



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Sistemas de Fitodepuración en la Recuperación de Aguas
Residuales Urbanas: Revisión Sistemática**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Chile Santa Cruz, Elisa (0000-0003-2366-5956)
Pachari Aguilar, Mikhail Renato (0000-0003-0500-6770)

ASESOR:

Dr. Lozano Sulca, Yimi Tom (0000-0002-0803-1261)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación dedico de una manera muy especial a mi hermana Anastacia, quien fue el principal cimiento de mi motivación para la construcción de mi vida profesional, en responsabilidad y deseos de superar. A mis hijas Elizabeth y Yandra, a mis padres, ya a todos mis hermanos, a ellos les dedico con mucha gratitud.

Elisa Chile Santa Cruz

Este proyecto de tesis está dedicado principalmente a Dios, a mis queridos padres por haberme dado la vida, a mi esposa e hijos por su apoyo incondicional.

Mikhail Renato Pachari Aguilar

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por estar presente en todo momento de mi vida, por darme la vida, la sabiduría, la fuerza para lograr mis objetivos, por ser la guía fundamental en el trayecto de mi existir, a mis hijas, padres hermanos por su apoyo incondicional. Al Dr. Yimy Tom, Lozano Sulca, por su labor como asesor de la presente tesis.

Elisa Chile Santa Cruz

Mi eterno agradecimiento a Dios, mis padres, esposa y asesor, quienes me guiaron en el logro de este camino para no rendirme, ayudándome con su apoyo incondicional para lograr este objetivo tan importante.

Mikhail Renato Pachari Aguilar

INDICE DEL CONTENIDO

CARATULA.....	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS.....	v
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	v
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	20
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización.....	20
3.3. Escenario de estudio.....	22
3.4. Participantes.....	22
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	22
3.6. Procedimiento.....	23
3.7. Rigor científico.....	24
3.8. Método de análisis de información.....	25
3.9. Aspectos éticos.....	25
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
V. CONCLUSIONES.....	35
VI. RECOMENDACIONES.....	36
REFERENCIAS.....	37
ANEXOS.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla N°1: Grupos de compuestos que se encuentran en productos químicos domésticos comunes en Dinamarca</i>	5
<i>Tabla N°2: Grupos de compuestos que se encuentran en productos químicos domésticos comunes</i>	7
<i>Tabla N°3: Patógenos relacionados con el agua y las excretas</i>	9
<i>Tabla N°4: Plantas de purificación de agua a gran escala en todo el mundo</i>	13
<i>Tabla N°5: Antecedentes de los sistemas de fitodepuración</i>	16
<i>Tabla N°6: Matriz de categorización</i>	21
<i>Tabla N°7: Sistemas de fitodepuración</i>	26
<i>Tabla N°8: Capacidad de remoción</i>	29

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura N°1: Sistema del método de laguna con diferentes tipos de plantas</i>	14
<i>Figura N°2: Filtro de flujo horizontal subterráneo</i>	15
<i>Figura N°3: Filtro de flujo vertical subterráneo</i>	15
<i>Figura N°4: Tramo de doble filtro plantado</i>	16
<i>Figura N°5: Caracterización fisicoquímica de aguas residuales</i>	33

ÍNDICE DE GRÁFICOS

<i>Gráfico N°1: Procedimiento de recolección de datos</i>	23
<i>Gráfico N°2: sistemas de fitodepuración de aguas residuales urbanas</i>	27

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CEC: Contaminantes de preocupación emergente

CW: Humedales artificiales

XOC: Contenido de compuestos orgánicos xenobióticos

DQO: Demanda química de oxígeno

DBO: Demanda biológica de oxígeno

NBS: Soluciones basadas en la naturaleza

RESUMEN

El presente estudio planteó como objetivo analizar los aspectos más relevantes del sistema de fitodepuración en la recuperación de aguas residuales urbanas, así como Definir los sistemas de fitodepuración con mayor aplicación en la recuperación de aguas residuales urbanas, Analizar el porcentaje de recuperación de las aguas residuales urbanas empleando sistemas de fitodepuración y Describir la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales urbanas tratadas con el sistema de fitodepuración; para lo cual se empleó como metodología una investigación aplicada de diseño narrativo de tópicos, generando ello la recolección de 84 literaturas, las cuales pasaron por un proceso de selección, incluyendo al estudio 21 artículos científicos.

Los resultados indican que; los sistemas de fitodepuración con mayor aplicación en la recuperación de aguas residuales urbanas son los humedales artificiales empleando plantas acuáticas con sistemas de macrófitas enraizados y flotantes; presentando un 35% de flotantes y 35 % enraizados; seguidas de los biorreactores a escala de laboratorio en un 18%. El porcentaje de remoción de los principales contaminantes de las aguas residuales urbanas empleando sistemas de fitodepuración es mayor al 80% en la mayoría de los autores, pudiendo afirmar que la recuperación de aguas residuales urbanas varía entre una recuperación media y completa y la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales urbanas tratadas con el sistema de fitodepuración son el DQO (demanda química de oxígeno); NH₃-N (nitrógeno amoniacal); TN (nitrógeno total); TP (fósforo total).

Palabras clave: Fitodepuración, aguas residuales, aguas residuales urbanas, técnicas, métodos, tasa de extracción, composición fisicoquímica.

ABSTRACT

The objective of this study was to analyze the most widely used phytodepuration systems with higher removal for the recovery of urban wastewater, as well as to define the phytodepuration systems with greater application in the recovery of urban wastewater, to analyze the percentage of recovery of urban wastewater using phytodepuration systems and to describe the physicochemical characterization of urban wastewater treated with the phytodepuration system; for which an applied research of biographical design was used as a methodology, generating the collection of 84 literatures, which went through a selection process, including 21 scientific articles in the study.

The results indicate that the phyto-purification systems with the greatest application in the recovery of urban wastewater are artificial wetlands using aquatic plants with rooted and floating macrophyte systems, with 35% floating and 35% rooted, followed by laboratory-scale bioreactors with 18%. The percentage of recovery of urban wastewater using phytodepuration systems is higher than 80% in most of the authors, being able to affirm that the recovery of urban wastewater varies between a medium and complete recovery and the physicochemical characterisation of urban wastewater treated with the phytodepuration system are COD (chemical oxygen demand); NH₃-N (ammoniacal nitrogen); TN (total nitrogen); TP (total phosphorus).

Key words: Phytodepuration, wastewater, urban wastewater, techniques, methods, extraction rate, physicochemical composition.

I. INTRODUCCIÓN

En el marco de las estrategias de adaptación climática, el aumento de la presión sobre los recursos hídricos disponibles y las estrategias para la economía circular, la reutilización de las aguas residuales urbanas ganó un enfoque científico y político adicional en los últimos años (Fatta-Kassinis D. et al., 2020, p.2).

Si bien existe un procedimiento establecido sobre cómo abordar los parámetros químicos y microbianos "tradicionales", todavía no hay una solución sobre cómo abordar los contaminantes de preocupación emergente (CEC) que se consideran altamente significativos para la salud ambiental y humana en el contexto de reutilización de aguas residuales (Gain Animesh K. et al., 2016, p.2).

La escasez de agua es un problema mundial de gran relevancia y aún sin resolver (Soussi Asma et al., 2016, p.2). En 2018, el Foro Económico Mundial clasificó la crisis del agua entre los 3 principales riesgos mundiales por tercer año consecutivo y dado el continuo crecimiento de la población mundial y el impacto del cambio climático, se prevé que la demanda mundial de agua aumente de 55% para 2050 (Riva Valentin et al., 2019, p.3).

Las consecuencias de la escasez de agua son particularmente relevantes en países que actualmente enfrentan un intenso crecimiento de la población y la economía y se caracterizan por duras condiciones ambientales (Gain Animesh K., 2016, p.1). Las ubicadas en la región de Medio Oriente y África del Norte (MENA) que se encuentra entre las áreas más áridas del mundo, se pronostica que el crecimiento económico determinará un aumento en la demanda de agua del 47% para 2035 (Frasconi Dario et al., 2018, p.2).

Intensificando la competencia entre los diferentes sectores consumidores de agua, esto puede afectar negativamente la asignación de agua dulce a la agricultura y, eventualmente, amenazar la seguridad alimentaria (Rizzo Luigi et al., 2018, p.3). Además, los cambios climáticos ya han intensificado fenómenos como la distribución inconstante de las lluvias y la sequía en Europa (Kratker R. y Col, 2017, p2). Exacerbando sus consecuencias en la agricultura y promoviendo el desarrollo de soluciones alternativas también en aquellos territorios que alguna

vez se consideraron seguros en términos de disponibilidad de agua (Wang Jiaxi et al., 2018, p.3).

Entre las tecnologías de tratamiento de aguas residuales (Carvalho Pedro N. et al., 2017, p.2). Los humedales artificiales (CW) son sistemas de ingeniería basados en los procesos de purificación que ocurren en los humedales naturales, es decir, la capacidad de eliminar los contaminantes y nutrientes presentes en el agua que fluye, mejorando así la calidad del agua (Prum Channratha et al., 2018, p.10).

La fitodepuración está indicada como una tecnología prometedora para la recuperación de agua, también a la luz de su sostenibilidad económica y ecológica, y se ha propuesto el uso de inóculos bacterianos específicos para la fitodepuración asistida por microbios como un avance más para su implementación (Syranidou Evdokia et al., 2016, p.1).

En comparación con los procesos convencionales de tratamiento de aguas residuales, los sistemas CW necesitan bajos costos de construcción y mantenimiento, requieren menos energía externa y se pueden implementar tanto a pequeña como a gran escala: estas características los hacen muy adecuados para el tratamiento de aguas residuales (Rehman Khadeeja et al., 2018, p.2).

Debido a la problemática planteada se generó el siguiente problema general: ¿Cuáles son los sistemas de fitodepuración más utilizados con mayor remoción para la recuperación de aguas residuales urbanas?, y dando lugar a los siguientes problemas específicos:

PE1: ¿Cuáles son los sistemas de fitodepuración con mayor aplicación en la recuperación de aguas residuales urbanas?

PE2: ¿Cuál es el porcentaje de remoción de los principales contaminantes de las aguas residuales urbanas empleando sistemas de fitodepuración?

PE3: ¿Cuál es la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales urbanas tratadas con el sistema de fitodepuración?

De igual manera se generó el siguiente objetivo general: Analizar los sistemas de fitodepuración más utilizados con mayor remoción para la recuperación de aguas residuales urbanas, y como objetivos específicos:

OE1: Definir los sistemas de fitodepuración con mayor aplicación en la recuperación de aguas residuales urbanas.

OE2: Analizar el porcentaje de remoción de los principales contaminantes de las aguas residuales urbanas empleando sistemas de fitodepuración.

OE3: Describir la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales urbanas tratadas con el sistema de fitodepuración.

El presente estudio se justifica teóricamente, ya que, busca confrontar diversas teorías e investigadores a nivel del mundo que traten la problemática planteada y generar nuevos y amplios conocimientos a los diversos lectores.

II. MARCO TEÓRICO

Las aguas residuales urbanas se caracterizan como aguas residuales generadas por actividades domésticas o como una mezcla de aguas residuales generadas por vertidos domésticos, industriales y pluviales (Grandclément Camille et al., 2017, p.2). Las aguas residuales urbanas se consideran un material peligroso que debe desinfectarse para apoyar la salud pública y proteger el medio ambiente (Martinez Alcala. I., 2017, p.2).

En la Unión Europea, más de la mitad de la población vive en aglomeraciones o más de 150.000 habitantes equivalentes (PE), generando una cantidad diaria de 41,5 millones de m³ de aguas residuales (Giannakis S. et al., 2016, p.1). Además, una porción anual del 2.4% (cuenta por mil millones de m³) de las descargas de aguas residuales domésticas tratadas contiene nutrientes reutilizables, carbono orgánico, lípidos y biosólidos (Zamparas Miltiadis, 2021, p.4).

La composición de las aguas residuales grises depende de las fuentes e instalaciones de donde se extrae el agua, por ejemplo, cocina, baño o lavandería (García Segura S. et al., 2016, p.2). Los compuestos químicos presentes provienen de los productos químicos domésticos, la cocina, el lavado y las tuberías (Estrada Arriga E. et al., 2016, p.4). En general, las aguas residuales grises contienen niveles más bajos de materia orgánica y nutrientes en comparación con las aguas residuales ordinarias, ya que no se incluyen la orina, las heces ni el papel higiénico (Expósito Antonio J., 2016, p.1).

Sin embargo, los niveles de metales pesados se encuentran en el mismo rango de concentración y la información sobre el contenido de compuestos orgánicos xenobióticos (XOC) es limitada se han identificado 900 XOC diferentes como potencialmente presentes en las aguas residuales grises mediante el uso de tablas de contenido de productos químicos domésticos (Davididou Konstantina et al., 2017, p.1).

Los parámetros físicos de relevancia son la temperatura, el color, la turbidez y el contenido de sólidos en suspensión (Bilinska Lucyna G. et al., 2016, p.3). Las altas temperaturas pueden ser desfavorables ya que favorecen el crecimiento microbiano

y podrían en aguas sobresaturadas inducir precipitación (por ejemplo, calcita) (Papoutsakis S. et al., 2016, p.1).

