se precisa que en el tratamiento de *Eichhornia crassipes* realizado por Jiménez, Jahuir e Ibañez (2018) les fue posible conseguir un grado alto de remoción puesto que absorbió el exceso de contaminantes en un periodo de 21 días y se utilizaron otras macrófitas como *Myriophyllum* y *Elodea*. En cambio, en el caso de Rodríguez-Miranda et al. (2018) las muestras analizadas solo fueron de 2000 ml y refrigeradas a 4°C, pero los resultados de remoción se explican porque emplearon tanto las hojas y raíces del buchón de agua; este tipo de planta tiene un sistema radicular más denso, que retiene sólidos en mayor proporción.

Tabla 11: Eficiencia de remoción de SST con *Eichhornia crassipes*.

	Diferencias emparejadas						t	gl	ρ
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia					
				Inferior	Superior				
SST Antes - SST después	448.05	532.14	217.25	-110.39	1006.50	2.062	5	0.047	

Los resultados de los 7 artículos sistematizados, evidencia que mediante la prueba t de Student se ha demostrado que la *Eichhornia crassipes* es eficiente en la remoción de SST en aguas residuales domésticas ($t_{obt} > t_{cri}$) con un valor de significancia menor a 0.050; además, la media fue de 448.05 con una desviación estándar de remoción de 532.14 mg/L.

Tabla 12: Nitrógeno removido por *Eichhornia crassipes* en aguas residuales domésticas.

Contaminantes fisicoquímicos			
Tipo de contaminante	Tipo de agua	Valores de remoción	Fuente
Nitrógeno	Aguas residuales textiles sin tratar	Las muestras de agua mostraron una concentración de nitratos u otros componentes nitrogenados, los cuales fueron reducidos de 4.4. mg/L a 1.7 mg/L, mediante el tratamiento la <i>Eichhornia crassipes</i> , representando un 63.6% de eficiencia.	Chandramali y Wickramasinghe (2018)
	Aguas contaminadas de los sector de la bahía interior de Puno	Capacidad de remoción en un 1.98% cada 35 días disminuyendo de 2.21 mg/L a 0.62.	Jiménez, Jahaira e Ibañez (2018)
	Aguas residuales domésticas	Los parámetros de compuestos nitrogenados disminuyeron de 32.5 mg/L a 10 mg/L.	Ntakiyiruta et al. (2020)
	Aguas residuales de sistemas de estanques de plantas	El jacinto de agua permitió la absorción al 84% en 11 días, disminuyendo de 5.05 mg/L a 0.155 mg/L.	Lu et al. (2018)
	Aguas residuales	El nitrógeno amoniacal tuvo valores equivalentes a 40 mg/L, el cual fue disminuido a un 77.48% (9.008 mg/L) de remoción.	Ting et al. (2020)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Valores de remoción de nitrógeno con *Eichhornia crassipes*

	Chandramali y Wickramasinghe (2018)	Jiménez, Jahuira e Ibañez (2018)	Ntakiyiruta et al. (2020)	Lu et al. (2018)	Ting et al. (2020)
Valor inicial mg/L	4.4	2.21	32.5	5.05	40
Valor final mg/L	1.77	0.62	10	0.155	9.008
Remoción N mg/L	2.63	1.59	22.5	4.895	30.992
Desviación estándar	13.38				

Fuente: Elaboración propia.

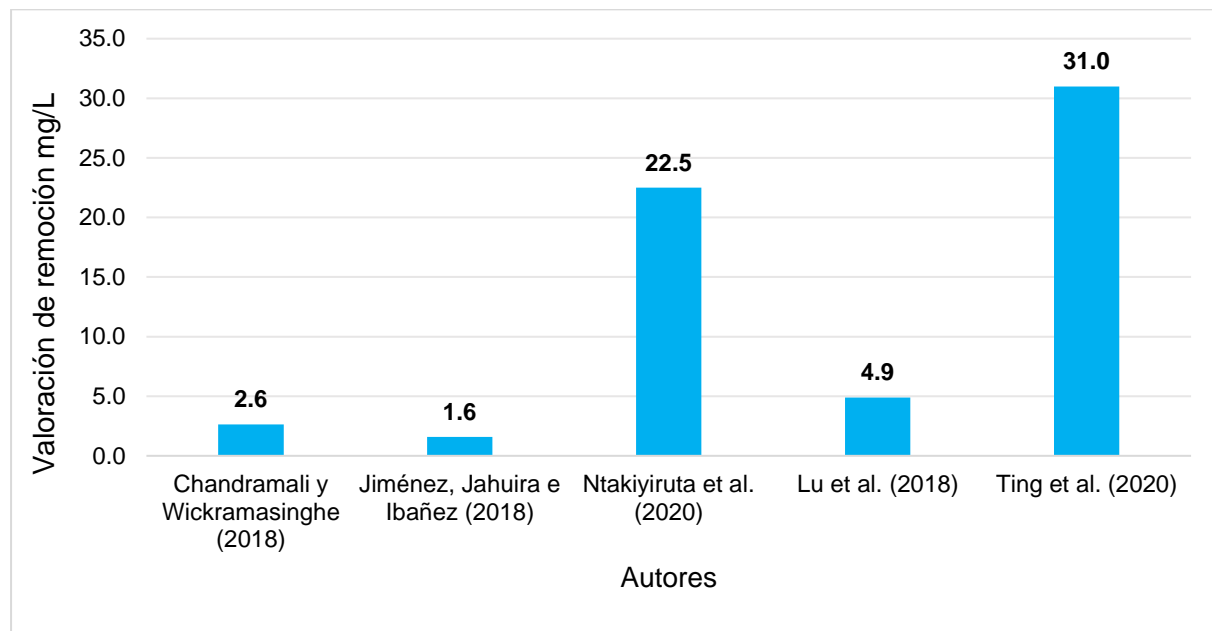


Figura 7: Valores de remoción de nitrógeno con *Eichhornia crassipes*.

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la tabla 13 y figura 7 que el 12.5% de los autores analizados confirma que la *Eichhornia crassipes* reduce la presencia de contaminantes de

nitrógeno en las aguas residuales domésticas, revelando un rango de 1.6 - 31 mg/L con una desviación estándar igual a 13.38 que demuestra que los valores alcanzados tienen significativa variabilidad. De manera detallada, Lu et al. (2018) en su investigación pudo comprobar la capacidad de remoción del jacinto de agua, consiguiendo en un periodo de 11 días un valor inicial de compuestos nitrogenados equivalentes a 5.05 mg/L, el cual fue reducido en un 84% a 0.155 miligramos por litro de agua. Por su parte, Chandramali y Wickramasinghe (2018) al analizar muestras de agua contaminadas por residuos domésticos, pudo afirmar que la *Eichhornia crassipes* disminuye la concentración de nitrógeno en 2 semanas en un 63.6% desde 4.4 a 1.7 mg/L. En el caso de Jiménez, Jahuirá e Ibañez (2018) la remoción fue mínima en un 1.98% en un espacio de tiempo de 35 días en vista que el buchón de agua solo redujo los nitratos desde 2.21 a 0.62 mg/L. También, referente a Ntakiyiruta et al. (2020) al tratar aguas residuales domésticas con jacinto de agua comenzaron con valores de 32.5 mg/L de derivados del nitrógeno (NO₃⁻, NO₂⁻, HNO₃ y NO₂), absorbiendo 22.5 mg/L, hasta llegar a 10 mg/L. En cuanto a los resultados superiores, el descubrimiento de Mohd et al. (2020) hizo posible conocer que el factor de remoción más alto es de 31.0 miligramos de N por litro de agua, mostrando un valor inicial de 40 mg/L y uno final igual a 9 mg/L.

Estos resultados coinciden en cierta magnitud con el estudio de Quispe et al. (2021), quienes mediante el cultivo de *Eichhornia crassipes* pudieron realizar el tratamiento de fitorremediación de aguas residuales domésticas con muestras de 60 plantas en 80 litros de agua, cuyos resultados evidenciaron una eficiencia de remoción del 80%, minimizando la contaminación por nitrógeno de 0.35 a 0.09 mg/L. De igual forma, Arteaga y Toscano (2018) coincide con tales hallazgos al verificar la significativa eliminación de nitrógeno a través del buchón de agua entre un 76.92% y 89.8%, desde 35 mg/L en una semana, a 18 mg/L en 8 semanas. Así pues, Mendoza, Pérez y Galindo (2018) al utilizar la *Eichhornia crassipes* como método para mejorar la calidad de agua alcanzó una eliminación de nitratos del 78.5% hasta llegar a valores inferiores a 0.30 mg/L.

Por otro lado, se destaca que, en el caso de Jiménez, Jahuirá e Ibañez (2018) se obtuvo una baja remoción mediante *Eichhornia crassipes* ya que las muestras de aguas residuales fueron tomadas de la bahía de Puno, el cual presentaba niveles altos de eutrofización y mayor presencia de otros tipos de contaminantes con valores superiores a los límites permitidos. Sin embargo, Ting et al. (2020) pudieron conseguir una mayor eliminación porque emplearon un diseño compuesto central fase-centered para optimizar la eficacia de la eliminación de N mediante el sistema de fitorremediación basado en *E. crassipes*; el modelo de interacción de dos factores (2FI) fue desarrollado con éxito para la respuesta de la eficiencia de eliminación del nitrógeno.

