



Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Fitotecnología como tratamiento de contaminantes orgánicos e
inorgánicos emergentes: Revisión sistemática

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA AMBIENTAL**

AUTORA:

Gallegos Espinoza, Milena Betzabeth (ORCID: 0000-0003-3340-8224)

ASESOR:

Mgr. Reyna Mandujano, Samuel Carlos (ORCID: 0000-0002-0750-2877)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2022

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a mis padres, Angel Gallegos y Sandra Espinoza, quienes nunca dejaron de creer en mí y siempre fueron el soporte emocional que necesite en este camino, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y de no temer a las adversidades porque Dios está siempre conmigo.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios por darme vida, por permitirme cumplir este sueño y por siempre ser mi pilar en los momentos más difíciles, Además agradezco a mis padres, Angel Gallegos y Sandra Espinoza por todo el esfuerzo que hicieron al brindarme una educación, por ser mis mayores ejemplos de superación y por brindarme siempre su amor y comprensión incondicional, los amo.

ÍNDICE DEL CONTENIDO

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	22
3.1. Tipo y diseño de investigación	22
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización	22
3.3. Escenario de estudio	24
3.4. Participantes.....	25
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	25
3.6. Procedimientos.....	25
3.7. Rigor científico.....	26
3.8. Método de análisis de información	27
3.9. Aspectos éticos	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
V. CONCLUSIONES	52
VI. RECOMENDACIONES.....	54
REFERENCIAS.....	55
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Potencias tóxicas de cuatro categorías de PPCP para los organismos acuáticos

Tabla N°2: Resumen de las ventajas de la fitotecnología enfocado en la salud pública

Tabla N°3: Tabla de antecedentes

Tabla N° 4: Matriz de categorización apriorística

Tabla N°5: Especies de plantas usadas como tratamiento de CE

Tabla N°6: Clasificación de fitotecnologías más empleadas

Tabla N°7: Método de acción de las fitotecnologías

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N°1: Clasificación y categorización de los contaminantes emergentes

Figura N°2: Principales procesos de fitorremediación

Figura N°3: Procesos de captación y translocación de los PPCP por parte de las plantas

Gráfico N° 1: Procedimiento de selección de artículos

Gráfico N°2: Porcentaje de la clase de especies más empleadas

RESUMEN

De acuerdo al objetivo planteado en el estudio se buscó determinar los aspectos más relevantes en la aplicación de fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes, empleando una metodología de tipo aplicada de diseño bibliográfico; donde se analizó 100 artículos científicos, quedando 24 que cumplieron con los criterios de selección para el estudio.

Mediante los objetivos específicos planteados se obtuvo que; las especies de plantas más obtenidas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes son las plantas de la clase Liliopsida de la orden Poales con el 86% del análisis de los artículos científicos realizados, así mismo, las especies de plantas dentro de la clase de Liliopsidas con más recurrencia en los estudios son *la Typha angustifolia*, *Phragmites australis* y *Phalaris arundinacea* y son las que presentan un mayor porcentaje de eliminación de los contaminantes emergentes; las fitotecnologías más empleadas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes con un 87% de los investigadores que lo usan son los humedales, y el restante 13% usa la fitorremediación, presentando promedios de eliminación del 80 a 100%, por último, el método de acción de las fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes se clasifican por los dos tipos de fitotecnologías más empelados; donde los humedales presentan un método de acción de absorción y acumulación, mientras que para la fitorremediación de los CE el método de acción es la adsorción, acumulación, metabolización, volatilización y estabilización. Siendo encontrado que el 100% de los estudios eliminó CE mediante la absorción y acumulación.

Palabras clave: Fitotecnologías, contaminantes emergentes, contaminantes orgánicos, contaminantes inorgánicos, fitorremediación, hiperacumuladores

ABSTRACT

According to the objective of the study, we sought to determine the most relevant aspects in the application of phytotechnologies for the treatment of emerging organic and inorganic pollutants, using an applied methodology of bibliographic design, where 100 scientific articles were analyzed, leaving 24 that met the selection criteria for the study.

By means of the specific objectives set out, it was obtained that the plant species most obtained for the treatment of emerging organic and inorganic pollutants are the plants of the Liliopsida class of the Poales order with 86% of the analysis of the scientific articles carried out, likewise, the plant species within the Liliopsida class with more recurrence in the studies are *Typha angustifolia*, *Phragmites australis* and *Phalaris arundinacea* and are the ones that present a higher percentage of elimination of emerging pollutants; the most used phytotechnologies for the treatment of emerging organic and inorganic pollutants with 87% of the researchers using them are wetlands, and the remaining 13% use phytoremediation, presenting elimination averages of 80 to 100%, finally, the method of action of the phytotechnologies as treatment of emerging organic and inorganic pollutants are classified by the two most used types of phytotechnologies; where wetlands present a method of action of absorption and accumulation, while for phytoremediation of ECs the method of action is adsorption, accumulation, metabolization, volatilization and stabilization. It was found that 100% of the studies eliminated EC through adsorption and accumulation.

Keywords: Phytotechnologies, emerging contaminants, organic contaminants, inorganic contaminants, phytoremediation, hyperaccumulators

I. INTRODUCCIÓN

La preocupación por los contaminantes ambientales emergentes ha ido en aumento junto con la industrialización y la urbanización en todo el mundo (Dimpe K. et al., 2016, p.2).

Los contaminantes emergentes (CE) son principalmente productos químicos orgánicos sintéticos que tienen un foco de atención cada vez mayor debido al incremento de conciencia de sus riesgos potenciales para los seres humanos y la biota acuática, o que solo se han detectado recientemente en el medio acuático o en los suministros de agua potable (Rempel Alan et al., 2021, p.2).

Muchas CE no tienen estándares regulatorios debido a la falta de información sobre los efectos de la exposición crónica (Sutherland D. et al., 2019, p.1). Los productos farmacéuticos, los productos para el cuidado personal, los pesticidas y los retardantes de llama son algunos de los CE detectados con mayor frecuencia en los ambientes acuáticos, con más de 200 compuestos individuales identificados hasta la fecha (Heuer Rachael M. et al., 2019, p.2).

Ya se ha alertado sobre los graves impactos ambientales negativos provocados por el uso indebido de pesticidas como el DDT, el mismo que posteriormente fue prohibido en Estados Unidos desde 1972 para aplicaciones agrícolas (Lodeiro Carlos et al., 2019, p.5). En la segunda parte del siglo XX, otros investigadores también hicieron importantes contribuciones que ayudaron a incrementar la preocupación global por la presencia ambiental y los efectos de otras sustancias peligrosas como se reporta en muchos estudios realizados para combatir el amianto y el plomo (Yang Jianwen et al., 2019, p.2).

En la actualidad el término contaminante emergente o contaminante es el más utilizado para referirse a todo tipo de compuestos químicos que se han introducido al medio ambiente a través de cualquier actividad antropogénica y cuyos efectos perjudiciales sobre el medio ambiente son motivo de preocupación para la humanidad (Petrie B. et al., 2016, p.3).

Están presentes en todos los compartimentos del medio ambiente (polvo de interiores, sedimentos, agua dulce y marina, aguas residuales y lodos) y debido a su eliminación ineficaz en las plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR) de lodos activados convencionales (CAS) las aguas residuales siguen siendo una de sus principales fuentes (Al Maadhees S. et al., 2019, p.2).

Se han detectado contaminantes emergentes (CE) en los efluentes y el agua potable en concentraciones que pueden dañar una variedad de organismos (Lim Kah T. y Foo Keng Y., 2021, p.2). Por lo tanto, se desarrollan varias tecnologías para tratar estos compuestos, ya sea para su completa eliminación o degradación en subproductos menos tóxicos (Roudbari A. Rezakazemi M., 2018, p.3).

Algunas tecnologías aplicadas al tratamiento de la CE, como la adsorción, los procesos oxidativos avanzados, los procesos de separación de membranas y la biorremediación mediante el metabolismo de las microalgas, fueron identificadas mediante mapas temáticos (Vickers Neil J., 2017, p.2).

Pero en el contexto de la descontaminación ambiental de contaminantes emergentes por la bio/fitorremediación ha sido seleccionada como una de las 10 principales opciones biotecnológicas (Al Baldawi et al., 2021, p.4). Entre varias opciones para remediar estos contaminantes, se sugiere la fitotecnología como una opción factible para mantener la sostenibilidad ambiental (Martín Pozo L. et al., 2019, p.1).

Los avances recientes en fitorremediación para el tratamiento eficiente de contaminantes orgánicos / inorgánicos emergentes se está abriendo mayor interés (Saini A. et al., 2020, p.1). ya que, la fitorremediación a través de plantas hiperacumuladoras es ahora ampliamente reconocida como tecnología sostenible, rentable y respetuosa con el medio ambiente de costes para la eliminación de contaminantes ambientales (Rai et al., 2019, p.1).

Debido a lo expuesto se plantea para este estudio el siguiente problema general: ¿Cuáles son los aspectos más relevantes en la aplicación de fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes?, y como problemas específicos se plantearon los siguientes:

PE1: ¿Cuáles son las especies de plantas más obtenidas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes?

PE2: ¿Cuáles son las fitotecnologías más empleadas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes?

PE3: ¿Cuál es el método de acción de las fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes?

De igual manera se elaboró el siguiente objetivo general: Determinar los aspectos más relevantes en la aplicación de fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes, y como objetivos específicos:

OE1: Analizar las especies de plantas más obtenidas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes

OE2: Definir las fitotecnologías más empleadas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes

OE3: Clasificar el método de acción de las fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes

La presente revisión sistemática se justifica teóricamente, debido a que va a recolectar información actualizada acerca de las fitotecnologías, buscando contribuir de manera académica, con un aporte literario para que futuros investigadores puedan usarlo y ampliar los estudios con respecto a la problemática de la contaminación de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes.

II. MARCO TEÓRICO

Hoy en día, la emisión indiscriminada de diferentes contaminantes antropogénicos, derivada del crecimiento demográfico, la urbanización, la industrialización y el desarrollo tecnológico sin precedentes es una preocupación mundial (Cantwell Mark G. et al., 2018, p.1).

Con el rápido desarrollo socioeconómico y el crecimiento de la población, se está introduciendo una creciente gama de productos químicos sintéticos en nuestra vida cotidiana (Sun Sainan et al., 2018, p.2). Algunos de estos productos químicos, considerados como "contaminantes orgánicos emergentes" (POE), han suscitado preocupación por la salud en todo el mundo, ya que se utilizan ampliamente y se liberan continuamente en los ríos (Lim K. et al., 2019, p.4).

Los contaminantes emergentes (CE), también conocidos como contaminantes orgánicos emergentes son contaminantes no regulados, que pueden ser candidatos para una futura regulación en función de la investigación sobre sus posibles efectos en la salud y los datos de seguimiento con respecto a su aparición (Moo Young, 2019, p.1). Los contaminantes de preocupaciones emergentes (CEC) son un grupo de contaminantes naturales y los productos químicos sintéticos y sus productos de transformación que se encuentran en los cuerpos de agua de todo el mundo, que actualmente no están monitoreados en el medio ambiente, pero tienen un alto potencial de causar daños ambientales y presuntos efectos perjudiciales en los ecosistemas y la salud humana (Brusseau M., 2019, p.244).

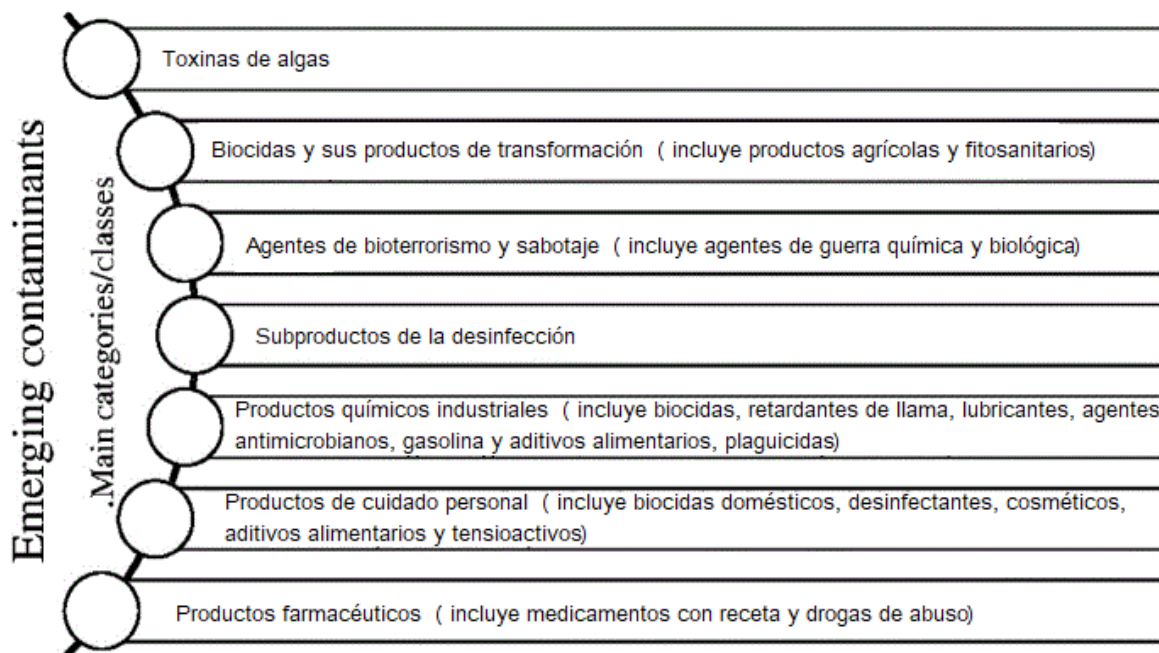
La lista de compuestos y productos químicos en este grupo es significativamente grande y se está expandiendo constantemente con la introducción de nuevos productos químicos comerciales, cambios en el uso y eliminación de productos químicos actualmente de uso generalizado y una mayor identificación de nuevas moléculas que forman parte de esta clasificación (Sarkar Binoy et al., 2019, p.2).