Las partículas de alimentos y los fluidos animales crudos de los fregaderos de la cocina y las partículas del suelo, el pelo y las fibras de las aguas residuales de la lavandería son ejemplos de fuentes de material sólido en las aguas residuales grises (Subramanian Karpagam et al., 2021, p.1).

Una forma alternativa de seleccionar los compuestos relevantes para la caracterización de las aguas residuales grises podría basarse en qué compuestos se encuentran potencialmente en los productos químicos domésticos en combinación con una identificación de peligro ambiental (Wang Yuan et al., 2020, p.1).

Sin embargo, esta enumeración sería de mayor de 900 sustancias químicas orgánicas y grupos de compuestos químicos diferentes, por ello, se ubicó un grupo de compuestos donde se encuentran en productos químicos domésticos comunes de acuerdo con Sarkar Binoy et al., (2019, p.5) en la tabla N°1.

Grupo compuesto	Número de sustancias en el grupo
Detergentes anfóteros	20
Detergentes aniónicos	73
Detergentes catiónicos	34
Detergentes no iónicos	sesenta y cinco
Blanqueadores	dieciséis
Tintes	26
Emulsionantes	28
Enzimas	4
Fragancias y sabores	197
Conservantes	79
Suavizantes	29
Disolventes	67
Filtros UV	23
Diverso	238

Tabla N°1: Grupos de compuestos que se encuentran en productos químicos domésticos comunes en Dinamarca

Fuente: Sarkar Binoy et al., 2019

De acuerdo con la tabla 1, los compuestos principales de la lista son los tensioactivos utilizados en detergentes, líquidos para lavar platos y productos de higiene, es decir, tensioactivos no iónicos, aniónicos y anfóteros. Otros grandes grupos son las fragancias y sabores, los disolventes y los conservantes. Los disolventes se utilizan para disolver compuestos orgánicos como fragancias en productos químicos a base de agua. Se agregan conservantes a la gran mayoría de los productos químicos domésticos para prevenir el crecimiento microbiológico en el producto. Como son biocidas y fungicidas, son tóxicos en alguna concentración. Algunos compuestos no encajan en ninguno de los grupos y se han incluido en el grupo: varios.

Así también, las mediciones de turbidez y sólidos en suspensión brindan información sobre el contenido de partículas y coloides que podrían inducir atascos de instalaciones como las tuberías utilizadas para el transporte o los filtros de arena utilizados para el tratamiento (Bertrand Alexandre et al., 2017, p.2).

Aunque se espera que la cantidad de sólidos sea menor que en las aguas residuales combinadas, no se debe descuidar el riesgo de problemas prácticos relacionados con la obstrucción (Bispo Luis Fernando P. et al., 2021, p.1). La razón es que la combinación de coloides y tensioactivos (de detergentes) podría provocar la estabilización de la fase sólida, debido a la sorción de los tensioactivos en las superficies coloidales (Collao Javiera et al., 2021, p.1).

Las mediciones de los parámetros tradicionales de las aguas residuales como DBO, DQO y la concentración de nutrientes (N y P) también brindan información valiosa (Robles A. et al., 2018, p.1). El contenido de DBO y DQO indican el riesgo de agotamiento de oxígeno debido a la degradación de la materia orgánica durante el transporte y almacenamiento y, por lo tanto, el riesgo de producción de sulfuros (Bayo Javier O. et al., 2020, p.2). Entre los otros contaminantes, el contenido de metales pesados (por ejemplo, Al, Fe, Mn, Cd, Cu, Pb, Hg, Zn, Ni, Cr) y XOC serán de importancia (Maleki A. y Jari H., 2021, p.1).

Otro factor importante a tener en cuenta es lo que sucede durante el almacenamiento de aguas residuales grises; las características de las aguas

residuales grises frescas y las almacenadas pueden diferir sustancialmente (Hervás Blasco E. et al., 2020, p.2).

Debido a ello se clasificó el número de contaminantes prioritarios y los criterios de prioridad (Ver Tabla N°2).

Grupo compuesto	Compuesto	Prioridad
Detergentes anfóteros	Cocamidopropil betaína	2
	Betaínas de alquilamida	3
	Betaínas de alquilamidopropilo	3
	Alquil betaínas	3
	Betaínas de amidopropilo	3
	Anfoglucosidos	3
	Lauriminodipropionatos	3
	Lauroanfodiacetatos	3
Detergentes aniónicos	α -metilestersulfonato	2
	α -Olefinsulfonato	2
	Alquilbencenosulfonatos	2
	Sulfonatos	2
	Alcanosulfonatos	3
	Alquil éter sulfatos	3
	Alquil sulfatos	3
	Alquilsulfosuccinatos	3
	Etoxilatos de isotridecanol	3
	Pantenol	3
	Detergentes catiónicos	Cloruro de benzalconio
Cloruro de N-hexadeciltrimetilamonio		1
DHTDMAC		1
DSDMAC		1
DTDMAC		2
Cloruro de alquiltrimetilamonio		3
DADMAC		3
Detergentes no iónicos	Etoxilatos de alquilfenol (APEO)	1
	Nonil fenol (NPE)	1
	Etoxilatos de alcohol (AEO)	2
	Etoxilatos de alquilamida	2
	Etoxilatos de alquilamina	2
	Polímeros de alcoholes grasos (EO / PO)	2
	Etoxilatos de alcohol graso (AEO)	2
	Dietanolamida de coco	2
	Etilenglicol	3
Tintes	3,3'-diclorobencidina	1
	4,4'-metilenbis-(2-clorobencenamina)	2
	o- aminoazotolueno	2
	Bencidina	3
	o -Anisidina	3
Fragancias y sabores	Aldehído hexil cinámico	1
	AHTN	2

	HHCB	2
	Estireno	2
	Benceno-1,3-diol	3
	p-Cresol	3
Conservantes	Bronopol	1
	Bronidox	1
	5-cloro-2-metil-4-isotiazolin-3-ona	1
	Imidazolidinil urea	1
	Triclosán	1
	Cuaternio-15	3
Suavizantes	Ftalato de bis- (2-etilhexilo) (DEPH)	1
	Diisonoilftalato (DNP)	1
	Fosfonato de etilendiaminotetrametileno (EDTMP)	1
	Fosfonatos	1
	Ftalato de dibutilo (DBP)	2
	Dietilftalato (DEP)	3
	Ácido nitrilotriacético (NTA)	3
Disolventes	Heptano	1
	1,2,4-triclorobenceno	2
	Dietanolamina	3
	Etanolamina	3
	Isopropanol	3
	Fenol	3
	Xileno	3
Misc.	Nitrilo de 2-propeno	3

Tabla N°2: Grupos de compuestos que se encuentran en productos químicos domésticos comunes

Fuente: Buchmuller K. et al., 2020

De acuerdo a la tabla 1, la prioridad 1 son los compuestos no biodegradables, potencialmente bioacumulativo; $BCF > 100$, $\log K_{ow} > 3$, $EC/LC_{50} < 1\text{mg } 1^{-1}$ y N; R50 / 53. Prioridad 2: Biodegradable, potencialmente bioacumulativo; $BCF > 100$, $\log K_{ow} > 3$, $EC/LC_{50} < 1\text{mg } 1^{-1}$ y N; R50 / 53. Prioridad 3: Biodegradable, no potencialmente bioacumulativo; $BCF < 100$, $\log K_{ow} < 3$, $EC/LC_{50} < 1\text{mg } 1^{-1}$ y N; R50.

También, los virus, bacterias, protozoos y helmintos patógenos escapan de los cuerpos de las personas infectadas en sus excretas y pueden transmitirse a otras personas a través de la exposición a las aguas residuales (Tyagi Vinay K. y Lo S., 2016, p.3). Estos microorganismos pueden introducirse en las aguas residuales grises mediante el lavado de manos después de usar el baño, el lavado de bebés y niños pequeños relacionados con el cambio de pañales y el lavado de pañales,

así como a partir de verduras crudas y carne cruda (Vasques Medrano et al., 2018, p.6).

El conocimiento sobre la introducción, supervivencia y transformación de microorganismos en un sistema de aguas residuales grises es un tema de gran relevancia a evaluar (Leboulanger Christopher et al., 2021, p.1). Debido a ello se presenta la tabla 3 en la que se detallan las diversas bacterias y helmintos presentes en las aguas residuales urbanas.

Bacterias	Helmintos
<i>Bacteroides fragilis</i>	<i>Ancylostoma duodenale</i> ;
	<i>Necator americanus</i>
<i>Bifidobacterium adolescentis</i>	<i>lombriz intestinal</i>
<i>Bifidobacterium longum</i>	<i>Clonorchis sinensis</i>
<i>Campylobacter jejuni</i>	<i>Diphyllobothrium latum</i>
<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Enterobius vermicularis</i>
<i>E. coli</i>	<i>Fasciola hepática</i>
Eubacterium spp.	<i>Fasciolopsis buski</i>
Coliformes fecales	<i>Gastrodiscoides hominis</i>
<i>Helicobacter pylori</i>	<i>Heterophyes heterophyes</i>
Lactobacilos	<i>Hymenolepis</i> spp.
<i>Legionella pneumophilia</i>	<i>Metagonimus yokogawai</i>
Leptospira	<i>Optisthorchis felineus</i>
Peptococcus spp.	<i>O. viverrini</i>
Peptostreptococcus spp.	<i>Paragonimus westermani</i>
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	<i>Schistosoma haematobium</i>
<i>Salmonella typhi</i>	<i>S. japonicum</i>
<i>S. paratyphi</i>	<i>S. mansoni</i>
Otras salmonelas	<i>Strongyloides stercoralis</i>
<i>Shigella sonnei</i>	<i>Taenia saginata</i>
Otras shigella	<i>T. solium</i>
<i>Streptococcus bovis</i>	<i>Trichuris trichiura</i>
<i>S. durans</i>	
<i>S. equinos</i>	Virus
<i>S. faecalis</i>	Adenovirus
<i>S. faecium</i>	Coxsackievirus
<i>Vibrio cholerae</i>	Ecovirus
Otros vibrios	Virus de la hepatitis A
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Virus H. E
	Virus H. F
Protozoos	Poliovirus
<i>Balantidium coli</i>	Reovirus
<i>Cryptosporidium parvum</i>	Rotavirus
<i>Cyclospora cayetanensis</i>	
<i>Encephalitozoon hellem</i>	
<i>Entamoeba histolytica</i>	

<i>Enterocitoozon bienusi</i>	
<i>Giardia lamblia</i>	
Neagleria	

Tabla N°3: Patógenos relacionados con el agua y las excretas

Fuente: Kumar Vinod et al., 2021

Eschericia coli se usa comúnmente como un indicador de contaminación fecal y al investigar su contenido en las aguas residuales grises se puede recuperar información valiosa sobre los peligros para la salud. Además, algunos virus, como los enterovirus, pueden propagarse en aguas contaminadas con heces.

Otros parámetros pueden ser de interés en lugares donde las personas extremadamente susceptibles a las infecciones (por ejemplo, personas mayores, VIH positivas y personas con trasplantes de corazón) pueden estar expuestas a las aguas residuales grises reutilizadas (por ejemplo, la descarga del inodoro) (Van Den Bosch M. y Sang A., 2017, p.1).

Además, las personas que pueden haber tenido contacto con fuentes infecciosas especiales, es decir, refugiados, inmigrantes que han visitado sus países de origen y personas que viajan a lugares con problemas de salud especiales, pueden portar otros patógenos al regresar de estos países (Makowska Nicoletta et al., 2021, p.1). Entre los organismos relevantes se encuentran bacterias como *Salmonella typhi* *Salmonella paratyphi*, parásitos como lombrices intestinales y algunos virus especiales como Hepatitis y enterovirus (Orona Návar C. et al., 2020, p.2).

La recogida y el tratamiento de las aguas residuales urbanas se realizan en forma de aguas grises y negras mixtas (denominadas aguas pluviales, sistema de alcantarillado combinado) (Beiras R., 2018, p.14). Aunque ciertas partes de los efluentes de aguas residuales permanecen sin explotar, una parte de las aguas residuales urbanas se puede recuperar utilizando soluciones basadas en la naturaleza (NBS) (Biancullo F. et al., 2019, p.4).

Las plantas típicas de tratamiento de aguas residuales no segregadas incluyen aguas regeneradas de fertirrigación y riego, lodos ricos en P, biopolímeros,

alginatos, materiales y energía, en términos de biogás, biocombustible, electricidad y calor (Huang Runyao et al., 2021, p.1).

Debido a ello, es aplicado el tratamiento de fitodepuración; el cual es utilizado como como tratamiento terciario cuando la planta de tratamiento común no es lo suficientemente eficiente en el cumplimiento de los estándares legales para la eliminación de materia orgánica y nutrientes para permitir la descarga segura del agua tratada en el medio ambiente (Fountoulakis Michael S. et al., 2017, p.1).

La fitodepuración, humedales artificiales o fitodepuradoras, es una tecnología de bajo coste y ecológica para el refinamiento de aguas residuales civiles e industriales (Almeida C. et al., 2017, p.3). También mejora las aguas residuales ganaderas en términos de sustancias orgánicas mediante la construcción de humedales (Liu Yanhong et al., 2018, p.1).