Tabla 14: Eficiencia de remoción de nitrógeno *Eichhornia crassipes* en aguas residuales domésticas.

	Media	Desviación estándar	Diferencias emparejadas		t	gl	ρ	
			Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Nitrógeno Antes - Nitrógeno después	12.52	13.38	5.98	-4.09	29.14	2.092	4	0.052

Los resultados de los 5 artículos sistematizados, evidencia que mediante la prueba t de Student se ha demostrado que la *Eichhornia crassipes* se acerca en gran medida a la eficiencia de remoción de nitrógeno en aguas residuales domésticas, sin embargo, el ρ valor fue mayor a 0.050, lo que evidencia su ausencia estadística; además, la media fue de 12.52 mg/L con una desviación estándar de remoción de 13.38 mg/L.

Tabla 15: Fósforo removido por *Eichhornia crassipes* en aguas residuales domésticas.

Contaminantes fisicoquímicos			
Tipo de contaminante	Tipo de agua	Valores de remoción	Fuente
Fósforo	Muestras sin procesar de lixiviados de vertederos	La <i>Eichhornia crassipes</i> redujo significativamente los fosfatos, casi al 100%, absorbiendo de 2.6 mg/L y reduciendo a 0.45 mg/L.	Chandramali y Wickramasinghe (2018)
	Aguas contaminadas de los sector de la bahía interior de Puno	La <i>Eichhornia crassipes</i> tuvo una capacidad de remoción en un 84% cada 20 días disminuyendo de 1.89 mg/L a 0.3.	Jiménez, Jahaira e Ibañez (2018)
	Aguas residuales de sistemas de estanques de plantas	El jacinto de agua permitió la absorción al 85% en 11 días, disminuyendo de 5.05 mg/L a 0.155 mg/L	Lu et al. (2018)
	Aguas residuales industriales	La <i>Eichhornia crassipes</i> absorbió de forma significativa los fosfatos en un 94.55% de eficiencia, cuyos valores fueron de 10 mg/L a 2mg/L.	Mohd et al. (2020)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Valores de remoción de fósforo con *Eichhornia crassipes*.

	Chandramali y Wickramasinghe (2018)	Jiménez, Jahuira e Ibañez (2018)	Lu et al. (2018)	Mohd et al. (2020)
Valor inicial mg/L	2.6	1.89	5.05	10
Valor final mg/L	0.45	0.3	0.155	2
Remoción P mg/L	2.15	1.59	4.895	8
Desviación Estándar	2.94			

Fuente: Elaboración propia.

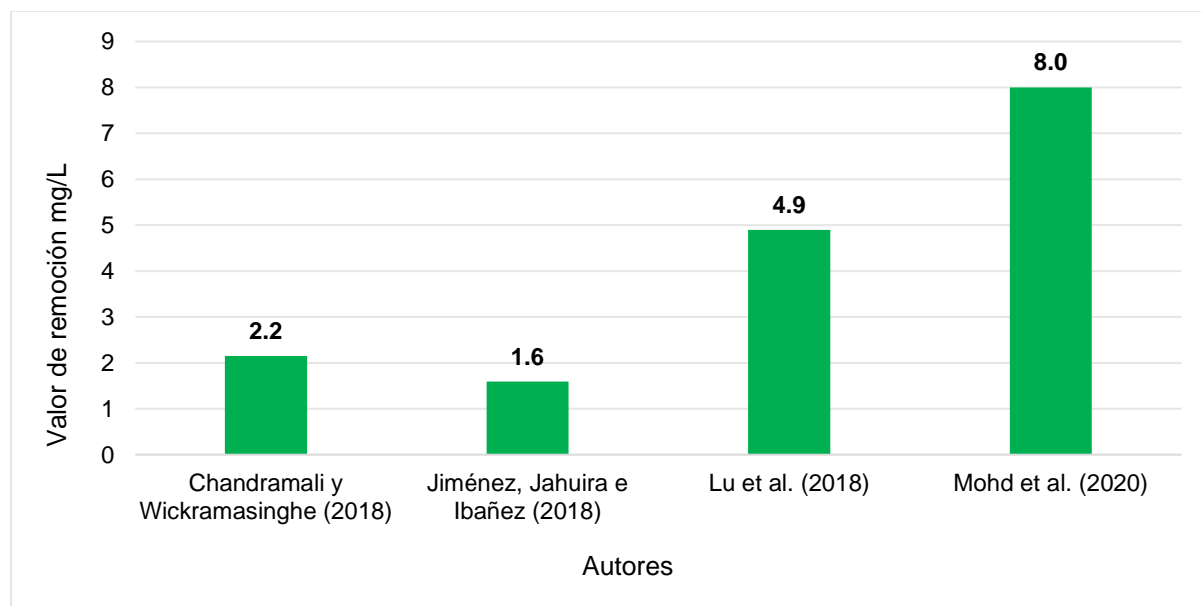


Figura 8: Valores de remoción de fósforo con *Eichhornia crassipes*.

Fuente: Elaboración propia.

En función a la tabla 16 y figura 8, la *Eichhornia crassipes* contribuye a la eliminación significativa del fósforo y sus otros componentes en las aguas residuales, encontrándose los valores de remoción en los parámetros de 1.6 a 8.0 mg/L, evidenciando una desviación estándar de 2.94, demostrando que los valores no están

significativamente dispersos. Específicamente, Chandramali y Wickramasinghe (2018) al utilizar el jacinto de agua como tratamiento de aguas residuales permitió la reducción de fosfatos en 2.15 mg/L, desde 2.6 a 0.45 mg/L; seguidamente Lu et al. (2018) pudieron obtener un nivel de eliminación eficiente (85%) de fosfatos equivalente a 4.9 mg/L en 11 días. Por otro lado, Jiménez, Jahuira e Ibañez (2018) con su investigación lograron disminuir las concentraciones de P de 1.89 mg/L a aproximadamente 0.3 mg/L. Por último, Mohd et al. (2020) al emplear la *Eichhornia crassipes* obtuvo una remoción total de fósforos de 8 mg/L, siendo el valor inicial 10 mg/L y al final 2 mg/L, representando una eficiencia del 94.55% en un periodo de 7 días.

Estos resultados se asocian a los encontrados por Quispe et al. (2021), quienes verificaron que el buchón de agua es eficiente en un 80% para eliminar aguas residuales con concentraciones de fósforo o tipos de fosfatos desde 5 mg/L a 0.53 mg/L. Además, se asemeja a la investigación de Araque et al. (2020) en la cual demostró que el jacinto de agua disminuye la concentración de fósforo particulado, exponiendo un valor inicial de 9.115 y uno final equivalente a 8.13 mg/L. Igualmente, Guio y Toscano (2018) presentaron hallazgos parecidos, afirmando que la *Eichhornia crassipes* es eficiente para minimizar o eliminar los contaminantes de fósforo a más del 90% entre una u ocho semanas, demostrando una remoción de casi 8 mg/L.

Ante ello, es necesario resaltar que la diferencia de los resultados de los tratamientos efectuados por Jiménez, Jahuira e Ibañez (2018) y Mohd et al. (2020), se debe a que en este último el buchón de agua tenía una mejor área de contacto con los contaminantes y un mayor tiempo de retención dentro de su sistema diseñado lo que aseguró una mayor eficiencia en los procesos de depuración. Otra de las características que se puede mencionar es que las muestras seleccionadas de líquido estaban en su mayoría compuestas por residuos de cultivos, detergentes y fertilizantes para café.

Tabla 17: Eficiencia de remoción de fósforo con *Eichhornia crassipes*.

	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	p
				Inferior	Superior			
Fósforo Antes - Fósforo después	2.88	1.77	1.02	-1.52	7.27	2.819	2	0.053

Los resultados de los 4 artículos sistematizados, evidencia que mediante la prueba t de Student se ha demostrado que la *Eichhornia crassipes* se acerca en gran medida a la eficiencia de remoción de fósforo en aguas residuales domésticas, sin embargo, el p valor fue mayor a 0.050, lo que evidencia su ausencia estadística; además, la media fue de 2.88 mg/L con una desviación estándar de remoción de 1.77 mg/L.

Tabla 18: Metales pesados removidos por *Eichhornia crassipes* en aguas residuales domésticas.

