

ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Técnicas para la Eliminación de Microcontaminantes Ambientales  
Emergentes - EDC por Diversas Fuentes de Contaminación:  
Revisión sistemática**

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

**Ingeniero Ambiental**

**AUTORES:**

Cahuana Alvites, Jerzy Saul ([orcid.org/0000-0001-8370-1977](https://orcid.org/0000-0001-8370-1977))

Tuni Juarez, Gerardo Adan ([orcid.org/0000-0003-0259-305X](https://orcid.org/0000-0003-0259-305X))

**ASESOR:**

Dr. Sernaque Aucchuasi, Fernando Antonio ([orcid.org/0000-0003-1485-5854](https://orcid.org/0000-0003-1485-5854))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

## **Dedicatoria**

A mi Madre que supo formarme con buenos valores y sentimientos los que me ayudaron en los momentos más difíciles.

A mi Padre que me forjó en la persona que soy en la actualidad y me apoyó para cumplir mis metas.

Ustedes que me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final me siguen motivando constantemente para alcanzar mis sueños.

**Jerzy**

A mis padres Eva Juárez y Florencio Tuni por incentivar me y hacerme creer que nunca es tarde para cumplir mis metas y propósitos de la vida.

A ti Leito, hijo mío que eres lo máspreciado que tengo en la vida y desde que te tuve en mis brazos te volviste mi motivación para seguir adelante. Para mi abuelo que desde el cielo cuida y protege mi día a día.

**Gerardo**

### **Agradecimiento**

En primer lugar, a Dios por cuidarnos y darnos fortaleza para poder salir adelante a pesar de los obstáculos que vivimos hoy en día, a nuestro asesor por demostrar su profesionalismo en cada sesión del curso y a la plana docente de la Universidad César Vallejo por brindarnos cada ciclo nuevos conocimientos en mejora de nuestra formación profesional.

## Índice de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO</b>	<b>4</b>
<b>III. METODOLOGÍA</b>	<b>15</b>
3.1. Tipo y diseño de investigación	15
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización	15
3.3. Escenario de estudio	16
3.4. Participantes	16
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	16
3.6. Procedimiento	17
3.7. Rigor científico	19
3.8. Método de análisis de información	20
3.9. Aspectos éticos	20
<b>IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>21</b>
<b>V. CONCLUSIONES</b>	<b>32</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES</b>	<b>33</b>
<b>REFERENCIAS</b>	<b>34</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>43</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Fuentes de disruptores endocrinos medidos en el aire	9
Tabla 2. Ventajas y limitaciones de varias tecnologías de eliminación de EDC	13
Tabla 3. Fuentes de contaminación de los compuestos disruptores endocrinos	21
Tabla 4. Tipos de compuestos disruptores endocrinos	23
Tabla 5. Técnicas de eliminación de los compuestos disruptores endocrinos	26

## **Índice de gráficos**

Gráfico 1. Categorías importantes de EDCs	10
Gráfico 2. Procedimiento de estudio	18

## **Índice de figuras**

Figura 1. Proceso de adsorción de EDC por carbón activado	12
---	----

## Resumen

El objetivo de estudio se enfocó en determinar cuáles son los puntos relevantes de la aplicación de técnicas de eliminación de microcontaminantes ambientales emergentes - EDC por diversas fuentes de contaminación. Como metodología el tipo de estudio fue aplicada con un diseño sistemático.

Mediante los resultados se obtuvo que, las fuentes de contaminación de los compuestos disruptores endocrinos han sido detectados como microcontaminantes orgánicos como las aguas superficiales, subterráneas, efluentes industriales, municipales, escorrentías, lixiviados de vertederos y en aguas naturales. Los tipos de compuestos disruptores endocrinos con mayor presencia en los ambientes contaminados son el bisfenol A (BPA),  $17\alpha$ -etinilestradiol (EE2), Estrona (E1),  $17\beta$ -estradiol (E2), Estriol (E3) y Nonilfenoles (NP); pudiendo ser generadas por fuentes de aguas residuales sintéticas, urbanas, EDAR, domésticas, municipales o hasta el agua de grifo. Las técnicas de eliminación de los compuestos disruptores endocrinos presentes en los diversos ambientes contaminados son la adsorción, filtración por membranas (nanofiltración (NF), la ultrafiltración (UF) y la ósmosis inversa (RO)), Proceso de oxidación Avanzada (POA) como los lodos activados residuales (WAS), proceso Fenton, fotocátalisis heterogénea o electroquímica (EC) y por último, la técnica de biorremediación (como la ozonización y UF), técnica de fitorremediación, como (fitorremediación con humedales artificiales (CW).

**Palabras clave:** microcontaminantes, emergentes, contaminantes, técnica, compuestos

## Abstract

The objective of the study was focused on determining the relevant points of the application of techniques for the elimination of emerging environmental micropollutants - EDC by different sources of contamination. As methodology, the type of study was applied with a systematic design.

Through the results it was obtained that, the sources of contamination of endocrine disrupting compounds have been detected as organic micropollutants such as surface water, groundwater, industrial effluents, municipal, runoff, leachate from landfills and in natural waters. The types of endocrine disrupting compounds with the highest presence in contaminated environments are bisphenol A (BPA), 17 $\alpha$ -ethinylestradiol (EE2), Estrone (E1), 17 $\beta$ -estradiol (E2), Estriol (E3) and Nonylphenols (NP); they can be generated by synthetic wastewater sources, urban, WWTP, domestic, municipal or even tap water. The removal techniques of endocrine disrupting compounds present in the various contaminated environments are adsorption, membrane filtration (nanofiltration (NF), ultrafiltration (UF) and reverse osmosis (RO)), Advanced oxidation process (AOP) such as waste activated sludge (WAS), Fenton process, heterogeneous or electrochemical photocatalysis (EC) and finally, bioremediation technique (such as ozonation and UF), phytoremediation technique, such as (phytoremediation with artificial wetlands (CW)).

**Keywords:** micropollutants, emerging, pollutants, technique, compounds, compounds

## I. INTRODUCCIÓN

Debido a sus acciones similares a las hormonas, el desarrollo de microcontaminantes ambientales conocidos como químicos disruptores endocrinos (EDC, por sus siglas en inglés) daña gravemente el ecosistema, lo que tiene un impacto negativo en la salud animal y humana (Guo Wie et al., 2019, p.1). Todos los elementos del medio ambiente, incluidos el suelo, las aguas superficiales y subterráneas, las aguas residuales y el aire exterior e interior, contienen estos EDC (Da Silva A, et al., 2018, p.1). Además, los alimentos contaminados pueden provenir de una variedad de fuentes (como instalaciones de tratamiento de aguas residuales, fugas de tanques sépticos y escorrentías de actividades agrícolas) (Tizaoui C. et al., 2017, p.2).

Además, incluso en concentraciones extremadamente bajas (es decir, niveles de g/L o ng/L), son contaminantes emergentes preocupantes que interfieren con el funcionamiento de las hormonas y los sistemas endocrinos (Becker D. et al., 2017, p.1). Además, dado que la mayoría de los EDC carecen de controles uniformes, las consecuencias son más graves (Gadupudi C. et al., 2019, p.3).

Así, en las últimas décadas, estos químicos han emergido como uno de los principales problemas para el tratamiento de aguas residuales (Trevio L. y Katz T., 2018, p. 3). Porque uno de los mayores problemas ambientales en el mundo en este momento es la prevalencia de EDC en el agua potable, los ecosistemas marinos y los efluentes (Wee S. et al., 2017, p.2).

Un ejemplo es la seguridad ecológica del agua, que enfrenta serios problemas derivados del ingreso de sustancias químicas disruptoras endocrinas (Omar T. et al., 2016, p.5), las cuales pueden tener una variedad de repercusiones negativas tanto en animales como en animales. personas, incluida la reversión del sexo masculino, la extinción de las poblaciones de peces y la supresión de la producción de huevos de peces (Chen Jiangfei et al., 2016, p.1).

Como consecuencia, en las últimas décadas han cobrado gran interés debido a las numerosas y graves enfermedades relacionadas con ellas (Goeury Ken et al., 2022, p.2). Y es que la exposición a los EDC se relaciona con la disminución de la fertilidad, la modificación del comportamiento sexual y la amplificación de anomalías y cánceres en humanos y animales de laboratorio (Patisaul H. et al., 2017, p. 2).

Pero otro problema es que los EDC no son fáciles de degradar, por lo que la movilidad ambiental debe ser mayor (Combarous Y., 2017, p.2). Por lo tanto, es crucial utilizar tecnologías de eliminación eficientes y respetuosas con el medio ambiente.

Esto conducirá a la investigación de tecnologías como procesos de adsorción, procesos avanzados de oxidación (AOP), filtrado basado en membranas, biorremediación, fitorremediación y otras técnicas integradas (Holloway R. et al., 2015, p.4); Por lo tanto, se plantea la siguiente pregunta de estudio:

Problema general: ¿Cuáles son los puntos relevantes de la aplicación de técnicas para la remoción de microcontaminantes ambientales emergentes - EDC por diversas fuentes de contaminación?

Como problemas específicos de estudio se plantearon las siguientes preguntas:

Problema específico 1: ¿Cuáles son las fuentes de contaminación de los compuestos disruptores endocrinos? Problema específico 2: ¿Cuáles son los tipos de compuestos disruptores endocrinos con mayor presencia en los ambientes contaminados? Y como Problema específico 3 ¿Cuáles son las técnicas de eliminación de los compuestos disruptores endocrinos presentes en los diversos ambientes contaminados?

Es así como se desarrolló el siguiente objetivo general: Determinar cuáles son los puntos relevantes de la aplicación de técnicas para la eliminación de microcontaminantes ambientales emergentes - EDC por diversas fuentes de contaminación.

Así mismo, para desarrollar el objetivo de estudio se plantearon los siguientes objetivos específicos: Objetivo específico 1: Describir cuáles son las fuentes de contaminación de los compuestos disruptores endocrinos, objetivo específico 2: Identificar cuáles son los tipos de compuestos disruptores endocrinos con mayor presencia en los ambientes contaminados. Objetivo específico 3: Clasificar las técnicas de eliminación de los compuestos disruptores endocrinos presentes en los diversos ambientes contaminados

El objetivo de esta investigación es identificar métodos efectivos para la eliminación de sustancias disruptivas endocrinas, ya sea a través de investigaciones separadas

o la combinación de dos enfoques; para lo cual se realizará un análisis de diversas literaturas a nivel mundial, es por ello que este trabajo de investigación presenta una justificación teórica; Asimismo, el estudio está dirigido a ingenieros competentes en el área que deseen realizar estudios similares poniendo en práctica los resultados que se prevén; asimismo, buscando reducir los problemas de salud pública generados por la contaminación de los EDC en las diversas fuentes de contaminación.