Considerados algunos de los contaminantes emergentes, los productos farmacéuticos y de cuidado personal (PPCP), incluidos los medicamentos recetados y de venta libre, los medicamentos veterinarios y los componentes de los cosméticos y otros productos de cuidado personal, como champús y lápices

labiales, han captado la atención mundial en los últimos años (Dai Guohua et al., 2016, p.3).

Además, en la Figura N°1 se detalla la clasificación de los CE.

Figura N°1: Clasificación y categorización de los contaminantes emergentes



Fuente: Modificado de Dey S. et al., (2019)

De acuerdo a la figura 1, se muestra algunas clases/categorías de CE que se enumeran y mencionan en la literatura, que incluyen pesticidas, subproductos de la desinfección, productos farmacéuticos y de cuidado personal (PPCPs), productos químicos industriales, compuestos de alteración endocrina (EDCs), edulcorantes artificiales y aditivos alimentarios, nanomateriales, etc. nanomateriales, protectores solares y filtros UV, retardadores retardantes de llama, benzotriazoles y benzotiazoles, siloxanos, por nombrar algunos.

Actualmente, más de 40.000 compuestos orgánicos sintéticos son considerados como potenciales EOPs, incluyendo, entre otros, antibióticos, productos de cuidado personal, biocidas y productos químicos industriales (Peng Ying et al., 2018, p.2). Muchos POE son persistentes en los sistemas fluviales y se han detectado de forma ubicua con concentraciones que van desde nanogramos hasta microgramos por litro (Burns Emily E. et al., 2018, p.2).

Se ha pronosticado que la liberación constante de CE ocurrirá durante mucho tiempo y a través de diversas fuentes con concentraciones que van desde $\mu\text{g} / \text{L}$ hasta unos pocos ng / L y a veces incluso por debajo (Dulio Valeria et al., 2018, p.1).

La descarga desenfrenada de esta amplia gama de contaminantes orgánicos y sus derivados, incluidos productos farmacéuticos, productos para el cuidado personal, antibióticos, microcistinas, pesticidas, retardadores de llama, surfactantes, compuestos disruptores endocrinos, subproductos de desinfección, detergentes y plastificantes de hogares, hospitales, construcción (Wang Yuwen et al., 2018, p.5); operaciones industriales, paisajismo, transporte, alimentación de animales y eliminación de desechos municipales, podrían detectarse a niveles de trazas en los compartimentos ambientales acuáticos, con concentraciones que varían de ng / L a $\mu\text{g} / \text{L}$ en matrices acuosas, y de ng / g a $\mu\text{g} / \text{g}$ en matrices sólidas (Atugoda T. et al., 2021, p.3).

Recientemente, el aumento de las actividades humanas incluyendo el tratamiento y la emisión de aguas residuales municipales e industriales, la ganadería y la acuicultura, han introducido una elevada contaminación por EOP en el medio acuático (Yang Lu et al, 2020, p.5), por ejemplo, la concentración de 50 contaminantes EOP fue significativamente en áreas altamente habitadas (427.45 ng/L) que en áreas menos habitadas (103,97 ng/L) del río Jinsha, lo que podría provocar una mayor preocupación en la salud humana y el riesgo ecológico (Ben Weiwei et al., p.2).

Estos productos químicos, que son excretados y arrastrados por los seres humanos al sistema de alcantarillado o que se escurren de las granjas de ganado vinculados con un efecto terapéutico a las aves de corral, eventualmente llegan al medio acuático y tienen un impacto potencialmente perjudicial tanto en los organismos acuáticos como en los seres humanos a través de la exposición directa e indirecta (Wilkinson John L. et al., 2018, p.2).

A pesar del hecho de que algunas PPCP reportadas previamente en estudios ambientales no son intrínsecamente persistentes, su contribución continua al medio ambiente, es decir, la reposición de las pérdidas por degradación, forma un

comportamiento pseudopersistente y finalmente conduce a un transporte remoto (Sui Qian et al., 2016, p.2). Estos productos químicos detectados con frecuencia en el medio ambiente causaron una contaminación acuática severa en todo el mundo con exposición a largo plazo incluso en una concentración baja (Peng Ying et al., 2018, p.6).

Así también, los efectos de los CE PPCP en los organismos acuáticos pueden tener efectos sobre el crecimiento, desarrollo o reproducción de estos organismos acuáticos; como se muestra en la tabla N°1. (Liu N., 2016, p.2).

Tabla N°1: Potencias tóxicas de cuatro categorías de PPCP para los organismos acuáticos

Categoría	Productos químicos	Especies	Clase	Efecto
antibiótico	sulfametoxazol	<i>Caenorhabditis elegans</i>	Gusano	Morfología
antibiótico	tetraciclina	<i>Gambusia holbrooki</i>	Pez	Bioquímico
antibiótico	norfloxacin	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Alage	Población
antibiótico	claritromicina	<i>Pseudokirchneriella subcapitata</i>	Alage	Población
antibiótico	eritromicina	<i>Synechococcus leopoliensis</i>	Alage	Población
antibiótico	ofloxacin	<i>Microcystis aeruginosa</i>	Alage	Población
antibiótico	sulfapiridina	<i>Lemna Gibba</i>	Alage	Población
antibiótico	roxitromicina	<i>subcapitata</i>	Alage	Población
antibiótico	sulfadiazina	<i>Phaeodactylum tricorutum</i>	Alage	Población
antibiótico	trimetoprima	<i>Brachionus koreanus</i>	Rotífero	Genético
antibiótico	enrofloxacin	<i>Penaeus monodon</i>	Crustáceo	Crecimiento

antibiótico	clorotetraciclina	<i>Oreochromis niloticus</i>	Pez	Crecimiento
antibiótico	oxitetraciclina	<i>Egeria densa</i> - <i>Población</i>	Planta	Población
antibiótico	ciprofloxacina	<i>Lemna Gibba</i>	Planta	Población
antibiótico	tilosina	<i>Lemna Gibba</i>	Planta	Población
antibiótico	sulfametazina	<i>Lemna Gibba</i>	Planta	Población
antibiótico	cefalexina	<i>Lemna Gibba</i>	Planta	Población
antibiótico	sulfametoxipiridazina	<i>Chlorella fusca</i> var. <i>vacuolata</i>	Alage	Población
hormona	17β-etinil estradiol	<i>Oryzias latipes</i>	Pez	Morfología
hormona	testosterona	<i>Oncorhynchus kisutch</i>	Pez	Reproducción
hormona	17β-estradiol	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Pez	Reproducción
hormona	estrone	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Pez	Vitelina
hormona	estriol	<i>Oryzias latipes</i>	Pez	Escotilla
hormona	androstenediona	<i>Poecilia reticulata</i>	Pez	Morfología
hormona	dietilestilbestrol	<i>Nitocra Spinipes</i>	Copépodo	Reproducción
otros	cafeína	<i>Salmo salar</i> ^c	Pez	Crecimiento
otros	ibuprofeno	<i>Gammarus pulex</i>	Crustáceos	Comportamiento
otros	gemfibrozil	<i>Danio rerio</i> ^c	Pez	Genético
otros	diclofenaco	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Pez	Morfología
otros	carbamazepina	<i>Gammarus pulex</i>	Crustáceos	Comportamiento
otros	indometacina	<i>Danio rerio</i> ^c	Pez	Reproducción
otros	ácido clofíbrico	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Pez	Morfología
otros	propranolol	<i>Oryzias latipes</i>	Pez	Hormona
otros	naproxeno	<i>Limnodynastes peronii</i> ^d	Anfibios	De desarrollo

otros	ácido salicílico	<i>Daphnia longispina</i>	Crustáceos	Reproducción
otros	iopromida	<i>Daphnia magna</i>	Crustáceos	Reproducción
PCP	nonilfenol	<i>Danio rerio</i> ^c	Pez	Genético
PCP	tonalide	<i>Dreissena polymorpha</i> ^d	Moluscos	Fisiológico
PCP	triclocarban	<i>Americamysis bahia</i> ^c	Crustáceos	Reproducción
PCP	galaxólido	<i>Dreissena polymorpha</i> ^d	Moluscos	Fisiológico
PCP	El bisfenol A	<i>Oryzias latipes</i>	Pez	Reproducción
PCP	triclosán	<i>Ruditapes philippinarum</i>	Moluscos	Reproducción
PCP	ftalato de di (2-etilhexilo)	<i>Oryzias latipes</i>	Pez	De desarrollo
PCP	traseolide	<i>cruciano</i>	Pez	Fisiológico
PCP	fantasma	<i>cruciano</i>	Pez	Fisiológico
PCP	Ftalato de dibutilo	<i>Danio rerio</i> ^c	Pez	Bioquímico
PCP	cetona de almizcle	<i>Danio rerio</i> ^c	Pez	Fisiológico
PCP	ftalato de dietilo	<i>Danio rerio</i> ^c	Pez	Genético
PCP	ftalato de di-n-octilo	<i>Haliotis diversicolor</i>	Moluscos	De desarrollo
PCP	ftalato de dimetilo	<i>Haliotis diversicolor</i>	Moluscos	De desarrollo

De la tabla 1 de 18 antibióticos, 13 de ellos parecen ser más tóxicos para los productores primarios y los otros 5 antibióticos fueron más tóxicos para los animales acuáticos. En comparación, los vertebrados acuáticos eran más sensibles a los efectos de los PCP y los peces eran más sensibles a las hormonas y otros productos farmacéuticos.

Además, suponen graves riesgos ecológicos en ecosistemas fluviales con una exposición crónica incluso a bajas concentraciones y pueden causar una serie de efectos adversos, como la toxicidad acuática, la alteración endocrina y la resistencia a los antibióticos (Wilkinson John et al., 2017, p.2).

La presencia a largo plazo de estos contaminantes orgánicos, debido a su no biodegradabilidad, estabilidad química, alta lipofilicidad, solubilidad, persistencia y comportamientos bioacumulativos y transporte a largo plazo en diversas matrices ambientales, representan un riesgo crítico para la salud humana y ecosistema (Liu Na et al., 2020, p.2).

Así también, los metales pesados son el grupo principal de contaminantes inorgánicos., ya que estos contaminantes ambientales son indestructibles, y la mayoría de ellos demuestran efectos tóxicos para los organismos vivos si exceden los niveles naturales específicos (Chen Chong et al., 2021, p.2). La distribución y toxicidad de estos microcontaminantes químicos antropogénicos en el ambiente acuático dependen no solo de la estructura química de los contaminantes (Singh Swati et al., 2016, p.4).

Pero también las características únicas de cada compartimento ambiental (suelo, sedimentos, aguas superficiales y subterráneas), la naturaleza o propiedades físico-químicas de estos compuestos (solubilidad, volatilidad, biodegradación y propiedades de adsorción), y objetivos biológicos (peces, aves y humanos) (Abdel Satar A. et al., 2017, p.3).

Debido a ello, se necesitan acciones serias para abordar la eliminación, limpieza, rectificación y eliminación cuidadosa de estos CE en todo el mundo (Gul Mir A. et al., 2022, p.116). Hay varias tecnologías de recuperación utilizadas para la limpieza ambiental de estos contaminantes y, entre ellas, la fitorremediación es uno de los métodos que comprende un conjunto de tecnologías únicas que utilizan la capacidad de las plantas para limpiar los contaminantes ambientales (orgánicos / inorgánicos) (Tripathi S. et al., 2020, p.3).

Las fitotecnologías tienen el potencial de reducir la cantidad y / o la toxicidad de agentes / químicos nocivos y, por lo tanto, prevenir la exposición humana a sustancias peligrosas. Como tal, las fitotecnologías son una herramienta para la prevención primaria en el contexto de la salud pública (Zhang Fangdong et al., 2019, p.2). Los avances de la investigación demuestran que las fitotecnologías se pueden adaptar de forma única para una prevención eficaz de la exposición para una variedad de aplicaciones, además de la prevención de la exposición. Presenta

diversas ventajas en la salud pública y la comunidad, debido a ello se muestra la tabla N°2.

Tabla N°2: Resumen de las ventajas de la fitotecnología enfocado en la salud pública

Ventajas técnicas
<ul style="list-style-type: none"> • pasivo e <i>in situ</i> • controla de forma inherente la erosión, la escorrentía, la infiltración y las emisiones fugitivas de polvo • aplicable a ubicaciones remotas, potencialmente sin acceso a servicios públicos (en algunos casos requiere una fuente de riego suplementaria, pero puede ser solar o eólica) • se puede utilizar para complementar otros enfoques de remediación o como un paso de pulido • se puede instalar como medida preventiva, posiblemente como un sistema de detección de fugas • se puede utilizar para identificar y mapear la contaminación
Beneficios para la comunidad / desarrollo de capacidades
<ul style="list-style-type: none"> • La percepción pública favorable proporciona una oportunidad educativa comunitaria. • mejora la estética, reduce el ruido • crea hábitat (puede ser una desventaja, una molestia atractiva) • proporciona restauración y recuperación de tierras durante la limpieza y una vez finalizada • puede ser rentable • tiene el potencial para el desarrollo de capacidades a través de la participación de la comunidad en el mantenimiento, administración, etc.
Reducción de la contaminación y conservación de recursos
<ul style="list-style-type: none"> • menor mantenimiento, resiliente y autorreparable • considerada una tecnología verde y sostenible • energía eólica y solar • mejora la calidad del aire y secuestra los gases de efecto invernadero

- Emisiones mínimas al aire, descarga de agua y generación de desechos secundarios.