Contaminantes fisicoquímicos			
Tipo de contaminante	Tipo de agua	Valores de remoción	Fuente
Metales pesados	Muestras sin procesar de lixiviados de vertederos	La <i>Eichhornia crassipes</i> redujo significativamente el nivel de metales pesados, a más del 90%, absorbiendo de 0.86 mg/L y reduciendo a 0.03 mg/L, entre plomo y cobalto.	Abbas et al. (2019)
	Muestras de agua mezclado con solución de metales pesados	La <i>Eichhornia crassipes</i> tuvo una capacidad de adsorción significativa ya que redujo la concentración de metales pesados desde 277.6 mg/L a 67.9 mg/L.	Cao et al. (2019)
	Aguas residuales y compuestas con metales pesados	Mediante el jacinto de agua se obtuvo una remoción de metales pesados como cadmio, arsénico, mercurios, etc., de 166.25 mg/L a 0.002 mg/L.	Nazir et al. (2018)
	Soluciones de cobalto	A través de la <i>Eichhornia crassipes</i> se eliminó en un 73.1% el cobalto presente en las muestras de agua, siendo sus valores de 500 mg/L a 100	Ting et al. (2018)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19: Valores de remoción de metales pesados con *Eichhornia crassipes*.

	Abbas et al. (2019)	Cao et al. (2019)	Nazir et al. (2018)	Ting et al. (2018)
Valor inicial mg/L	0.86	277.6	166.25	500
Valor final mg/L	0.03	67.9	0.002	100
Remoción Metales pesados mg/L	0.83	209.7	166.248	400
Desviación Estándar	164.08			

Fuente: Elaboración propia.

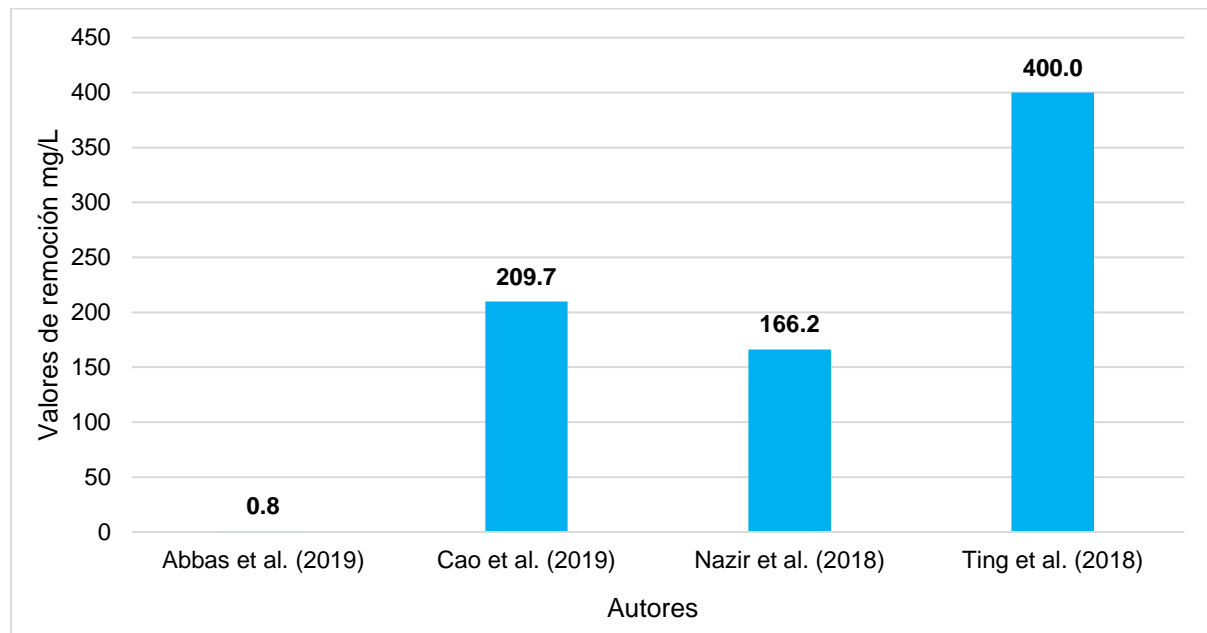


Figura 9: Valores de remoción de *metales pesados* con *Eichhornia crassipes*.

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta la tabla 19 y figura 6, la *Eichhornia crassipes* favorece la eliminación de los metales pesados en las aguas residuales, cuyos valores de

remoción van desde 0.8 a 400.0 mg/L, evidenciando una desviación estándar de 164.08. De manera detallada, Abbas et al. (2019) al utilizar el jacinto de agua como tratamiento de aguas residuales permitió el 90% de reducción de metales pesados como plomo, cromo, hierro, cobre y níquel de manera general en un 0.83 mg/L. Asimismo, Nazir et al. (2018) en su investigación lograron una eficiente absorción al disminuir las concentraciones de metales pesados de 0.002 mg/L a aproximadamente 0.002 mg/L. También Cao et al. (2019) mediante el uso de la *Eichhornia crassipes* pudieron disminuir a 209.7 mg/L el total de concentraciones de metales (cadmio, arsénico y mercurio), siendo el valor inicial igual a 166.25 mg/L; mediante el proceso de rizoextracción lograron una efectividad de absorción del 80% en plomo en las raíces y 67% en cadmio en las raíces. Finalmente, Ting et al. (2018) al emplear la *Eichhornia crassipes* obtuvo una remoción máxima igual a 400 mg/L, mostrando previamente una equivalencia de 7.3 mg/L y al final 100 mg/L, lo cual representa una eficiencia de 73.1%, sobre todo en la eliminación del cobalto.

Dichos resultados guardan relación con la investigación de Araque et al. (2020), quienes descubrieron que la *Eichhornia crassipes* cumple con la capacidad de disminuir la concentración de plomo (Pb) y cadmio (Cd) en aguas residuales tomadas de la quebrada La Pinocha, llegando a valores de 0.01 mg/L y 0.04 mg/L, respectivamente; los niveles de metales pesados no han superado los límites para uso agrícola, pero si han superado para consumo humano, y aun así se utilizan para riego de cultivos y lavado de hortalizas, lo que indirectamente afecta a la población consumidora. Otro caso similar sucede con los hallazgos expuestos por Lima y Asencios (2021), en el cual evaluaron el potencial de la *Eichhornia crassipes* como bioabsorbente para eliminar contaminantes como metales pesados en las aguas residuales domésticas como el plomo, cadmio, níquel y cromo; llegando a lograr una efectividad de eliminar el 56%, 75%, 84.7% y 89.9% de las aguas residuales domésticas de la ciudad de Sao Pablo en Brasil.

Por otro lado, se señala que Lu et al. (2018), evaluaron la eliminación de contaminantes del agua por diferentes especies de plantas acuáticas como alternativa de remediar

ríos rurales contaminados; los tipos de metales pesados fueron el níquel, cromo y plomo; mediante la aplicación de *Eichhornia crassipes* en las aguas contaminadas por efluentes domésticas pudieron remover el 89.4% de níquel, 99% de cromo, 93.6% de plomo, teniendo en cuenta que la evaluación fue a una temperatura que oscilo entre 28 °C a 36 °C. Ante ello, al comparar con la investigación de Yovo et al. (2020), la fitorremediación con la especie *Crassipes Eichhornia* permitió la reducción del 23.55% para el plomo y en cuanto al cadmio se removieron el 53.98%; todos los porcentajes considerados fueron evaluados en los tejidos de la planta por el proceso de fitoextracción.

Tabla 20: Eficiencia de remoción de metales pesados con *Eichhornia crassipes*.

	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	Diferencias emparejadas		t	gl	p
				95% de intervalo de confianza de la diferencia				
				Inferior	Superior			
Metales antes - Metales después	194.19	164.08	82.04	-66.89	455.28	2.367	3	0.049

Los resultados de los 4 artículos sistematizados, evidencia que mediante la prueba t de Student se ha demostrado que la *Eichhornia crassipes* es eficiente en la remoción de metales pesados en aguas residuales domésticas ($t_{obt} > t_{cri}$) con un valor de significancia menor a 0.050; además, la media fue de 194.19 mg/L con una desviación estándar de remoción de 164.08 mg/L.

4.2 Tiempo usado por *Eichhornia crassipes* para remover contaminantes de las aguas residuales domésticas.

Seguidamente en cuanto al desarrollo del segundo objetivo específico del tiempo que uso la especie vegetal *Eichhornia crassipes* en la remoción de los diferentes contaminantes fisicoquímicos acumulados en las aguas residuales domésticas evaluadas por muchos autores en diferentes ciudades del mundo, quedo demostrado en la siguiente tabla 4 de análisis de los documentos empleados en la investigación.

Tabla 21: Tiempo usado por *Eichhornia crassipes* en remoción de contaminantes.