## II. MARCO TEÓRICO

Jun byung M. et al., (2019, p.1), utilizaron un marco orgánico metálico (MOF) como adsorbente eficaz para la eliminación de EDC en su investigación. Sus objetivos eran caracterizar el adsorbente, determinar la viabilidad de MOF para la eliminación de algunos EDC específicos, incluidos el ácido perfluorooctanoico (PFOA), el bisfenol A (BPA) y el 17-etinilestradiol (EE2). Cuando el enfoque experimental involucró análisis de potencial zeta, porosimetría o microscopía para caracterizar las características fisicoquímicas de MOF. Para determinar el impacto de la temperatura de la solución, el pH, los iones de fondo y el ácido húmico en la capacidad de adsorción, se realizaron pruebas de viabilidad de MOF en una variedad de entornos de solución. La capacidad máxima de adsorción en equilibrio ( $q_e$ ) para BPA, EE2 y PFOA por MOF fue de 138,4, 200,4 y 169,2 mg g<sup>-1</sup>, respectivamente. por resultados experimentales relacionados con la dosis de adsorbente. Numerosos parámetros de la solución, como el pH, los iones de fondo y la presencia de ácido húmico, describieron claramente el proceso de adsorción de los EDC, y los efectos sinérgicos de las interacciones hidrofóbicas y electrostáticas fueron significativos.

Bai X. y Acharya K. (2019, p.1), midieron la eliminación y la absorción de siete EDC adicionales en dos procesos diferentes de efluentes de aguas residuales (ultrafiltración y ozonización), así como en efluentes producidos con el alga verde de agua dulce *Nannochloris sp.*. La tasa de eliminación de 17-estradiol (E2), 17-etinilestradiol (EE2) y ácido salicílico (SAL) en efluentes de ultrafiltración cultivados con *Nannochloris sp.* más de 7 días fue del 60%; sin embargo, *nannochloris sp.* no mejoró la eliminación de otros EDC examinados. Las algas eliminaron E2, EE2 y SAL a través de un proceso llamado foto y biodegradación. A pesar de la presencia de algas en las aguas residuales, el triclosán (TCS) experimentó una rápida fotodegradación, eliminando del 63 % al 100 % en solo 7 días. Inmediatamente después de la adición de algas, también se descubrió que el triclosán estaba relacionado con las células de algas, indicando que la fotodegradación y la biorremoción fueron los procesos primarios (es decir, bioadsorción y bioacumulación). Los TCS todavía tienen la capacidad de bioacumularse y representan peligros significativos para la cadena alimentaria después del cultivo de algas, y los efectos de alteración endocrina de los estrógenos restantes en el efluente no se erradican.

Jamil Tarek S. et al., (2017, p.1), En su artículo, estas estrategias se compararon en términos de qué tan bien reducían el carbono orgánico total (OCD). El efecto de las concentraciones iniciales de Fe(II) y peróxido de hidrógeno se demostró mediante las condiciones de operación ideales para cada proceso poco estudiado. Con bajas concentraciones de Fe(II) y peróxido de hidrógeno de 2,7 y 5 mmol/L, respectivamente, el procedimiento Photo Fenton demostró ser el más eficaz en la reducción del TOC de las aguas residuales en un tiempo de reacción de 50 minutos, y dio como resultado una eliminación de TOC del 100 % para todos los EDC examinados. En orden de eliminación de TOC, Photo Fenton fue seguido por UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Fenton y luego UV solo. En los resultados, el ftalato de dibutilo (DBP) se eliminó a la tasa más alta, seguido del paracetamol, mientras que el bisfenol A se quedó atrás.

Kamarehie B. et al., (2018, p.1), el objetivo principal de su investigación es comprender cómo se comporta el carbón activado recubierto de MgO al eliminar el bisfenol A de las soluciones acuosas. La concentración inicial de bisfenol A (20–100 mg/L), PAC y MgO–PAC (2–6 g), el tiempo de contacto (10–60 min) y el pH fueron los factores clave examinados (3–11). Se usó cromatografía líquida de alta temperatura para determinar el contenido de bisfenol A residual. En los cristales de PAC y MgOPAC, el bisfenol A podría adsorberse hasta un máximo de 9,2 mg/g y 22,28 mg/g, respectivamente. Se informó que las áreas superficiales de los cristales de PAC y MgOPAC eran de 450,3 m<sup>2</sup>/g y 378,21 m<sup>2</sup>/g, respectivamente, según BET. La adsorción se redujo a medida que aumentaba la concentración inicial de bisfenol A.

Heo Jiyong et al., (2019, p.1), Los investigadores desarrollaron un nuevo CuZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub> magnético respaldado por biocarbón para extraer BPA y SMX de soluciones acuosas. La sustancia (CZF-biochar) se creó mediante un sencillo procedimiento hidrotérmico de un solo recipiente. Después de los experimentos de caracterización, se llevó a cabo una investigación exhaustiva de las principales variables que influyen en la adsorción de BPA y SMX en el biocarbón CZF. Los enlaces de hidrógeno asistidos por carga, hidrofóbicos y las interacciones donante-aceptor de electrones fueron las principales vías para la adsorción de BPA y SMX. En conclusión, el compuesto CZF-Biochar tiene el potencial de eliminar el BPA debido a su rápida cinética, fuerte capacidad de adsorción, separación magnética simple y reciclabilidad para numerosas reutilizaciones.

Si Xiurong et al., (2019, p.1), investigaron los efectos de tres tipos diferentes de EfOM en la ozonización y el tratamiento con UF de cinco EDC. Los cinco EDC fueron estrona, 17-estradiol, estriol, 17-etinilestradiol y bisfenol A. Las tres formas de EfOM investigadas fueron sal de sodio de ácido húmico (NaAH), albúmina de suero bovino (BSA) y alginato de sodio (NaAg). Los hallazgos demostraron que EfOM, en el orden NaAH > BSA > NaAg, obstaculizó la efectividad de la degradación de EDC inducida por ozonización y aumentó la tasa de descomposición del ozono. Sin tener que realizar estudios de EDC desafiantes, la absorbancia ultravioleta a 280 nm (UVA280) tiene el potencial de utilizarse como un indicador sustituto para evaluar la eliminación de EDC a través de la desozonización. Los cinco EDC se eliminaron por completo cuando la caída de UVA280 se acercó al 18 %. Se descubrió que el comportamiento de la UF de NaAH, BSA y NaAg seguía la ley de la torta de filtración. Mientras que EfOM en la superficie de la membrana mejoró la eliminación de EDC en la secuencia NaAH> BSA> NaAg, su potencial de ensuciamiento siguió el orden NaAg> NaAH> BSA. La tasa de retención promedio de la membrana aumentó en un 24 %, 10 % y 8 %.

Kresinova Zdena et al., (2018, p.1), La capacidad de los hongos de descomposición blanca *Pleurotus ostreatus* HK 35 para degradar sustancias químicas sintéticas comunes (EDC) como triclosán, bisfenol A, estrona, 17-estradiol, estriol y 17- El etinilestradiol se examinó en el estudio. En comparación con otra cepa notificada de *P. ostreatus* 3004, fue más eficaz en la degradación en circunstancias de laboratorio modelo, haciéndolo en menos de 12 días y a una tasa superior al 90%. Se determinó si un sustrato fúngico utilizado de una granja cercana podría usarse en diferentes reactores por lotes y de lecho percolador para descomponer EDC en aguas residuales comunitarias fortificadas tanto simuladas como reales. Los reactores se sometieron a numerosas pruebas en un reactor de lecho percolador de tamaño piloto antes de ponerse en servicio en una planta de tratamiento de aguas residuales. Los resultados mostraron que el sustrato utilizado es un poderoso agente de biodegradación porque el hongo con frecuencia pudo eliminar alrededor del 95% de los EDC y al mismo tiempo reducir la actividad estrogénica de la muestra. Los resultados demostraron que el hongo podía prosperar en aguas residuales que contenían microflora bacteriana sin comprometer significativamente su capacidad de descomposición.

Tursi Antonio et al., (2018, p.1), El objetivo de su investigación es determinar qué tan bien las fibras de celulosa modificadas en la superficie de la escoba española (SB) de base biológica pueden eliminar el disruptor endocrino reconocido bisfenol A (BPA) del agua. . Las escobas españolas son plantas con flores que son autóctonas de la región mediterránea y son comunes allí. A pH 5, se demostró que las fibras funcionalizadas (FF) tienen la mayor eficacia de adsorción porque sus interacciones con BPA son más hidrofóbicas. Se descubrió que la cinética de adsorción de BPA se adaptaba muy bien a un proceso de pseudosegundo orden. Se utilizaron modelos de Langmuir y Freundlich para el ajuste de los datos de isoterma de equilibrio. Después de desarrollar un procedimiento de regeneración muy rápido y sencillo, se descubrió que la capacidad de adsorción de las fibras permanecía esencialmente inalterada después de tres usos consecutivos. Para evaluar la eficacia del procedimiento en entornos de tratamiento de agua y aguas residuales más precisos, también se realizaron pruebas con agua embotellada y aguas residuales sintéticas. Se descubrió que la eliminación de BPA disminuyó un poco en la matriz de aguas residuales sintéticas del 77 % en agua ultrapura al 64 %, lo que demuestra que FF muestra una excelente selectividad hacia el BPA incluso en presencia de otros productos químicos orgánicos.

Toro Vélez A. et al., (2017, p.1), realizaron un estudio piloto para evaluar la capacidad de los humedales construidos (CW) para eliminar nonilfenoles (NP) y bisfenol A (BPA) de las aguas residuales municipales. Se utilizaron tres CW: uno llevaba semillas de *Heliconia* sp., otro de *Phragmites* sp. y el tercero sirvió como control sin semillas. Mejor que la eficiencia de extracción de CW de eliminación de *Phragmites* de 70,28% para BPA y 52,23% para NP y la eficiencia de eliminación de CW de eliminación sin plantar de 62,33% para BPA y 25,37% para NP fue *Heliconia*-CW, que tuvo una eficiencia de eliminación de 73 19% para BPA y 63 20% para NP. La mayor capacidad de *Heliconia*-CW para eliminar NP y BPA sugiere que una planta tropical puede mejorar la capacidad de CW para eliminar estas toxinas.

Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1), En su investigación, los autores compararon la eliminación de estrona (E1), 17-estradiol (E2), estriol (E3), 17-etinilestradiol (EE2) y bisfenol A por diferentes tipos de biomasa autótrofa y heterótrofa (BPA). Además de utilizar lodos activados convencionales (CAS) a gran escala, las pruebas también utilizaron lodos activados nitrificantes enriquecidos (NAS) y lodos de bacterias

oxidantes de amoníaco enriquecidos (AOB) generados a escala de laboratorio. Instalación de tratamiento de agua restante. Tanto el AOB como el NAS enriquecido mostraron muy poco potencial de degradación. Contrariamente a algunas de las teorías expuestas en la literatura, los EDC examinados en ambas situaciones tenían bajas tasas de eliminación (14 %) y no mostraron relación con las tasas crecientes de nitrificación. Por otro lado, se destacó el porcentaje heterótrofo de CAS por su capacidad de biodegradación. Se eliminó hasta el 100% y el 78%, respectivamente, de E2 y E3. Se descubrió que E1 se eliminaba significativamente y era el principal producto de transición de E2 (oxidación casi cuantitativa). Finalmente, las reducciones de EE2 y BPA oscilaron entre el 10 % y el 39 %, lo que las hizo más persistentes fisiológicamente.

Luego de presentar los antecedentes más relevantes encontrados a nivel internacional sobre la aplicación de técnicas para la eliminación de microcontaminantes ambientales, se describe el problema de estudio:

Al ser disruptores endocrinos (EDC), pueden ser sustancias químicas naturales o artificiales que se liberan al medio ambiente (Bedoya Ríos D. et al., 2018, p. 2). Donde estos contaminantes de preocupación emergente tienen profundos efectos de alteración endocrina en humanos y otros organismos, típicamente con efectos cancerígenos, genotóxicos y neurotóxicos que varían en función de la edad, la duración de la exposición, la dosis y la presencia de otros contaminantes (Rattan S y Defectos J., 2019, p.2).

Asimismo, provocan una grave contaminación ambiental, trayendo como consecuencia condiciones en la vida silvestre (El Nahhal Y., 2020, p.3).

Los EDC son sustancias exógenas que pueden evitar la producción, el almacenamiento, la liberación, el transporte, el metabolismo, la unión o la eliminación de hormonas endógenas (Laws Mary J. et al., 2021, p.151). Se clasifican como sustancias volátiles o semivolátiles en fase gaseosa o ligadas a partículas en la atmósfera (Darbre P. et al., 2022, p.445). Se componen de productos de combustión (dibenzodioxinas/furanos policlorados, hidrocarburos aromáticos policíclicos) y productos químicos industriales (bifenilos policlorados) (gore Andrea C. et al., 2016, p.4). Pesticidas, herbicidas, alquilfenoles, componentes plásticos (ftalatos, bisfenol A), componentes de bienes de consumo (parabenos, triclosán, retardantes

organobromados, fluorosurfactantes, compuestos de fragancias) y algunos metales (Gonsioroski A. et al., 2020, p. dos).

Asimismo, la Tabla 1 muestra las diversas fuentes de disruptores endocrinos en el aire:

Tabla N 1: Fuentes de disruptores endocrinos medidas en el aire

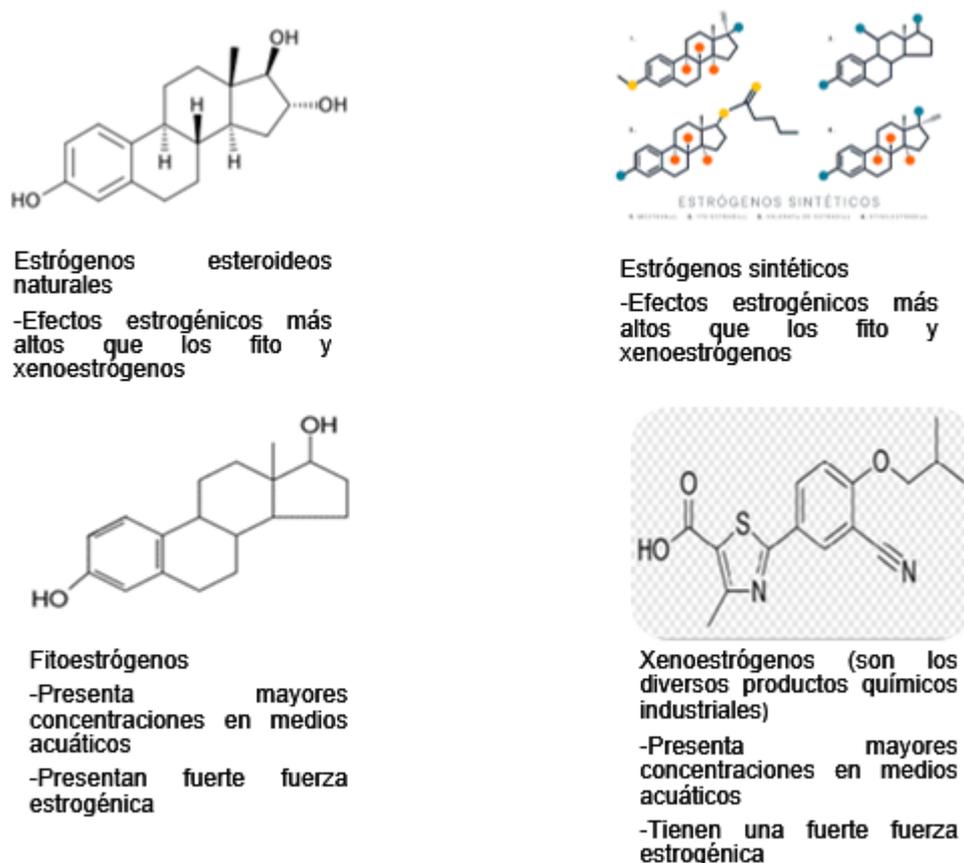
<b>Químico</b>	<b>Usar</b>	<b>fuentes de contaminación del aire</b>
<i>ftalatos</i>	Plastificantes para hacer productos plásticos más flexibles y transparentes	Plásticos, artículos de tocador y ambientadores
<i>El bisfenol A</i>	producción de resinas epoxi y policarbonato plástico.	Productos de consumo hechos de plástico, incluidas botellas, equipos deportivos, CD, DVD, revestimiento de tuberías, latas de alimentos y papel térmico
<i>parabenos</i>	Conservantes para prevenir la acción microbiana	medicamentos, artículos de cuidado personal y artículos de papel
<i>triclosán</i>	antimicrobiano	artículos para el cuidado personal, juguetes, utensilios de cocina y batas
<i>alquilfenoles</i>	detergentes	Productos para el cuidado y limpieza personal
<i>almizcles sintéticos</i>	Fragancia	productos para el cuidado personal, cuidado del hogar, fragancias y velas
<i>Éteres de difenilo polibromados</i>	retardantes de llama	muebles blandos
<i>Ácido perfluorooctanoico, ácido perfluorooctanosulfónico</i>	revestimientos que resisten las manchas	muebles y telas suaves
<i>PCB</i>	lubricantes industriales, particularmente en productos eléctricos y refrigerantes	Uso restrictivo desde la década de 1970, pero los contaminantes orgánicos persistentes están en todas partes.
<i>Dibenzodioxinas</i> y <i>dibenzofuranos policlorados</i>	Ninguno	subproductos de combustión
<i>hidrocarburos poliaromáticos</i>	Ninguno	quema de moléculas orgánicas que es incompleta.
<i>Plaguicidas organoclorados</i>	pesticidas	Fumigación de casas y fincas
<i>piretroides</i>	Pesticida	Fumigación de casas y fincas
<i>Cadmio</i>	cigarrillos	humo de tabaco
<i>sales de aluminio</i>	Antitranspirante	Productos de cuidado personal en formato aerosol

Fuente: Extraído y modificado de Darbre Philippa D., 2018

Uno de los principales EDC es el fármaco que se enumera a continuación: Se ha descubierto que las aguas residuales incluyen triclosán, nonilfenol, ftalatos de nonilfenol, octilfenol, ftalatos de octilfenol, bisfenol A, isoflavonas y hormonas esteroideas (Laborie S. et al., 2016, p.4). Además, estas sustancias se encuentran típicamente en las aguas residuales de fuentes domésticas, residuales industriales y ganaderas (Darbre P. et al., 2018, p.2).

Estos se descubrieron en suero humano, grasa y sangre del cordón umbilical, junto con otros EDC relacionados, como ftalatos, bifenilos policlorados (PCB) y bisfenol A (BPA) (Sarangapani C. et al., 2017, p.3). Pero, las cuatro categorías importantes de EDC se describen en la Figura 1:

Gráfico N 1: Categorías importantes de EDC



*elaboración propia*

Además, más de 100 compuestos se enumeran como disruptores endocrinos potenciales, incluidos el éter de difenilo tetrabromado, el o-fenilfenol, el disulfuro de carbono, la estrona (E1), el 17-etinilestradiol (EE2) y el 17-estradiol (E2). 4-cloro-3-

metilfenol, 2,4-diclorofenol, resorcinol, 4-nitrotolueno, 2,20-bis(4-(2,3-epoxipropoxi)fenil)propano, 4-nitrotolueno y (Plunk E. y Richards S., 2020, p.2).

Debido a esto, la contaminación ambiental por EDC va en aumento sin que aún esté regulada (Tapia Orozco N. et al., 2016, p.5). Hay una serie de elementos variables que pueden afectar la presencia y la variación de los EDC en los cuerpos de agua, incluidas las aguas superficiales y subterráneas, las fuentes comunes de agua potable, incluido el uso, los factores hidrogeológicos y el comportamiento químico de los contaminantes (Nasir Hanisah M. et al. al., 2021, p.3).

Estas características han llevado al descubrimiento de los EDC como microcontaminantes orgánicos a nivel de trazas en el medio acuático (Ismanto A. et al., 2022, p.3).

El rápido aumento en la cantidad y el uso de sustancias químicas liberadas en el medio ambiente para una variedad de objetivos ha alterado los hábitats ambientales y ha dañado la salud humana y la vida silvestre (Lauretta R, et al., 2019, p. dos). El daño a los humanos se manifiesta de tres formas: una reducción de la fertilidad, un cambio en el comportamiento sexual y un aumento de anomalías y malignidades tanto en personas como en animales de experimentación (Combarnous Y., 2017, p.3).

Asimismo, se anticipa que las variables ambientales a nivel mundial contribuyen a más del 24% de las dolencias y enfermedades humanas (Ahmed Mohammad B. et al., 2018, p.2). Mientras que el porcentaje de malformaciones urogenitales en bebés varones aumentó entre los expuestos al DDT en los países en desarrollo (Dietert Rodney R., 2016, p.2).