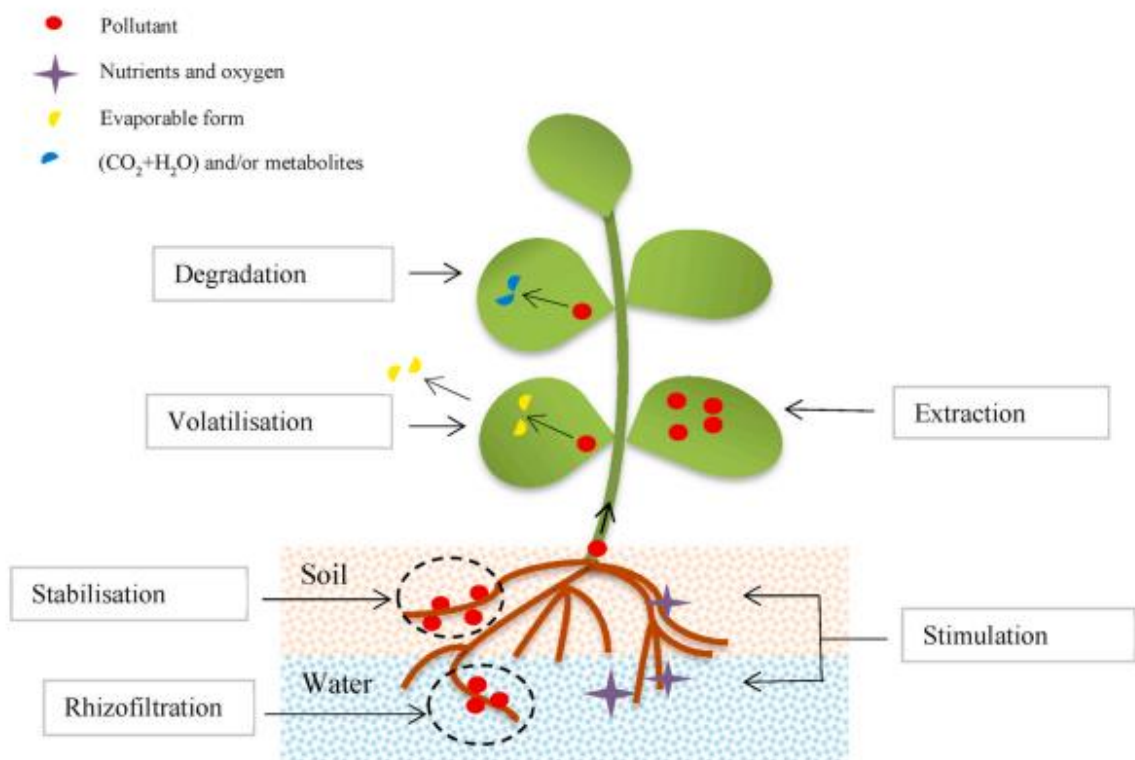
Fuente: Ibañez Sabrina G. et al., 2016

Las “fitotecnologías” son enfoques basados en plantas que se utilizan para detectar, degradar, eliminar o contener contaminantes en el suelo, las aguas subterráneas, las aguas superficiales, los sedimentos o el aire (Rezanina S. et al., 2016, p.2).

Entre las fitotecnologías la fitorremediación es el método de remediación más eficaz y actualmente recibe mucha atención por la degradación de contaminantes en áreas extensas, amplia aplicabilidad, naturaleza ecológica y rentabilidad (Iqbal N. et al., 2019, p.531).

Las plantas han sido ampliamente explotadas para la acumulación, secuestro o metabolización de contaminantes orgánicos e inorgánicos en suelos y aguas residuales como se muestra en la Figura N°2, donde se detalla los procesos de la fitorremediación de acuerdo con Francini Alessandra et al., (2018, p.9).

Figura N°2: Principales procesos de fitorremediación



Fuente: Francini Alessandra et al., 2018

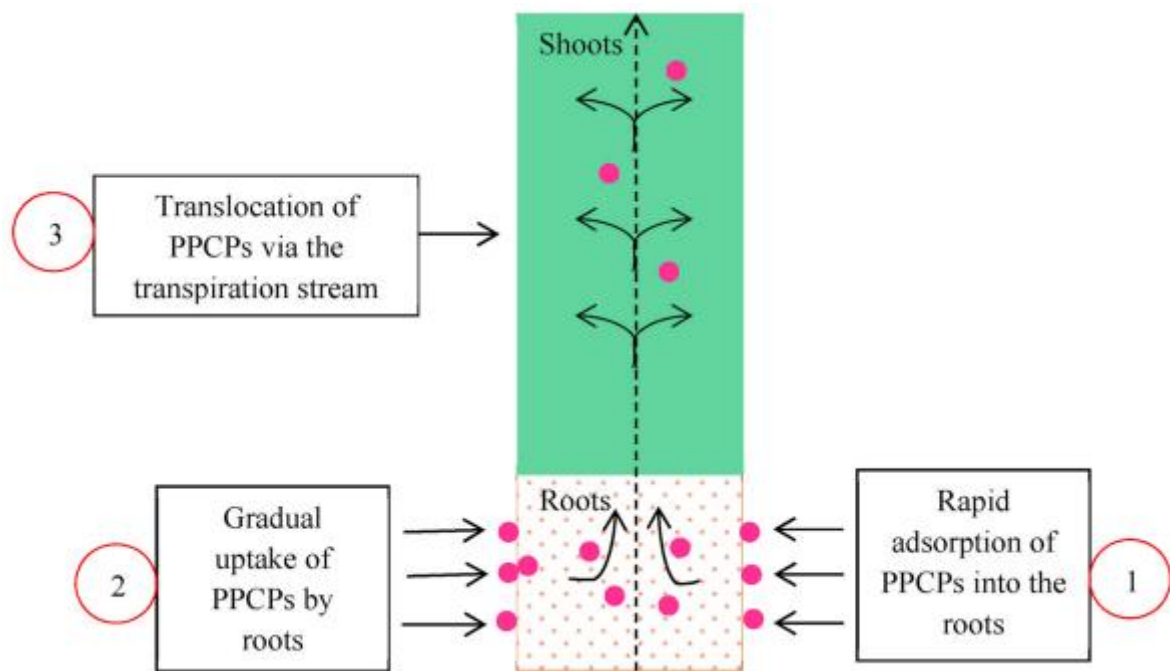
De acuerdo a la figura 2, se muestra los principales procesos que contribuyen a controlar los contaminantes durante la fitorremediación, incluyendo la estabilización, degradación, extracción, estimulación, rizofiltración y volatilización.

Esta gama de procesos, aunque se aplicó por primera vez para la eliminación de contaminantes inorgánicos, gradualmente ha demostrado ser eficaz para el tratamiento de contaminantes orgánicos (Dhir Bhupinder, 2020, p.6). La fitotecnología al utilizar plantas para limpiar ambientes contaminados, es considerado una tecnología verde y ecológica que ha ganado importancia sobre los métodos tradicionales de descontaminación que son más disruptivos (Zhao Li et al., 2016, p.1).

El concepto de utilizar plantas para la remediación biológica surgió hace algunas décadas cuando se demostró su capacidad para acumular grandes cantidades de metales tóxicos y / o metabolizar compuestos orgánicos en sus tejidos u órganos (Wang xiaoming et al., 2016, p.796). Además, esta tecnología permite la restauración de ambientes contaminados con bajos costos y bajos impactos colaterales (Cheng Miaomiao et al., 2017, p.2).

En otras palabras, las plantas pueden absorber, acumular y / o metabolizar ambos tipos de contaminantes, así como también pueden apoyar el crecimiento y desempeño de los microbianos degradadores de contaminantes (Mader Anthony et al., 2021, p.1). Es así que se muestra la figura N°3 los procesos que tienen los CE por parte de las plantas.

Figura N°3: Procesos de captación y translocación de los PPCP por parte de las plantas



Fuente: Ramprasad C. et al., 2017

Como se demuestra en Figura 3 En detalle, se hipotetiza que ocurren inicialmente dos pasos principales a saber, la rápida adsorción de los PPCP en la superficie de la rizosfera seguida de una absorción gradual a través de la rizosfera de la planta. La absorción pasiva de los contaminantes orgánicos solubles del agua del suelo a la planta se rige principalmente por el proceso de transpiración a través de los vasos de la xilema y la traqueida (Vo Xuan T. et al., 2018, p.94).

En cuanto a los contaminantes inorgánicos, las raíces suelen ser capaces de absorberlos mediante un proceso conocido como fitoextracción, que promueve la limpieza del suelo o las aguas residuales (Sutar Rahul S. et al., 2019, p.11). Este proceso depende en gran medida del estado redox y de la especiación química además de las especies vegetales. A diferencia de muchos contaminantes orgánicos, los inorgánicos no se pueden degradar química o biológicamente (Dordio A. y Carvalho A., 2018, p.7).

Se absorben a través de proteínas transportadoras de membrana específicas (en el caso de metales que son nutrientes en sí mismos) o se incorporan

inadvertidamente, utilizando otros transportadores de proteínas, debido a la similitud química con los nutrientes de las plantas (Nguyen Phuong M. et al., 2019, p.21). Una vez quelados los contaminantes inorgánicos, se almacenan en la vacuola o se exportan al brote a través de la xilema para evitar la acumulación citoplasmática y la toxicidad, pero en muchos casos siguen provocando estrés oxidativo y desequilibrio de nutrientes esenciales (Wagner Thomas V. et al., 2018).

Mientras tanto, la eliminación eficiente de contaminantes orgánicos debe considerar la sorción (unión a la superficie de la raíz y las paredes celulares) y la absorción por las células vegetales impulsada por la difusión simple ya que los transportadores específicos para los xenobióticos en las membranas celulares no se han descrito (Madikizela L. et al., 2018, p.3). La transformación de contaminantes orgánicos en compuestos menos tóxicos (a menudo menos fitotóxicos) por parte de las plantas se llama fitotransformación, en algunos casos incluso ocurre fitodegradación (Abdullah S. et al., 2020, p.4).

En la tabla 3 se detalla 20 antecedentes de estudios que emplearon plantas como fito tecnología para la eliminación de CE.

Tabla N°3: Tabla de antecedentes

CE	Especie de planta	Resultado	Bibliografía
Bisfenol A Ciprofloxacina Sulfametoxazol	<i>Juncus acutus</i>	Este estudio indica que los humedales artificiales (CW), como sistemas terciarios de tratamiento de aguas residuales, pueden demostrar altas tasas de eliminación para algunos contaminantes orgánicos emergentes (EOC), pero no para todos. Esto implica que cada COE identificado en la corriente de alimentación debe probarse	Christofilopoulos S. et al., 2019

		asiduamente analizando los efluentes finales antes de su reutilización o descarga en cuerpos de agua.	
Acetaminofen o Diclofenaco	<i>M. aquaticum</i> <i>M. aquaticum</i> <i>Egeria densa</i> <i>Ceratophyllum demersum</i>	El estudio mostró que las macrófitas acuáticas utilizadas son herramientas adecuadas para la remediación de contaminantes mixtos.	Calado Loise S. et al., 2019
Atenolol	<i>Phragmites australis</i> <i>Salix matsudana</i> <i>Koidz.</i>	Los datos demostraron que <i>P. australis</i> eliminó eficazmente NP, diclofenac y atenolol, mientras que <i>S. matsudana</i> eliminó preferentemente NP 1 EO, NP 2EO, ketoprofeno y triclosán. Se podría aprovechar una selección específica de plantas utilizadas en AQ para la eliminación de xenobióticos específicos de las aguas residuales	Francini Alessandra et al., 2018
Atrazina	<i>Typha angustifolia</i>	Los resultados indicaron que Cattail <i>Typha angustifolia</i> fue capaz de remediar las PPCP en diversas extensiones, con factores de bioconcentración que van hasta 2000 y la idoneidad para la fitorremediación depende de las propiedades físico-químicas como la hidrofiliidad y la lipofiliidad de estas PPCP.	Wang Yujue et al., 2019
Diazepam	<i>Salix exigua</i>	Estos hallazgos sugieren la eliminación de los productos farmacéuticos como un servicio ecosistémico no reconocido proporcionado por la vegetación	Franks C. et al., 2019

		ribereña y especialmente el sauce de banco de arena tolerante a las inundaciones.	
Cafeína	<i>Echinodorus horemanii</i> <i>Eichhornia crassipes</i>	Los hallazgos del estudio pueden ser útiles para el diseño e implementación de sistemas de fitorremediación , así como ayudar a futuras iniciativas de modelado y evaluación de riesgos para estos contaminantes orgánicos emergentes .	Pi et al., 2017
Diclofenaco	<i>Echinodorus horemanii</i> <i>Eichhornia crassipes</i>		
Triclosan	<i>Echinodorus horemanii</i> <i>Eichhornia crassipes</i>		
Carbamazepina Diclofenaco	Lechugas	Los resultados muestran que las hojas presentaron los mayores niveles de absorción y mayores factores de bioconcentración en el caso de anticonvulsivo carbamazepina (CBZ); sin embargo, en el caso de antiinflamatorio diclofenaco (DCF), por el contrario, los niveles más altos de absorción y los mayores factores de bioconcentración se observaron en las raíces.	González García M. et al., 2018
Ácido carboxílico Ibuprofeno	<i>Tipha angustifolia</i>	Durante un período de 342 días, el ibuprofeno se acumuló en la vaina foliar y los tejidos de la lámina a una concentración media de 160,7 ng g ⁻¹ , lo que indica la aparición de fitoextracción de ibuprofeno.	Li Yifei et al., 2016
Propilenglicol	<i>Phragmites australis</i>	El dodecilsulfato de sodio que se encontró que era recalcitrante fue absorbido como máximo (58.2%)	Ramprasad C. y Philip L., 2018