Tiempo de remoción	Efectividad de <i>Eichhornia crassipes</i>	Fuente
El tiempo usado por la planta <i>Eichhornia crassipes</i> en remoción de los contaminantes fue de 14 y 25 días.	La efectividad que la planta tuvo para remover los herbicidas un 98.2%, Hidrocarburos aromáticos policíclicos 100%, Aldehído un 93% y Antibiótico un 80% y 83.5%	Lawrence, 2021
El tiempo usado por la planta <i>Eichhornia crassipes</i> en remoción de los contaminantes fue de 26 días.	Los resultados demostraron que la tasa de remoción de Pb en agua kárstica (85,31%) fue mayor que en agua no kárstica (77,04%); sin embargo, la cantidad de bioconcentración (BCA) de Pb en raíces de <i>E. crassipe</i> en agua kárstica (1763 mg/kg) fue menor que en agua no kárstica (2143 mg/kg). Con aumento de Ca 2+(60, 80 y 100 mg/L) en agua kárstica, con Ca y Pb.	Zhou et al., 2020
El tiempo usado por la planta <i>Eichhornia crassipes</i> en remoción de los contaminantes fue en un periodo de 15 días.	La efectividad de la <i>Eichhornia crassipes</i> en los contaminantes fue para demanda bioquímica de oxígeno (DBO) un porcentaje de 86.4%, para la demanda química de oxígeno (DQO) fue de 65% y para los sólidos totales (TS) fue un total de porcentaje 64.3% del total de efectividad.	Souza et al., 2020

<p>El tiempo que se utilizó la planta <i>Eichhornia crassipes</i> para la remoción de los contaminantes fue en un periodo de 25 a 30 días.</p>	<p>La absorción de jacinto de agua la mayor absorción de metal por peso seco de jacinto de agua fue de 166,25 ppm para cadmio, la menor de 0,032 ppm fue para mercurio y la más baja de 0,012 ppm para arsénico.</p>	<p>Nazir et al., (2020)</p>
<p>El tiempo que la planta <i>Eichhornia crassipes</i> uso para la remoción de los contaminantes fue en un periodo de 28 días.</p>	<p>Se tuvo una efectividad con porcentajes mayores de disminuciones de Fe (26,6%), Cr (58,6%), Cu (32,6%), Zn (36,0%) y Ni, (26,9%).</p>	<p>Kodituwakku et al., 2020</p>
<p>El periodo de evaluación fue por 3 y 4 días mediante la aplicación de la especie vegetal <i>Eichhornia crassipes</i>.</p>	<p>El efluente de aguas residuales utilizado en este estudio tuvo un valor de pH de 4,4 con sólidos suspendidos totales de 399,3 mg/L, color de 1730 ADMI y valores de DQO y DBO de 13.000 y 1720 mg/L. Logrando remover con una efectividad <i>Eichhornia crassipes</i> mediante el sistema de planta de dos etapas fue capaz de eliminar el 94 %, 79 % y 95 % de los sólidos en suspensión, el DBO y la DQO.</p>	<p>Mohd et al., 2020</p>
<p>El tiempo de retención fue por 8,47 días, por parte de la especie vegetal.</p>	<p>La mayor eficiencia de eliminación de AN fue un 77,48 % (concentración inicial de AN = 40 mg/L) en las siguientes condiciones óptimas: pH 8,51, tiempo de retención de 8,47 días, densidad de las plantas de 21,39 g/L y salinidad de 0 gNaCl/L.</p>	<p>Ting et al., 2020</p>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22: *Eichhornia crassipes*: Días de remoción de contaminantes.

Autor	Tiempo de remoción (días)
Lawrence et al. (2022)	25
Zhou et al. (2020)	26
Souza et al. (2020)	15
Nazir et al. (2020)	30
Kodituwakku et al. (2020)	28
Mohd et al. (2020)	20
Ting et al. (2020)	8
Abbas et al. (2019)	15
Acosta et al. (2021)	7
Agarry et al. (2018)	10
Chandramali y Wickramasinghe (2018)	14
Yu et al. (2019)	28
Jiménez, Jahuiro e Ibañez (2018)	29
Lu et al. (2018)	20
Ntakiyiruta et al. (2020)	30
Rodríguez-Miranda et al. (2018)	39
Syakina et al. (2019)	21
Promedio	21
Desviación estándar	8.99

Fuente: Elaboración propia

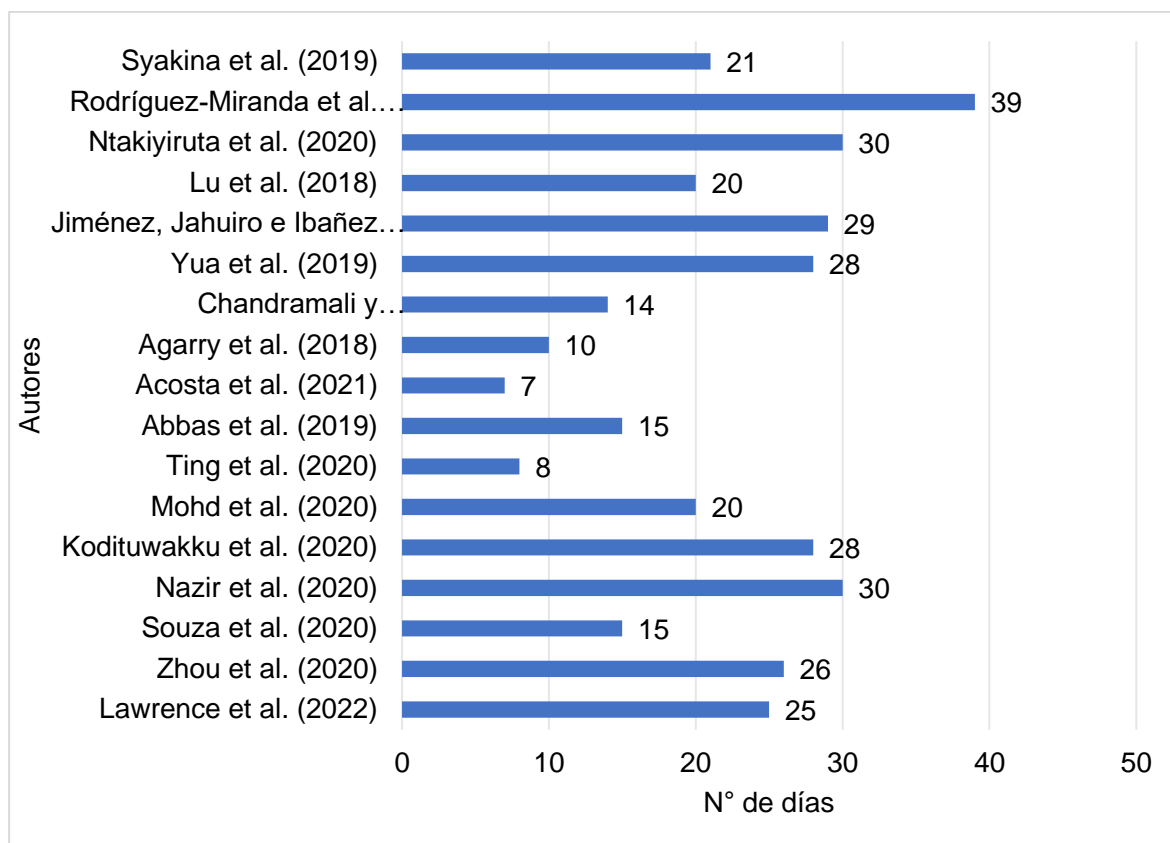


Figura 10: *Eichhornia crassipes*: Días de remoción de contaminantes.

Fuente: Elaboración propia.

Según lo evidenciando en la tabla 22 y figura 10, son diferentes los artículos analizados que indican los días de remoción que se necesita para lograr una eficiente remoción de contaminantes mediante la utilización de *Eichhornia crassipes*, siendo 21 días el promedio determinado, con una desviación estándar de 8.99. No obstante, en particular los días presentados van desde 7 a 39 días.

Asimismo, es preciso resaltar que en la mayoría de los casos las pruebas de tratamiento fueron realizadas entre los 25 y 30 días, lo cual permitió como resultado en el estudio de Lawrence et al. (2021), quienes lograron verificar la efectividad que el jacinto de agua posee para remover los contaminantes en un periodo de 25 días. Igualmente, en otra investigación Ntakiyiruta et al. (2022), evaluaron la optimización de las condiciones de fitorremediación de aguas residuales domésticas en postratamiento por *Eichhornia crassipes* con un modelo cinético para la remoción de contaminantes como la eliminación de nitratos, fosfatos y DQO, obteniendo una significativa remoción entre 63.6% - 95% durante un periodo de 30 días. Sin

embargo, las investigaciones mencionadas difieren con los hallazgos de Quispe et al. (2021), quienes lograron una disminución entre el 70% y 80% de nitratos y fosfatos con solo 5 días de tratamiento; pero dichos valores significativos pueden explicarse porque emplearon muestras de agua solo de 80 litros y las macrófitas fueron cultivadas 4 meses previos.

En ese sentido, se destaca que la presencia de plantas como la *Eichhornia crassipes* o jacinto de agua permiten mayor eficiencia de eliminación en tiempos de exposición cortos, por lo que las plantas utilizadas en este sistema deben ser expuestas continuamente a las aguas residuales; por lo tanto, la acumulación de contaminantes provoca una disminución con el tiempo en la eficiencia de las plantas para tratar los contaminantes.

4.3 Eficiencia de la *Eichhornia crassipes* (C.P) en remover los porcentajes de los contaminantes fisicoquímicos en las aguas residuales domésticas.