La exposición al DDT se ha relacionado con anomalías reproductivas importantes, tumores malignos, adolescencia temprana y tasas de concepción más bajas en las mujeres cuando ocurre con frecuencia en la niñez y la adolescencia (Kahn Linda G. et al., 2020, p. 4). Debido al aumento dramático en el uso y uso de productos químicos producidos, la prevalencia de trastornos que afectan el sistema endocrino se ha disparado (Darbre Philippa D., 2019, p.3).

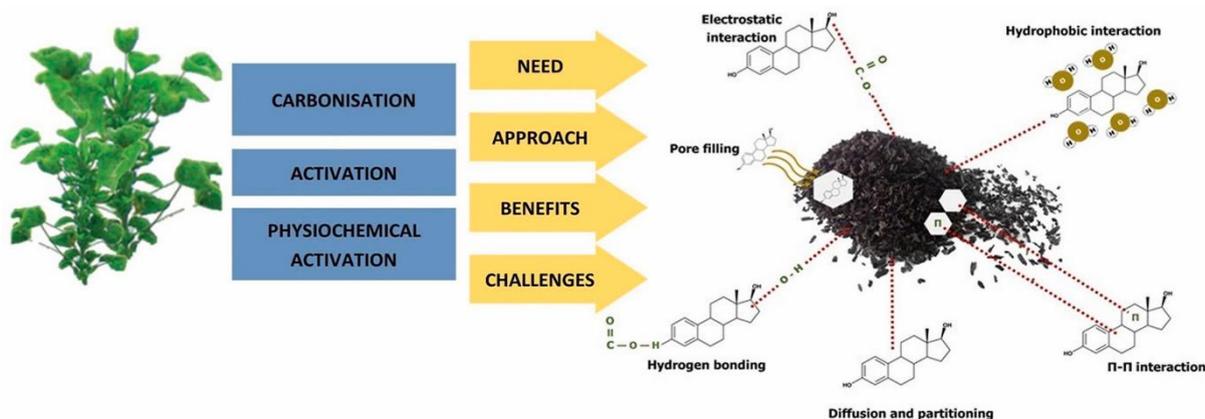
Es fundamental desarrollar nuevas estrategias y técnicas para eliminar estos microcontaminantes de los efluentes vertidos, ya que el nivel de ultratrazas de los EDC

afecta la salud humana y representa un peligro para el medio ambiente (Xu Lu et al., 2022, p.2).

Por estas razones, la búsqueda y desarrollo de técnicas de eliminación de estos compuestos ha sido un área constante de investigación (Dos Reis et al., 2016, p.1). Donde la adsorción es un proceso que ha ganado interés, ya que se ha aplicado en la eliminación de varios EDC por adsorción de carbón activado (AC) (González H. et al., 2022, p.2).

Como resultado, hay muchos beneficios, incluido un diseño de poro y área amplia, la capacidad de regenerar y reutilizar, y costos de capital económicos (Dos Reis G. et al., 2021, p.2). la capacidad de eliminarlos en dosis muy pequeñas, la consistencia con los sistemas por lotes y constantes, la hidrofobicidad de las propiedades de la superficie y la simplicidad con la que varias técnicas de activación pueden aumentarlos (Reda Rasha M. et al., 2021, p.4). Como se ve en la figura 1.

Figura N 1: Proceso de adsorción de carbón activado EDC



Fuente: Extraído de Nasir Hanisah M. et al., 2021

La eficacia de esta técnica, que combina una biomasa lignocelulósica elegida con fibras naturales porosas y asequibles para crear biochar, arroja luz sobre los beneficios de los adsorbentes derivados de biochar desde una perspectiva ambiental (Ji Rongting et al., 2021, p.2). En esencia, una estrategia es mejorar la fibra natural como adsorbente carbonizando, activando y empleando el proceso fisicoquímico para aumentar el potencial del material para adsorber contaminantes de cuerpos de agua (Lewoyehu M., 2021, p.2).

Así mismo, existen diferentes tecnologías de eliminación de EDC, donde las ventajas y limitaciones se muestran en la Tabla 2.

*Tabla N 2: Beneficios y desventajas de las diferentes tecnologías de eliminación de EDC*

<b>Tecnología</b>	<b>Ventaja</b>	<b>limitaciones</b>
<b>proceso de adsorción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La posibilidad de rehabilitación o uso con menor desembolso de capital</li> <li>-Tienen tamaño de poro y volumen de poro mejorados, y cualidades superficiales que son hidrofóbicas.</li> <li>-Renovación térmica del carbón para eliminar residuos de solventes ligados; -Robusto, fácil de instalar y mantener</li> <li>-Extremadamente adaptable; permite un inicio y apagado rápidos a pedido.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Los contaminantes del agua se eliminan, pero no se pueden destruir (es decir, dificultades en la regeneración).</li> <li>-Debido al bloqueo, el sistema no pudo manejar los sólidos en suspensión (SS) en la corriente de efluentes.</li> <li>Si no hay posibilidad de regeneración, es difícil eliminar el lodo cargado.</li> <li>El desarrollo de nuevos adsorbentes es un campo de estudio floreciente.</li> </ul>
<b>Ultrafiltración (UF)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Utiliza menos energía y es una forma de tratamiento a un precio razonable.</li> <li>- Ni las propias operaciones de tratamiento ni el vertido de efluentes generan degradación ambiental.</li> <li>Es necesaria una presión de funcionamiento más baja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Con un método de membrana de presión operativa más baja, se pueden eliminar los EDC.</li> <li>La calidad del agua efluente es inadecuada.</li> <li>-Imposibilidad de eliminar las sustancias solubles del agua.</li> <li>-Daña la membrana a presiones superiores a 3 bar</li> </ul>
<b>Nanofiltración (NF)</b>	Debido a la estructura física del separado y la personalización de la membrana, NF es un método de separación diferente (es decir, ambientalmente benigno)	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Se utiliza más energía (0,3-0,0 kWh/m<sup>3</sup>)</li> <li>Se requiere pretratamiento (0.1-20 micrones) para agua extremadamente contaminada</li> </ul>
<b>Microfiltración (MF)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-No hay necesidad de un modo de configuración de uso intensivo de energía (por evaporación, etc.).</li> <li>Es importante operar a una presión más baja.</li> <li>a un precio razonable</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-La eliminación a presiones más bajas se ve obstaculizada por el gran tamaño de los poros.</li> <li>Cuando las presiones son superiores a 1 bar, la membrana se daña.</li> <li>-Calidad suficiente del agua tratada</li> </ul>
<b>técnicas de biorremediación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Únicamente enfoque totalmente natural sin efectos adversos</li> <li>- Durante la remediación en el sitio, no se pueden transferir productos químicos peligrosos.</li> <li>- Utiliza menos energía que los métodos de vertedero e incinerador</li> </ul>	Menor biodegradabilidad de microcontaminantes y productos químicos clorados. Metabolitos intermedios tóxicos producidos por el metabolismo microbiano de los contaminantes.
<b>Técnicas de fitorremediación</b>	- Aplicar la tecnología adecuada a un sitio para reparar aguas	-El intermedio producido puede ser citotóxico para las plantas. -

	<p>profundas contaminadas, aguas superficiales y aguas subterráneas con la menor cantidad de efectos ambientales negativos (no se necesitan biosorbentes costosos ni equipo especializado). (mejora del ecosistema del suelo)</p> <p>-Utilizado en las principales actividades de ingeniería ecológica para el tratamiento de contaminantes mixtos.</p>	<p>Se necesitan criterios normativos para la recolección y disposición de los contaminantes acumulados.</p> <p>-Necesita más tierra que otras técnicas de remediación.</p> <p>La capacidad de las especies de plantas para tolerar diferentes microcontaminantes puede tener un impacto en el éxito de la fitorremediación.</p>
<b>filtración por membrana</b>	<p>-El procedimiento reduce el uso de energía.</p> <p>Produce bienes de mayor calidad con configuraciones operativas flexibles;</p> <p>-Posibilidad de vinculación con otras actividades y procesos</p> <p>-Como no intervienen productos químicos ni aditivos, el procedimiento es verde.</p>	<p>-Se concentró el lodo resultante.</p> <p>La vida útil corta de la membrana y la selectividad limitada son causadas por - Afectados por los atributos faciales de los contaminantes que necesitan ser tratados - Responsables de los problemas de incrustaciones.</p>

*Fuente:*Extraído de Si Xiurong et al., 2019 y Liu Shaono et al., 2019

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo de diseño de investigación**

La presente investigación es cualitativa, ya que la investigación cualitativa utiliza los enfoques más populares para la recolección de datos cualitativos; utilizando entrevistas, grupos focales, observación directa, observación participante y análisis de documentos (Salgado A., 2007, p.71). Debido a esto, en el presente trabajo se aplica una investigación cualitativa, debido a que se recopilarán datos de los artículos seleccionados acerca de las técnicas para la eliminación de microcontaminantes ambientales emergentes mediante diversas técnicas.

Como resultado, se utiliza el tipo de investigación porque los diseños de investigación cualitativa buscan abordar un problema específico o proporcionar enfoques nuevos a problemas que tienen un impacto en un individuo, un grupo o una sociedad. Con frecuencia se la denomina técnica científica de indagación o indagación por contrato debido a la aplicación práctica de ideas científicas en entornos cotidianos (Carter S. et al., 2019, p.2).

Por lo general, realiza investigaciones adicionales para validar los resultados de la investigación fundamental o pura y luego utiliza esos resultados para desarrollar soluciones creativas (Lozada J., 2014, p.5).

Ya que un diseño sistemático es apropiado para una técnica explícita y transparente para sintetizar los hallazgos de la investigación, incluyendo: formulación precisa de la(s) pregunta(s) de investigación; Adicionalmente, realiza una revisión sistemática de la literatura accesible y aplica criterios definidos para la inclusión o exclusión de estudios (Sovacool B. et al., 2018, p.2).

Asimismo, Carter S. et al., (2019, p.2), afirma que también pueden evaluar la calidad de los estudios incluidos utilizando estándares abiertos y consistentes. Debido a esto, se aplicó dicho diseño, por lo tanto, se realizó la búsqueda y utilizando diversos criterios de selección para agregar solo aquellos que versan sobre los puntos relevantes de la aplicación de técnicas emergentes de eliminación de microcontaminantes ambientales.

### **3.2. Matriz de categorías, subcategorías y categorizaciones**

El escenario, por tratarse de una revisión sistemática, presentó más de un escenario; pues, se consideraron los lugares donde los autores de los estudios realizaron la aplicación de las técnicas de eliminación de microcontaminantes ambientales emergentes. Estando entre algunos de los escenarios, laboratorios universitarios.