Trimetilamina (N,Ndimetilmetanamina)		a la superficie del suelo seguido de trimetilamina y propilenglicol. Por lo tanto, un sistema de tratamiento que combine la adsorción, la biodegradación y la absorción de la planta será la opción viable para eliminar los surfactantes y los productos de cuidado personal del agua contaminada.	
Propilenglicol Sulfato de dodecilo de sodio Trimetilamina (N,Ndimetilmetanamina)	<i>Phragmites australis</i>	Las eficiencias de eliminación de SDS, PG y TMA en VFCW para diferentes condiciones operativas fueron de alrededor del 89%, 95% y 98%, respectivamente. En el caso de HFCW, las eficiencias de eliminación fueron del 85%, 90% y 95% para SDS, PG y TMA, respectivamente. El agua tratada de ambos sistemas cumplía con los límites estándar de USEPA para su reutilización.	Ramprasad C. y Philip L., 2016
12 productos farmacéuticos	<i>Phragmites australis</i>	Se obtuvo una excelente eliminación de los productos farmacéuticos objetivo en la CW a gran escala (> 90%) y, como resultado, el riesgo acuático se estimó bajo.	Auvinen Hannele et al., 2017
Sulfamethoxazole Carbamazepina Tris (2-cloroetilo) fosfato Sucralosa	<i>Phragmites australis</i>	La recirculación garantizó una elevada eliminación de nitrógeno ($89 \pm 5\%$ en verano, $77 \pm 7\%$ en invierno).	Ávila Cristina et al., 2017

Cafeína Fluoxetina Trimetoprima N,N-dietil- meta toluamida			
Ibuprofeno Hidroxi- buprofeno Carboxi- buprofeno	<i>Phragmites australis</i> <i>Phalaris arundinacea</i>	Los resultados concuerdan con el hecho general de que el ibuprofeno y sus metabolitos no se eliminan con alta eficacia en condiciones anóxicas o anaeróbicas y que OH-IBU es el compuesto menos eliminado.	Brezinova Tereza D. et al., 2018
Triclosan Sulfametoxazol	<i>Phalaris arundinacea</i>	Estos resultados refuerzan la robustez y el potencial de los humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con productos farmacéuticos y de cuidado personal (PPCP).	Button Mark et al., 2019
Cafeína Ibuprofeno Naproxeno Benzotriazol Diclofenaco Acesulfamo Carbamazepina	<i>Phragmites australis</i>		Kahl Stefanie et al., 2017
Diclofenaco Sulfamethoxazole	<i>Miscanthus giganteus</i> <i>Iris pseudacorus</i> <i>Acorus calamus</i> <i>Lythrum salicaria</i>	x El miscanthus gigante que crece en el CW-1 no se vio afectado por las altas concentraciones de DCF y SMX en contraste con las macrófitas emergentes (en la isla flotante) o las plantas flotantes presentes en el CW-2, que no se	Sochacki Adam et al., 2018

	<i>Lemna minor</i> <i>Myriophyllum aquaticum</i>	adaptaron a la presencia de los productos farmacéuticos.	
Ibuprofeno Iohexol	<i>Typha latifolia</i> <i>Phragmites australis</i> <i>Iris pseudacorus</i> <i>Juncus effusus</i> <i>Berula erecta</i>	El análisis de regresión en IBU demostró que el 64% de la variación en la eficiencia de eliminación podría explicarse por la temperatura, NH ₄ -N y OD. En contraste, la correlación de remoción de IOH con cualquiera de las variables estudiadas solo representó el 10.6% de la variación de remoción observada.	Zhang Yang et al., 2017
Sulfamethoxazole	<i>Phragmites australis</i> <i>Typha orientalis</i> <i>Vetiveria zizanioides</i> <i>Canna indica</i>	En conclusión, los CW pueden ser una tecnología potencial para eliminar de manera eficiente los antibióticos similares a SMX de las aguas residuales salinas (CE <30 mS / cm).	Liang Yinxiu et al., 2018
Acetaminofeno	<i>Scirpus validus</i>	La contribución de los factores de eliminación varió con la concentración inicial de ACT. En la concentración baja de TCA (es decir, 1 ppb), la absorción por parte de las plantas fue la dominante, seguida de la eliminación microbiana y fotolítica. Por el contrario, en la concentración alta de TCA (es decir, 100 ppb), la eliminación microbiana y fotolítica fueron los factores dominantes.	Phong Vo et al., 2016
18 Productos farmacéuticos	<i>Phragmites australis</i> <i>Lemna</i> <i>Iris pseudacorus</i>	La biodegradación de la mayoría de las sustancias se mejora por la presencia de superficies	Ruhmland S. et al., 2016

	<i>Scirpus sp.</i> <i>Carex sp.</i>	microbianamente activas como las que proporciona el sedimento en el estanque y, en mayor medida, por el paso del filtro en el humedal construido de flujo subterráneo (SSF).	
--	--	--	--

Elaboración propia

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La presente investigación es de tipo aplicada, siendo esto descrito por Veland Siri, et al., (2018, p.14), como aquella que busca resolver los problemas que acarrearán a la sociedad, aplicando directamente los conocimientos adquiridos, así mismo este tipo de investigación se aplica porque se va a estudiar y analizar diversos estudios a nivel mundial que traten de las fitotecnologías para aplicar lo aprendido en el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes y así generar nuevas propuestas de solución para la sociedad.

Así mismo, el diseño es bibliográfico, de acuerdo con Mike Allen, 2017, (p.1), la investigación bibliográfica puede definirse como cualquier investigación que requiera la recopilación de información a partir de materiales publicados; estos materiales pueden incluir recursos más tradicionales como libros, revistas, periódicos e informes, pero también pueden consistir en medios electrónicos como grabaciones de audio y vídeo, y películas, y recursos en línea como sitios web, blogs y bases de datos bibliográficas. Es por tal motivo que la investigación empleará un diseño bibliográfico, ya que, se recopilará estudios literarios de los últimos 5 años para realizar el análisis sistemático de la información obtenida por sus autores y aplicarlos al presente estudio.

3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización

Las categorías y sub categorías elaboradas de acuerdo a los problemas y objetivos específicos se detallan en la tabla 4.

Tabla N° 4: Matriz de categorización apriorística

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	CATEGORÍAS	SUB CATEGORÍAS	CRITERIO 1	CRITERIO 2
¿Cuáles son las especies de plantas más obtenidas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes?	Analizar las especies de plantas más obtenidas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes	Especies de plantas más obtenidas (Dhir Bhupinder, 2020, p.6).	<ul style="list-style-type: none"> • Especie de planta • Clase de planta • Familia de planta (Zhang Fangdong et al., 2019, p.2).	De acuerdo a la cantidad de veces empleado	De acuerdo al tipo de planta usada
¿Cuáles son las fitotecnologías más empleadas para el tratamiento de contaminantes orgánicos	Definir las fitotecnologías más empleadas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e	Fitotecnologías más empleadas (Sutar Rahul S. et al., 2019, p.11).	<ul style="list-style-type: none"> • Fitorremediación • Fitosecustración • Hiperacumuladores (Chen Chong et al., 2021, p.2).	De acuerdo al porcentaje de remoción de contaminantes	De acuerdo al CE presente

e inorgánicos emergentes?	inorgánicos emergentes				
¿Cuál es el método de acción de las fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes?	Clasificar el método de acción de las fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes	Método de acción de las fitotecnologías (Wang xiaoming et al., 2016, p.796).	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminación de contaminantes • Almacenamiento de contaminantes • Acumulación de contaminantes 	De acuerdo al CE presente	De acuerdo a la cantidad de veces empleado
			(Vo Xuan T. et al., 2018, p.94).		

Fuente: Elaboración propia

3.3. Escenario de estudio

El presente trabajo de investigación al ser una investigación aplicada no contará con un lugar en físico donde se realizarán los hechos, debido a que se usarán estudios literarios a nivel mundial se va a tomar como escenario a los lugares de campo, laboratorios y otros en los cuales los autores hayan aplicada los tratamientos de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes usando las diversas fitotecnología existentes.

3.4. Participantes

Los participantes a tomar en cuenta en el estudio son los portales web, que permiten generar la indagación y extracción de los diversos artículos científicos que servirán para solucionar nuestro problema general planteado; siendo 3 páginas virtuales institucionales las cuales sirvieron para la extracción de literaturas científicas en diversos idiomas; scielo, scopus y sciencedirect.

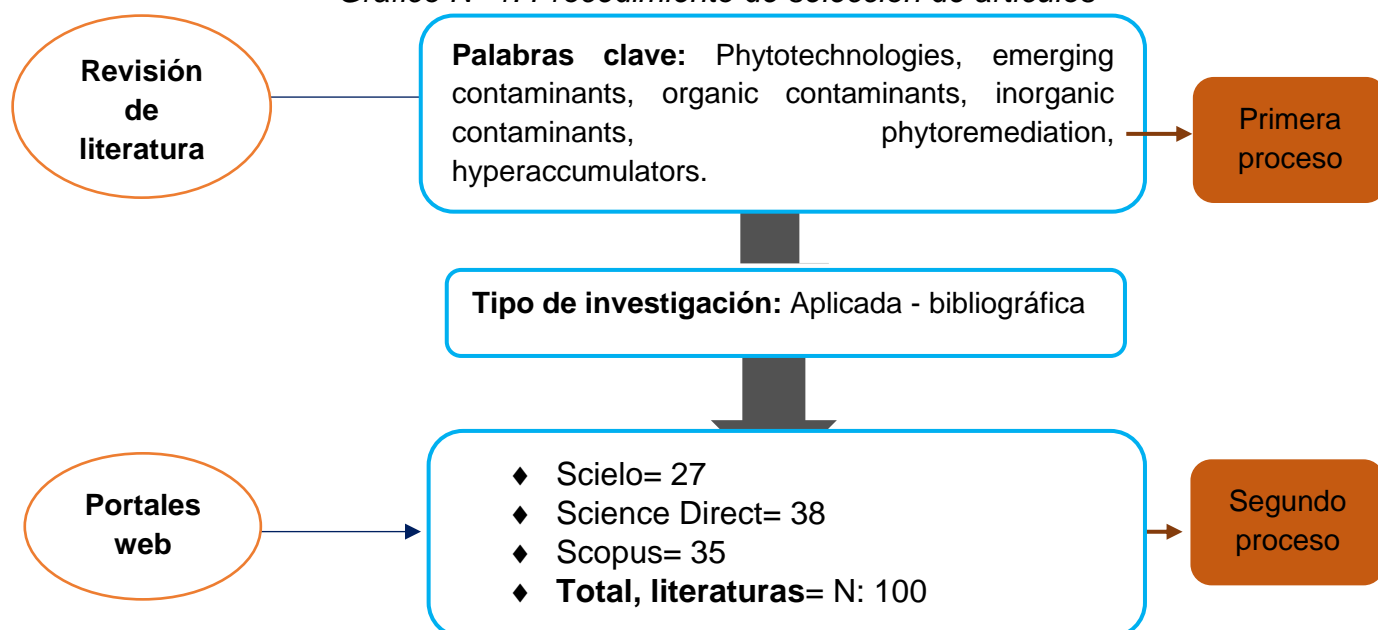
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

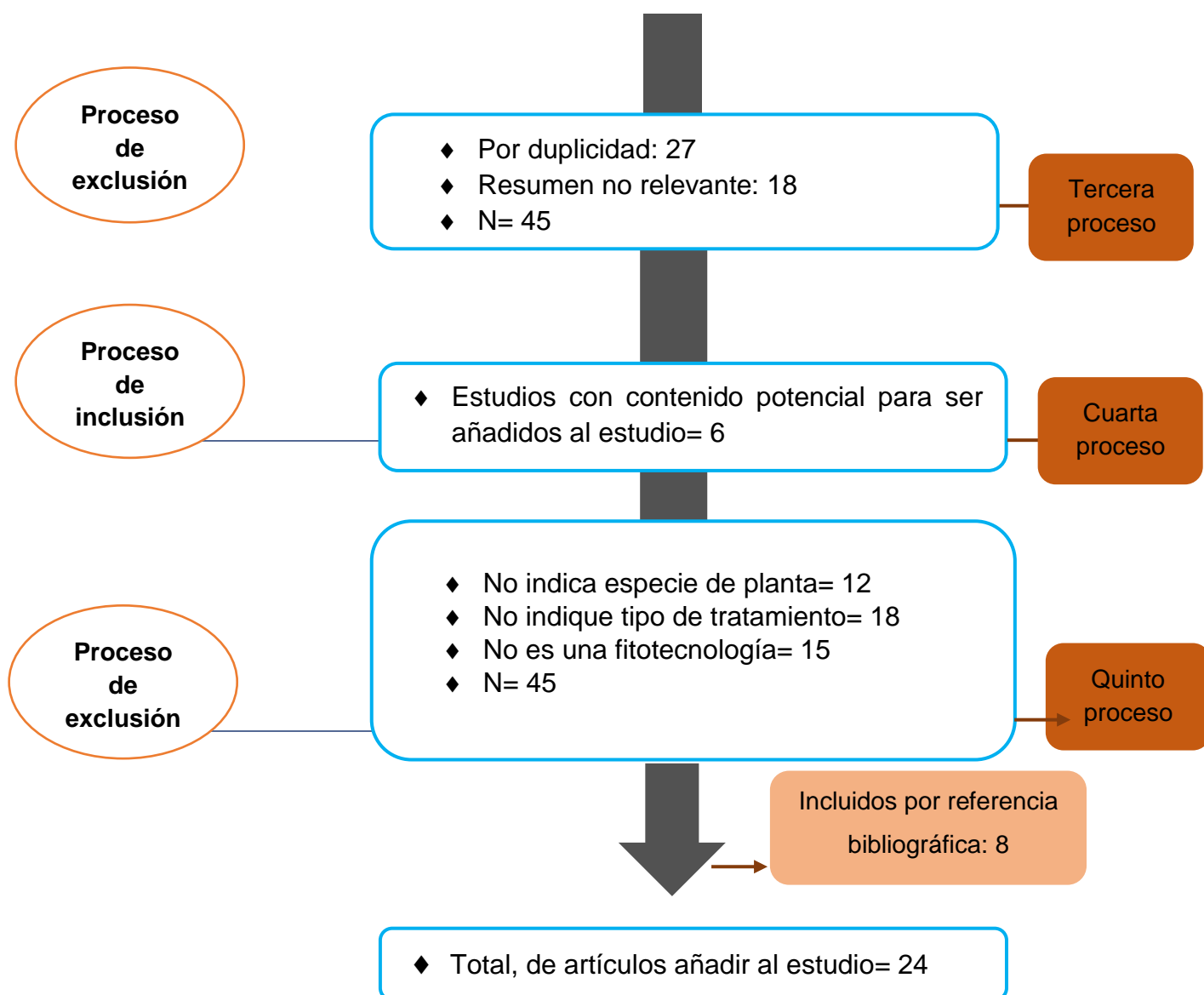
La técnica usada fue el análisis documental o análisis de contenido y el instrumento de recolección de datos la ficha de análisis.