Tabla 23: Influencia en la *Eichhornia crassipes* en remover contaminantes.

Proceso de remoción	Parámetros removidos	Influencia de remoción	Autor
Se evaluó el proceso de remoción de Rizofiltración producido en las raíces de <i>Eichhornia crassipes</i> .	Conductividad eléctrica, sólidos disueltos totales, nitrato, amonio, fosfato y potasio.	La efectividad de remoción en promedio los contaminantes fueron desde 63,71%, 99.01 %, amonio 94,36 %, fosfato 98,05 % y potasio 83,30 %, respectivamente.	Rijwana y Kakoli. (2019)
Se evaluó el proceso de remoción de Rizofiltración producido en las raíces y Fitodegradación en los tejidos de la planta <i>Eichhornia crassipes</i>	Los contaminantes removidos fueron Demanda bioquímica de oxígeno (DBO), la demanda química de oxígeno (DQO) y los sólidos suspendidos totales (TSS).	La mayor eliminación de DBO del 92,6 % se logró después de un tiempo de retención de 21 días. Asimismo, la mayor eliminación de DBO del 92,6 % se logró después de un tiempo de retención de 21 días a pH 4 con una relación planta: POME de 1:20 kg/L.	Tan et al. (2019)
Se evaluó el proceso de remoción de Rizofiltración producido en las raíces y Fitodegradación en los tejidos de la planta <i>Eichhornia crassipes</i>	Los contaminantes removidos fueron la demanda química de oxígeno (DQO), sólidos totales (TS), sólidos suspendidos totales (TSS), sólidos disueltos totales (TDS), nitratos, fosfatos, metales pesados (Cd, Ni y Zn).	Se tuvo una efectividad de remover los contaminantes en porcentaje DQO un 74%, sólidos totales un 62.3%, sólidos suspendidos totales un 59.3%, sólidos disueltos totales un 66.9%, nitratos un 81.9%, fosfatos un 36.8%, metales pesados (Cd un 0.4%, Ni un 0.67 y Zn un 2.73%) toda la efectividad se tuvo en un periodo de 14 días.	Chandramali y Sudharshi (2018)

<p>Se evaluó el proceso de remoción de Rizofiltración producido en las raíces, Fitoextracción, Fitovolatilización y Fitodegradación en los tejidos de la planta <i>Eichhornia crassipes</i>.</p>	<p>La efectividad de eliminación de compuestos orgánicos como contaminantes son la (DBO y DQO), nitrato y nitrógeno total. Hidrocarburos de petróleo (TPH), metales pesados.</p>	<p>Se tuvo una eficiencia de eliminación del 91,5 % de turbidez, 94,6 % de DBO, 80,2 % para DQO, 92,6 % TPH, 90,4 % aceite y grasa, 94 % cadmio, 92,5 % plomo, 93 % cromo, 94,8 % hierro, 92,2 % níquel y 57,7 % cloruro.</p>	<p>Agarry et al. (2018)</p>
--	--	---	---------------------------------

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24: Eficiencia de remoción de la *Eichhornia crassipes*

Autor	Eficiencia de remoción de la <i>Eichhornia crassipes</i> %
Rijwana y Kakoli. (2019)	98.05
Tan et al. (2019)	92.6
Chandramali y Sudharshi (2018)	81.9
Agarry et al. (2018)	94.6
Abbas et al. (2019)	87
Acosta et al. (2021)	89
Agarry et al. (2018)	94.8
Chandramali y Wickramasinghe (2018)	70
Yua et al. (2019)	95
Ntakiyiruta et al. (2020)	99.5
Souza et al. (2020)	86.4
Promedio	89.9
Desviación estándar	8.5

Fuente: Elaboración propia.

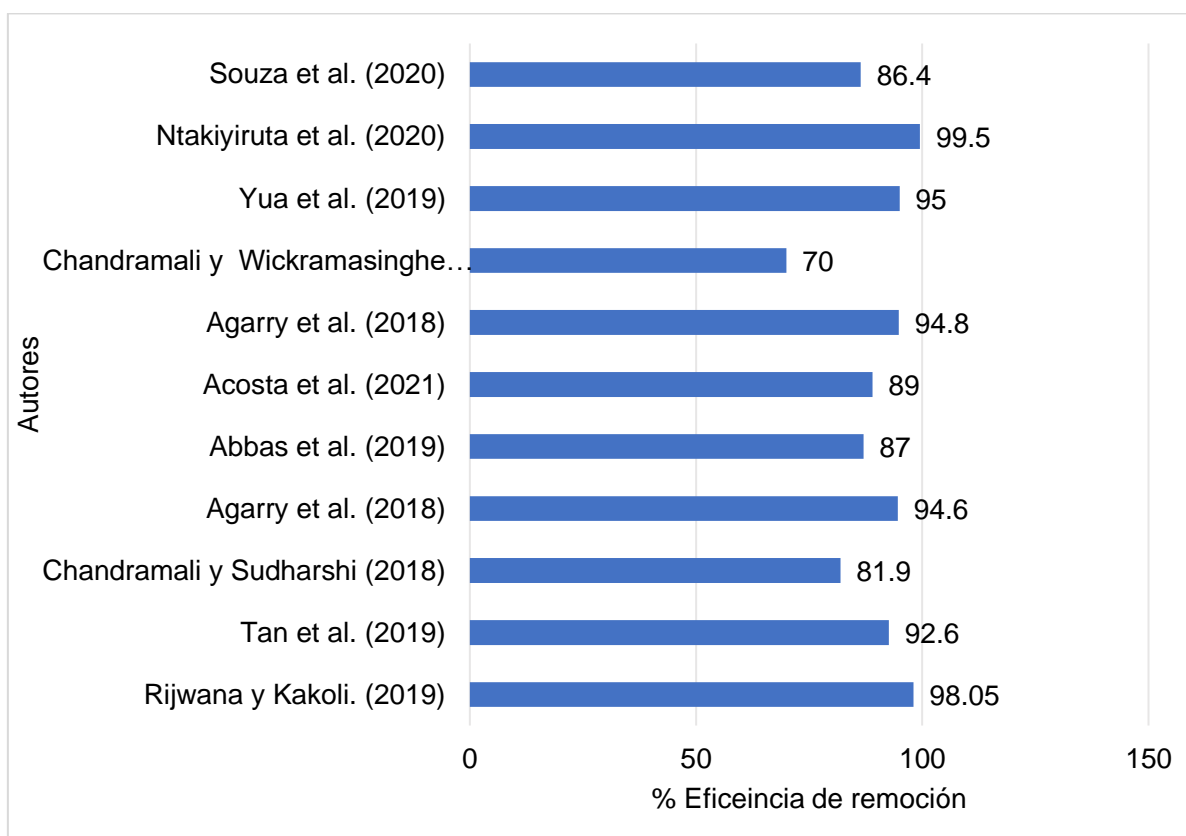


Figura 11: Eficiencia de remoción de la *Eichhornia crassipes*.

Fuente: Elaboración propia.

Considerando la tabla 24 y la figura 11, son diversos los autores que confirman la capacidad fitorremediadora de la macrófita *Eichhornia crassipes*, la cual muestra en promedio una eficiencia de remoción del 89% de contaminantes fisicoquímicos, con un rango de 70% a 98.05% de acuerdo con los artículos analizados; asimismo la desviación estándar obtenida indica que la variabilidad de remoción de la *Eichhornia crassipes* presenta un valor de 8.5.

Cabe resaltar que en todos los casos los valores de eliminación de contaminantes fueron significativos con porcentajes altos; como señala Rijwana y Kakoli et al. (2019) que al emplear el jacinto de agua logró una efectividad del 63.71% de sólidos totales disueltos y el 98.5% de DQO del agua del efluente contaminado. En concordancia con ello, según Chandramali y Sudharshi. (2018) sobre el potencial de la macrófita acuática *Eichhornia crassipes* en la fitorremediación de aguas residuales contaminadas por las acciones antrópicas e industriales verificando una efectiva remoción de 66.90% de SST. Cabe resaltar que la semejanza en ambos casos se sustenta debido a que se emplearon tanto la raíz, hojas y el tallo del jacinto de agua durante las fases de tratamiento.

También, respecto a la eliminación de otros tipos de contaminantes como la DBO, los resultados de Tan et al. (2019) revelaron que el jacinto de agua permitió una remoción significativa del 92.6% de las muestras de aguas tomadas de un efluente contaminado. Sin embargo, al comparar con la investigación de Agarry et al. (2018) consiguió la disminución del mismo contaminante con una eficiencia del 80.20%, cuya diferencia del 10% con el porcentaje anterior se debe a que este fue efectuado con aguas residuales domésticas mezcladas con desperdicios de refinera de petróleo en humedales artificiales de flujo superficial vertical con un modelado cinético y experimental a escala de laboratorio.