### **3.3. escenario de estudio**

El escenario de estudio es el lugar o medio físico al que se tiene acceso para realizar el trabajo de investigación; Por lo tanto, por tratarse de un trabajo sistemático, se consideraron como escenarios los diversos laboratorios y centros universitarios donde los autores de los artículos analizados aplicaron las diversas tecnologías físicas, químicas y biológicas para la remediación de suelos contaminados con PHs.

### **3.4. Participantes**

Los participantes encargados de realizar el estudio fueron bibliotecas electrónicas indexadas, con libre acceso a sus contenidos, pudiendo hacer uso de sus bases de datos como revistas científicas, citas científicas, libros virtuales y artículos científicos.

Entre los participantes considerados se encontraban: sciencedirect, scielo, scopus y Proquest.

### **3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica utilizada en este estudio fue el análisis documental; Siendo este considerado como el método que permite la extracción y análisis de los estudios científicos para generar su rápida recuperación y fácil acceso (Ocak G. y Ocak I., 2016, p.648).

Ante esto, esta técnica requirió de un instrumento de recolección de datos para acoplar su trabajo, siendo la ficha de análisis de contenido que se encuentra en el anexo 2 la propuesta de este trabajo.

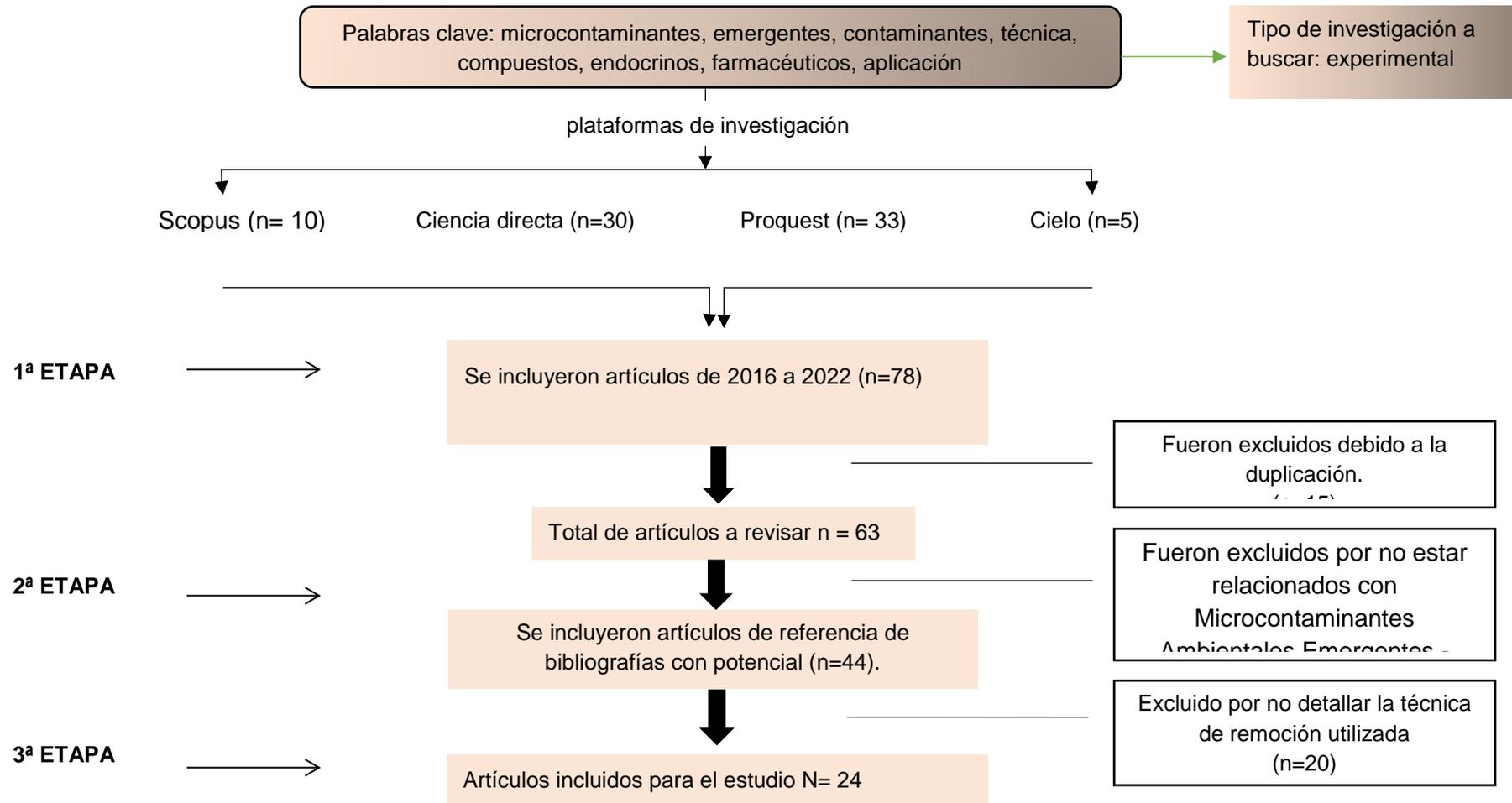
Dicho archivo es un documento que permite capturar datos relevantes de un estudio original, con datos del autor, datos del estudio, como el objetivo, metodología, fuentes de contaminación, tipos de compuestos disruptivos encontrándose en el archivo

propuesto de elaboración propia. técnicas endocrinas y de eliminación, resultados y conclusiones.

### **3.6. Proceso**

El procedimiento seguido en este estudio constó de 3 etapas, que incluyeron una serie de artículos a los estudios seleccionados por las plataformas virtuales de manera general; Asimismo, en dicha etapa se excluyeron artículos por ser repetidos y de igual forma se realizaron los procesos de selección en las etapas 2 y 3; donde los criterios se rigieron por lo que indica la guía para productos observables como el año de antigüedad de los estudios y lo que se requiere para presentar resultados con la mayor información posible.

Gráfico N 2. Procedimiento de estudio



### **3.7. rigor científico**

La aplicación del rigor garantiza un diseño experimental, una metodología, un análisis, una interpretación y un informe de los resultados sólidos e imparciales. Por lo tanto, el presente trabajo de investigación buscó cumplir con los criterios de dependencia, confirmabilidad, transferibilidad, credibilidad para obtener el rigor científico. Cada uno siendo descrito a continuación por (Cornejo et.al., 2011, p.15).

la dependencia; Este criterio es más controvertido entre los investigadores que otros criterios, porque se discute la estabilidad de los datos, ya que otros investigadores afirman que es casi imposible lograrlos si los estudios son prácticos y por lo tanto irrepetibles; por esta razón no es posible tener una precisión en su totalidad. Ante esto, el presente trabajo se encargó de brindar la transcripción de los estudios sin alterar la información de los mismos y sin presentar opiniones que pudieran modificar algún resultado, tratando de que sean lo más acertados posibles a los señalados en los estudios originales.

Confirmabilidad, este criterio recae en el investigador, ya que debe procurar que la información proporcionada sea lo más clara posible y se logre a través de la neutralidad de interpretación; de esta manera los investigadores pueden continuar con el estudio siguiendo las pistas dejadas para obtener resultados similares. Así, se cumplió con este criterio, dejando tanto información sobre la metodología utilizada como las técnicas y métodos empleados en la aplicación de técnicas de eliminación de microcontaminantes ambientales emergentes.

Transferibilidad, este criterio consiste en la posibilidad de que los resultados generados en un trabajo puedan ser aplicados a otros que muestren un amplio conocimiento de los fenómenos. Este criterio se cumplió brindando el máximo detalle de la información y brindando toda la información de los autores de quienes se utilizaron los datos.

Credibilidad, se centra en la capacidad del investigador para transmitir claramente los puntos de vista del autor y esto se logra demostrando que los hallazgos obtenidos son verdaderos y reales. Obteniéndose este criterio reflejando información selectiva de los estudios que aplicaron las técnicas de Eliminación de disruptores endocrinos.

### **3.8. Método de análisis de información**

El método de la información se refiere a la comparación, evaluación y/o contrastación de múltiples teorías o conceptos (Cadena-Lñiguez, P. et al., 2017, p.7); Por tanto, fue el método utilizado en este trabajo, donde una de las técnicas empleadas fue el uso de la matriz apriorística, lo que permitió elaborar las siguientes categorías y subcategorías:

Categorías: fuentes de contaminación de compuestos disruptores endocrinos, tipos de compuestos disruptores endocrinos y técnicas de eliminación de compuestos disruptores endocrinos

Subcategorías: Aguas residuales municipales, Efluentes secundarios, Agua corriente, Aguas residuales urbanas, Aguas residuales domésticas / Bisfenol A (BPA), 17 $\alpha$ -etinilestradiol (EE2), Estrona, Nonilfenoles / Lodos activados procesos convencionales, Proceso Photo Fenton, Compuesto de biocarbón, ultrafiltración

### **3.9. Aspectos éticos**

Este trabajo de investigación se ha realizado con información veraz y sin alterar los datos; pudiendo verificar mediante los autores que aparecen en las referencias, asimismo, si cada uno de ellos fue debidamente citado mediante la Norma ISO 690, con lo cual se respetó el derecho de autoría; Finalmente, se cumplió con los lineamientos establecidos por el código de ética de la UCV.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los puntos relevantes de la aplicación de técnicas para la eliminación de microcontaminantes ambientales emergentes - EDC por diversas fuentes de contaminación son los tipos de compuestos disruptores endocrinos con mayor presencia y las técnicas de eliminación. Dado esto, queríamos examinar las fuentes de contaminación de los compuestos disruptores endocrinos, definir las diferentes categorías de compuestos disruptores endocrinos y categorizar los métodos para eliminar los compuestos disruptores endocrinos.

Utilizando la Tabla 3, se analizaron las fuentes de contaminación de los disruptores endocrinos, tomando como criterio el número de estudios que presentan el mismo contaminante.