Hernández et al., (2014, p. 415), menciona que la técnica de análisis de contenido es usada para generar la síntesis de uno o varios estudios literarios, donde el investigador estudiará y extraerá la información que permita mediante puntos exactos la información que resuma el documento original; siendo así esta técnica usada mediante la aplicación de la ficha de análisis de contenido encontrada en el Anexo N°1, la cual permite detallar datos del autor y del estudio, tales como: problema, tipos de Fito tecnologías, clasificación de contaminantes emergentes, metodología, resultados y conclusión; generando de esta manera mediante una ficha la facilidad hacia los lectores para una búsqueda rápida.

3.6. Procedimientos

Gráfico N° 1: Procedimiento de selección de artículos





Elaboración propia

3.7. Rigor científico

Este estudio cumple con el rigor científico ya que presenta 4 criterios científicos; siendo la dependencia, confirmabilidad, transferencia y credibilidad, los que avalan lo dicho (Guba y Lincoln, 1989, pp. 241-243):

La dependencia muestra el poder del investigador para brindar información coherente, con lógica y con suficiente dato que avale su veracidad; ello es difícil de

conseguir ya que son datos que se extraen de otros estudios, pero de ello depende la habilidad del investigador. Este criterio se consigue brindando ejemplos de estudios que valen o respalden la información proporcionada, para así dar mayor peso a lo que se desea mostrar.

El criterio de credibilidad es como el investigador mediante un exhaustivo análisis presenta resultados parecidos o iguales o los que presentan otros autores, y ello permite que los lectores puedan tener la certeza que la información brindada coherente. Este criterio se obtuvo mediante la ayuda de la matriz donde se generan categorías y sub categorías que permitieron realizar resultados exactos que permitan comparar con los resultados presentados por otros autores.

El criterio de transferibilidad es señalado por los lectores como la posibilidad que presentan para poder transferir los datos de un estudio a otro, encontrando suficientes argumentos e información que pueda permitir aplicarlo a otro contexto y realidad problemática. Este criterio se obtuvo mediante el uso de diversas informaciones que avalen, respalden y apoyen la información usada en el presente estudio, para que futuros investigadores puedan continuar con lo brindado.

La auditabilidad es el poder del estudiante o investigador para seguir con los pasos dejados por los autores en sus estudios, de esta manera continuar con una nueva investigación. Este criterio se generó mediante la información proporcionada que se brindó a lo largo del estudio detallando así datos como la metodología usada, y los artículos que fueron utilizados, pudiéndose encontrar en cada cita y bibliografías, para poder continuar con un nuevo trabajo de investigación.

3.8. Método de análisis de información

El método de análisis usado es la triangulación, ya que, la triangulación teórica se refiere a la comparación, evaluación y / o prueba de múltiples teorías o conceptos. Es así que mediante la triangulación se aplicó la matriz apriorística la cual permitió generar las categorías y sub categorías detalladas en los resultados; siendo descritas a continuación:

Categorías:

Especies de plantas más obtenidas

Fitotecnologías más empleadas

Método de acción de las fitotecnologías

Subcategorías:

- ✓ Especie de planta
- ✓ Clase de planta
- ✓ Familia de planta

- ✓ Fitorremediación
- ✓ Fitosecuestación
- ✓ Hiperacumuladores

- ✓ Eliminación de contaminantes
- ✓ Almacenamiento de contaminantes
- ✓ Acumulación de contaminantes

3.9. Aspectos éticos

Los aspectos éticos cumplidos en el presente estudio de investigación son el respeto a la autoría, el cual se demuestra mediante la debida cita de los autores mediante la Norma ISO 690, así como el uso de la guía de productos observables de la Universidad Cesar Vallejo, por último, la autenticidad de la información se corroboró mediante el programa anti plagio Turnitin.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo con la búsqueda de determinar los aspectos más relevantes en la aplicación de fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes se buscó resolver 3 objetivos, siendo el primero detallado en la tabla 5.

Tabla N°5: Especies de plantas usadas como tratamiento de CE

CE	Especie de planta	Clase	orden	Bibliografía
Bisfenol A Ciprofloxacina Sulfametoxazol	<i>Juncus acutus</i>	Liliopsida	Juncaceae	Christofilopoulos S. et al., 2019
Acetaminofeno Diclofenaco	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Magnoliopsida	Haloragaceae	Calado Loise S. et al., 2019
	<i>Egeria densa</i>	Liliopsida	Alismatales	
	<i>Ceratophyllum demersum</i>	Dicotiledóneas	Ceratophyllales	
Atenolol	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Francini Alessandra et al., 2018
	<i>Salix matsudana Koidz</i>	Dicotiledóneas	Malpighiales	
Atrazina	<i>Typha angustifolia</i>	Liliopsida	Poales	Wang Yujue et al., 2019
Diazepam	<i>Salix exigua</i>	Dicotiledóneas	Malpighiales	Franks C. et al., 2019

Cafeína	<i>Echinodoru s horemanii</i>	Liliopsida	Alismatales	Pi et al., 2017
	<i>Eichhornia crassipes</i>	Liliopsida	Commelinal es	
Diclofenaco	<i>Echinodoru s horemanii</i>	Liliopsida	Alismatales	
	<i>Eichhornia crassipes</i>	Liliopsida	Commelinal es	
Triclosan	<i>Echinodoru s horemanii</i>	Liliopsida	Alismatales	
	<i>Eichhornia crassipes</i>	Liliopsida	Commelinal es	
Carbamazepina Diclofenaco	Lechugas	-	-	González García M. et al., 2018
Ácido carboxílico Ibuprofeno	<i>Typha angustifolia</i>	Liliopsida	Poales	Li Yifei et al., 2016
Propilenglicol Trimetilamina (N,Ndimetilmetana mina)	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Ramprasad C. y Philip L., 2018
Propilenglicol Sulfato de dodecilo de sodio Trimetilamina (N,Ndimetilmetana mina)	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Ramprasad C. y Philip L., 2016

12 productos farmacéuticos	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Auvinen Hannele et al., 2017
Sulfamethoxazole Carbamazepina Tris (2-cloroetilo) fosfato Sucralosa Cafeína Fluoxetina Trimetoprima N, N-dietil-meta toluamida	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Ávila Cristina et al., 2017
Ibuprofeno Hidroxiibuprofeno Carboxibuprofeno	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Brezinova Tereza D. et al., 2018
	<i>Phalaris arundinacea</i>	Liliopsida	Poales	
Triclosan Sulfametoxazol	<i>Phalaris arundinacea</i>	Liliopsida	Poales	Button Mark et al., 2019
Humedales	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Chen Yi et al., 2016
	<i>Phalaris arundinacea</i>	Liliopsida	Poales	
Cafeína Ibuprofeno Naproxeno Benzotriazol	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Kahl Stefanie et al., 2017

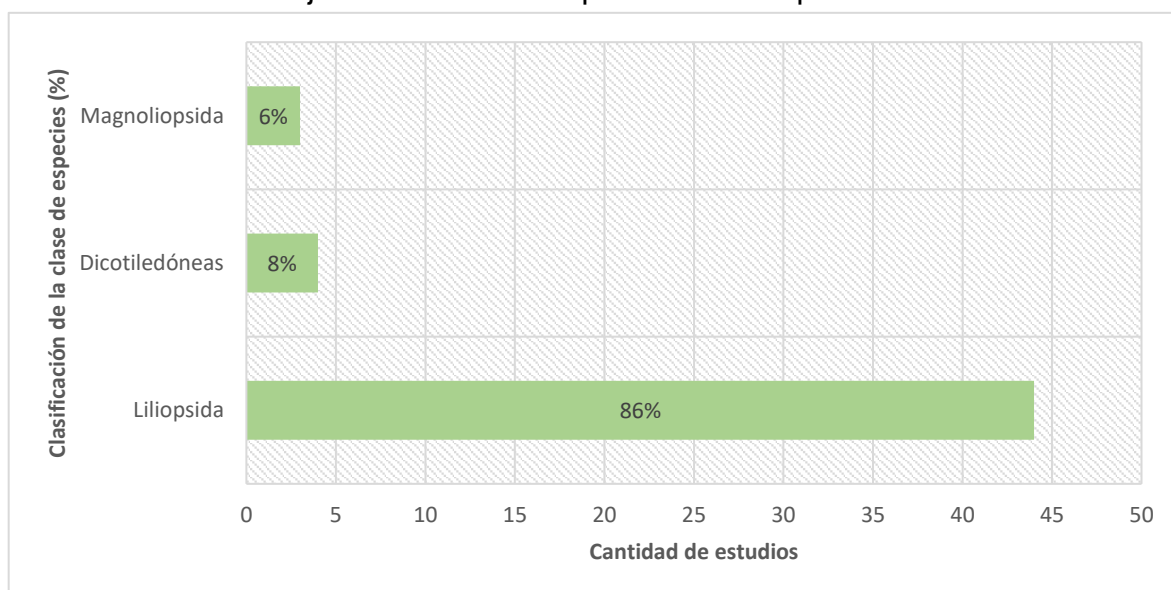
Diclofenaco Acesulfamo Carbamazepina				
Diclofenaco Sulfamethoxazole	<i>Miscanthus x giganteus</i>	Liliopsida	Poales	Sochacki Adam et al., 2018
	<i>Iris Pseudacoru s</i>	Liliopsida	Asparagales	
	<i>Acorus calamus</i>	Liliopsida	Acorales	
	<i>Lythrum Salicaria</i>	Dicotiledón eas	Myrtales	
	<i>Lemna minor</i>	Liliopsida	Alismatales	
	<i>Myriophyllu m aquaticum</i>	Magnoliopsi da	Saxifragales	
Ibuprofeno Iohexol	<i>Typha latifolia</i>	Liliopsida	Poales	Zhang Yang et al., 2017
	<i>Phragmites Australis</i>	Liliopsida	Poales	
	<i>Iris Pseudacoru s</i>	Liliopsida	Asparagales	

	<i>Juncus effusus</i>	Liliopsida	Poales	
	<i>Berula erecta</i>	Magnoliopsida	Apiales	
Sulfamethoxazole	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Liang Yinxiu et al., 2018
	<i>Typha orientalis</i>	Liliopsida	Poales	
	<i>Vetiveria zizanioides</i>	Liliopsida	Poales	
	<i>Canna indica</i>	Liliopsida	Zingiberales	
Acetaminofeno	<i>Scirpus validus</i>	Liliopsida	Poales	Phong Vo et al., 2016
18 Productos farmacéuticos	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Ruhmland S. et al., 2016
	<i>Iris Pseudacorus</i>	Liliopsida	Asparagales	
	<i>Scirpus sp.</i>	Liliopsida	Poales	
	<i>Carex sp.</i>	Liliopsida	Poales	
Cafeína Trimetoprima Sulfametoxazol Sucralosa	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Sgroi Massimiliano et al., 2018

N,N-dietil- metatoluamida				
Paracetamol	<i>Phragmites</i>	Liliopsida	Poales	Vymazal Jan et al., 2017
Cafeína	<i>Australis</i>			
Triclocarbán				
Furosemida				
Triclosán	<i>Phalaris</i>	Liliopsida	Poales	
Hidroclorotiazida	<i>arundinacea</i>			
Ibuprofeno	<i>a</i>			
Claritromicina				
Tramadol				
Metoprolol				
Diclofenaco				
Warfarina				
Ketoprofeno				
Gabapentina				
Un total de 12 productos farmacéuticos	<i>Phragmites australis</i>	Liliopsida	Poales	Vystavna Y. et al., 2017
	<i>Typha latifolia L.</i>	Liliopsida	Poales	
	<i>Scirpus sylvaticus L.</i>	Liliopsida	Poales	

Elaboración propia

Gráfico N°2: Porcentaje de la clase de especies más empleadas



Elaboración propia

De acuerdo al gráfico 2 respecto a la tabla 5, para analizar las especies de plantas más obtenidas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes se tiene que plantas de la clase Liliopsida de la orden Poales son las más empleadas con el 86% del análisis de los artículos científicos realizados.

Así mismo, las especies de plantas dentro de la clase de Liliopsidas con más recurrencia en los estudios son la *Typha angustifolia*, *Phragmites australis* y *Phalaris arundinacea*.

Es así que, investigadores como Pi et al., 2017 realizó la comparación de 3 pruebas para eliminar los contaminantes emergentes cafeína, diclofenaco y triclosan; donde en todas usó la liliopsida.

Así mismo, Ávila Cristina et al., 2017, Auvinen Hannele et al., 2017 y Ramprasad C. y Philip L., 2016; usaron al australis de la clase Liliopsida, afirmando que este tipo de plantas son capaces de remediar PPCP en diversas extensiones, con factores de bioconcentración que van hasta 2000 y la idoneidad para la fitorremediación.

También, el autor Ramprasad C. y Philip L., 2016, reafirma la eficiencia de eliminación de CE usando la especie *Phragmites australis*, de la clase Liliopsida.