En los procesos de tratamientos de aguas residuales, tras la filtración física mediante decantación, flotación, filtros y / o membranas, los tratamientos tradicionales suelen utilizar productos químicos, destacando coagulantes (cloruro férrico, sulfato de aluminio, etc.), floculantes y en ocasiones desinfectantes como cloro u ozono (Salgado Irina et al., 2018, p.4). Sin embargo, se puede decir que estos procesos son costosos y consumen mucha energía, sin mencionar los contaminantes. También generan necesariamente subproductos como residuos gruesos, arena y lodos que deben limpiarse, decantarse, estabilizarse y tratarse (Osama Rania et al., 2021, p.11).

Además, en los centros urbanos en constante crecimiento, muchas áreas no pueden acceder al sistema de alcantarillado público, lo que plantea la importancia de pensar en alternativas para el tratamiento de aguas residuales, especialmente las de bajo costo y bajo mantenimiento, como la mala gestión de los efluentes pueden representar un problema grave para los recursos hídricos naturales (Adeeyo Adeyemi O. et al., 2020, p.3). Las soluciones de saneamiento colectivo individuales o en pequeña escala pueden ser una buena manera de abordar la situación (Kumar Brajesh et al., 2017, p.1). Una solución que destaca es el sistema de fitopurificación con su bajo consumo energético y bajo mantenimiento

(ya que no es necesario vaciarlo ni transportarlo) (Bhattacharjee Gargi et al., 2020, p.4).

Este sistema, que se basa en el uso de plantas (*fito*) para filtrar las aguas residuales, ha demostrado ser una forma de tratamiento de aguas residuales domésticas de bajo costo, pero muy eficiente. Debido a que es energética y logísticamente autónoma, la fitopurificación puede considerarse una solución de saneamiento ecológico (Pruden Amy, 2018, p.11).

Los procesos de pretratamiento típicamente utilizados por las plantas de purificación de agua incluyen: almacenamiento, cribado, preacondicionamiento, coagulación, floculación y sedimentación (Sannderson Haley et al., 2019, p.4). A continuación, se proporciona una breve descripción de cada proceso:

- Almacenamiento: el agua de las aguas superficiales se puede almacenar en depósitos durante días, semanas o incluso meses para aprovechar el proceso de purificación natural (Waseem Hassan et al., 2020, p.1).
- Cribado: este suele ser el primer paso en las plantas de purificación de agua, especialmente para las plantas que tratan el agua superficial. Las rejillas se utilizan para eliminar desechos grandes que podrían afectar negativamente al equipo y al proceso de purificación de agua restante (Ou Huase y Zeng E., 2018, p.1).
- Acondicionamiento previo: en este paso, el agua se trata en función de sus características de entrada. Por ejemplo, si el agua entrante es ácida, a menudo se agrega cal para elevar el pH. El agua rica en dureza a menudo se trata con carbonato de sodio para precipitar el carbonato de calcio (Ahmed Sarfraz et al., 2020, p.3).
- Coagulación y floculación: el objetivo de este paso de pretratamiento es eliminar la turbidez o el color del agua entrante. Los productos químicos se agregan típicamente para inducir la coagulación o la formación de partículas más grandes. Estas partículas se hacen más grandes a medida que se adhieren entre sí y, por lo general, se eliminan mediante un proceso mecánico simple en un recipiente (Iorhemen et al., 2016, p.5).

- Sedimentación: el agua que sale de las cuencas de floculación generalmente ingresa a una cuenca de sedimentación (o clarificador) antes de ser filtrada. Por lo general, el agua se retiene en los depósitos de sedimentación durante al menos 4 horas, lo que permite que las partículas se sedimenten (Paul y Mormile, 2017, p.1).

Entre las plantas de purificación de todo el mundo se encuentran 10, las cuales se detalla en la tabla 4.

País	Lugar (nombre de la planta)	Capacidad ($10^3 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$)	Año de construcción	Membrana	Fuente de agua
Estados Unidos	Minneapolis (Planta Fridley)	360	2011 (por construir)	UF	Superficie
Canadá	Mississauga, Ontario	302	2006	UF	lago
Singapur	castaña	273	2003	UF	Superficie
Estados Unidos	Minneapolis (Columbia Heights)	265	2005	UF	Superficie
Estados Unidos	Racine, Wisconsin	189	2005	UF	Superficie
Estados Unidos	Thornton, Colorado	187,5	2005	UF	Superficie
Canadá	Kamloops, Columbia Británica	160	2005	UF	Superficie
Reino Unido	Clay Lane	160	2001	UF	Suelo
Alemania	Roetgen / Aquisgrán	144	2005	UF	Reserva
Estados Unidos	San Joaquín, California	136	2005	UF	Superficie

Tabla N°4: Plantas de purificación de agua a gran escala en todo el mundo

Fuente: Anjum Muzammil, A. et al., 2016

La Tabla 4 muestra las plantas de purificación de agua a gran escala que utilizan filtración por membrana.

Existen también dos grupos de sistemas de fitopurificación que se pueden utilizar de acuerdo a diferentes necesidades y tipos de aguas residuales: lagunas y filtros plantados (Boano Fulvio et al., 2020, p.2).

El sistema de laguna se llama así porque su forma es muy parecida a su nombre, donde el agua forma un flujo en la superficie, o en forma de percolador donde el flujo de agua circula bajo tierra, finalmente mediante un sistema híbrido que trabaja en la superficie y bajo tierra (Chandra Rashmi et al., 2019, p.2).

Las cuencas de laguna o filtro de flujo superficial se presentan como una cuenca o zanja sellada y plantada, donde el agua circula con una profundidad muy poco profunda, la superficie del agua está al aire libre, por encima del sustrato (Saba Beenish et al., 2019, p.3). Este sistema es muy similar a los humedales naturales como las marismas y puede proporcionar hábitat para la vida silvestre y beneficios estéticos además del tratamiento del agua (Kumwimba Mathieu N. et al., 2020, p.3).

La filtración cerca de la superficie es aeróbica, mientras que el agua más profunda y el sustrato generalmente funcionan de manera anaeróbica (Srivastava Pratiksha et al., 2019, p.3). Las ventajas de este tipo de filtro están en su bajo costo de construcción y operación y en la facilidad de mantenimiento y su principal inconveniente es la necesidad de un área más grande que otros sistemas (Rania R. y Singha S., 2020, p.1).

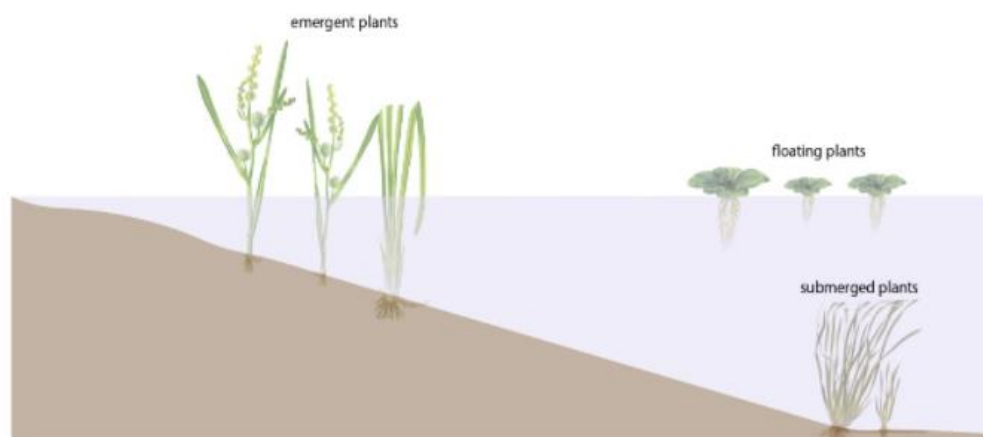


Figura N°1: Sistema del método de laguna con diferentes tipos de plantas

Fuente: Copelli Sabrina et al., 2016

El siguiente método es el de filtros plantados; el diseño general de un filtro plantado intenta imitar la estructura general de los humedales naturales. El diseño debe ser simple, requiriendo un mínimo de mantenimiento, tecnología y energía,

por ejemplo: el flujo por gravedad es preferible a las bombas de sumidero y un enfoque tecnológico complejo a menudo conduce a fallas (Copelli Sabrina et al., 2016, p.3).

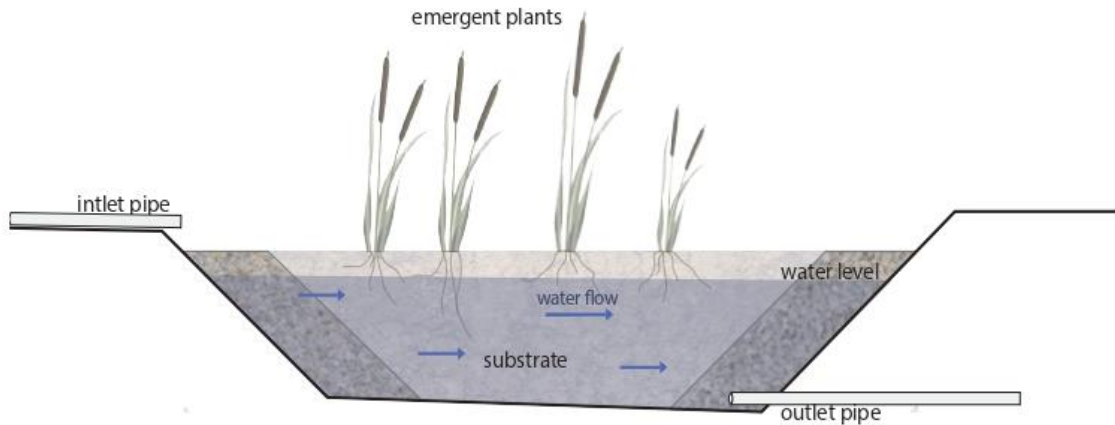


Figura N°2: Filtro de flujo horizontal subterráneo

Fuente: Sparks T. y Chase G., 2016

Los largos períodos entre los flujos de entrada en la cuenca de flujo vertical dan como resultado una alta tasa de transferencia de oxígeno de la atmósfera al sistema, en condiciones aeróbicas puede producirse la nitrificación, potenciando el nitrógeno (Sparks T. y Chase G., 2016, p.2). En la cuenca de flujo horizontal, los bajos niveles de oxígeno favorecen la ocurrencia de desnitrificación por bacterias anaeróbicas (Nissim W. et al., 2021, p.8).

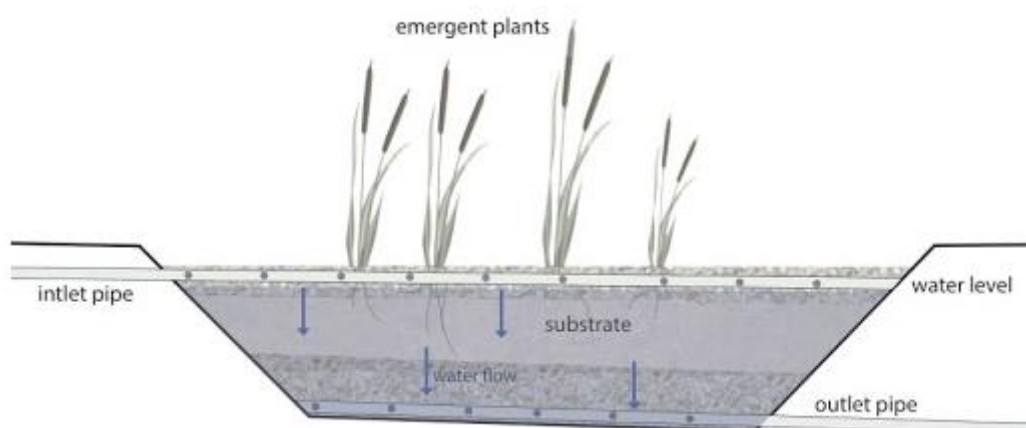


Figura N°3: Filtro de flujo vertical subterráneo

Fuente: Sparks T. y Chase G., 2016

En algunos casos, ambos flujos se pueden combinar para mejorar el rendimiento del sistema. Como se ve en la figura 4.

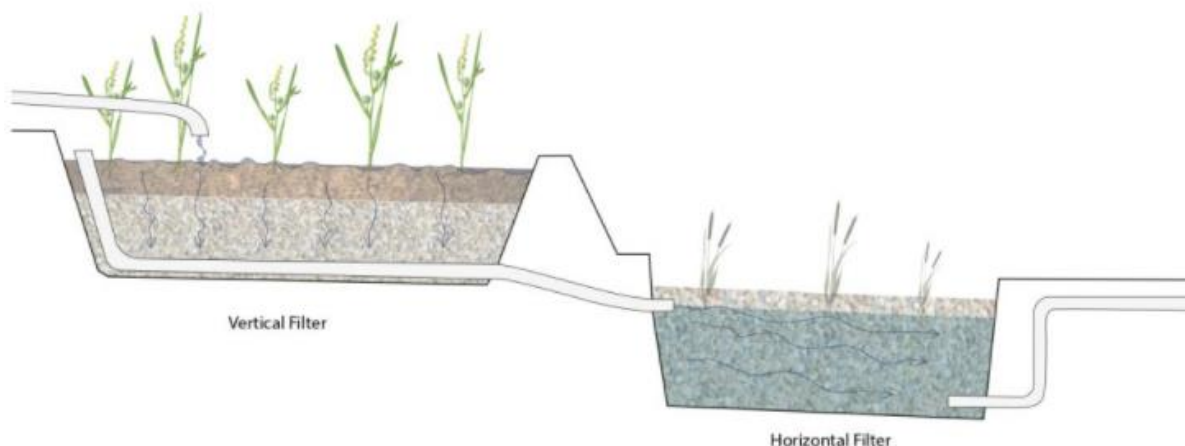


Figura N°4: Tramo de doble filtro plantado

Fuente: Sánchez José M., 2018

De manera consecutiva se presentan los antecedentes relacionados con la aplicación del sistema de fitodepuración en la recuperación de aguas residuales urbanas, las cuales presentan base en artículos científicos a nivel internacional (Ver tabla N°5).