Tabla N 3: Fuentes de contaminación de compuestos disruptores endocrinos

<b>Fuente</b>	<b>Lo que genera EDC</b>	<b>Referencia</b>
<i>aguas residuales sintéticas</i>	El bisfenol A	JunB-Moon et al. (2019, pág. 1) Jamil Tarek S. et al., (2017, p.1) Kamarehie B. et al., (2018, p.1) Heo Jiyong et al., (2019, p.1) Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	17 $\alpha$ -etinilestradiol	JunB-Moon et al. (2019, pág. 1) Baycan N. y Puma G. (2018, p.1) Kresinova Zdena et al., (2018, p.1) Si Xiurong et al., (2019, p.1) Ahmed M. et al. (2018, pág. 1) Baycan N. y Puma G. (2018, p.1)
	estrona	Si Xiurong et al., (2019, p.1) Kresinova Zdena et al., (2018, p.1) DongX et al. (2018, pág. 2)
	17 $\beta$ -estradiol	Liu N. et al. (2020, pág. 1) Baycan N. y Puma G. (2018, p.1) Kresinova et al., (2018, p.1) Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	estriol	Si Xiurong et al., (2019, p.1) Baycan N. y Puma G. (2018, p.1) Janicki et al. (2016, pág. 2) Kresinova et al., (2018, p.1)
	nonilfenoles	Kresinova et al., (2018, p.1)
	nonilfenol técnico	Él J et al. (2016, pág. 2)
<i>aguas residuales municipales</i>	El bisfenol A	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1) Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)
<i>aguas residuales urbanas</i>	El bisfenol A	Kresinova et al., (2018, p.1)
	17 $\alpha$ -etinilestradiol	Kresinova et al., (2018, p.1)
	estrona	Kresinova et al., (2018, p.1)
	17 $\beta$ -estradiol	Kresinova et al., (2018, p.1)

<i>WWTE (efluentes de tratamiento de aguas residuales) EDAR</i>	estriol	Kresinova et al., (2018, p.1)	
	4-n-nonilfenol	Kresinova et al., (2018, p.1)	
	estrone	Kassotaki E. et al., (2019, p.1)	
	17 $\beta$ -estradiol	Kassotaki E. et al., (2019, p.1)	
<i>Agua del grifo</i>	El bisfenol A	Kassotaki E. et al., (2019, p.1)	
	17 $\alpha$ -etinilestradiol	Kassotaki E. et al., (2019, p.1)	
	17 $\alpha$ -etinilestradiol	Kresinova Z. et al., (2018, p.1)	
	estrone	Kresinova Z. et al., (2018, p.1)	
<i>aguas residuales domesticas</i>	17 $\beta$ -estradiol	Kresinova Z. et al., (2018, p.1)	
	estriol	Kresinova Z. et al. (2018, p.1)	
	nonilfenoles	Kresinova Z. et al., (2018, p.1)	
	El bisfenol A	Kresinova Z. et al., (2018, p.1)	
	nonilfenoles	Toro et al., (2017, p.1)	
	El bisfenol A	Toro et al., (2017, p.1)	
<i>OTROS</i>	efluente secundario	El bisfenol A	Si X.et al., (2019, p.1)
	interfase sedimento-agua	17 $\alpha$ -etinilestradiol	Guo et al. (2019, p.2)
	sedimentos marinos fluvial	4-n-nonilfenol (4-NP)	Dong et al. (2019, p.1)

Según la tabla 3, se ha descubierto que los microcontaminantes orgánicos como la escorrentía, los lixiviados de vertederos, las aguas superficiales, las aguas subterráneas, los efluentes industriales y municipales y las vías fluviales naturales contienen sustancias químicas disruptoras endocrinas (EDC).

Donde, además, las fuentes de contaminación de los disruptores endocrinos más estudiados son aguas residuales sintéticas, donde los disruptores endocrinos más generados son bisfenoles, 17 $\alpha$ -etinilestradiol, estrone, 17 $\beta$ -estradiol, estriol y nonilfenoles (NP), nonilfenoles técnicos ( t-NP).

Esto siendo apoyado por los siguientes autores; Jun B-Moon et al. (2019, p.1), Jamil Tarek S. et al., (2017, p.1), Kamarehie B. et al., (2018, p.1), Heo Jiyong et al., (2019, p. 1), Baycan N. y Puma G. (2018, p.1), Si Xiurong et al., (2019, p.1), Ahmed M. et al. (2018, p.1), Kresinova Zdena et al., (2018, p.1), Dong X. et al. (2018, p.2), Liu N. et al. (2020, p.1), Baycan N. y Puma G. (2018, p.1), Janicki et al. (2016, p.2).

Esto se debe a que los efluentes de las instalaciones de tratamiento de aguas residuales (STP, por sus siglas en inglés) a menudo incluyen de 15 a 70 ng/L de productos químicos de estrógeno, que es demasiado para constituir un riesgo para la salud pública (Ahmed M. et al. 2018, p.1).

Pero Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1); indica resaltado, en contraste con autores anteriores, que las plantas de tratamiento de aguas residuales son la principal fuente de las toxinas identificadas en el medio ambiente (EDAR). La afirmación de Jun B-Moon et al (2019, p.1) de que estos productos químicos se liberan con los efluentes y crean una amplia gama de contaminaciones ambientales, ya que el plan de tratamiento de efluentes no fue diseñado para deshacerse de ellos, respalda esto.

Por otro lado; Se identificaron los tipos de disruptores endocrinos con mayor presencia en ambientes contaminados, comparando los estudios de la Tabla 4, donde se utilizaron como criterios la fuente de contaminación y la eficiencia de remoción.

*Tabla N 4: Tipos de compuestos disruptores endocrinos*

tipo EDC	Fuente	eficiencia de eliminación	Referencia	
<b>Bisfenol A (BPA)</b>	aguas residuales sintéticas	-	JunB et al. (2019, pág. 1)	
	aguas residuales municipales	46	Bai y Acharya (2019, p.1)	
	aguas residuales sintéticas	100	Jamil et al., (2017, p.1)	
	aguas residuales sintéticas	-	Kamarehie et al., (2018, p.1)	
	aguas residuales sintéticas	-	Heo et al., (2019, p.1)	
	efluente secundario	90	Si Xiurong et al., (2019, p.1)	
	Agua del grifo	78	Kresinova Z.et al., (2018, p.1)	
	aguas residuales sintéticas	76		
	aguas residuales urbanas	97		
	Agua	70	Tursi et al., (2018, p.1)	
	aguas residuales domesticas	73	Toro et al., (2017, p.1)	
	EDAR	100	Kassotaki et al., (2019, p.1)	
	EDAR	39	Kassotaki et al. (2019)	
	Aguas residuales	100	Ahmed et al. (2018, pág. 1)	
<b>17<math>\alpha</math>-etinilestradiol (EE2)</b>	aguas residuales sintéticas	-	Junet al. (2019, pág. 1)	
	aguas residuales sintéticas	98	Baycan y Puma (2018, p.1)	
	MWWE	60	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1)	
	interfase sedimento-agua	-	Guo et al. (2019, pág. 2)	
	Agua del grifo	78	Kresinova et al., (2018, p.1)	
	aguas residuales sintéticas	76		
	aguas residuales urbanas	97		
	aguas residuales sintéticas	90	Si Xiurong et al., (2019, p.1)	
	EDAR	100	Kassotaki et al., (2019, p.1)	
	EDAR	3.4		
	Aguas residuales	100	Ahmed et al. (2018, pág. 1)	
	aguas residuales sintéticas	95	Baycan y Puma (2018, p.1)	
	<b>Estrona (E1)</b>	aguas residuales sintéticas	90	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
		MWWE	29	Bai y Acharya (2019, p.1)
Agua del grifo		78	Kresinova et al., (2018, p.1)	
aguas residuales sintéticas		76		
<u>aguas residuales urbanas</u>		<u>97</u>		
Aguas residuales		100	Ahmed et al. (2018, pág. 1)	

	WWTE	100	Kassotaki et al., (2019, p.1)
	WWTE	38	
<b>17<math>\beta</math>-estradiol (E2)</b>	aguas residuales sintéticas	-	DongX et al. (2018, pág. 2)
	aguas residuales sintéticas	-	Liu et al. (2020, pág. 1)
	aguas residuales sintéticas	-	Liu et al. (2019, pág. 1)
	aguas residuales sintéticas	92	Baycan y Puma (2018, p.1)
	Agua del grifo	78	Kresinova et al., (2018, p.1)
	aguas residuales sintéticas	76	
	aguas residuales urbanas	97	
	aguas residuales sintéticas	90%	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	instalaciones de aguas grises	60	Bai y Acharya (2019, p.1)
	instalaciones de aguas grises	100	Kassotaki E. et al., (2019, p.1)
	instalaciones de aguas grises	100	
	instalaciones de aguas grises	100	
	instalaciones de aguas grises	78	
	ERA	100	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)
<b>Estriol (E3)</b>	Agua del grifo	78	Kresinova Z. et al. (2018, pág. 1)
	aguas residuales sintéticas	76	
	Aguas residuales	97	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)
	aguas residuales urbanas	97	Kresinova et al., (2018, p.1)
	aguas residuales sintéticas	90%	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	aguas residuales sintéticas	70%	Baycan y Puma (2018, p.1)
	Agua	90	Janicki et al. (2016, pág. 2)
<b>Nonilfenoles (NP)</b>	Aguas residuales	15.2	Janicki T. et al. (2018, pág. 1)
	aguas residuales domesticas	63	Toro Vélez A. et al., (2017, p.1)
	Agua del grifo	78	
	aguas residuales sintéticas	76	
<b>4-n-nonilfenol (4-NP)</b>	aguas residuales urbanas	97	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	sedimentos marinos fluviales	85	Dong C et al. (2019, pág. 1)
<b>nonilfenol técnico (t-NP)</b>	aguas residuales sintéticas	82.8	Él J et al. (2016, pág. 2)
	MWWE	100	Bai y Acharya (2019, p.1)
<b>4-terc-octilfenol (4-t-OP)</b>	Aguas residuales	97	Ahmed et al. (2018, pág. 1)
<b>4-cumilfenol (4-CP)</b>	Aguas residuales	93.1	Janicki et al. (2018, pág. 1)
<b>4-terc-butilfenol (4tBP)</b>	Aguas residuales	65.3	

De acuerdo con la Tabla 4, el bisfenol A es el tipo de disruptor endocrino más frecuente en entornos contaminados (BPA), 17 $\alpha$ -etinilestradiol (EE2), estrona (E1), 17 $\beta$ -estradiol (E2), estriol (E3) y nonilfenoles. (NOTARIO PÚBLICO); Pueden ser generados por fuentes de aguas residuales sintéticas, urbanas, EDAR, domésticas, municipales o incluso agua del grifo.

Además, también fue posible darse cuenta a través de la comparación que los Nonilfenoles (NP) son el contaminante que es más difícil de eliminar, a diferencia del DPA; EE2, E1, E2 o E3.

Siendo así corroborado por Kresinova Zdena et al., (2018, p.1); quienes estudiaron la eficiencia de remoción de BPA generado por tres fuentes (agua del grifo, aguas residuales sintéticas, aguas residuales urbanas); siendo que en todos los casos la remoción fue alta; 78, 76 y 97% respectivamente.