Ayudando a los estudios anteriores se encuentra Calado Loise S. et al., 2019, quien realizó un estudio para eliminar los contaminantes emergentes dacetaminofeno y

diclofenaco, empleando tres clases diferentes de plantas *Myriophyllum aquaticum* de la clase Magnoliopsida, *Egeria densa* de la clase Liliopsida y *Ceratophyllum demersum* de la clase Dicotiledóneas; encontrando que la clase Liliopsida tiene mejores resultados representándolo de manera individual.

Por otro lado, en busca de objetivo general se buscó definir las fitotecnologías más empleadas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes; presentando los resultados en la tabla 6.

Tabla N°6: Clasificación de fitotecnologías más empleadas

Fitotecnología	CE	Especie de planta	% de remoción	Tiempo	Bibliografía
Humedales construidos mesocosmos	Bisfenol A	<i>Juncus acutus</i>	76.2%	2 días	Christofilopoulos S. et al., 2019
	Ciprofloxacina		93.9%		
	Sulfametoxazol		No indica		
Fitorremediación	Acetaminofeno Diclofenaco	<i>Myriophyllum aquaticum</i>	Diclofenaco: 93% Acetaminofeno: 100%	14 días	Calado Loise S. et al., 2019
		<i>Egeria densa</i>			
		<i>Ceratophyllum demersum</i>			
Humedales artificiales	Atenolol	<i>Phragmites australis</i>	84 a 100%	-	Francini Alessandra et al., 2018

		<i>Salix matsudana</i> Koidz			
Humedal artificial	Atrazina	<i>Typha angustifolia</i>	93%	-	Wang Yujue et al., 2019
Fitorremediación	Diazepam	<i>Salix exigua</i>	40 a 80%	24 horas	Franks C. et al., 2019
Fitorremediación	Cafeína	<i>Echinodorus horemanii</i>	90%	8 y 14 días	Pi et al., 2017
		<i>Eichhornia crassipes</i>			
Fitorremediación	Diclofenaco	<i>Echinodorus horemanii</i>	100%	8 y 14 días	
		<i>Eichhornia crassipes</i>			
Fitorremediación	Triclosan	<i>Echinodorus horemanii</i>	87%	8 y 14 días	
		<i>Eichhornia crassipes</i>			
Fitorremediación	Carbamazepina	Lechugas	83%	13 días	González García M. et al., 2018
	Diclofenaco		89%		

Humedal artificial	Ácido carboxílico Ibuprofeno	<i>Typha angustifolia</i>	>50%	342 días	Li Yifei et al., 2016
Humedal de flujo subterráneo vertical (HFCW) a escala piloto	Dodecilsulfato de sodio (SDS)	<i>Phragmites australis</i>	89%	oscila entre 8,9 días y 14,9 días	Ramprasad C. y Philip L., 2016
	Propilenglicol (PG)		95%		
	Trimetilamina (TMA)		98%		
Humedal de flujo subterráneo horizontal (VFCW) a escala piloto	Dodecilsulfato de sodio (SDS)	<i>Phragmites australis</i>	85%	oscila entre 8,9 días y 14,9 días	
	Propilenglicol (PG)		90%		
	Trimetilamina (TMA)		95%		
Humedales artificiales	Propilenglicol	<i>Phragmites australis</i>	19,2%	35 días	Ramprasad C. y Philip L., 2018
	Sulfato de dodecilo de sodio		20%		
	Trimetilamina (N,Ndimetilmetanamina)		14,5%		

Humedales construidos a escala completa	12 productos farmacéuticos	<i>Phragmites australis</i>	>90%	10 días	Auvinen Hannele et al., 2017
Humedales construidos	Sulfamethoxazol e	<i>Phragmites australis</i>	<10%	21 horas	Ávila Cristina et al., 2017
	Carbamazepina Tris (2-cloroetilo) fosfato		<10%		
	Sucralosa		<10%		
	Cafeína		80%		
	Fluoxetina		27%		
	Trimetoprima		<10%		
	N, N-dietil-meta toluamida		<10%		
Humedales construidos	Ibuprofeno	<i>Phragmites australis</i> + <i>Phalaris arundinacea</i>	44.7%	6.3 a 11.6 días	Brezinova Tereza D. et al., 2018
	Hidroxibuprofeno		29.3%		
	Carboxibuprofen o		47.5%		
Humedales construidos SSVF-CW/ mesocosmos/ s/	Triclosan	<i>Phalaris arundinacea</i>	100%	7 días	Button Mark et al., 2019
	Sulfametoxazol		99.9%		

recirculación operación					
Humedales construidos	Paracetamol	<i>Phragmites</i>	95 a 100%	5.4 a 12.9 días	Chen et al., 2016
	Cafeína	<i>australis</i>	93 a 99%		
	Naproxeno	<i>Phalaris</i>	73 a 90%		
	Furosemida	<i>arundinacea</i>	80 a 96%		
	Triclosán		62 a 91%		
	hidroclorotiazida		18 a 91%		
	Ibuprofeno		74 a 99%		
	Atenolol		58 a 99%		
	Tramadol		54 a 85%		
	Metoprolol		60 a 93%		
	Diclofenaco		63%		
	Ketoprofeno		47 a 91%		
Gabapentina		53 a 88%			
Humedales construidos	Cafeína Ibuprofeno Naproxeno	<i>Phragmites australis</i>	99%	5 días	Kahl Stefanie et al., 2017

	Benzotriazol Diclofenaco Acesulfamo Carbamazepina				
Humedales construidos Híbrido/ mesocosmos	Diclofenaco	<i>Miscanthus x giganteus</i>	77.6%	161 días	Sochacki Adam et al., 2018
	Sulfamethoxazole	<i>Iris Pseudacorus</i>	95.8%		
		<i>Acorus calamus</i>			
		<i>Lythrum Salicaria</i>			
		<i>Lemna minor</i>			
<i>Myriophyllum aquaticum</i>					
Humedales construidos SSVF-CW SSHF-CW mesocosmos	Ibuprofeno	<i>Typha latifolia</i>	29–99%	4 días	Zhang Yang et al., 2017
		<i>Phragmites Australis</i>			
		<i>Iris</i>			

		<i>Pseudocorus</i>			
		<i>Juncus effusus</i>			
		<i>Berula erecta</i>			
Humedales construidos con mesocosmos	Sulfamethoxazole	<i>Phragmites australis</i>	-73.1 a 74.8%	10 días	Liang Yinxiu et al., 2018
		<i>Typha orientalis</i>	-Con adición de nutrientes ⁷		
		<i>Vetiveria zizanioides</i>	0.1 a 76.3%		
		<i>Canna indica</i>			
Humedales construidos a escala de laboratorio	Acetaminofeno	<i>Scirpus validus</i>	55–99.5%	3 a 5 días	Phong Vo et al., 2016
Humedales construidos	18 Productos farmacéuticos	<i>Phragmites australis</i>	89%	4 a 11 días	Ruhmland S. et al., 2016
		<i>Iris Pseudocorus</i>	85%		

		<i>Scirpus sp.</i>	72%		
		<i>Carex sp.</i>	79%		
Humedales construidos	Cafeína	<i>Phragmites australis</i>	82 a > 90%	3.5 días	Sgroi Massimiliano et al., 2018
	Trimetoprima		87 a 99%		
	Sulfametoxazol		<30 a 64%		
	Sucralosa		No indica		
	N,N-dietilmetatoluamida		25–63%		
Humedales construidos	Paracetamol	<i>Phragmites Australis + Phalaris arundinacea</i>	91%	6.3 a 11.6	Vymazal Jan et al., 2017
	Cafeína		84%		
	Triclocarbán		>81%		
	Furosemida		75%		
	Triclosán		65%		
	Hidroclorotiazida		61%		
	Ibuprofeno		55%		
	Claritromicina		54%		
	Tramadol		53%		
	Metoprolol		48%		
	Diclofenaco		41%		
	Warfarina		31%		
	Ketoprofeno		31%		
Gabapentina	14%				

Humedales construidos a escala completa	Un total de 12 productos farmacéuticos	<i>Phragmites australis</i>	88.9–97%	10 a 13 días	Vystavna Y. et al., 2017
		<i>Typha latifolia L.</i>			
		<i>Scirpus sylvaticus L.</i>			

Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 6 el 87% de los investigadores emplea a los humedales como fitotecnología para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes y el restante 13% usa la fitorremediación.

Ello es debido a que los humedales artificiales (AQ) se han propuesto como sistemas alternativos ecológicos y de bajo costo con resultados satisfactorios para diferentes tipos de contaminantes.

Es así que los siguientes autores lo confirman: Christofilopoulos S. et al., 2019, Francini Alessandra et al., 2018, Wang Yujue et al., 2019, Li Yifei et al., 2016, Ramprasad C. y Philip L., 2016, Ramprasad C. y Philip L., 2018, Auvinen Hannele et al., 2017, Ávila Cristina et al., 2017, Brezinova Tereza D. et al., 2018, Button Mark et al., 2019, Chen et al., 2016, Kahl Stefanie et al., 2017, Sochacki Adam et al., 2018, Zhang Yang et al., 2017, Liang Yinxiu et al., 2018, Phong Vo et al., 2016, Ruhmland S. et al., 2016, Sgroi Massimiliano et al., 2018, Vymazal Jan et al., 2017. De acuerdo con Ramprasad C. y Philip L., (2016), en su estudio se utilizaron humedales de flujo horizontal y vertical para eliminar los contaminantes emergentes y las eficiencias generales de eliminación de los sistemas humedales HFCW y VFCW son del 94% al 99%, donde el sistema vertical fue más eficiente en comparación con el sistema horizontal para la eliminación de EC.

Además, Ramprasad C. y Philip L., (2018), señala que, después de los 35 días del experimento de hidroponía, casi el 20% del dodecilsulfato de sodio se eliminó de la solución nutritiva seguido de propilenglicol (19,2%) y trimetilamina (14,5%). Entre

los tres contaminantes objetivo, las plantas absorbieron más trimetilamina (8,16%), seguida de propilenglicol (7,2%) y dodecilsulfato de sodio (5,2%). También se encontró que los tres contaminantes son biodegradados por los microbios enriquecidos en 3 días, con una tasa más alta observada para el propilenglicol. El dodecilsulfato de sodio que se encontró que era recalcitrante fue absorbido como máximo (58.2%) a la superficie del suelo seguido de trimetilamina y propilenglicol. Por lo tanto, un sistema de tratamiento que combine la adsorción, la biodegradación y la absorción de la planta será la opción viable para eliminar los CE orgánicos e inorgánicos del agua contaminada.

Pero, de acuerdo con Liang Yinxu et al., (2018), en su investigación, la variación de las especies vegetales no provocó cambios significativos en la eficacia de la eliminación del CE; pero, la adición de nutrientes mejoró en general la eliminación de sulfametoxazol en los lechos de microcosmos, presentando un 73.1 a 74.8% con combinación de 3 especies vegetales y 70.1 a 76.3% con adición de nutrientes. Así también, Villaseñor J. et al., (2016, p.134), señala que la concentración de DCF fue mayor en las raíces que en las hojas o que sugiere que el DCF fue absorbido por las raíces y luego transportado a las hojas con un proceso de translocación relativamente lento. En el estudio de González García M. et al., (2018), la concentración de DCF ($\log K_{ow} = 4,5$, $pK_a = 4,4$) en las raíces fue un 89% más que en las hojas. Esta observación ya ha sido corroborada por otros estudios que indican que las sustancias químicas hidrofóbicas están tan fuertemente unidas a la superficie de las raíces que dificulta su translocación al interior de la planta (Pi et al., 2017).

De acuerdo con Pi et al., (2017), las concentraciones de las sustancias químicas analizadas en las raíces y las hojas de ambas especies aumentaron rápidamente entre el día 0 y el 8, y continuaron aumentando hasta que se alcanzó un estado estable aparente, normalmente entre el día 8 y el 14.

Por último, para clasificar el método de acción de las fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes, se elaboró la tabla 7.

Tabla N°7: Método de acción de las fitotecnologías

Fitotecnologías	Método de acción	CE	Bibliografía
Humedales construidos	Absorción y acumulación	Bisfenol A Ciprofloxacina Sulfametoxazol	Christofilopoulos S. et al., 2019
Fitorremediación	Absorción Acumular	Acetaminofeno Diclofenaco	Calado Loise S. et al., 2019
Humedales artificiales	Absorción y acumulación	Atenolol	Francini Alessandra et al., 2018
Humedal artificial	Absorción y acumulación	Atrazina	Wang Yujue et al., 2019
Fitorremediación	Metabolización Volatilización Estabilización	Diazepam	Franks C. et al., 2019
Fitorremediación	Absorción Acumular	Cafeína	Pi et al., 2017
Fitorremediación	Absorción Acumular	Diclofenaco	
Fitorremediación	Absorción	Triclosan	
Fitorremediación	Absorción Acumular Metabolización Volatilización Estabilización	Carbamazepina Diclofenaco	González García M. et al., 2018
Humedal artificial	Absorción y acumulación	Ácido carboxílico Ibuprofeno	Li Yifei et al., 2016

Humedal de flujo subterráneo vertical (HFCW) a escala piloto	Absorción y acumulación	Dodecilsulfato de sodio (SDS)	Ramprasad C. y Philip L., 2016
		Propilenglicol (PG)	
		Trimetilamina (TMA)	
Humedal de flujo subterráneo horizontal (VFCW) a escala piloto	Absorción y acumulación	Dodecilsulfato de sodio (SDS)	
		Propilenglicol (PG)	
		Trimetilamina (TMA)	
Humedales artificiales	Absorción y acumulación	Propilenglicol	Ramprasad C. y Philip L., 2018
		Sulfato de dodecilo de sodio	
		Trimetilamina (N,Ndimetilmetanamina)	
Humedales construidos a escala completa	Absorción y acumulación	12 productos farmacéuticos	Auvinen Hannele et al., 2017
Humedales construidos	Absorción y acumulación	Sulfamethoxazole	Ávila Cristina et al., 2017
		Carbamazepina	
		Tris (2-cloroetilo) fosfato	
		Sucralosa	
		Cafeína	
		Fluoxetina	
		Trimetoprima	
N, N-dietil-meta toluamida			
Humedales construidos	Absorción y acumulación	Ibuprofeno	