Por otro lado, tales resultados coinciden con la investigación realizada por Andrade et al. (2020), quienes a través de tratamiento en base al buchón de agua pudo lograr una eliminación efectiva de contaminantes aproximadamente en un 98%. Lo mismo que contradice en parte los resultados alcanzados en el estudio de Ramírez-Loreto et al. (2020), dando a conocer que la *Eichhornia crassipes* en el tratamiento de

aguas residuales es eficiente pero solo representa una capacidad de remoción 50.4%, disminuyendo los valores de DQO, DBO y diferentes metales pesados.

V. CONCLUSIONES

- 5.1. Mediante la revisión sistemática efectuada para el desarrollo de la investigación se conocieron los tipos de contaminantes que más se encuentran en las aguas residuales domésticas y son removidos por la especie vegetal *Eichhornia crassipes* (C.P) los cuales fueron la demanda bioquímica del oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos totales (SST), nitrógeno, fósforo y metales pesados como plomo, cadmio, cobre, zinc, entre otros.
- 5.2. OE2: A través del desarrollo de la investigación, se determinó que en promedio el tiempo usado por *Eichhornia crassipes* para remover contaminantes de las aguas residuales domésticas es de 21 días, con un rango desde los 7 a 39 días, con una desviación de 8.99, que revela que los datos no se encuentran tan dispersos, tomando en cuenta que la mayoría de los tratamientos se realiza entre los 25 y 30 días.
- 5.3. Finalmente, se concluye que la eficiencia de la *Eichhornia crassipes* (C.P) sobre los contaminantes fisicoquímicos en las aguas residuales domésticas muestra un porcentaje promedio de 89%, presentando un rango que va desde el 70% a 98.05%, con una desviación estándar que explica que la variabilidad de remoción de la *Eichhornia crassipes* es de 8.5.

VI. RECOMENDACIONES

- 6.1. Para los alumnos de diferentes universidades de la carrera de ingeniería ambiental seguir investigando el uso de la especie vegetal *Eichhornia crassipes* (C.P) en una mejor remoción de la cantidad de contaminantes fisicoquímicos que se encuentran acumulados en las aguas residuales domésticas contaminadas por efluentes.

- 6.2. También se recomienda a los docentes y estudiantes que en las próximas investigaciones se considere la revisión de otros contaminantes con la finalidad de determinar la eficiencia y capacidad del jacinto de agua en los diferentes factores que ponen en riesgo la calidad de agua de los cuerpos de agua.

- 6.3. Se recomienda a las autoridades locales construir estanques o lagunas de oxidación para aplicar este tratamiento a las aguas residuales domésticas ya que este trabajo de investigación confirma la eficiencia del jacinto de agua en la remoción de diversos contaminantes y de esta manera se contribuirá al cuidado del cuerpo de agua receptor y la salud de las personas.

REFERENCIAS

- ABBAS Zohaid, et al. Phytoremediation of landfill leachate waste contaminants through floating bed technique using water hyacinth and water lettuce [En línea] *International Journal of Phytoremediation* – volume 21. [Fecha de consulta: 25 de abril del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1633259>
- ACOSTA, Ismael et al., Removal of Cobalt (II) from Waters Contaminated by the Biomass of *Eichhornia crassipes* [En línea] *Water* 2021, 13 (13), 1725 [Fecha de consulta: 25 de abril del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w13131725>
- AGARRY, Samuel et al. Biotreatment of petroleum refinery wastewater in vertical surface-flow constructed wetland vegetated with *Eichhornia crassipes*: lab-scale experimental and kinetic modelling [En línea] *Environmental Technology* Volume 41, 2020 [Fecha de consulta: 18 de abril de 2022] Disponible: <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1549106>
- ANDRADE, C., CÁCERES, A., VERA, A., ARAUJO, G. y MORALES, E., 2020. Fitoacumulación y translocación de cromo en *Eichhornia crassipes* y *Pistia stratiotes* durante el tratamiento de efluentes contaminados. *Revista técnica de la facultad de ingeniería* [en línea], vol. 43, no. 1, pp. 26-32. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6057/605764200006/605764200006.pdf>
- ALI, Abid. & NAEEM, M. Phytoremediation of contaminated waters: An eco-friendly technology based on aquatic macrophytes application [En línea] Volume 46, Issue 4, December 2020. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021] Disponible: www.sciencedirect.com/locate/ejar
- APARICIO, Ingrid. "Eficacia de las macrófitas Jacinto y Lenteja de agua para disminuir la concentración de boro en las aguas minero-termales de la Laguna " [En línea] Vol. 10, No. (2) 2018. [Fecha de consulta: 15 de noviembre de 2021] Disponible: https://www.repositorio.utp.edu.pe//3525/Garay_AIB.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- ARAQUE, I., BRITTO, M., CUELLAR, L. y PERICO, N., 2020. Fitorremediación en aguas residuales sin tratamiento previo. Caso: Tierra Negra, Boyacá. Revista de Tecnología [en línea], vol. 17, no. 1, pp. 37-48. ISSN 1692-1399. DOI 10.18270/RT.V17I1.2950. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/135295>
- ARVINDBHAI, H. & SUSMITA, S. A Review of Water Quality Improvement with the Help of Aquatic Macrophytes [En línea] Vol. 15, No. (3) 2020, Pg.398-405. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2021] Disponible. www.cwejournal.org
- BARBALHO, Brenda & VIDAL, Victor et al. Use of macrophytes to reduce the contamination of water resources by pesticides [En línea] Volume 109, February 2020. [Fecha de consulta: 18 de noviembre de 2021] Disponible: www.elsevier.com/locate/ecolind
- CÁCERES, Deybi. et al. Efficiency of *Eisenia foetida*, *Eichornia crassipes* and calcium hypochlorite in the depuration of domestic wastewater in Moquegua, Peru [En línea] ecología aplicada 2021. [Fecha de consulta: 12 noviembre de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162021000100083&script=sci_arttext
- CAO, Fangjun et al. Study on the adsorption performance and competitive mechanism for heavy metal contaminants removal using novel multi-pore activated carbons derived from recyclable long-root *Eichhornia crassipes* [En línea] Bioresource Technology – volume 276, 2019 [Fecha de consulta : 25 de abril del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.01.007>
- CARLINI, M y Mennuni A. Water hyacinth biomass: Chemical and thermal pre-treatment for energetic utilization in anaerobic digestion Process [En línea] Volume 148, August 2018. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2021] Disponible: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610218303990>
- CASTILLO, Eisner. Eficiencia de *Lemna sp* y *Eichhornia Crassipes*, en la remoción de nutrientes del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales [En línea] Volume 19, octubre 2019. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2021] Disponible en: <https://www.repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1735>

- CHANDRAMALI, Kumari y SUDHARSHI, Wickramasinghe. Potential of aquatic macrophytes eichhornia crassipes, pistia stratiotes and salvinia molesta in phytoremediation of textile wastewater [En línea] Journal of Water Security, 2018, Vol. 4 [Fecha de consulta: 18 de Abril de 2022] Disponible: DOI: <https://doi.org/10.15544/jws.2018.001>
- CHUNPING, Miao. & YANQUING, Huang. et al. Efficiency of nitrogen and phosphorus removal by six macrophytes from eutrophic water [En línea] Volume 21, 2019. [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2021] Disponible: <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1556582>
- CONABIO. Método de Evaluación Rápida de Invasividad (MERI) para especies exóticas en México Eichhornia crassipes (Mart.) Solms [En línea] Solms, 2018 [Fecha de consulta: 05 de noviembre de 2021] Disponible: http://sivicoff.cnf.gob.mx/ContenidoPublico/MenuPrincipal/07Fichas%20tecnicas_OK/02Fichas%20tecnicas/Fichas%20t%C3%A9cnicas%20CONABIO_especies%20ex%C3%B3ticas/Fichas%20plantas%20invasoras/D_E/Eichhornia%20crassipes.pdf
- DOMÍNGUEZ, Lucía. Evaluación de la depuración de las aguas residuales provenientes de un sistema de tratamiento combinado de laguna de estabilización y laguna con jacinto de agua. [En línea] Actualidades Biológicas, vol. 23, no 74, p. 75-82, 2019. [Fecha de consulta: 05 de octubre de 2021] Disponible: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/actbio/article/view/329622>
- FRERS, Cristian. El uso de plantas acuáticas para el tratamiento de aguas residuales [En línea] vol. 11, 28 de julio del 2018. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2021] Disponible: <https://revistas.ucm.es/index.php/OBMD/article/view/OBMD0808110301A>
- GARCÍA, Zarela. M. Comparación y evaluación de tres plantas acuáticas para determinar la eficiencia de remoción de nutrientes en el tratamiento de aguas residuales domésticas [En línea] Universidad Nacional de Ingeniería, 2018. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2021] Disponible: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/1292>
- GAVILÁNEZ, Freddy. Influencia de Eichhornia crassipes y microorganismos eficientes sobre contaminantes químicos y orgánicos de las aguas residuales