Asimismo, respaldan la afirmación Jamil Tarek S. et al., (2017, p.1) y Si Xiurong et al., (2019, p.1); eliminando BPA con una eficiencia del 100% y 100% respectivamente.

Mientras, las NP, generadas en aguas residuales, domésticas, de grifo y sintéticas; presentó bajas eficiencias de remoción, siendo así corroborado por Janicki T. et al. (2018, p.1), presentando un 15,2%.

Lo anterior también se puede observar en un estudio de Toro Vélez A. et al. (2017, p. 1), quienes investigaron los CW longitudinales tropicales de aguas subterráneas y utilizaron *Heliconia* para eliminar el 73 % de BPA y el 63 % de NP mediante el uso de CW *Phragmites* para eliminar el 70 % de bisfenol y el 52 % de NP, o que condujeron al 62 % de ftalatos y al 25 % de precios de descarga en un marco casi de banda ancha, lo que demuestra que ahora los NP prevalecen en casi cualquier caso particular.

Finalmente, se utilizó la Tabla 5 para categorizar los métodos de remoción de las sustancias mutagénicas encontradas en los diferentes sitios contaminados.

Tabla N 5: Técnicas para la eliminación de compuestos disruptores endocrinos

tipo EDC	Técnicas/Proceso		efectivo o eliminación	Capac. adsorción (mg/g)	Referencia
<b>Bisfenol A (BPA)</b>	Adsorción por proceso de base orgánica Al	Adsorción	-	70.2	JunB-Moon et al. (2019, pág. 1)
	Humedales construidos (CW) - Algas verdes de agua dulce ( <i>Nannochloris</i> sp.)	fitorremediación	46	-	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1)
	Foto Fenton proceso	Proceso de oxidación avanzada	100		Jamil Tarek S. et al., (2017, p.1)
	Carbón activado en polvo (PAC)	Adsorción	-	9.2	Kamarehie B. et al., (2018, p.1)
	crisales de MgO-PAC	Adsorción	-	22.28	Kamarehie B. et al., (2018, p.1)
	Compuesto CuZnFe 2 O 4 (CZF–biocarbón)	Adsorción	-	263	Heo Jiyong et al., (2019, p.1)
	compuesto de biocarbón	Adsorción	-	185	Heo Jiyong et al., (2019, p.1)
	Ultrafiltración y ozonización compatibles con EfOM	Filtración membranas por y biorremediación	90	-	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	Biorreactor de lecho empacado estático (SPBB) a escala piloto que utiliza <i>P. ostreatus</i>	biorremediación	78	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	Reactor de lecho percolador (TBR) a escala piloto utilizando <i>P. ostreatus</i>	biorremediación	76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	Biorreactor de lecho empacado estático (SPBB) a escala piloto que utiliza <i>P. ostreatus</i>	biorremediación	97	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	Adsorción de fibra de celulosa	Adsorción	70	-	Tursi Antonio et al., (2018, p.1)
	humedales construidos	fitorremediación	73	-	Toro Vélez A. et al., (2017, p.1)
	Lodos activados nitrificantes (NAS)	POA	100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	Bacterias oxidantes de amoníaco (AOB)	biorremediación	39	-	Kassotaki et al. (2019)
Biocarbón funcionalizado (fBC)	Adsorción	100	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)	
<b>17<math>\alpha</math>-etinilestradiol (EE2)</b>	Metal-orgánico a base de Al	Adsorción	-	87.0	JunB-Moon et al. (2019, pág. 1)
	Proceso Foto-Fenton	POA	98	-	Baycan N. y Puma G. (2018, p.1)

	Alga verde de agua dulce (Nannochloris sp.)	fitorremediación		60	-	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1)
	Adsorción de biocarbón de paja de maíz	Adsorción		-	1148 microgram os/g	Guo et al. (2019, pág. 2)
	SPBB a escala piloto usando P. ostreatus	biorremediación		78	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	TBR a escala piloto utilizando P. ostreatus	biorremediación		76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	SPBB a escala piloto usando P. ostreatus	biorremediación		97	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	Ultrafiltración y ozonización	Filtración membrana biorremediación	por y	90	-	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	Lodos activados nitrificantes (NAS)	POA		100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	Bacterias oxidantes de amoníaco (AOB)	biorremediación		3.4	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	oH 3 PO 4 activado	POA		100	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)
	proceso de fotooxidación	POA		95	-	Baycan N. y Puma G. (2018, p.1)
<b>Estrona (E1)</b>	Ultrafiltración (UF) y ozonización	Filtración membrana biorremediación	por y	90	-	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	Alga verde de agua dulce (Nannochloris sp.)	fitorremediación		29	-	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1)
	SPBB a escala piloto usando P. ostreatus	fitorremediación		78	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	TBR a escala piloto utilizando P. ostreatus	fitorremediación		76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	SPBB a escala piloto usando P. ostreatus	fitorremediación		97	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	biocarbón funcionalizado (fBC)	Adsorción		100	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)
	Lodos activados nitrificantes (NAS)	POA		100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)

	Bacterias oxidantes de amoníaco (AOB)	biorremediación	38	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)	
	biocarbón	Adsorción	-	50.24	DongX et al. (2018, pág. 2)	
<b>17β- estradiol (E2)</b>	Biocarbón de cápsula de loto tratado con KOH por adsorción	Adsorción	-	100.6	Liu N. et al. (2020, pág. 1)	
	Biocarbón a base de óxido de grafeno	Adsorción	-	46.22	Liu S. et al. (2019, pág. 1)	
	Proceso Foto-Fenton	POA	92	-	Baycan N. y Puma G. (2018, p.1)	
	SPBB a escala piloto usando P. ostreatus	biorremediación	78	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)	
	TBR a escala piloto utilizando P. ostreatus	biorremediación	76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)	
	SPBB a escala piloto usando P. ostreatus	biorremediación	97	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)	
	Ultrafiltración y ozonización	Filtración membrana biorremediación	por y	90	-	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	Alga verde de agua dulce (Nannochloris sp.)	fitorremediación		60	-	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1)
	Lodos activados nitrificantes (NAS)	POA		100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	Bacterias oxidantes de amoníaco (AOB)	biorremediación		100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	oH 3 PO 4 biocarbón activado	Adsorción	100	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)	
	Lodos activados nitrificantes (NAS)	POA	100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)	
	Bacterias oxidantes de amoníaco (AOB)	biorremediación	78	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)	
<b>Estríol (E3)</b>	SPBB a escala piloto usando P. ostreatus	fitorremediación	78	-	Kresinova Z. et al. (2018, pág. 1)	
	TBR a escala piloto utilizando P. ostreatus	fitorremediación	76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)	
	Biocarbón funcionalizado (fBC)	Adsorción	97	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)	
	SPBB a escala piloto usando P. ostreatus	fitorremediación	97	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)	

	Ultrafiltración y ozonización	Filtración membrana biorremediación	por y	90	-	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	Proceso Foto-Fenton	POA		70%	-	Baycan N. y Puma G. (2018, p.1)
<b>Nonilfenoles (NP)</b>	Hongo umbelopsis isabelina	biorremediación		90	-	Janicki et al. (2016, pág. 2)
	Hongo U. Isabellina	biorremediación		15.2	-	Janicki T. et al. (2018, pág. 1)
	humedales construidos	fitorremediación		63	-	Toro Vélez A. et al., (2017, p.1)
	SPBB a escala piloto usando P. ostreatus	biorremediación		78	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	TBR a escala piloto utilizando P. ostreatus	biorremediación		76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
<b>4-n-nonilfenol (4-NP)</b>	SPBB a escala piloto usando P. ostreatus	biorremediación		97	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	biocarbón	Adsorción		85	-	Dong C et al. (2019, pág. 1)
<b>nonilfenol técnico (t-NP)</b>	Adsorción en $\alpha$ -celulosa con activación de KOH	Adsorción		82.8	1072.9	Él J et al. (2016, pág. 2)
	Alga verde de agua dulce (Nannochloris sp.)	fitorremediación		100	-	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1)
<b>4-terc-octilfenol (4-t-OP)</b>	oH 3 PO 4 activado	Proceso de oxidación avanzada		97	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)
<b>4-cumilfenol I (4-CP)</b>	Hongo U. Isabellina	biorremediación		93.1	-	Janicki T. et al. (2018, pág. 1)
<b>4-terc-butilfenol (4tBP)</b>	Hongo U. Isabellina	biorremediación		65.3	-	Janicki T. et al. (2018, pág. 1)

El uso de técnicas de proceso mixto asegurará la sostenibilidad de la eliminación de EDC; Por lo tanto, a través de la clasificación de la Tabla 5, se encontró que las técnicas para la eliminación de compuestos disruptores endocrinos presentes en los diversos ambientes contaminados son adsorción, filtración por membrana (nanofiltración (NF), ultrafiltración (UF) y ósmosis inversa (RO)), avanzada Proceso de Oxidación (POA) como lodos activados residuales (WAS), proceso Fenton, fotocátalisis heterogénea o electroquímica (EC) y finalmente, la técnica de biorremediación (como ozonización y UF), técnica de fitorremediación, como (fitorremediación con humedales construidos (CW)).

Como se ve en el anexo 3, cuando se opera en condiciones de tratamiento de aguas residuales, incluidos los porcentajes iniciales, el pH, la temperatura y el tipo de EDC en el medio ambiente acuático, las tecnologías de oxidación avanzada (POA) también tienen una mayor eficiencia de eliminación.

Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1), quienes utilizaron lodos activados nitrificantes (NAS) como POA para la remoción de bisfenol A (BPA), logrando una eficiencia de remoción del 100%. Asimismo, Baycan N. y Puma G. (2018, p.1), con el contaminante  $17\alpha$ -etinilestradiol (EE2), estudian la técnica POA, aplicando el Proceso Photo-Fenton; logrando un porcentaje de eliminación del 98%.

Los artículos de Ahmed M. et al. (2018, p.1), Baycan N. y Puma G., Kassotaki Elissavet et al. (2019, p.1), y Ahmed M. et al. (2019, p.1) presentan investigaciones similares (2018, p.1); logrando eliminar el  $17\alpha$ -etinilestradiol (EE2), en un 100%, 100% y 95% con los procesos de lodos activados nitrificantes (NAS), oH 3 PO 4 activado y proceso de fotooxidación respectivamente como se muestra en la tabla 5.