		Hidroxi bu profeno	Brezinova Tereza D. et al., 2018
		Carboxi bu profeno	
Humedales construidos SSVF-CW/ mesocosmos	Absorción y acumulación	Triclosan	Button Mark et al., 2019
		Sulfam etoxazol	
Humedales construidos	Absorción y acumulación	Paracetamol	Chen et al., 2016
		Cafeína	
		Naproxeno	
		Furosemida	
		Triclosán	
		hidroclorotiazida	
		Ibuprofeno	
		Atenolol	
		Tramadol	
		Metoprolol	
		Diclofenaco	
		Ketoprofeno	
Gabapentina			
Humedales construidos	Absorción y acumulación	Cafeína	Kahl Stefanie et al., 2017
		Ibuprofeno	
		Naproxeno	
		Benzotriazol	
		Diclofenaco	
		Acesulfamo	
		Carbamazepina	
Humedales construidos Híbrido/ mesocosmos	Absorción y acumulación	Diclofenaco	Sochacki Adam et al., 2018
		Sulfam etoxazole	

Humedales construidos SSVF-CW SSHf-CW mesocosmos	Absorción y acumulación	Ibuprofeno	Zhang Yang et al., 2017
Humedales construidos con mesocosmos	Absorción y acumulación	Sulfamethoxazole	Liang Yinxiu et al., 2018
Humedales construidos a escala de laboratorio	Absorción y acumulación	Acetaminofeno	Phong Vo et al., 2016
Humedales construidos	Absorción y acumulación	18 Productos farmacéuticos	Ruhmland S. et al., 2016
Humedales construidos	Absorción y acumulación	Cafeína	Sgroi Massimiliano et al., 2018
		Trimetoprima	
		Sulfametoxazol	
		Sucralosa	
		N,N-dietil- metatoluamida	
Humedales construidos	Absorción y acumulación	Paracetamol	Vymazal Jan et al., 2017
		Cafeína	
		Triclocarbán	
		Furosemida	
		Triclosán	
		Hidroclorotiazida	
		Ibuprofeno	
		Claritromicina	
		Tramadol	
		Metoprolol	
		Diclofenaco	

		Warfarina	
		Ketoprofeno	
		Gabapentina	
Humedales construidos a escala completa	Absorción y acumulación	Un total de 12 productos farmacéuticos	Vystavna Y. et al., 2017

Elaboración propia

De acuerdo con la tabla 7, se tiene que el método de acción de las fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes se clasifican por los dos tipos de fitotecnologías más empelados; donde los humedales presentan un método de acción de absorción y acumulación, mientras que para la fitorremediación de los CE el método de acción es la adsorción, acumulación, metabolización, volatilización y estabilización.

Ello es apoyado por Abdullah Ibrahim et al., (2020, p.3), quien señala que fitorremediación abarca el uso de plantas y de los microorganismos de la rizosfera para la reducción o eliminación de los contaminantes en el suelo y el agua, donde las plantas han sido explotadas ampliamente para la acumulación, el secuestro o la metabolización de contaminantes orgánicos e inorgánicos en suelos y aguas residuales.

Es así que Choi Yeong et al., (2016), señala que, con respecto a los mecanismos de acción para la eliminación de CE, la adsorción a partículas del suelo y plantas, así mismo se han revelado la importancia de los microorganismos en la degradación de SMX en AQ a través de la presencia de la planta *P. australis* (p. 85).

Por su parte (Wang Yujue et al., 2019, p.6), recurrir al uso de plantas como tecnologías de tratamiento puede salvar el medio ambiente de la introducción de productos químicos nocivos debido al método de acción de las plantas en usos como la fitorremediación.

Ello es corroborado por Wang Yujue et al., (2019), quien, mediante el uso del humedal artificial, presentó un método de acción de absorción y acumulación del

contaminante atrazina. Así mismo, Pi et al., (2017), realizó un estudio con 3 muestras empleando la fitorremediación; donde mediante la absorción y acumulación de especies de plantas eliminó la cafeína, diclofenaco y triclosan del medio acuático.

Apoyando los estudios anteriores se encuentra Ramprasad C. y Philip L., 2016 y Ramprasad C. y Philip L., 2018, con el uso de humedales, donde mediante las plantas adsorbió y acumuló Dodecilsulfato de sodio (SDS), Propilenglicol (PG) y Trimetilamina (TMA).

Por su parte Gonzáles García M. et al., 2018 , estudió la acumulación de dos fármacos en las lechugas y su posterior transferencia a la cadena alimentaria, obteniendo en resultados que las hojas presentaron los mayores niveles de absorción y mayores factores de bioconcentración en el caso de CBZ; sin embargo, en el caso de DCF, por el contrario, los niveles más altos de absorción y los mayores factores de bioconcentración se observaron en las raíces; además se detectó que la parte comestible de las lechugas no implican ningún riesgo para la salud humana.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis realizado para determinar los aspectos más relevantes en la aplicación de fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes se puede concluir que las especies de plantas usadas, el tipo de fitotecnología empleada y el método de acción que estas presentan son aspectos claves para la efectividad del tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes; es por ello que se detallan los 3 puntos siguientes:

1. Las especies de plantas más obtenidas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes son las plantas de la clase Liliopsida de la orden Poales con el 86% del análisis de los artículos científicos realizados, así mismo, las especies de plantas dentro de la clase de Liliopsidas con más recurrencia en los estudios son *la Typha angustifolia*, *Phragmites australis* y *Phalaris arundinacea* y son las que presentan un mayor porcentaje de eliminación de los contaminantes emergentes.
2. Las fitotecnologías más empleadas para el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes con un 87% de los investigadores que lo usan son los humedales, y el restante 13% usa la fitorremediación. Ello es debido a que los humedales artificiales (AQ) se han propuesto como sistemas alternativos ecológicos y de bajo costo con resultados satisfactorios para diferentes tipos de contaminantes. presentando promedios de eliminación del 80 a 100%, siendo un factor importante el tiempo, donde a mayor tiempo mayor es la acumulación que se realice del contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes.
3. El método de acción de las fitotecnologías como tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes se clasifican por los dos tipos de fitotecnologías más empelados; donde los humedales presentan un método de acción de absorción y acumulación, mientras que para la fitorremediación de los CE el método de acción es la adsorción, acumulación, metabolización, volatilización y estabilización. Siendo

encontrado que el 100% de los estudios eliminó CE mediante la absorción y acumulación.

VI. RECOMENDACIONES

De acuerdo a las conclusiones llegadas en la revisión sistemática realizada, se puede recomendar a los futuros investigadores lo siguiente:

1. Se recomienda realizar más estudios usando otros tipos de fitotecnología poco usadas como la fitofiltración o fitovolatilización para comparar sus resultados y encontrar mejores técnicas en el tratamiento de contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes
2. Se recomienda establecer rangos de eficiencia de las diversas plantas usadas categorizadas por su clase, para facilitar que tipo de planta es la que genera una mayor remoción de los contaminantes orgánicos e inorgánicos emergentes, generando facilidad en los procesos experimentales de la eliminación de estos contaminantes.
3. Se recomienda realizar estudios prácticos de la comparación de los resultados de una fitotecnología aplicado a escala piloto y a escala de laboratorio; debido a que los resultados fuera del laboratorio cambian significativamente por sus condiciones reales.

REFERENCIAS

1. ABDEL-SATAR, Amaal M.; ALI, Mohamed H.; GOHER, Mohamed E. Indices of water quality and metal pollution of Nile River, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 2017, vol. 43, no 1, p. 21-29. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2016.12.006>
2. ABDULLAH, Siti Rozaimah Sheikh, et al. Plant-assisted remediation of hydrocarbons in water and soil: Application, mechanisms, challenges and opportunities. *Chemosphere*, 2020, vol. 247, p. 125932. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.125932>
3. ABUJABHAH, Ibrahim S., et al. Effects of biochar and compost amendments on soil physico-chemical properties and the total community within a temperate agricultural soil. *Applied Soil Ecology*, 2016, vol. 98, p. 243-253. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.021>
4. AL-BALDAWI, Israa Abdulwahab, et al. Application of phytotechnology in alleviating Pharmaceuticals and Personal Care Products (PPCPs) in wastewater: Source, impacts, treatment, mechanisms, fate, and SWOT analysis. *Journal of Cleaner Production*, 2021, p. 128584. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128584>
5. ALVINO, Arturo; BARBIERI, G. Vegetables of temperate climates: leafy vegetables. *The Encyclopedia of Food and Health*; Caballero, B., Finglas, P., Toldrá, F., Eds, 2016, p. 393-400. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00712-1>
6. AL-MAADHEED, S., et al. Antibiotics in hospital effluent and domestic wastewater treatment plants in Doha, Qatar. *J Water Process Eng* 28: 60–68. 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126284>
7. ATUGODA, Thilakshani, et al. Interactions between microplastics, pharmaceuticals and personal care products: Implications for vector

- transport. *Environment International*, 2021, vol. 149, p. 106367. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106367>
8. AUVINEN, Hannele, et al. Laboratory-and full-scale studies on the removal of pharmaceuticals in an aerated constructed wetland: effects of aeration and hydraulic retention time on the removal efficiency and assessment of the aquatic risk. *Water Science and Technology*, 2017, vol. 76, no 6, p. 1457-1465. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2017.328>
 9. ÁVILA, Cristina, et al. Enhancement of total nitrogen removal through effluent recirculation and fate of PPCPs in a hybrid constructed wetland system treating urban wastewater. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 584, p. 414-425. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.024>
 10. BEN, Weiwei, et al. Occurrence, removal and risk of organic micropollutants in wastewater treatment plants across China: Comparison of wastewater treatment processes. *Water research*, 2018, vol. 130, p. 38-46. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.11.057>
 11. BŘEZINOVA, Tereza Dvořáková, et al. Occurrence and removal of ibuprofen and its metabolites in full-scale constructed wetlands treating municipal wastewater. *Ecological Engineering*, 2018, vol. 120, p. 1-5. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.05.020>
 12. Brusseau, M. L. (2019). Subsurface Pollution. *Environmental and Pollution Science*, 237–259. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814719-1.00015-x>
 13. BUI, Xuan-Thanh, et al. Insights of the removal mechanisms of pharmaceutical and personal care products in constructed wetlands. *Current Pollution Reports*, 2018, vol. 4, no 2, p. 93-103. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40726-018-0086-8>
 14. BURNS, Emily E., et al. Temporal and spatial variation in pharmaceutical concentrations in an urban river system. *Water research*, 2018, vol. 137, p. 72-85. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.02.066>

15. BUTTON, Mark, et al. Impacts and fate of triclosan and sulfamethoxazole in intensified re-circulating vertical flow constructed wetlands. *Science of the Total Environment*, 2019, vol. 649, p. 1017-1028. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.08.395>
16. CANTWELL, Mark G., et al. Spatial patterns of pharmaceuticals and wastewater tracers in the Hudson River Estuary. *Water research*, 2018, vol. 137, p. 335-343. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.12.044>
17. CHEN, Chong, et al. Current-Use Pesticides in the River Waters of Eastern China: Occurrence and Human Health Risk Assessment. *Exposure and Health*, 2021, vol. 13, p. 65-77. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s12403-020-00362-9>
18. CHEN, Yi, et al. Occurrence, removal and environmental risk assessment of pharmaceuticals and personal care products in rural wastewater treatment wetlands. *Science of the Total Environment*, 2016, vol. 566, p. 1660-1669. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.06.069>
19. CHENG, Miaomiao; WANG, Anan; TANG, Caixian. Ammonium-based fertilizers enhance Cd accumulation in *Carpobrotus rossii* grown in two soils differing in pH. *Chemosphere*, 2017, vol. 188, p. 689-696. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.09.032>
20. CHOI, Yeong-Joo; KIM, Lee-Hyung; ZOH, Kyung-Duk. Removal characteristics and mechanism of antibiotics using constructed wetlands. *Ecological Engineering*, 2016, vol. 91, p. 85-92. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.01.058>
21. CHRISTOFILOPOULOS, Stavros, et al. Evaluation of a constructed wetland for wastewater treatment: Addressing emerging organic contaminants and antibiotic resistant bacteria. *New biotechnology*, 2019, vol. 52, p. 94-103. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2019.05.006>
22. DAI, Guohua, et al. Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in urban and suburban rivers of Beijing, China: occurrence, source

- apportionment and potential ecological risk. *Environmental Science: Processes & Impacts*, 2016, vol. 18, no 4, p. 445-455. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/C6EM00018E>
23. Dey, S., Bano, F., & Malik, A. (2019). Pharmaceuticals and personal care product (PPCP) contamination—a global discharge inventory. *Pharmaceuticals and Personal Care Products: Waste Management and Treatment Technology*, 1–26. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-816189-0.00001-9>
24. DHIR, Bhupinder. Green technologies for the removal of agrochemicals by aquatic plants. En *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation*. Butterworth-Heinemann, 2020. p. 569-591. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00021-0>
25. DIMPE, K. Mogolodi; NOMNGONGO, Philiswa N. Current sample preparation methodologies for analysis of emerging pollutants in different environmental matrices. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 2016, vol. 82, p. 199-207. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.05.023>
26. DORDIO, A.; CARVALHO, A. J. P. Removal processes of pharmaceuticals in constructed wetlands. *Constructed Wetlands for Industrial Wastewater Treatment*, 2018, p. 343-403. Disponible en: <https://doi.org/10.5040/9780571261703.0063>
27. DULIO, Valeria, et al. Emerging pollutants in the EU: 10 years of NORMAN in support of environmental policies and regulations. *Environmental Sciences Europe*, 2018, vol. 30, no 1, p. 1-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12302-018-0135-3>
28. FRANCIANI, Alessandra, et al. Removal of micro-pollutants from urban wastewater by constructed wetlands with *Phragmites australis* and *Salix matsudana*. *Environmental Science and Pollution Research*, 2018, vol. 25, no 36, p. 36474-36484. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3582-x>