Tabla N°5: Antecedentes de los sistemas de fitodepuración

Referencia	Fuente	Tipos de plantas	Aspectos más relevantes
Saba Beenish et al., 2019	Sciencedirect	<i>Populus euphratica</i> <i>Olivier</i>	Los aspectos más relevantes del sistema de fitodepuración CW-MFC, es la eliminación de nutrientes, que pueden reducir la floración de algas en cuerpos acuáticos, además las aplicaciones exitosas de CW-MFC se discuten con un enfoque en la generación de energía.
Mustafa Hauwa M. y Hayder Gasim, 2021	Sciencedirect	<i>Salvinia molesta</i> y <i>Pistia stratiotes</i>	Los aspectos más relevantes del sistema de fitodepuración son las especies de plantas acuáticas para fitodepurar, que tienen la capacidad de absorber el exceso de contaminantes tales como contaminantes orgánicos e inorgánicos, metales pesados y farmacéuticos presentes en las aguas residuales agrícolas,

			domésticas e industriales.
Prum Channratha D. et al., 2018	Sciencedirect	<i>Echinodorus cordifolius</i> - <i>Arthrobacter creatinolyticus</i> endofítico	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración fue la mayor remoción de arsénico a diferencia del método convencional.
Rehman Khadeeja et al., 2018	Sciencedirect	<i>Phragmites australis</i>	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración es el uso de la <i>Phragmites australis</i> y el sinergismo bacteriano, los cuales presentaron reducción máxima de la contaminación en las aguas.
Adeeyo Adeyemi O., 2020	Sciencedirect	Fitoactivos de <i>Zanthoxylum zanthoxyloides</i> y <i>Gongronema latifolium</i>	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración para la recuperación de aguas residuales se destacó en los extractos de plantas que mostraron antibiosis de amplio espectro contra <i>E. coli</i> , <i>P. aeruginosa</i> , <i>Klebsiella sp</i> , <i>S. pneumoniae</i> y <i>B. cereus</i> , así como <i>A. niger</i> , <i>A. flavus</i> , <i>Trichoderma sp</i> y <i>Candida sp</i> .
Popi Karaoli et al., 2021	Sciencedirect	<i>Columbia Británica</i>	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración de los biorreactores de membrana (MBR) se centran en la capacidad para retener componentes patógenos, reduciendo así los riesgos potenciales para la salud asociados con la reutilización de aguas residuales tratadas.
Mirzaee M. et al., 2021	Sciencedirect	<i>Hrysopogonzizanioides Cortaderiaselloana</i>	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración Vetiver y Pampas presentan efectos comprobados para la purificación y reducción de iones problemáticos en las aguas residuales.
Dell Osbel Nair et al., 2020	Sciencedirect	<i>Canna generalis.y</i>	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración en aguas residuales urbanas fue la eficiente remoción de nutrientes durante todo el período de monitoreo, mejorando la calidad de las aguas residuales y potencializando su reutilización para diferentes propósitos.
Ennabili A. y Radoux	Sciencedirect	<i>Arundo donax L., Salix purpurea L., Populus</i>	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración

M., 2021		<i>euphratica Olivier y Tamarix gallica L.</i>	usando una recolección de biomasa de plantas ribereñas cultivadas en humedales artificiales de flujo subterráneo nos muestran como promueve una mayor retención de N en comparación con el P.
Chen Jun et al., 2021	Sciencedirect	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración demostró que los humedales artificiales (CW) son una tecnología confiable de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de diversos contaminantes.
Turcios Ariel et al., 2021	Sciencedirect	<i>Halófitas</i>	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración muestran que son aptas para tratar aguas residuales salinas con alta eficiencia y los humedales artificiales tienen un gran potencial para tratar aguas residuales.
Colares Gustavo S. et al., 2021	Sciencedirect	<i>Xanthosoma sagittifolium, Impatiens parviflora and Zantedeschia aethiopica</i>	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración destacan las reducciones de DQO, TP y TN en promedios porcentuales del 71,4%, 11,4% y 8,4%, respectivamente.
Wang Pei et al., 2019	Sciencedirect	<i>J. serotinus</i>	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración del filtro biológico aireado y el lecho de lodo de flujo ascendente muestran que contribuyeron más a la eliminación de producción de homólogos de cadena corta de los ácidos perfluoroalquilo (PFAA).
Zhen Yucong et al., 2021	Sciencedirect	<i>Espadaña</i>	El aspecto más relevante del sistema de fitodepuración se centra en los efectos de los métodos de pretratamiento sobre la estructura de los grupos funcionales y la capacidad de promoción de la desnitrificación de las fuentes de carbono sólido derivadas de las cañas y las espadañas.
Khalifa Magdi E. et al., 2020	Sciencedirect	<i>Fridley</i>	El aspecto más relevante del uso del sistema de fitodepuración muestra que el agua producida después del

			tratamiento podría usarse para riego sin problemas ambientales.
--	--	--	---

Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque se desea resolver la recuperación de las aguas residuales mediante los sistemas de fitodepuración; ello en base a diversas investigaciones a nivel mundial. De acuerdo con Veland, Siri, et al., (2018, p.31) la investigación aplicada es un tipo de investigación que tiene como objetivo la aplicación práctica de la ciencia porque busca resolver problemas prácticos, aportando conocimientos teóricos para resolver dichos problemas.

Además, el diseño aplicado es biográfico, esto debido a que los datos biográficos se han utilizado en la construcción de historias de vivienda principalmente para centrarse en aspectos particulares de la vivienda en relación con otros factores sociales (Arjun Sabharwal., 2016, p.8). Este diseño de investigación se aplica por ser un enfoque de investigación cualitativa y porque se va a centrar en la reconstrucción de la aplicación de los sistemas de fitodepuración para la recuperación de las aguas residuales.

3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización

Las categorías y sub categorías planteada en la matriz se basa en el estudio para analizar los sistemas de fitodepuración más utilizados con mayor remoción para la recuperación de aguas residuales urbanas.

Tabla N°6: Matriz de categorización

Objetivo específico	Problema específico	Categoría	Sub categoría	Criterio 1	Criterio 2
Definir los sistemas de fitodepuración con mayor aplicación en la recuperación de aguas residuales urbanas.	¿Cuáles son los sistemas de fitodepuración con mayor aplicación en la recuperación de aguas residuales urbanas?	Sistemas de fitodepuración (Sparks T. y Chase G., 2016, p.2)	-Sistema del método de laguna -Filtro de flujo horizontal subterráneo -Filtro de flujo vertical subterráneo -Tramo de doble filtro plantado (Nissim W. et al., 2021, p.8).	De acuerdo al área para la instalación del filtro	De acuerdo al diseño con el que se quiere que cuente el sistema
Analizar el porcentaje de remoción de los principales contaminantes de las aguas residuales urbanas empleando sistemas de fitodepuración.	¿Cuál es el porcentaje de remoción de los principales contaminantes de las aguas residuales urbanas empleando sistemas de fitodepuración?	Porcentaje de remoción (Chandra Rashmi et al., 2019, p.2)	-Remoción completa -Remoción intermedia -Remoción baja (Boano Fulvio et al., 2020, p.2).	De acuerdo al método empleado	De acuerdo al tiempo empleado
Describir la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales urbanas tratadas con el sistema de fitodepuración.	¿Cuál es la caracterización fisicoquímica de las aguas residuales urbanas tratadas con el sistema de fitodepuración?	Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales urbanas tratadas (Iorhemen et al., 2016, p.5)	-Contenido total de sólidos -Temperatura -Turbidez (Paul y Mormile, 2017, p.1)	De acuerdo a las características físicas	De acuerdo a las características físicas químicas

Elaboración propia

3.3. Escenario de estudio

El presente estudio al ser una revisión sistemática tomará como escenario de estudio a los lugares donde se realizaron los análisis para el sistema de fitodepuración en la recuperación de aguas residuales urbanas; estos escenarios se encontrarán en los artículos científicos extraídos a nivel nacional e internacional, donde se podrá obtener en idiomas como el inglés, portugués, francés y español.

3.4. Participantes

Aquellos participantes que se encuentran involucrados en la búsqueda y análisis del objetivo del presente estudio son todos los documentos virtuales de portales web como artículos científicos y revistas científicas; estos documentos son extraídos de Páginas indizadas como: Sciencedirect y Dialnet.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica de recolección es un análisis documental, y este fue realizado mediante el llenado de la ficha de análisis de contenido (Ver Anexo N°1).

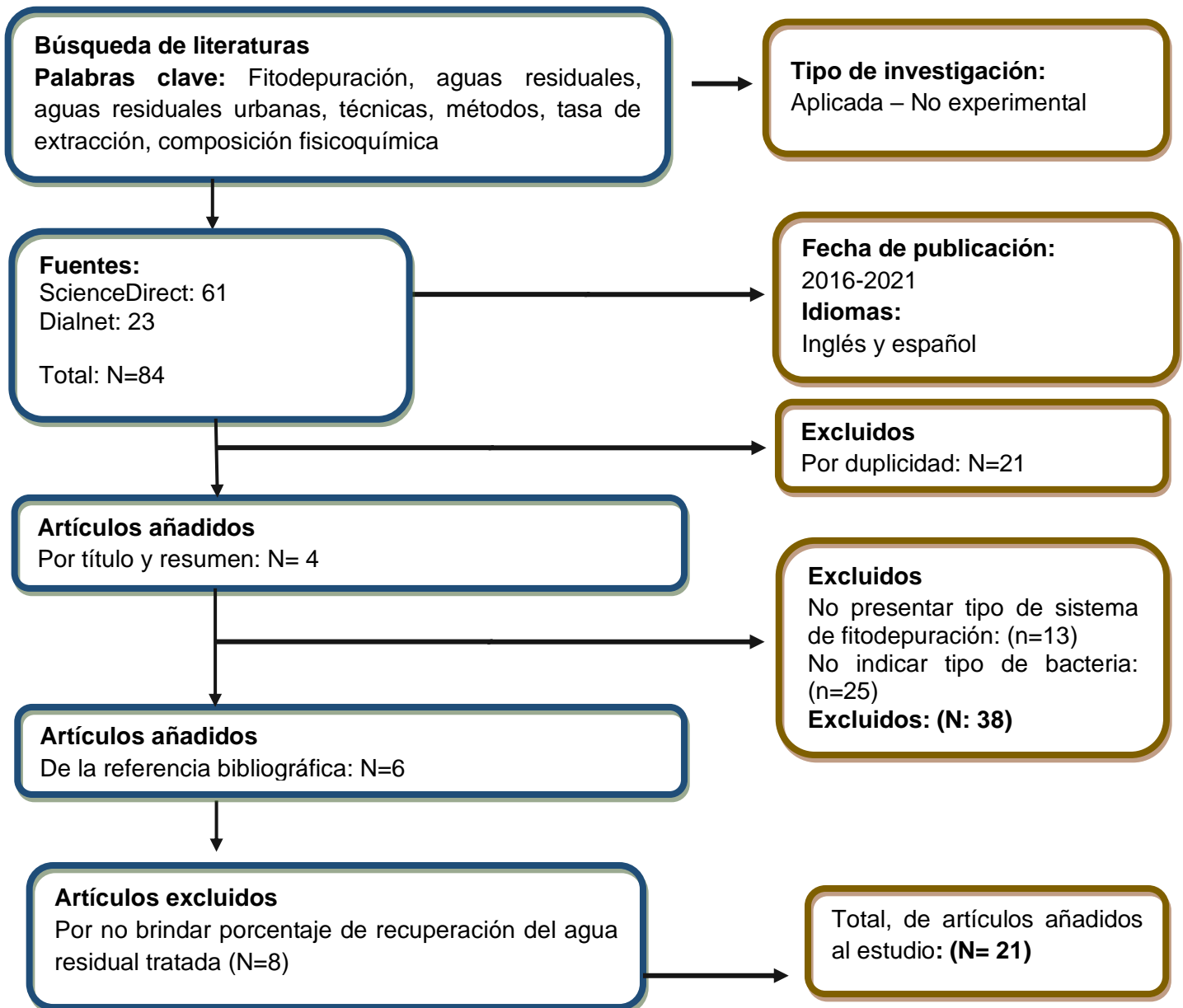
El análisis documental o análisis de documentos es un tipo de investigación cualitativa en el que se va a revisar documentos para resolver un tema o problemática planteada y la manera en la que se va a dividir los documentos va a llevar a cabo la codificación del contenido en temas como se investigan las transcripciones de los grupos de discusión o de las entrevistas (Hernández et al., 2014, p. 415).