- de Naranjito, Ecuador [En línea] vol. 12, no 2, p. 21-29, 2.18. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2021] Disponible en: <http://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/52/164>
- GÓMEZ, Olga. R., & AMAYA, María. C. ICrESAI-IMeCI: instrumentos para elegir y evaluar artículos científicos para la investigación y la práctica basada en evidencia [En línea] Aquichan, vol. 13, núm. 3, diciembre, 2018, pp. 407-420. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2021] Disponible: <https://www.redalyc.org/pdf/741/74130042009.pdf>
- GUITTONNY, Anna. & ELEONORE, Marie et al. Selection of wild macrophytes for use in constructed wetlands for phytoremediation of contaminant mixtures [En línea] Volume 147, 1 January 2018. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2021] Disponible: www.elsevier.com/locate/jenvman
- GUIXIANG, Yuan & HUI, Fui et al. Effects of plant size on the growth of the submersed macrophyte *Vallisneria spirulosa* S.Z.Yan at different light intensities: implications for lake restoration [En línea] 13 de agosto 2020. [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2021] Disponible: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10750-020-04374-z>
- JAMUNA, Sankar; NOORJAHAN, C. Tratamiento de aguas residuales con uso de jacinto de agua-*Eichhornia* sp y su reutilización para piscicultura. [En línea] Toxicology International, 2019, vol. 16, no 2, pág. 103. [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2021] disponible: https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/53033614/STOX162103-7919336_215953.pdf?1494189678=&response-content-disposition
- JIMÉNEZ, Luis., JAHUIRA, Faustino & IBAÑEZ, Vladimiro. Treatment of eutrophoted waters of the interior bay of Puno, Peru, with the use of two macrophytes [En línea] Rev. Investig. Altoandín. 2018; Vol 18 N° 4: 403 - 410. [Fecha de consulta: 25 de octubre de 2021] Disponible: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ria/v18n4/a03v18n4.pdf>
- KAMRUN, Nahar. & HOQUE, Sirajul. Phytoremediation to improve eutrophic ecosystem by the floating aquatic macrophyte, water lettuce (*Pistia stratiotes* L.) at lab Scale [En línea] Egyptian Journal of Aquatic Research 2021 v.47 no.2 pp. 231-237. [Fecha de consulta: 08 de noviembre de 2021]

Disponible:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1687428521000303>

KOCHI, Leticia. & FREITAS, Patricia et al. Aquatic Macrophytes in Constructed Wetlands: A Fight against Water Pollution [En línea] 5 November 2020. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2021] Disponible: <https://doi.org/10.3390/su12219202>

KODITUWAKKU, Kark et al. Phytoremediation of Industrial Sewage Sludge with *Eichhornia crassipes*, *Salvinia molesta* and *Pistia stratiotes* in Batch Fed Free Water Flow Constructed Wetlands [En línea] Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology volume 104, pages 627–633 (2020) [Fecha de consulta: 18 de abril de 2021] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00128-020-02805-0>

KUMAR Vinod, et al. Response surface methodology based electro-kinetic modeling of biological and chemical oxygen demand removal from sugar mill effluent by water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) in a Continuous Stirred Tank Reactor (CSTR) [En línea] Environmental Technology & Innovation – Volume 14, 2019 [Fecha de consulta: 25 de abril del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100327>

KUMAR, Suresh & DESWAL, Surinder. Phytoremediation capabilities of *Salvinia molesta*, water hyacinth, water lettuce, and duckweed to reduce phosphorus in rice mill wastewater. [En línea] International Journal of Phytoremediation, 2020, p. 1-13. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2021] Disponible: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15226514.2020.1731729>

LAWRENCE, Mzukisi. Removal of organic pollutants in water using water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) [En línea] Journal of Environmental Management, 2021 [Fecha de consulta: 18 de abril de 2022] disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113153>

LU, Bim et al. Removal of water nutrients by different aquatic plant species: An alternative way to remediate polluted rural rivers [En línea] Ecological Engineering Volume 110, January 2018, Pages 18-26 [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2021] disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.09.016>

- MAGAR, Rajendra; KHAN, Afroz N; HONNUTAGI, Abdulrazzak. Tratamiento de aguas residuales mediante jacinto de agua. En conferencia: Innovación en ingeniería: perspectiva de estrategia competitiva, en el 32º Congreso de Ingeniería de la India [En línea] The Institution of Engineers (India) 2019. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2022]
- MARTELO, J. y LARA, A. Floating macrophytes on the wastewater treatment: a state of the art review [En línea] Ingeniería y ciencias 2018 [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022] disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ince/v8n15/v8n15a11.pdf>
- MENA, Alejandro. Properties of *Eichhornia crassipes* (Jacinto de agua), *Schoenoplectus coliformicus* (Junco), y *Phragmites australis* (Carricillo), [En línea] vol 24 n° 47, 2021: 101 - 108. [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i47.20656>
- MOHD, Sakina et al. Phytoremediation of real coffee industry effluent through a continuous two-stage constructed wetland system [En línea] Environmental Technology & Innovation Volume 17, February 2020, 100502 [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2022] disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100502>
- MONDI, Oscar et al. Efficacy of macrophyte dominated wastewater inclosure as post-treatment alternative in domestic wastewater quality polishing for eradication of faecal pathogenic bacteria pollution [En línea] Volume 114, Febrero de 2018, páginas 192-205. [Fecha de consulta: 28 noviembre de 2021]. Disponible: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2017.12.023>
- MORALES, Eli et al. Efecto del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) en la depuración del agua residual del colector Santa Lucía- Chachapoyas [En Línea] December 2019 [Fecha de consulta: 12 noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/338634632>
- NAZIR, Mi et al. Potential of water hyacinth (*Eichhornia crassipes* L.) for phytoremediation of heavy metals from waste water [En línea] Biological and Clinical Sciences Research Journal [Fecha de consulta: 15 de abril de 2022] disponible en: DOI: <https://doi.org/10.54112/bcsrj.v2020i1.6>
- NTAKIYIRUTA, Pierre et al. Optimization of the phytoremediation conditions of wastewater in post-treatment by *Eichhornia crassipes* and *Pistia stratiotes*:

- kinetic model for pollutants removal [En línea] Environmental Technology Volume 43, 2022 - Issue 12 [Fecha de consulta: 15 de abril de 2022] disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2020.1852445>
- PREMLA, Chander., CHOW, Fai & CHAI, Kin. Removal of Pesticides Using Aquatic Plants in Water Resources: A Review [En línea] 2nd International Conference on Energy and Environmental Science 2018. [Fecha de consulta: 12 noviembre de 2021]. Disponible: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/164/1/012027/meta>
- RAMÍREZ-LORETO, M., Angel-Meraz, E., PANTOJA-CASTRO, M., RIVERA-RUEDAS, G. y CRUZ-PÉREZ, A., 2020. Capacidad fitorremediadora de plantas acuáticas, la *Salvinia auriculata* y la *Eichhornia crassipes* para tratamiento de aguas residuales. Revista Internacional de Desarrollo Sustentable [en línea], vol. 5, no. 1, pp. 76-89. Disponible en: <http://rinderesu.com/index.php/rinderesu/article/view/66>
- RIJWANA, Parwin y KAKOLI, Karar. Phytoremediation of Kitchen Wastewater Using *Eichhornia crassipes* [En línea] Journal of Environmental Engineering Volume 145 Issue 6 - June 2019 . [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2021]. Disponible en: [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)EE.1943-7870.0001520](https://doi.org/10.1061/(ASCE)EE.1943-7870.0001520)
- RODRÍGUEZ, Juan P. et al. Calidad del agua de los manantiales del humedal natural "Ciénega de Tamasopo" en San Luis Potosí, México. [En línea]. Revista de tecnología y Ciencias del Agua, 10 de enero-marzo de 2019, Vol. I. [fecha de consulta: 12 de octubre del 2021]. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/3535/353531968005.pdf>
- RODRÍGUEZ, Julio. Et al. Crecimiento y potencial reproductivo de la bora (*Eichhornia crassipes* (mart.) Solms) (pontederiaceae) en algunas lagunas de la planicie de inundación del tramo medio, río orinoco, Venezuela, [en línea] vol.25, n.2, pp.142-150. 2018. [fecha de consulta: 12 de octubre del 2021], Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1315-01622013000200003&lng=es&tlng=es
- RUIZ, Francisco. (2019). Humedal artificial: una propuesta para el manejo de aguas residuales. Ciencia y tecnología. [En línea] ciencia y tecnología 2019. [Fecha

de consulta: 12 de octubre del 2021] Disponible en:
<https://www.iagua.es/blogs/maria-sanchez-montes/aguas-residuales-perucosto-improvisacion>

SAMPRTI, Katakai et al. Constructed wetland, an eco-technology for wastewater treatment: A review on types of wastewaters treated and components of the technology (macrophyte, biofilm and substrate). [En línea] Journal of Environmental Management 2021 Apr 1; 283: 111986 [Fecha de consulta: 20 noviembre de 2021] disponible: <https://sci-hub.se/10.1016/j.jenvman.2021.111986>

SHEFALI, R et al. Impact of Pesticide Toxicity in Aquatic Environment [En línea] Volume 11, 2021. [Fecha de consulta: 28 noviembre de 2021] Disponible: <https://doi.org/10.33263/BRIAC113.1013110140>