29. FRANKS, Carmen G.; PEARCE, David W.; ROOD, Stewart B. A prescription for drug-free rivers: uptake of pharmaceuticals by a widespread streamside willow. *Environmental management*, 2019, vol. 63, no 1, p. 136-147. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1120-8>
30. GARCÍA, Mariano González, et al. Absorption of carbamazepine and diclofenac in hydroponically cultivated lettuces and human health risk assessment. *Agricultural Water Management*, 2018, vol. 206, p. 42-47. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.04.018>
31. GUL, Mir Z.; RUPULA, Karuna; BEEDU, Sashidhar R. Nanophytoremediation for soil contamination: An emerging approach for revitalizing the tarnished resource. En *Phytoremediation*. Academic Press, 2022. p. 115-138. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89874-4.00014-5>
32. HEUER, Rachael M., et al. Impacts of deepwater horizon crude oil on mahi-mahi (*Coryphaena hippurus*) heart cell function. *Environmental science & technology*, 2019, vol. 53, no 16, p. 9895-9904. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b03798>
33. IBÁÑEZ, Sabrina, et al. Transgenic plants and hairy roots: exploiting the potential of plant species to remediate contaminants. *New biotechnology*, 2016, vol. 33, no 5, p. 625-635. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2015.11.008>
34. IBÁÑEZ, Sabrina G., et al. Overview and new insights of genetically engineered plants for improving phytoremediation. En *Phytoremediation*. Springer, Cham, 2015. p. 99-113. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-3-319-10395-2_8
35. Iqbal, N., Hayat, M. T., Zeb, B. S., Abbas, Z., & Ahmed, T. (2019). Phytoremediation of Cd-Contaminated Soil and Water. *Cadmium Toxicity and Tolerance in Plants*, 531–543. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814864-8.00021-8>

36. KAHL, Stefanie, et al. Effect of design and operational conditions on the performance of subsurface flow treatment wetlands: Emerging organic contaminants as indicators. *Water research*, 2017, vol. 125, p. 490-500. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.09.004>
37. LI, Yifei, et al. Phytoextraction, phytotransformation and rhizodegradation of ibuprofen associated with *Typha angustifolia* in a horizontal subsurface flow constructed wetland. *Water research*, 2016, vol. 102, p. 294-304. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.06.049>
38. LIANG, Yinxiu, et al. Removal of sulfamethoxazole from salt-laden wastewater in constructed wetlands affected by plant species, salinity levels and co-existing contaminants. *Chemical Engineering Journal*, 2018, vol. 341, p. 462-470. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.02.059>
39. LIM, K. Y.; ZAKARIA, N. A.; FOO, K. Y. A shared vision on the historical flood events in Malaysia: integrated assessment of water quality and microbial variability. *Disaster Advances*, 2019, vol. 12, p. 11-20.
40. LIM, Kah Yee; FOO, Keng Yuen. Hazard identification and risk assessment of the organic, inorganic and microbial contaminants in the surface water after the high magnitude of flood event. *Environment international*, 2021, vol. 157, p. 106851. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106851>
41. LIU, Na, et al. Ecological risk assessment of fifty pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in Chinese surface waters: A proposed multiple-level system. *Environment international*, 2020, vol. 136, p. 105454. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105454>
42. Liu N. Study for reproductive toxicity effect and ecological risk assessment of typical PPCPs China University of Geosciences (Beijing), Beijing, China (in Chinese) (2016).
43. LODEIRO, Carlos, et al. New toxic emerging contaminants: beyond the toxicological effects. 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-018-3003-1>

44. LOISE DE MORAIS CALADO, Sabrina, et al. Phytoremediation: green technology for the removal of mixed contaminants of a water supply reservoir. *International journal of phytoremediation*, 2019, vol. 21, no 4, p. 372-379. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15226514.2018.1524843>
45. MADER, Anthony E.; HOLTMAN, Gareth A.; WELZ, Pamela J. Treatment wetlands and phyto-technologies for remediation of winery effluent: Challenges and opportunities. *Science of The Total Environment*, 2021, p. 150544. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150544>
46. MADIKIZELA, Lawrence Mzukisi; NCUBE, Somandla; CHIMUKA, Luke. Uptake of pharmaceuticals by plants grown under hydroponic conditions and natural occurring plant species: a review. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 636, p. 477-486. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.297>
47. MARTÍN-POZO, Laura, et al. Analytical methods for the determination of emerging contaminants in sewage sludge samples. A review. *Talanta*, 2019, vol. 192, p. 508-533. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.09.056>
48. MOO-YOUNG, Murray. *Comprehensive biotechnology*. Elsevier, 2019. Disponible en: <https://books.google.es/books?id=uyWqDwAAQBAJ&lpg=PP1&ots=nkyiRWRUz7&dq=Environmental%20and%20Related%20Biotechnologies&lr&hl=es&pg=PP1#v=onepage&q=Environmental%20and%20Related%20Biotechnologies&f=false>
49. NGUYEN, Phuong Minh, et al. Removal of pharmaceuticals and personal care products using constructed wetlands: effective plant-bacteria synergism may enhance degradation efficiency. *Environmental Science and Pollution Research*, 2019, vol. 26, no 21, p. 21109-21126. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05320-w>

50. PENG, Ying, et al. Screening hundreds of emerging organic pollutants (EOPs) in surface water from the Yangtze River Delta (YRD): occurrence, distribution, ecological risk. *Environmental Pollution*, 2018, vol. 241, p. 484-493. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.05.061>
51. PETRIE, Bruce; BARDEN, Ruth; KASPRZYK-HORDERN, Barbara. A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. *Water research*, 2015, vol. 72, p. 3-27. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.08.053>
52. PI, N.; NG, J. Z.; KELLY, B. C. Bioaccumulation of pharmaceutically active compounds and endocrine disrupting chemicals in aquatic macrophytes: Results of hydroponic experiments with *Echinodorus horemanii* and *Eichhornia crassipes*. *Science of the Total Environment*, 2017, vol. 601, p. 812-820. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.137>
53. PHONG, Vo Hoang Nhat, et al. Removal of acetaminophen from wastewater by constructed wetlands with *Scirpus validus*. *Environmental Engineering Research*, 2016, vol. 21, no 2, p. 164-170.
54. RAMPRASAD, C., et al. Removal of chemical and microbial contaminants from greywater using a novel constructed wetland: GROW. *Ecological Engineering*, 2017, vol. 106, p. 55-65. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.05.022>
55. RAMPRASAD, C.; PHILIP, Ligy. Contributions of various processes to the removal of surfactants and personal care products in constructed wetland. *Chemical Engineering Journal*, 2018, vol. 334, p. 322-333. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.09.106>
56. RAMPRASAD, C.; PHILIP, Ligy. Surfactants and personal care products removal in pilot scale horizontal and vertical flow constructed wetlands while treating greywater. *Chemical Engineering Journal*, 2016, vol. 284, p. 458-468. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.08.092>

57. REMPEL, Alan, et al. Current advances in microalgae-based bioremediation and other technologies for emerging contaminants treatment. *Science of The Total Environment*, 2021, p. 144918. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144918>
58. REZANIA, Shahabaldin, et al. Comprehensive review on phytotechnology: heavy metals removal by diverse aquatic plants species from wastewater. *Journal of hazardous materials*, 2016, vol. 318, p. 587-599. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2016.07.053>
59. ROUDBARI, Aliakbar; REZAKAZEMI, Mashallah. Hormones removal from municipal wastewater using ultrasound. *AMB Express*, 2018, vol. 8, no 1, p. 1-8. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0621-4>
60. RÜHMLAND, S., et al. Fate of pharmaceuticals in a subsurface flow constructed wetland and two ponds. *Ecological Engineering*, 2015, vol. 80, p. 125-139. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.01.036>
61. SAINI, Amandeep, et al. GAPS-megacities: A new global platform for investigating persistent organic pollutants and chemicals of emerging concern in urban air. *Environmental Pollution*, 2020, vol. 267, p. 115416. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115416>
62. 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>
63. SGROI, Massimiliano, et al. Removal of organic carbon, nitrogen, emerging contaminants and fluorescing organic matter in different constructed wetland configurations. *Chemical Engineering Journal*, 2018, vol. 332, p. 619-627. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.09.122>
64. SINGH, Swati, et al. Analyses of pesticide residues in water, sediment and fish tissue from river Deomoni flowing through the tea gardens of Terai Region of West Bengal, India. *International journal of fisheries and aquatic*


- studies, 2015, vol. 3, no 2, p. 17-23. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/281903817>
65. SOCHACKI, Adam, et al. Removal and transformations of diclofenac and sulfamethoxazole in a two-stage constructed wetland system. *Ecological Engineering*, 2018, vol. 122, p. 159-168. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2018.07.039>
66. SUI, Qian, et al. Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: a review. *Emerging Contaminants*, 2015, vol. 1, no 1, p. 14-24. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2015.07.001>
67. SUN, Sainan, et al. Occurrence, spatial distribution, and seasonal variation of emerging trace organic pollutants in source water for Shanghai, China. *Science of the Total Environment*, 2018, vol. 639, p. 1-7. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.089>
68. SUTAR, Rahul S., et al. Significance of Addressing Persistence of Pathogens and Micropollutants to Enhance Reuse of Treated Sewages Using Constructed Wetlands. En *Advances in Waste Management*. Springer, Singapore, 2019. p. 355-367. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-13-0215-2_25
69. SUTHERLAND, Donna L.; RALPH, Peter J. Microalgal bioremediation of emerging contaminants-Opportunities and challenges. *Water research*, 2019, vol. 164, p. 114921. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114921>
70. TRIPATHI, Sachchidanand, et al. Phytoremediation of organic pollutants: Current status and future directions. En *Abatement of environmental pollutants*. Elsevier, 2020. p. 81-105. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818095-2.00004-7>

71. VICKERS, Neil J. Animal communication: when i'm calling you, will you answer too?. *Current biology*, 2017, vol. 27, no 14, p. R713-R715. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cub.2017.05.064>
72. VILLASEÑOR, José Luis; ORTIZ, Enrique. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 2014, vol. 85, p. S134-S142. Disponible en: <https://doi.org/10.7550/rmb.31987>
73. VYMAZAL, Jan, et al. Occurrence and removal of pharmaceuticals in four full-scale constructed wetlands in the Czech Republic—the first year of monitoring. *Ecological Engineering*, 2017, vol. 98, p. 354-364. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.08.010>
74. VYSTAVNA, Y., et al. Removal efficiency of pharmaceuticals in a full scale constructed wetland in East Ukraine. *Ecological Engineering*, 2017, vol. 108, p. 50-58. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.08.009>
75. WAGNER, Thomas V., et al. A review on the removal of conditioning chemicals from cooling tower water in constructed wetlands. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 2018, vol. 48, no 19-21, p. 1094-1125. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10643389.2018.1512289>
76. WAN, Xiaoming; LEI, Mei; CHEN, Tongbin. Cost–benefit calculation of phytoremediation technology for heavy-metal-contaminated soil. *Science of the total environment*, 2016, vol. 563, p. 796-802. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.080>
77. WANG, Yuwen, et al. Monitoring, mass balance and fate of pharmaceuticals and personal care products in seven wastewater treatment plants in Xiamen City, China. *Journal of hazardous materials*, 2018, vol. 354, p. 81-90. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.04.064>
78. WANG, Yujue, et al. Bioaccumulation behaviour of pharmaceuticals and personal care products in a constructed wetland. *Chemosphere*, 2019, vol.

- 222, p. 275-285. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.116>
79. WILKINSON, John, et al. Occurrence, fate and transformation of emerging contaminants in water: An overarching review of the field. *Environmental Pollution*, 2017, vol. 231, p. 954-970. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.08.032>
80. WILKINSON, John L., et al. Spatial (bio) accumulation of pharmaceuticals, illicit drugs, plasticisers, perfluorinated compounds and metabolites in river sediment, aquatic plants and benthic organisms. *Environmental pollution*, 2018, vol. 234, p. 864-875. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.11.090>
81. YANG, Jiawen, et al. A review of a class of emerging contaminants: the classification, distribution, intensity of consumption, synthesis routes, environmental effects and expectation of pollution abatement to organophosphate flame retardants (OPFRs). *International journal of molecular sciences*, 2019, vol. 20, no 12, p. 2874. Disponible en:
<https://doi.org/10.3390/ijms20122874>
82. YANG, Lu, et al. Anthropogenic impacts on the contamination of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in the coastal environments of the Yellow and Bohai seas. *Environment international*, 2020, vol. 135, p. 105306. Disponible en:
<https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105306>
83. ZHAN, Fangdong, et al. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and heavy metal accumulation of bermudagrass [*Cynodon dactylon* (L.) Pers.] grown in a lead–zinc mine wasteland. *International journal of phytoremediation*, 2019, vol. 21, no 9, p. 849-856. Disponible en:
<https://doi.org/10.1080/15226514.2019.1577353>

84. ZHANG, Yang, et al. Ibuprofen and iohexol removal in saturated constructed wetland mesocosms. *Ecological Engineering*, 2017, vol. 98, p. 394-402. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.05.077>
85. ZHAO, Li, et al. Effects of [S, S]-ethylenediaminedisuccinic acid and nitrilotriacetic acid on the efficiency of Pb phytostabilization by *Athyrium wardii* (Hook.) grown in Pb-contaminated soils. *Journal of environmental management*, 2016, vol. 182, p. 94-100. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.07.042>

ANEXOS

	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 FITOTECNOLOGÍAS		
ESPECIES DE PLANTAS MÁS OBTENIDAS		
PORCENTAJE DE REMOCIÓN		
RESULTADOS :		
CONCLUSIONES:		

Elaboración propia