Para abordar la disección de documentos se hace uso de una ficha; donde la propuesta en este estudio es la recolección de datos; presentando datos de la investigación como dato del autor o de los autores, objetivos, la metodología, los tipos de sistemas de fitodepuración, las caracterizaciones fisicoquímicas, resultados y conclusiones.

De acuerdo con Orellana y Sánchez, (2006, p. 207) la Guía de análisis de contenido define el análisis de contenido como "el análisis sistemático, objetivo y cuantitativo de las características del mensaje".

3.6. Procedimiento

Gráfico N°1: Procedimiento de recolección de datos



Elaboración propia

3.7. Rigor científico

Credibilidad:

El criterio de credibilidad es la medición de que tan creíbles en los ojos de los participantes van a ser los datos que se obtengan de las investigaciones; teniendo como propósito en la investigación cualitativa comprender los resultados brindados (Noreña, Alcaraz, Rojas y Rebolledo, 2012, p.268). Este criterio se cumplió con la obtención de la información clara y sin alteraciones gracias a las técnicas utilizadas lo que brindan información selectiva.

Transferibilidad:

En el criterio de transferibilidad se centra en el poder del autor para hacer creíble y verídica la información proporcionada; y ellos muestra mediante la aplicación de la mayor información posible que pueda brindar al lector. La persona que busca "transferir" los resultados a un contexto diferente es entonces responsable de juzgar qué tan sensible es la transferencia. (Hernández et al., 2014, p.456). Esto se cumplió extrayendo y utilizando toda la información necesaria para la realización del estudio, lo que permite que otros investigadores puedan hacer uso de este estudio.

Confiabilidad

La idea de confiabilidad, por otro lado, hace énfasis en que el investigador cuente el contexto que se presenta en constante cambio, contexto que se encuentra en constante cambio. La investigación es responsable de describir los cambios que ocurren en el entorno y cómo estos cambios afectaron la forma en que la investigación abordó el estudio (Arias y Giraldo, 2011, p.503). Este criterio es dejado en los resultados y conclusiones, brindando a los futuros investigadores los resultados que se obtienen para el planteamiento del problema general.

Confirmabilidad

La investigación cualitativa tiende a asumir que cada investigador aporta una perspectiva única al estudio. La confirmabilidad se refiere al grado en que los

resultados podrían ser confirmados o corroborados por otros (Arias y Giraldo, 2011, p.503). Esto se cumple dejando prescrito las técnicas y métodos utilizados para que futuros investigadores puedan seguir con el estudio aplicándolo a otros campos.

3.8. Método de análisis de información

En el presente estudio se aplicaron diferentes estrategias para la recolección de la información que se obtendrá; entre estos se encuentra la matriz apriorística, de donde se establecieron 3 categorías: Sistemas de fitodepuración, Porcentaje de remoción, Caracterización fisicoquímica de las aguas residuales urbanas tratadas.

Entre las sub categorías:

- Sistema del método de laguna
- Filtro de flujo horizontal subterráneo
- Filtro de flujo vertical subterráneo
- Tramo de doble filtro plantado

- Remoción completa
- Remoción intermedia
- Remoción baja

- Contenido total de sólidos
- Temperatura
- Turbidez

3.9. Aspectos éticos

Para garantizar los aspectos éticos se cumplió con lo establecido por universidad Cesar Vallejo, de acuerdo con la resolución rectoral N° 0089-2019; así también se citó cada información acorde a la Norma ISO 690 y pasó el programa turnitin demostrando la veracidad de la información dada en este trabajo de investigación.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los sistemas de fitodepuración con mayor aplicación en la recuperación de aguas residuales urbanas se encuentran plasmados en la tabla 7.

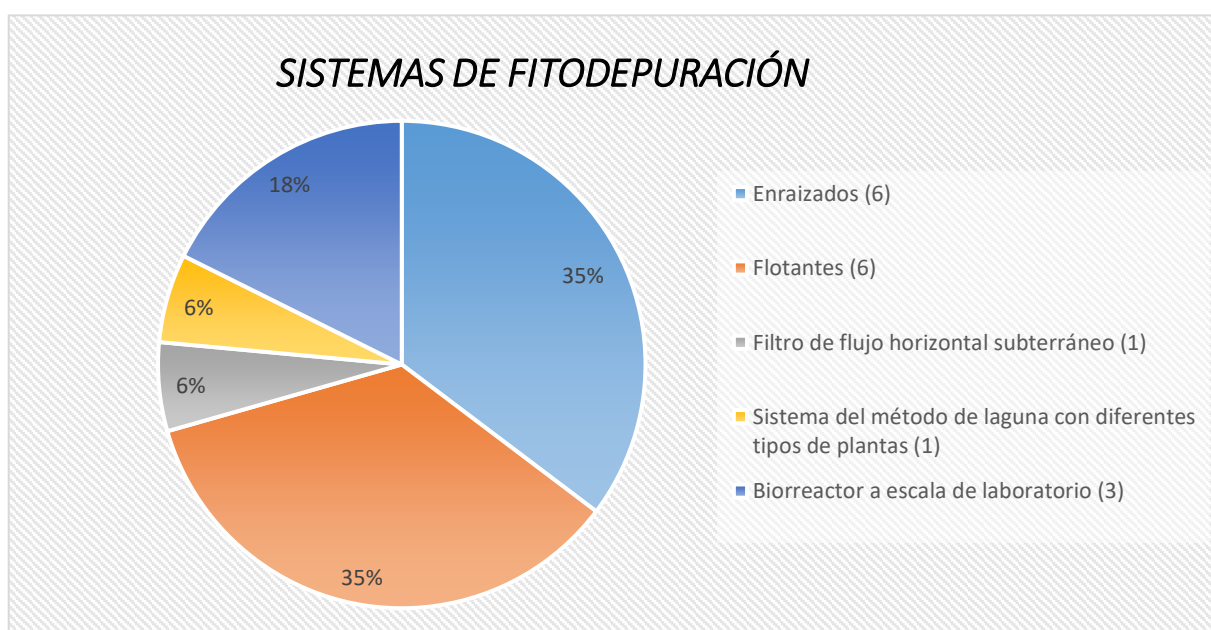
Tabla N°7: Sistemas de fitodepuración

Referencia	Tipos de plantas	Descripción
Saba Beenish et al., 2019	<i>Populus euphratica</i> Olivier	Sistema del método de laguna con diferentes tipos de plantas Las celdas de combustible microbianas de humedales construidos (CW-MFC)
Lu Bin et al., 2018	<i>Pistia stratiotes</i> (Lechuga de agua) <i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua)	Tanques de agua de pvc
Prum Channratha D. et al., 2018	<i>Echinodorus cordifolius</i> - <i>Arthrobacter creatinolyticus</i> endofítico	Sistemas de humedales artificiales híbridos enraizados flotantes
Rehman Khadeeja et al., 2018	<i>Phragmites australis</i>	Humedales de tratamiento flotante
Popi Karaoli et al., 2021	<i>Columbia Británica</i>	Biorreactores de membrana (MBR)
Dell Osbel Nair et al., 2020	<i>Canna generalis</i>	Sistemas de humedales artificiales híbridos enraizados flotantes
Ennabili A. y Radoux M., 2021	<i>Arundo donax</i> L., <i>Salix purpurea</i> L., <i>Populus euphratica</i> Olivier y <i>Tamarix gallica</i> L.	Humedales artificiales de flujo enraizado emergente
Chen Jun et al., 2021	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	Humedales artificiales de flujo enraizado emergente
Colares Gustavo S. et al., 2021	<i>Xanthosoma sagittifolium</i> , <i>Impatiens parviflora</i> and <i>Zantedeschia aethiopica</i>	Humedales de tratamiento flotante integrados
Wang Pei et al., 2019	<i>J. serotinus</i>	Humedales de tratamiento flotante
Zhen Yucong et al., 2021	<i>Espadaña</i>	Humedales de tratamiento flotante
Khalifa Magdi E. et al., 2020	<i>Fridley</i>	Humedales de tratamiento flotante
Parnian Amir et al., 2016	Lenteja de agua <i>Lemna gibba</i> (hidrófita de hojas flotantes) y la cola de coco <i>Ceratophyllum</i>	Sistema del método de laguna con diferentes tipos de plantas

	<i>demersum</i> L. (hidrófita de flotación libre)	
Chanu Laitonjam B. y Gupta A., 2016	<i>Ipomeo aquatica</i> (espinaca de agua) macrófita acuática	Hidropónica sintética
Musavi Saied et al., 2016	<i>Nasturium officinale</i> (Berro)	Filtro de flujo horizontal subterráneo
Tangahu Bieby V. y Putri Adistie P., 2017	- <i>Egeria densa</i> (alga acuática brasileña) - <i>Salvinia molesta</i> (<i>Salvinia gigante</i>)	Biorreactor a escala de laboratorio
Patel Devendra K. y Kanungo V., 2013	<i>Hydrilla verticillata</i>	Sistema de humedales artificial con macrofitas flotantes
Marzerc Michael et al., 2018	Caña común, hierba de maná y malva de Virginia	Sistemas de humedales artificiales híbridos sumergente
Abbasi S. et al., 2019	<i>Alternanthera</i> (Joyweed)	Nivel de raíz de flujo laminar (biorreactor Shefrol) / Biorreactor a escala de laboratorio
Abd rasid N. et al., 2019	<i>Nelumbo nucifera</i> y <i>Nymphaea</i> (lirio de agua)	Sistemas de humedales artificiales híbridos enraizados flotantes
Ayache Laabassi et al., 2019	<i>Salvinia natans</i>	Biorreactor a escala de laboratorio

Elaboración propia

Gráfico N°2: sistemas de fitodepuración de aguas residuales urbanas



Elaboración propia

De acuerdo a los resultados expuestos en la tabla 7, se tiene que los sistemas de fitodepuración que más utilizan los investigadores son los humedales artificiales empleando plantas acuáticas con sistemas de macrofitas enraizados y flotantes;

presentando un 35% de flotantes y 35 % enraizados, seguido de los biorreactores a escala de laboratorio en un 18%

Ello es corroborado por Prum Channratha D. et al., 2018 quien empleó sistemas de humedales artificiales híbridos enraizados flotantes, así también, Dell Osbel Nair et al., 2020, Abd rasid N. et al., 2019 y Abbasi S. et al., 2019. Ello debido a que los humedales de tratamiento flotante (FTW) han alcanzado una enorme popularidad para fines de purificación de agua residuales. A través de esta fitotecnología, los macrófitos naturales se dejan crecer en la superficie del agua sobre una balsa flotante o un soporte rígido, manteniendo las raíces de las plantas en contacto permanente con el agua y eliminando los contaminantes a través de varios procesos (Colares Gustavo S. et al., 2020, p.1).

Mientras que Ennabili A. y Radoux M., 2021 también empleó humedales artificiales de flujo enraizado pero emergente emergente utilizando las macrófita *Arundo donax* L., *Salix purpurea* L., *Populus euphratica* Olivier y *Tamarix gallica* L. al igual que Chen Jun et al., 2021 con los humedales artificiales de flujo enraizado emergente.

Así también los autores que usaron los humedales flotantes son los autores: Rehman Khadeeja et al., 2018, Colares Gustavo S. et al., 2021, Wang Pei et al., 2019, Zhen Yucong et al., 2021, Khalifa Magdi E. et al., 2020 y Patel Devendra K. y Kanungo V., 2013.

Por otro lado, Parnian Amir et al., 2016 utilizó sistema del método de laguna con diferentes tipos de plantas y Saba Beenish et al., 2019 Sistema del método de laguna con diferentes tipos de plantas Las celdas de combustible microbianas de humedales construidos (CW-MFC).

El porcentaje de remoción de los principales contaminantes de las aguas residuales urbanas empleando sistemas de fitodepuración se muestra en la tabla 8.