SHERVIN, Jamshidi et al. Wastewater treatment using integrated anaerobic baffled reactor and Bio-rack wetland planted with Phragmites sp. and Typha sp. Journal of environmental health science & engineering [en línea]. Octubre 2018. [Fecha de consulta: 12 Noviembre de 2021]. <https://link.springer.com/article/10.1186/s40201-014-0131-5>

SIBEKO Pheko et al. Naproxen, ibuprofen, and diclofenac residues in river water, sediments and Eichhornia crassipes of Mbokodweni river in South Africa: An initial screening [En línea] Environmental Forensics – volume 20, 2019 [Fecha de consulta: 25 de abril del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15275922.2019.1597780>

SOUZA, Rita et al. Assessment of autochthonous aquatic macrophytes with phytoremediation potential for dairy wastewater treatment in floating constructed wetlands [en línea] International Journal of Phytoremediation Volume 22, 2020 [Fecha de consulta: 17 abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1686603>

TAN, Ivy et al. Phytoremediation of Palm Oil Mill Effluent (POME) Using Eichhornia crassipes [En línea] JOURNAL OF APPLIED SCIENCE & PROCESS ENGINEERING, VOLUME 6, NUMBER 1, 2019 [Fecha de consulta: 12 Noviembre de 2021] Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.33736/jaspe.1349.2019>

- TEJADA, Calendaría et al. Utilization of water hyacinth's (*Eichhornia crassipes*) for the synthesis of carboxymethylcellulose [En línea] Agosto del 2018. [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2022]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-54212018000200003
- TING, W., TAN, I., SALLEH, S. y ABDUL, Wahab. Ammoniacal nitrogen removal by *Eichhornia crassipes*-based phytoremediation: process optimization using response surface methodology [En línea] Applied Water Science volumen 10, Article number: 80 (2020) [Fecha de consulta: 25 de abril del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13201-020-1163-x>
- TOCTO, Rosmery, et al. Fitorremediación de aguas residuales domésticas utilizando las especies *Eichhornia crassipes*, *Nymphoides humboldtiana* y *Nasturtium officinale*. Revista de Investigación en Agroproducción Sustentable [En línea] 2018, vol. 2, no 3, p. 48-53. [Fecha de consulta: 25 noviembre de 2021]. Disponible en: <http://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDESDOS/article/view/403>
- TORRES, Ángela. Guía de fuentes de información iberoamericana para la investigación educativa. Revista Iberoamericana de Educación Superior. [En línea]. vol. II, núm. 5, 2019, pp. 142-175. [Fecha de consulta: 12 noviembre de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.22201/iisue.20072872e.2011.5.51>
- VALDERRAMA, Luz T. Uso de dos especies de macrófitas acuáticas, *Limnobium laevigatum* y *Eichhornia crassipes* para el tratamiento de aguas residuales agroindustriales [En línea] Universitas scientiarum, 2019, vol. 3, no 1-2, p. 83-97. [Fecha de consulta: 28 octubre de 2021] <https://revistas.javeriana.edu.co/index.php/scientarium/article/view/5058>
- VARGAS, Katty L. Evaluación de *Eichhornia crassipes* y *Lemnaminor* en la remoción de parámetros de las aguas residuales domésticas de la quebrada Azungue de la ciudad de Moyobamba [En línea] Universidad Nacional de San Martín 2018. [Fecha de consulta: 28 octubre de 2021]. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2802>
- VERA, Alexandra et al. Phytoremediation of wastewater with high lead content and using *Typha dominguensis* and *Canna generalis*, [En línea] vol.39 no.2

Maracaibo ago. 2018. [Fecha de consulta: twenty-one noviembre de 2021].
Disponible: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702016000200006

VIZCAÍNO, Lissette et al. Effects of eisenia foetida and eichhornia crassipes in the removal of organic matter, nutrients, and coliforms in domestic wastewater [En línea] Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica, 2018, vol. 19, no 1, p. 189-198. [Fecha de consulta: 29 octubre de 2021] Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262016000100022

WANG, Fang et al. Accumulation, distribution and removal of triazine pesticides by *Eichhornia crassipes* in water-sediment microcosm [En línea] Ecotoxicology and Environmental Safety – volume 219 [Fecha de consulta: 25 de abril del 2022] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112236>

WASSERMAN, Julio. C. Aspectos éticos do texto científico. [En línea] Vol. 35, Nº. 6, 2010, pág.466. 2018. [Fecha de consulta: 21 octubre de 2021] disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3431719>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

TITULO	Eficiencia de la <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P) para el tratamiento de aguas residuales domésticas, Revisión sistemática, 2022						
PROBLEMA	GENERAL	¿Cuál será la eficiencia de la <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P) para el tratamiento de aguas residuales domésticas, 2022?					
	ESPECIFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál serán los tipos de contaminantes fisicoquímicos removidos por <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P) en aguas residuales domésticas? • ¿Cuál será el tiempo usado por <i>Eichhornia crassipes</i> para remover contaminantes de las aguas residuales domésticas? • ¿Cuál será la eficiencia de la <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P) en remover los porcentajes de los contaminantes fisicoquímicos en las aguas residuales domésticas? 					
OBJETIVOS	GENERAL	Evaluar la eficiencia de la <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P) para el tratamiento de aguas residuales domésticas, 2022					
	ESPECIFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar los tipos de contaminantes fisicoquímicos removidos por <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P) en aguas residuales domésticas. • Determinar el tiempo usado por <i>Eichhornia crassipes</i> para remover contaminantes de las aguas residuales domésticas. • Determinar la eficiencia de la <i>Eichhornia crassipes</i> (C.P) en remover los porcentajes de los contaminantes fisicoquímicos en las aguas residuales domésticas. 					
Categorización	Categoría 1: Contaminantes fisicoquímicos	• Tipo de contaminantes	SUBCATEGORIA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ DBO ▪ DQO ▪ Nitrógeno ▪ Fosfato ▪ SST ▪ Metales pesados 	INDICADORES	Razón	E S C A L

	<p>Categoría 2: Tiempo usado por <i>Eichhornia crassipes</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de remoción de contaminantes. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 15 días ▪ 30 días ▪ 70 días ▪ 90 días. 		Normal	A
	<p>Categoría 3: Influencia en la <i>Eichhornia crassipes</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> • Características <i>Eichhornia crassipes</i> • Método de contención. • Método de eliminación 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adaptación, Crecimiento, Tamaño de raíz, Tamaño del tallo y Cantidad de hojas ▪ Rizofiltración, Fitoestabilización, Fitoinmovilización ▪ Fitodegradación, Fitoextracción, Fitovolatilización 			

Fuente: Elaboración Propia 2021.

Anexo 02: **Tabla de sistematización de la base de datos**

Autor		Tipo	DBO (mg/L)				DQO				Nitrógeno			Fosfato				
1	Kodituwakku et al. (2020)		25%	50%	75 %	100 %	25%	50 %	75%	100%								
2	Abbas et al. (2019)		188-1.02	210-3.23	236 - 3.09	512 - 2.34	298 - 2.31	487 - 2,04	578 ± 5,08	786 ± 7.02								
3	Acosta et al. (2021)																	
4	Agarry et al. (2018)																	
5	Chandramali y Wickramasinghe (2018)																	
6	Chandramali y Sudharshi (2018)																	
7	Jiménez, Jahuiro e Ibáñez (2018)						DQO inicial igual 980 mg/L 14 días de tratamiento reducción del 74% (199 mg/L)			Concentración inicial de nitrato 4.4 mg/L con una reducción del 63.6% (1.7)			Concentración inicial de 2.6 mg/L con una reducción del 81.9% (0.45 mg/L)					
8	Lawrence et al. (2022)																	
9	Lu et al. (2018)																	
10	Mohd et al. (2020)		282	507	79		1423	2434	86		2.21	0.62	Capacidad de remoción en un 1.98% cada 35 días	1.36	0.17		remoción en 29 días 50%	
11	Nazir et al. (2020)	P y N																
12	Ntakiyiruta et al. (2020)																	
13	Rijwana y Kakoli. (2019)	Mayor eliminaci					Remoción del	33 mg /L	20m g/L	68 mg/L	5.05 MG/l	3.5 MG/l	0.15 5	Del día 1 a 11	20 días de	1.89 mg/L	0.99	0.3



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, VALLEJOS TORRES GEOMAR, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TARAPOTO, asesor de Tesis titulada: "Eficiencia de la Eichhornia crassipes (C.P) para el tratamiento de aguas residuales domésticas, revisión sistemática, 2022", cuyos autores son CÓRDOVA SANGAMA MIGUEL ANGEL, REYNA GARCIA CIRO DANIEL, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y 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.

TARAPOTO, 22 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
VALLEJOS TORRES GEOMAR DNI: 01162440 ORCID 0000-0001-7084-977X	Firmado digitalmente por: GVALLEJOST el 22-07- 2022 11:35:06

Código documento Trilce: TRI - 0360305