Tabla N°8: Capacidad de remoción

Referencia	Tipos de plantas	Porcentaje de remoción	Tiempo
Saba Beenish et al., 2019	<i>Populus euphratica</i> Olivier	DQO: 87% , SST: 93%	No indica
Lu Bin et al., 2018	<i>Pistia stratiotes</i> (Lechuga de agua)	Tuvo la mejor eficiencia de remoción en fósforo total (93.6%), y en los demás parámetros menor al jacinto DQO (61,70%), TN (77%), TP (88%), NH ₄ + -N (93%)	6 meses
	<i>Eichhornia crassipes</i> (Jacinto de agua)	Tuvo la mejor eficiencia de remoción en: TN (89.4%) y NH ₄ + -N (99.0%)	
Prum Channratha D. et al., 2018	<i>Echinodorus cordifolius</i> - <i>Arthrobacter creatinolyticus</i> endofítico	El inóculo podría colonizar desde las raíces hasta los brotes de los tejidos del hospedador para evitar la toxicidad del arsénico y favorecer la eliminación del arsénico por el hospedador a través de características que promueven el crecimiento de las plantas, como la producción de IAA.	5 días
Rehman Khadeeja et al., 2018	<i>Phragmites australis</i>	Contenido de aceite (97%), DQO (93%) y DBO (97%)	3 meses
Popi Karaoli et al., 2021	<i>Columbia Británica</i>	DBO 5(99,4 a 99,9%), DQO (97,6 a 99,4%) y TSS (98,9 a 99,9%).	No indica
Dell Osbel Nair et al., 2020	<i>Canna generalis</i> .y	93,8% para nitrógeno total (N), 80,0% para carbono orgánico disuelto (DOC), 84,0% para demanda bioquímica de oxígeno (BDO 5), 77,0% para demanda química de oxígeno (DQO) y 99,7% para turbidez.	11 meses
Ennabili A. y Radoux M., 2021	<i>Arundo donax</i> L., <i>Salix purpurea</i> L., <i>Populus euphratica</i> Olivier y <i>Tamarix gallica</i> L.	31.4% N, 14.1% P, 14.5% N-7.71% P removidos por <i>A. donax</i> y <i>Mesocosmos</i> de <i>T. gallica</i> en el mismo orden.	21 meses sucesivos
Chen Jun et	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	DQO, TN, NH ₃ -N y TP, con	No indica

al., 2021		las tasas de eliminación de 23,3%- 88,4%, 12,6%-63,3%, 68,8%-94,9% y 12,1%-80,8%, respectivamente	
Colares Gustavo S. et al., 2021	<i>Xanthosoma sagittifolium</i> , <i>Impatiens parviflora</i> and <i>Zantedeschia aethiopica</i>	El sistema fue eficiente en la reducción de DBO5 (55,1%), DQO (71,4%), turbidez (90,9%) y coliformes totales (99,9%), pero presentaron bajas eficiencias con respecto a N total (8,4%) y P total (11,4%).	6 semanas
Wang Pei et al., 2019	<i>J. serotinus</i>	Mejóro el agua residual en una purificación >80%	No indica
Zhen Yucong et al., 2021	<i>Espadaña</i>	Tasa de eliminación de TN, NO ₃ ⁻ -N y NH ₄ ⁺ -N en CW en 24,41%, 31,80% y 8,80%, respectivamente.	28 días
Khalifa Magdi E. et al., 2020	<i>Fridley</i>	Eficiencia de remoción de DQO aumentó de 71% a 88% mientras que para la DBO y el total de sólidos en suspensión aumentó de 72 a 88% y de 83 a 88,5% respectivamente. Amonio, porcentaje de eliminación aumentó de 66 a 78% y la reducción de fosfato aumentó de 78% a 85%, mientras que se encontró una ligera modificación de coliformes totales de 98,4 a 98,6%.	2 m 3/día.
Parnian Amir et al., 2016	Lenteja de agua <i>Lemna gibba</i> (hidrófita de hojas flotantes) y la cola de coco <i>Ceratophyllum demersum</i> L. (hidrófita de flotación libre)	Cd (82,01%) y Ni (50%), factores de bioconcentración (FBC): Cd (75-707,92), Ni (104,16-200); Cd (91%) y Ni (50%)	3 meses / (experimento por lotes del octavo día)
Chanu Laitonjam B. y Gupta A., 2016	<i>Ipomeo aquatica</i> (espinaca de agua) macrófita acuática	Las concentraciones de Pb en 0,63, 6,26, 20,02, 35,03 y 62,56 mg L ⁻¹ Pb disminuyeron al cabo de 14 días a 0,03, 0,06, 0,13 0,14 y 0,31 mg L ⁻¹ Pb, respectivamente.	14 días

Musavi Saied et al., 2016	<i>Nasturium officinale</i> (Berro)	Dureza total (25%), Ca (23%), NH ₃ (66%), DBO (22%) y DQO (38%)	30 días
Tangahu Bieby V. y Putri Adistie P., 2017	<i>-Egeria densa</i> (alga acuática brasileña)	DBO (93%) y DQO (95%)	17 días
	<i>-Salvinia molesta</i> (Salvinia gigante)	DBO (1693,1 mg / L) y DQO (4338,5 mg / L)	
Patel Devendra K. y Kanungo V., 2013	<i>Hydrilla verticillata</i>	Conductividad eléctrica (15,66%), TSS (15,80%), OD (140,1%), DQO (36,14%), ortofosfato (52,58%), Fosfato total (44,69%), NO ₃ -N (50,35%), NO ₂ -N (47,59%), NH ₃ -N (39,45%), dureza de Ca (24,96%), Ca (24,39%), Mg (37,16%)	1 año
Marzerc Michael et al., 2018	Caña común, hierba de maná y malva de Virginia	DBO 5 (95%), DQO (95%), TSS (95%), TN (94%) y TP (95%)	5 años
Abbasi S. et al., 2019	<i>Alternanthera</i> (Joyweed)	DBO (87%), DQO (78,9-83,9%), TKN (45%), TP (36%), sólidos en suspensión (SS) (93%), Cu (43%)	10 días
Abd rasid N. et al., 2019	<i>Nelumbo nucifera</i>	DBO 5 (97,1 ± 0,8), DQO (55 ± 1,6), turbidez (88,3 ± 0,3)	30 días tipo de lote
	<i>Nymphaea</i> (lirio de agua)	DBO 5 (64,5 ± 0,3), DQO (50,5 ± 2,3), turbidez (87,1 ± 0,6)	
Ayache Laabassi et al., 2019	<i>Salvinia natans</i>	DBO 5 (96,9%), DQO (95%), TKN (85,2%), NH ₄ -N (79%), NO ₂ -N (40%), PO ₄ -P (37%).	8 meses

Elaboración propia

De acuerdo a la comparación de 21 literaturas el porcentaje de remoción de aguas residuales urbanas es mayor al 80% en la mayoría de los autores, donde los parámetros contaminantes más removidos son la DBO₅, DQO, TP, NH₃, Coliformes totales, N total y P total. Esto se debe al potencial de afectar el tratamiento primario, secundario y terciario de aguas residuales domésticas junto con la eliminación de patógenos significativa en un solo paso de proceso.

Los autores que presentan un porcentaje de remoción de las contaminantes aguas residuales urbanas mayores al 80% son: Saba Beenish et al., 2019, con una remoción del 87% y 93% del DQO y SST respectivamente, así también apoya los resultados presentados con una remoción mayor al 80% el autor Lu Bin et al., 2018, quien tuvo una remoción del 88% para TP y 93% para NH₄ + -N.

Además, los siguientes autores señalan que la mayor remoción se da en periodos largos; siendo ello corroborado: Dell Osbel Nair et al., 2020, quien realizó la fitodepuración en un periodo de 11 meses obteniendo la eliminación del 93,8% para nitrógeno total (N), 80,0% para carbono orgánico disuelto (DOC), 84,0% para demanda bioquímica de oxígeno (BDO 5), 77,0% para demanda química de oxígeno (DQO) y 99,7% para turbidez. Ello es también corroborado por Rehman Khadeeja et al., 2018 quien realizó su estudio en 3 meses y obtuvo un porcentaje de remoción de Contenido de aceite (97%), DQO (93%) y DBO (97%).

Así también, Lu Bin et al., 2018 confirma los resultados anteriores donde en 6 meses Tuvo la mejor eficiencia de remoción en fósforo total (93.6%), y en los demás parámetros menor al jacinto DQO (61,70%), TN (77%), TP (88%), NH₄ + -N (93%) y Tuvo la mejor eficiencia de remoción en: TN (89.4%) y NH₄ + -N (99.0%).

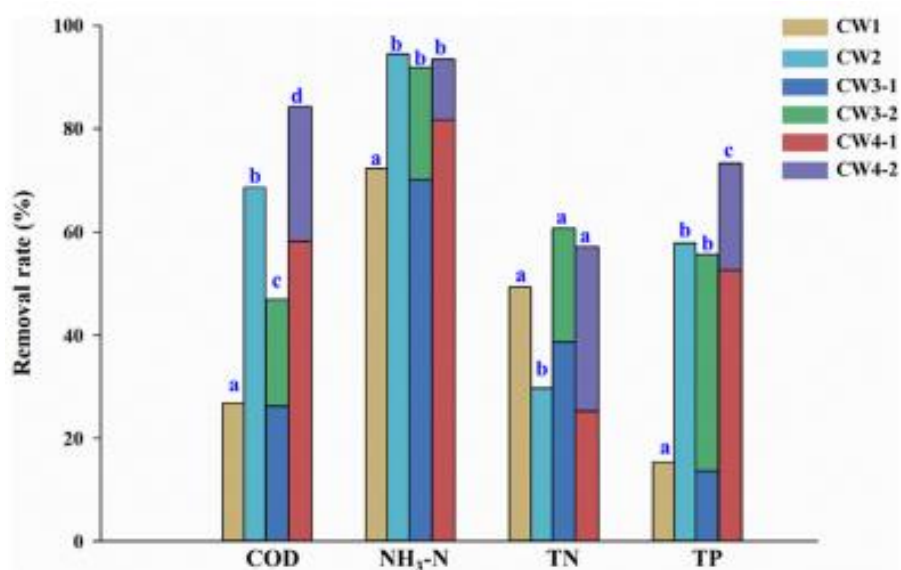
Por otro lado, estas afirmaciones son rechazadas por Abbasi S. et al., 2019, quien en su investigación obtuvo una eliminación de la demanda biológica de oxígeno, los sólidos en suspensión, el fósforo, el nitrógeno y el cobre de metales pesados en un 87%, 93%, 45% y 43%, respectivamente. También se eliminaron más del 99% de los coliformes totales, coliformes fecales y estreptococos fecales en un periodo de 10 días. Tangahu Bieby V. y Putri Adistie P., 2017 también realizaron la fitorremediación de aguas residuales urbanas en un tiempo de 17 días generando una remoción alta de DBO (93%) y DQO (95%) y DBO (1693,1 mg / L) y DQO (4338,5 mg / L).

Siendo ello refutado por Ayache Laabassi et al., 2019, mostrando una eliminación de DBO 5 (96,9%), DQO (95%), TKN (85,2%), NH₄ -N (79%), NO₂ -N (40%), PO₄ -P (37%) en un tiempo de 8 meses. Al igual que el siguiente autor Marzerc

Michael et al., 2018, quien se tomó un tiempo de 5 años y generó una remoción del DBO 5 (95%), DQO (95%), TSS (95%), TN (94%) y TP (95%).

La caracterización fisicoquímica de las aguas residuales urbanas tratadas con el sistema de fitodepuración se encuentra sub categorizado por contenido total de sólidos, temperatura y turbidez; donde los resultados se encuentran graficados por la figura 5.

Figura N°5: Caracterización fisicoquímica de aguas residuales



Fuente: Richardsson Mendes (2019)

De acuerdo a la figura 5, se muestra las tasas de eliminación (%) de los parámetros de contaminación de las aguas residuales convencionales por los de los parámetros convencionales de contaminación de las aguas residuales por los humedales construidos a escala de mesocosmos; donde DQO (demanda química de oxígeno); NH₃-N (nitrógeno amoniacal); TN (nitrógeno total); TP (fósforo total) y las letras (a, b, c, d) indican las diferencias significativas entre los distintos CW.

Así también, de acuerdo con Chen Jun et al., (2021, p.3) empleando la planta *Hibiscus rosa-sinensis* con un Tanques reactores obtuvo DQO (49%), NH₃ (81%), Nitrato (92%), Fósforo (67%) de eliminación de aguas urbanas en un tiempo de 24 días.

Así también Oladejo Oladipupo S. et al., (2015, p.6) empleando la planta *Typha orientalis* obtuvo la remoción de DBO (97,62%), Na (74,68%), Fe (98,12%), Nitrato (17,77%), fosfato (94,11%), turbidez (73,3%) en 29 días; empleando Humedales artificiales de subflujo; mientras que utilizando la planta *Sorgo arundinaceum* generó la remoción de DBO (96,05%), Fe (86,86%), Nitrato (98,02%), fosfato (95,24%), turbidez (63,70%) también en 29 días.

El parámetro de temperatura también es relevante para un aumento de los contaminantes de las aguas residuales que van a ser tratadas con los sistemas de fitodepuración; esto es explicado por Fang et al., (2017, p.3), donde señala que, durante el verano, se registró un aumento de la concentración de genes de resistencia a los antibióticos (ARG) en el efluente de aguas residuales en comparación con el período invernal.

Apoyando lo anteriormente dicho se encuentra Khalifa Magdi E. et al., 2020, donde afirma que, la temperatura tiene un papel clave en la regulación de varios procesos y metabolismos microbianos en los humedales construidos lo que eventualmente influye en la estructura de la comunidad microbiana.

Por su parte Abd rasid N. et al., 2019, indica que la alta temperatura y la irradiación solar influyeron positivamente en la degradación de diferentes fármacos como diclofenaco, ibuprofeno, ketoprofeno, naproxeno, ácido salicílico, triclosán y carbamazepina presentes en las aguas residuales urbanas.

Por otro lado, se reportaron concentraciones más altas de ARG en humedales naturales y artificiales durante el período de verano en comparación con el invierno (Li et al., 2019, p.6).

V. CONCLUSIONES

Respecto al análisis de los sistemas de fitodepuración más utilizados con mayor remoción para la recuperación de aguas residuales urbanas se concluyen los 3 puntos a detallar a continuación:

- Los sistemas de fitodepuración con mayor aplicación en la recuperación de aguas residuales urbanas son los humedales artificiales empleando plantas acuáticas con sistemas de macrófitas enraizados y flotantes; presentando un 35% de flotantes y 35 % enraizados; seguidas de los biorreactores a escala de laboratorio en un 18%.
- El porcentaje de remoción de los principales contaminantes de las aguas residuales urbanas empleando sistemas de fitodepuración es mayor al 80% en la mayoría de los autores, ya que más de la mitad presenta porcentajes de remoción mayor al 80%, pudiendo afirmar que la remoción de aguas residuales urbanas varía entre una remoción media y completa, donde los parámetros más removidos son la DBO5, DQO, TP, NH3, Coliformes totales, N total y P total. Esto se debe al potencial de afectar el tratamiento primario, secundario y terciario de aguas residuales domésticas junto con la eliminación de patógenos significativa en un solo paso de proceso.
- Las características fisicoquímicas de las aguas residuales que se ven alteradas por la aplicación de los sistemas de fitodepuración son el DQO (demanda química de oxígeno); NH3-N (nitrógeno amoniacal); TN (nitrógeno total); TP (fósforo total), pero los más importantes entre ellos son SST, ya que este acapara a la materia suspendida, coloidal y disuelta; así también otra característica esencial es la temperatura, para que haya un aumento de los contaminantes de las aguas residuales que van a ser tratadas con los sistemas de fitodepuración.

VI. RECOMENDACIONES

Con respecto al objetivo general del presente estudio y en base al análisis exhaustivo realizado se recomienda mayor empleo en los estudios del sistema de fitodepuración, ya que existen escasas investigaciones que profundicen en la recuperación de aguas residuales urbanas; así también centrándonos en cada objetivo específicos, se recomienda los siguientes puntos:

- Con el fin de mejorar el conocimiento sobre la eficacia y la aplicabilidad de la fito-depuración para la eliminación de metales de las aguas residuales urbanas se deben de aplicar tipos de plantas como el *Typha latifolia* o *Thelypteris palustris* (helecho de pantano) para tratar el agua contaminada ya que presenta buenos resultados en las pocas investigaciones que lo aplican amoviendo iones metálicos.
- Se recomienda analizar los aspectos más relevantes del sistema de fitodepuración en la recuperación de aguas residuales urbanas y realizar mayores estudios prácticos ya que en la búsqueda de investigaciones se pudo observar la falta de artículos enfocados en los tratamientos de aguas residuales urbana aplicando sistemas de fitodepuración.
- Se recomienda realizar estudios con el principal objetivo de encontrar una manera de utilizar el agua con alto TDS de una manera sostenible.

REFERENCIAS

1. ABBASI, S. A., et al. Potential of joyweed *Alternanthera sessilis* for rapid treatment of domestic sewage in SHEFROL bioreactor. *International journal of phytoremediation*, 2019, vol. 21, no 2, p. 160-169. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1488814>
2. ABD RASID, N. S., et al. Evaluation of surface water treated with lotus plant; *Nelumbo nucifera*. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2019, vol. 7, no 3, p. 103048. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103048>
3. ADEEYO, Adeyemi O., et al. Antimicrobial potencies of selected native African herbs against water microbes. *Journal of King Saud University-Science*, 2020, vol. 32, no 4, p. 2349-2357. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2020.03.013>
4. AHMED, Sarfraz, et al. Microbial risk assessment and antimicrobial resistance. En *Antibiotics and Antimicrobial Resistance Genes in the Environment*. Elsevier, 2020. p. 313-330. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818882-8.00020-6>
5. ALMEIDA, C. Marisa R., et al. Constructed wetlands for the removal of metals from livestock wastewater—Can the presence of veterinary antibiotics affect removals?. *Ecotoxicology and environmental safety*, 2017, vol. 137, p. 143-148. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.11.021>
6. ANJUM, Muzammil; AL-MAKISHAH, Naief H.; BARAKAT, M. A. Wastewater sludge stabilization using pre-treatment methods. *Process Safety and Environmental Protection*, 2016, vol. 102, p. 615-632. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.psep.2016.05.022>
7. AYACHE, Laabassi; BOUDEHANE, A. S. M. A. Wastewater Treatment by Floating Macrophytes (*Salvinia Natans*) Under Algerian Semi-Arid Climate.

- European Journal of Engineering and Natural Sciences, 2019, vol. 3, no 1, p. 103-110.
8. BAYO, Javier; OLMOS, Sonia; LÓPEZ-CASTELLANOS, Joaquín. Microplastics in an urban wastewater treatment plant: The influence of physicochemical parameters and environmental factors. *Chemosphere*, 2020, vol. 238, p. 124593. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124593>
 9. BEIRAS, R. Liquid Wastes: From Self-Purification to Waste Water Treatment. *Marine Pollution. Elsevier, Amsterdam*, 2018, p. 53-67. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813736-9.00005-2>
 10. BERTRAND, Alexandre; AGGOUNE, Riad; MARÉCHAL, François. In-building waste water heat recovery: An urban-scale method for the characterisation of water streams and the assessment of energy savings and costs. *Applied Energy*, 2017, vol. 192, p. 110-125. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.01.096>
 11. BHATTACHARJEE, Gargi; GOHIL, Nisarg; SINGH, Vijai. Synthetic biology approaches for bioremediation. En *Bioremediation of Pollutants*. Elsevier, 2020. p. 303-312. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819025-8.00014-4>
 12. BIANCULLO, Francesco, et al. Heterogeneous photocatalysis using UVA-LEDs for the removal of antibiotics and antibiotic resistant bacteria from urban wastewater treatment plant effluents. *Chemical Engineering Journal*, 2019, vol. 367, p. 304-313. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.02.012>
 13. BILIŃSKA, Lucyna; GMUREK, Marta; LEDAKOWICZ, Stanisław. Comparison between industrial and simulated textile wastewater treatment by AOPs–Biodegradability, toxicity and cost assessment. *Chemical Engineering Journal*, 2016, vol. 306, p. 550-559. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.07.100>

14. BISPO, Luiz Fernando Pereira, et al. Valorizing urban forestry waste through the manufacture of toys. *Waste Management*, 2021, vol. 126, p. 351-359. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.028>
15. BOANO, Fulvio, et al. A review of nature-based solutions for greywater treatment: Applications, hydraulic design, and environmental benefits. *Science of the total environment*, 2020, vol. 711, p. 134731. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134731>
16. BUCHMÜLLER, Kim; BEARTH, Angela; SIEGRIST, Michael. Consumers' perceptions of chemical household products and the associated risks. *Food and chemical toxicology*, 2020, vol. 143, p. 111511. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111511>
17. CARVALHO, Pedro N.; ARIAS, Carlos A.; BRIX, Hans. Constructed wetlands for water treatment: new developments. 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w9060397>
18. CHANDRA, Rashmi, et al. Fundamentals of Biophotovoltaics for Conversion of Solar Energy to Bioelectricity. En *Microbial Electrochemical Technology*. Elsevier, 2019. p. 503-523. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64052-9.00020-0>
19. CHANU, Laitonjam Bedabati; GUPTA, Abhik. Phytoremediation of lead using *Ipomoea aquatica* Forsk. in hydroponic solution. *Chemosphere*, 2016, vol. 156, p. 407-411. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.05.001>
20. CHEN, Jun, et al. Optimized constructed wetlands enhance the removal and reduce the risks of steroid hormones in domestic wastewater. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 757, p. 143773. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.143773>
21. COLARES, Gustavo Stolzenberg, et al. Floating treatment wetlands integrated with microbial fuel cell for the treatment of urban wastewaters and bioenergy generation. *Science of The Total Environment*, 2021, vol.

766, p. 142474. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142474>

22. COLARES, Gustavo S., et al. Floating treatment wetlands: A review and bibliometric analysis. *Science of the Total Environment*, 2020, vol. 714, p. 136776. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.136776>
23. COLLAO, Javiera, et al. Effect of operational parameters, environmental conditions, and biotic interactions on bacterial communities present in urban wastewater treatment photobioreactors. *Chemosphere*, 2021, p. 131271. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131271>
24. COPELLI, Sabrina; RABONI, Massimo; URBINI, Giordano. Water pollution: biological oxidation and natural control techniques. En Reference module in chemistry, molecular sciences and chemical engineering. LIUC Università Carlo Cattaneo, 2015. p. 1-28. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.11419-2>
25. DAVIDIDOU, Konstantina, et al. Degradation and mineralization of antipyrine by UV-A LED photo-Fenton reaction intensified by ferrioxalate with addition of persulfate. *Separation and Purification Technology*, 2017, vol. 172, p. 227-235. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2016.08.021>
26. DELL'OSBEL, Naira, et al. Hybrid constructed wetlands for the treatment of urban wastewaters: Increased nutrient removal and landscape potential. *Ecological Engineering*, 2020, vol. 158, p. 106072. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2020.106072>
27. ENNABILI, Abdeslam; RADOUX, Michel. Nitrogen and phosphorus uptake and biomass production in four riparian plants grown in subsurface flow constructed wetlands for urban wastewater treatment. *Journal of Environmental Management*, 2021, vol. 280, p. 111806. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111806>

28. ESTRADA-ARRIAGA, Edson Baltazar; ZEPEDA-AVILES, Juanita Adilene; GARCÍA-SÁNCHEZ, Liliana. Post-treatment of real oil refinery effluent with high concentrations of phenols using photo-ferrioxalate and Fenton's reactions with membrane process step. *Chemical Engineering Journal*, 2016, vol. 285, p. 508-516. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.10.030>
29. EXPÓSITO, Antonio J., et al. Photo-Fenton degradation of a beverage industrial effluent: intensification with persulfate and the study of radicals. *Chemical Engineering Journal*, 2016, vol. 306, p. 1203-1211. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.08.048>
30. FANG, Hansun, et al. Occurrence and elimination of antibiotic resistance genes in a long-term operation integrated surface flow constructed wetland. *Chemosphere*, 2017, vol. 173, p. 99-106. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.01.027>
31. FATTA-KASSINOS, Despo; KREUZINGER, Norbert; RIZZO, Luigi. " Urban wastewater reuse and chemical contaminants of emerging concern". *Chemosphere*, 2020, vol. 248, p. 126052-126052. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126052>
32. FOUNTOULAKIS, Michael S., et al. Use of halophytes in pilot-scale horizontal flow constructed wetland treating domestic wastewater. *Environmental Science and Pollution Research*, 2017, vol. 24, no 20, p. 16682-16689. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9295-8>
33. FRASCARI, Dario, et al. Integrated technological and management solutions for wastewater treatment and efficient agricultural reuse in Egypt, Morocco, and Tunisia. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 2018, vol. 14, no 4, p. 447-462. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/ieam.4045>
34. GAIN, Animesh K.; GIUPPONI, Carlo; WADA, Yoshihide. Measuring global water security towards sustainable development goals. *Environmental Research Letters*, 2016, vol. 11, no 12, p. 124015.

35. GARCIA-SEGURA, Sergi, et al. Fluidized-bed Fenton process as alternative wastewater treatment technology—A review. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 2016, vol. 67, p. 211-225. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jtice.2016.07.021>
36. GIANNAKIS, Stefanos, et al. Solar disinfection is an augmentable, in situ-generated photo-Fenton reaction—Part 2: A review of the applications for drinking water and wastewater disinfection. *Applied Catalysis B: Environmental*, 2016, vol. 198, p. 431-446. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2016.06.007>
37. GRANDCLÉMENT, Camille, et al. From the conventional biological wastewater treatment to hybrid processes, the evaluation of organic micropollutant removal: a review. *Water research*, 2017, vol. 111, p. 297-317. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.01.005>
38. HERNÁNDEZ, Roberto., Fernández, C., y Baptista, P. *Metodología de la investigación* (6. ° ed.). México: Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana, 2014. 634 pp.
39. HERVÁS-BLASCO, Estefanía; NAVARRO-PERIS, Emilio; CORBERÁN, José Miguel. Closing the residential energy loop: Grey-water heat recovery system for domestic hot water production based on heat pumps. *Energy and Buildings*, 2020, vol. 216, p. 109962. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109962>
40. HUANG, Runyao, et al. Evaluating the energy efficiency of wastewater treatment plants in the Yangtze River Delta: Perspectives on regional discrepancies. *Applied Energy*, 2021, vol. 297, p. 117087. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117087>
41. KHALIFA, Magdi Ebrahim, et al. Effect of media variation on the removal efficiency of pollutants from domestic wastewater in constructed wetland systems. *Ecological Engineering*, 2020, vol. 143, p. 105668. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.105668>

42. KRÄTKE, R. y col. Asesoramiento científico sobre los requisitos mínimos de calidad propuestos por la UE para la reutilización del agua en el riego agrícola y la recarga de acuíferos. 2017.
43. KUMAR, Vinod, et al. Algae-based sustainable approach for simultaneous removal of micropollutants, and bacteria from urban wastewater and its real-time reuse for aquaculture. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 774, p. 145556. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.145556>
44. KUMAR, Brajesh; SMITA, Kumari; FLORES, Luis Cumbal. Plant mediated detoxification of mercury and lead. *Arabian Journal of Chemistry*, 2017, vol. 10, p. S2335-S2342. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2013.08.010>
45. KUMWIMBA MATHIEU, Nsenga; BATOOL, Ammara; LI, Xuyong. How to enhance the purification performance of traditional floating treatment wetlands (FTWs) at low temperatures: strengthening strategies. *Science of The Total Environment*, 2020, p. 142608. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142608>
46. KUTTY, Shamsul Rahman Mohamed, et al. Nutrients removal from municipal wastewater treatment plant effluent using *Eichhornia crassipes*. *World academy of science, Engineering and Technology*, 2009, vol. 60, p. 826-831.
47. LÉBOULANGER, Christophe, et al. Urban inputs of fecal bacteria to the coastal zone of Libreville, Gabon, Central Western Africa. *Marine Pollution Bulletin*, 2021, vol. 168, p. 112478. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112478>
48. LI, Si, et al. Occurrence and removal of antibiotics and antibiotic resistance genes in natural and constructed riverine wetlands in Beijing, China. *Science of the Total Environment*, 2019, vol. 664, p. 546-553. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.043>

49. LIU, Yanhong, et al. Non-antibiotic feed additives in diets for pigs: A review. *Animal nutrition*, 2018, vol. 4, no 2, p. 113-125. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2018.01.007>
50. LU, Bin, et al. Removal of water nutrients by different aquatic plant species: An alternative way to remediate polluted rural rivers. *Ecological Engineering*, 2018, vol. 110, p. 18-26. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.09.016>
51. MAKOWSKA, Nicoletta, et al. Urban wastewater as a conduit for pathogenic Gram-positive bacteria and genes encoding resistance to β -lactams and glycopeptides. *Science of The Total Environment*, 2021, vol. 765, p. 144176. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144176>
52. MALEKI, Afshin; JARI, Hanna. Evaluation of drinking water quality and non-carcinogenic and carcinogenic risk assessment of heavy metals in rural areas of Kurdistan, Iran. *Environmental Technology & Innovation*, 2021, p. 101668. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101668>
53. MARTINEZ-ALCALA, Isabel; GUILLÉN-NAVARRO, José Manuel; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, Carmen. Pharmaceutical biological degradation, sorption and mass balance determination in a conventional activated-sludge wastewater treatment plant from Murcia, Spain. *Chemical Engineering Journal*, 2017, vol. 316, p. 332-340. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.01.048>
54. MARZEC, Michał, et al. The efficiency and reliability of pollutant removal in a hybrid constructed wetland with common reed, manna grass, and Virginia mallow. *Water*, 2018, vol. 10, no 10, p. 1445. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w10101445>
55. MIRZAEI, Morvarid Mohammad; ZAKERINIA, Mehdi; FARASATI, Masoumeh. The effects of phytoremediation of treated urban wastewater on the discharge of surface and subsurface drippers (Case study: Gorgan

- wastewater treatment plant in northern Iran). *Cleaner Engineering and Technology*, 2021, vol. 4, p. 100210. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100210>
56. MUSAVI, Saied Ali; KARIMI, Naser; SADEGHI, Soroor. Growth and Phytoremediation. Potential of Watercress *Nasturtium officinale* R. Br. in Ammonium-rich Wastewater. *Ambient Science*, 2016, vol. 3, no 2, p. 89-92. Disponible en: <https://doi.org/10.21276/ambi.2016.03.2.ra08>
57. MUSTAFA, Hauwa M.; HAYDER, Gasim. Recent studies on applications of aquatic weed plants in phytoremediation of wastewater: A review article. *Ain Shams Engineering Journal*, 2021, vol. 12, no 1, p. 355-365. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2020.05.009>
58. NISSIM, Werther Guidi, et al. Willow and poplar for the phyto-treatment of landfill leachate in Mediterranean climate. *Journal of Environmental Management*, 2021, vol. 277, p. 111454. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111454>
59. OLADEJO, Oladipupo S., et al. Wastewater treatment using constructed wetland with water lettuce (*Pistia stratiotes*). *International Journal of Chemical, Environmental and Biological Sciences*, 2015, vol. 3, p. 119-124. Disponible en: ISSN 2320–4087
60. ORELLANA, D., Sánchez, M. Técnicas de recolección de datos en entornos virtuales más usadas en la investigación cualitativa. *Revista de Investigación Educativa*, Vol. 24, n.º 1, 2006. pp. 205-222.
61. ORONA-NÁVAR, Carolina, et al. Removal of pharmaceutically active compounds (PhACs) and bacteria inactivation from urban wastewater effluents by UVA-LED photocatalysis with Gd³⁺ doped BiVO₄. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2020, vol. 8, no 6, p. 104540. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104540>
62. OSAMA, Rania, et al. Greenhouse gases emissions from duckweed pond system treating polyester resin wastewater containing 1, 4-dioxane and

- heavy metals. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021, vol. 207, p. 111253. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2020.111253>
63. OU, Huase; ZENG, Eddy Y. Occurrence and fate of microplastics in wastewater treatment plants. En *Microplastic contamination in aquatic environments*. Elsevier, 2018. p. 317-338. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813747-5.00010-2>
64. PAPOUTSAKIS, S., et al. Enhancement of the Fenton and photo-Fenton processes by components found in wastewater from the industrial processing of natural products: The possibilities of cork boiling wastewater reuse. *Chemical Engineering Journal*, 2016, vol. 304, p. 890-896. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2016.07.021>
65. PARNIAN, Amir, et al. Use of two aquatic macrophytes for the removal of heavy metals from synthetic medium. *Ecohydrology & hydrobiology*, 2016, vol. 16, no 3, p. 194-200. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2016.07.001>
66. PATEL, Devendra Kumar; KANUNGO, V. K. Treatment of domestic wastewater by potential application of a submerged aquatic plant *Hydrilla verticillata* Casp. *Recent Research in Science and Technology*, 2013, vol. 4, no 10. Disponible en: <http://recent-science.com/>
67. POPI, Karaolia, et al. Shotgun metagenomics assessment of the resistome, mobilome, pathogen dynamics and their ecological control modes in full-scale urban wastewater treatment plants. *Journal of Hazardous Materials*, 2021, p. 126387. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126387>
68. PRUDEN, Amy. Antibiotics and Antibiotic Resistance: Closing the Loop Between Hospitals and the Environment. En *Health Care and Environmental Contamination*. Elsevier, 2018. p. 137-148. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63857-1.00008-5>

69. PRUM, Channratha; DOLPHEN, Rujira; THIRAVETYAN, Paitip. Enhancing arsenic removal from arsenic-contaminated water by *Echinodorus cordifolius*– endophytic *Arthrobacter creatinolyticus* interactions. *Journal of environmental management*, 2018, vol. 213, p. 11-19. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.02.060>
70. RANIA, Reetu; SINGHA, Suman. Green chemistry and its applications in hospital wastewater and its treatment. *Green Chemistry and Water Remediation: Research and Applications*, 2020, p. 271. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817742-6.00009-8>
71. REHMAN, Khadeeja, et al. Inoculation with bacteria in floating treatment wetlands positively modulates the phytoremediation of oil field wastewater. *Journal of hazardous materials*, 2018, vol. 349, p. 242-251. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.02.013>
72. RIVA, Valentina, et al. Exploitation of rhizosphere microbiome services. *En Methods in Rhizosphere Biology Research*. Springer, Singapore, 2019. p. 105-132. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-13-5767-1_7
73. RIZZO, Luigi, et al. Proposed EU minimum quality requirements for water reuse in agricultural irrigation and aquifer recharge: SCHEER scientific advice. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2018, vol. 2, p. 7-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.12.004>
74. ROBLES, A., et al. Real-time optimization of the key filtration parameters in an AnMBR: urban wastewater mono-digestion vs. co-digestion with domestic food waste. *Waste Management*, 2018, vol. 80, p. 299-309. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.09.031>
75. SABA, Beenish, et al. Microbial phyto-power systems–A sustainable integration of phytoremediation and microbial fuel cells. *Bioelectrochemistry*, 2019, vol. 127, p. 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.bioelechem.2018.12.005>

76. SALGADO, Irina, et al. Domestic wastewater treatment by constructed wetlands enhanced with bioremediating rhizobacteria. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, vol. 25, no 21, p. 20391-20398. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9505-4>
77. SÁNCHEZ, José Manuel Ramos. "Moringa seeds coagulant powder effects in depuration of wastewaters: Entrepreneurship cases from India. 2018.
78. SANDERSON, Haley, et al. Antimicrobial resistant genes and organisms as environmental contaminants of emerging concern: addressing global public health risks. En *Management of Emerging Public Health Issues and Risks*. Academic Press, 2019. p. 147-187. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813290-6.00007-X>
79. SARKAR, Binoy, et al. Sustainable sludge management by removing emerging contaminants from urban wastewater using carbon nanotubes. En *Industrial and Municipal Sludge*. Butterworth-Heinemann, 2019. p. 553-571. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815907-1.00024-6>
80. SOUSSI, Asma, et al. Plant-associated microbiomes in arid lands: diversity, ecology and biotechnological potential. *Plant and Soil*, 2016, vol. 405, no 1, p. 357-370. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11104-015-2650-y>
81. SRIVASTAVA, Pratiksha, et al. Constructed wetland coupled microbial fuel cell technology: development and potential applications. En *Microbial Electrochemical Technology*. Elsevier, 2019. p. 1021-1036. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-64052-9.00042-X>
82. Sparks, T., & Chase, G. (2016). Solid–Liquid Filtration – Examples of Processes. *Filters and Filtration Handbook*, 297–359. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-099396-6.00005-8>
83. SUBRAMANIAN, Karpagam, et al. Mapping the food waste-energy-water-emissions nexus at commercial kitchens: A systems approach for a more sustainable food service sector. *Journal of Cleaner Production*, 2021, vol.


301, p. 126856. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126856>

84. SYRANIDOU, Evdokia, et al. Exploitation of endophytic bacteria to enhance the phytoremediation potential of the wetland helophyte *Juncus acutus*. *Frontiers in microbiology*, 2016, vol. 7, p. 1016. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01016>
85. TANGAHU, Bieby Voijant; PUTRI, Adistie Prestiani. The Degradation of BOD and COD of Batik Industry Wastewater Using *Egeria densa* and *Salvinia molesta*. *Jurnal Sains & Teknologi Lingkungan*, 2017, vol. 9, no 2, p. 82-91. Disponible en: <https://doi.org/10.20885/jstl.vol9.iss2.art2>
86. TURCIOS, Ariel E., et al. From natural habitats to successful application- Role of halophytes in the treatment of saline wastewater in constructed wetlands with a focus on Latin America. *Environmental and Experimental Botany*, 2021, vol. 190, p. 104583. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2021.104583>
87. TYAGI, Vinay Kumar; LO, S.-L. Energy and resource recovery from sludge: Full-scale experiences. En *Environmental Materials and Waste*. Academic Press, 2016. p. 221-244. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803837-6.00010-X>
88. VAN DEN BOSCH, Matilda; SANG, Å. Ode. Urban natural environments as nature-based solutions for improved public health—A systematic review of reviews. *Environmental research*, 2017, vol. 158, p. 373-384. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2017.05.040>
89. VASQUEZ-MEDRANO, Ruben; PRATO-GARCIA, Dorian; VEDRENNE, Michel. Ferrioxalate-mediated processes. En *Advanced Oxidation Processes for Waste Water Treatment*. Academic press, 2018. p. 89-113. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810499-6.00004-8>
90. VELAND, Siri, et al. Narrative matters for sustainability: the transformative role of storytelling in realizing 1.5 C futures. *Current Opinion in*

- Environmental Sustainability, 2018, vol. 31, p. 41-47. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2017.12.005>
91. WANG, Jiayi, et al. Capacity of various single-stage constructed wetlands to treat domestic sewage under optimal temperature in Guangzhou City, South China. *Ecological Engineering*, 2018, vol. 115, p. 35-44. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.02.008>
92. WANG, Pei, et al. Removal of perfluoroalkyl acids (PFAAs) through fluorochemical industrial and domestic wastewater treatment plants and bioaccumulation in aquatic plants in river and artificial wetland. *Environment international*, 2019, vol. 129, p. 76-85. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.04.072>
93. WANG, Yuan, et al. Utilization of waste heat from commercial kitchen exhaust for water heating and dish drying. *Journal of Building Engineering*, 2020, vol. 32, p. 101788. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2020.101788>
94. WASEEM, Hassan, et al. Global trends in ARGs measured by HT-qPCR platforms. En *Antibiotics and Antimicrobial Resistance Genes in the Environment*. Elsevier, 2020. p. 206-222. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818882-8.00014-0>
95. ZAMPARAS, Miltiadis. The role of resource recovery technologies in reducing the demand of fossil fuels and conventional fossil-based mineral fertilizers. En *Low Carbon Energy Technologies in Sustainable Energy Systems*. Academic Press, 2021. p. 3-24. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-822897-5.00001-8>
96. ZHENG, Yucong, et al. Characterization of dissolved organic matter and carbon release from wetland plants for enhanced nitrogen removal in constructed wetlands for low C–N wastewater treatment. *Chemosphere*, 2021, vol. 273, p. 129630. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.129630>

ANEXOS

ANEXOS N° 1:

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO	
DATOS DEL AUTOR: NOMBRE(S)		
PAGINAS UTILIZADAS	AÑO DE PUBLICACION	LUGAR DE PUBLICACION
TIPO DE INVESTIGACION:		
CÓDIGO:		
PALABRAS CLAVES :		
TIPOS DE SISTEMAS DE FITODEPURACIÓN		
PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN	-Recuperación completa -Recuperación intermedia -Recuperación baja	
CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS AGUAS RESIDUALES URBANAS TRATADAS		
RESULTADOS :		
CONCLUSIONES:		

Elaboración propia