Esto se debe a que los procesos oxidativos avanzados son capaces de mineralizar los microcontaminantes orgánicos (es decir, convertirlos en CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> y otras sales inorgánicas), y que los EDC de este método mejoran, ya que el proceso de oxidación en la degradación a base de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> incluye primero la creación de especies reactivas en líquido, seguido de la reacción entre la exposición de radicales libres y contaminantes (Cesario A. y Belgiorno V., 2016, p.4).

Sin embargo, los compuestos que deben eliminarse y el grado de optimización de los parámetros del sistema determinan la eficacia de la ozonización.

Por el contrario, la biorremediación utiliza sistemas de fotorreactores/biorreactores para producir energía a partir de una gran cantidad de biomasa y es un método eficiente y rentable de tratamiento del agua para eliminar los microcontaminantes.

Kassotaki Elissavet et al. (2019, p. 1) realizaron experimentos adicionales utilizando biomásas enriquecidas que comenzaron a crecer a escala de laboratorio (E1, E2, E3, EE2 y BPA de dicho efluente obtenido de la planta de tratamiento de aguas residuales utilizando lodos nitrificantes (NAS), bacterias oxidantes de amonio (AOB), o lodos activados estándar (CAS) (WWTP). Sin embargo, la persistencia biológica se mantuvo después de la eliminación de E1, EE2 y BPA, con eficiencias de eliminación que varían del 10 al 46 % para E1 y del 10 al 39 % para EE2. y BPA. El componente heterótrofo de CAS realizó una mayor atenuación para la eliminación del 100% de E2 y el 78% de E3, en comparación con AOB y NAS, lo que demostró que los compuestos tenían la capacidad de descomponer los EDC.

## V. CONCLUSIONES

Las circunstancias funcionales del sistema de tratamiento de agua determinan qué tan efectivas serán estas estrategias, aunque algunas de ellas no eliminan por completo la EDC. Los procedimientos utilizados para la erradicación de microcontaminantes ambientales en desarrollo, o EDC, de diversas fuentes de contaminación son puntos pertinentes de aplicación. residuales (niveles iniciales, pH, temperatura, tipo de EDC en el medio acuático y otros factores (por ejemplo, niveles de concentración inicial, pH, temperatura y tipo de EDC en el medio acuático).

Asimismo, a través del análisis de los diversos estudios, se pudo llegar a las siguientes conclusiones:

Se ha descubierto que los microcontaminantes orgánicos que se encuentran en las aguas subterráneas, el agua de mar, los efluentes urbanos e industriales, la escorrentía, los lixiviados de vertederos y las aguas naturales están contaminados por sustancias químicas disruptoras endocrinas. Además, las aguas residuales sintéticas son una fuente de contaminación para los disruptores endocrinos más investigados, y los disruptores endocrinos más producidos son bisfenoles, 17-etinilestradiol, estriol, 17-estriol, nonilfenoles (NP) y nonilfenol técnico (t-NP).

Los tipos de disruptores endocrinos con mayor presencia en ambientes contaminados son el bisfenol A (BPA), el 17 $\alpha$ -etinilestradiol (EE2), la estrona (E1), el 17 $\beta$ -estradiol (E2), el estriol (E3) y los nonilfenoles (NP); Pueden ser generados por fuentes de aguas residuales sintéticas, urbanas, EDAR, domésticas, municipales o incluso agua del grifo. Además, también fue posible darse cuenta a través de la comparación que los Nonilfenoles (NP) son el contaminante que es más difícil de eliminar, a diferencia del DPA; EE2, E1, E2 o E3.

Las técnicas para eliminar los disruptores endocrinos presentes en diversos ambientes contaminados son la adsorción, la filtración por membranas (nanofiltración (NF), la ultrafiltración (UF) y la ósmosis inversa (RO)), los procesos de oxidación avanzada (POA) como lodos residuales activados (WAS), proceso Fenton, fotocatalisis heterogénea o electroquímica (EC) y finalmente, la técnica de biorremediación (como ozonización y UF), técnica de fitorremediación, como (fitorremediación con humedales construidos (CW)).

## **VI. RECOMENDACIONES**

La mayoría de los efectos nocivos para la salud de los nuevos EDC se deben a su pobre e incompleta degradación por una tecnología particular de tratamiento de agua y aguas residuales, por lo que es recomendable realizar estudios utilizando muchas técnicas.

La eliminación completa es un desafío debido a la persistencia y la complejidad de los EDC en el agua, los efluentes y los sedimentos. Para mejorar la eficiencia de eliminación, se requiere más estudio sobre la adsorción simultánea de múltiples EDC utilizando los mismos adsorbentes en aguas residuales reales y simuladas.

Aunque comer es una de las formas más frecuentes en que las personas están expuestas a los EDC, se requerirán más estudios sobre este tema porque el agua y las aguas residuales son las principales fuentes de informes de eliminación de EDC. limpieza de alimentos contaminados con EDC.

Se recomienda considerar la construcción y el diseño de plantas de tratamiento de aguas residuales convencionales con la tecnología adecuada disponible para eliminar completamente (degradar o mineralizar) los EDC de las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas como postratamiento.

## REFERENCIAS

1. AHMED, Mohammad Boshir, et al. Eliminación por absorción de disruptores endocrinos fenólicos mediante biocarbón funcionalizado: mecanismo de interacción competitiva, eficacia de eliminación y aplicación en aguas residuales. *Revista de ingeniería química*, 2018, vol. 335, pág. 801-811. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.11.041>
2. BAI, Xuelian; ACHARYA, Kumud. Eliminación de siete sustancias químicas disruptoras endocrinas (EDC) de los efluentes de aguas residuales municipales por un alga verde de agua dulce. *Contaminación ambiental*, 2019, vol. 247, pág. 534-540. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.01.075>
3. BAYCAN, Neval; PUMA, Gianluca Li. Catalizadores nanoestructurados para la fotooxidación de disruptores endocrinos. *Revista de Fotoquímica y Fotobiología A: Química*, 2018, vol. 364, pág. 274-281. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jphotochem.2018.05.010>
4. BECKER, Dennis, et al. Eliminación de disruptores endocrinos en aguas residuales mediante tratamiento enzimático con lacasas fúngicas. *Investigación y desarrollo de procesos orgánicos*, 2017, vol. 21, nº 4, pág. 480-491. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.oprd.6b00361>
5. BEDOYA-RIOS, Diego F., et al. Estudio de la ocurrencia y peligrosidad ecosistémica de disruptores endocrinos seleccionados en el ciclo urbano del agua de la ciudad de Bogotá, Colombia. *Journal of Environmental Science and Health, Parte A*, 2018, vol. 53, nº 4, pág. 317-325. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10934529.2017.1401372>
6. CESARO, Alessandra; BELGIORNO, Vincenzo. Eliminación de disruptores endocrinos de las aguas residuales urbanas mediante procesos de oxidación

avanzada (AOP): una revisión. *The Open Biotechnology Journal*, 2016, vol. 10, no 1. Disponible en: <https://doi.org/10.2174/1874070701610010151>

7. CHEN, Jiangfei, et al. La exposición crónica al ácido perfluorooctanosulfónico (PFOS) produce efectos estrogénicos en el pez cebra. *Contaminación ambiental*, 2016, vol. 218, pág. 702-708. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.064>
8. COMBARNOUS, Yves. Compuestos disruptores endocrinos (EDCs) y agricultura: el caso de los pesticidas. *Comptes Rendus Biologies*, 2017, vol. 340, núm. 9-10, pág. 406-409. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.crvl.2017.07.009>
9. DA SILVA, Ana Paula Alves, et al. Disruptores endocrinos en medio acuático: Efectos y consecuencias sobre la biodiversidad de especies de peces y anfibios. *agua ciencia Tecnología*, 2018, vol. 6, pág. 35-51. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.5296/ast.v6i1.12565>
10. DARBRE, Philippa D. La historia de las sustancias químicas disruptoras endocrinas. *Opinión actual en investigación endocrina y metabólica*, 2019, vol. 7, pág. 26-33. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.coemr.2019.06.007>
11. DARBRE, Philippa D. Disruptores endocrinos en el aire. En *Disrupción Endocrina y Salud Humana*. Prensa Académica, 2022. p. 445-461. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821985-0.00012-8>
12. DARBRE, Philippa D. Visión general de la contaminación del aire y los trastornos endocrinos. *Revista internacional de medicina general*, 2018, vol. 11, pág. 191. Disponible en: <https://doi.org/10.2147/IJGM.S102230>
13. DIETERT, Rodney R. Efectos de los disruptores endocrinos sobre la función inmune y la inflamación. En *Disrupción Endocrina y Salud Humana*. Prensa Académica, 2015. p. 257-272. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801139-3.00014-4>
14. DONG, Cheng-Di, et al. Degradación de 4-nonilfenol en sedimentos marinos por persulfato sobre biocarbón modificado magnéticamente. *Tecnología de*

biorecursos, 2019, vol. 281, pág. 143-148. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.02.072>

15. DONG, Xinwei, et al. Eliminación de 17 $\beta$ -estradiol mediante el uso de nanopartículas de biocarbón magnéticas altamente adsorbentes de una solución acuosa. *Revista de ingeniería química*, 2018, vol. 352, pág. 371-379. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.cej.2018.07.025>
16. DOS REIS, Glaydson Simões, et al. Carbón activado a partir de lodos de depuradora para la preconcentración de cobre. *Cartas Analíticas*, 2016, vol. 49, nº 4, pág. 541-555. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/00032719.2015.1076833>
17. DOS REIS, Glaydson Simões, et al. Aplicación del diseño de experimentos (DoE) para la producción optimizada de carbones activados de corteza de abeto noruego micro y mesoporosos. *Conversión de Biomasa y Biorrefinería*, 2021, p. 1-19. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01917-9>
18. EL-NAHHAL, Yasser. Residuos de plaguicidas en la miel y su potencial toxicidad reproductiva. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 2020, vol. 741, pág. 139953. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139953>
19. GADUPUDI, China K., et al. Métodos de eliminación de compuestos disruptores endocrinos de aguas residuales en el Reino Unido: una revisión. *Ciencia*, 2019, vol. 1, no 1, pág. 15. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/sci3010011>
20. GOEURY, Ken, et al. Evaluación de LC-MS/MS de extracción en fase sólida fuera de línea automatizada para monitorear los disruptores endocrinos prioritarios de la EPA en agua del grifo, agua superficial y aguas residuales. *Talanta*, 2022, pág. 123216. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123216>
21. GONSIOROSKI, Andressa; MOURIKES, Vasiliki E.; FLAWS, Jodi A. Los disruptores endocrinos en el agua y sus efectos en el sistema reproductivo.

Revista internacional de ciencias moleculares, 2020, vol. 21, nº 6, pág. 1929.  
Disponible en:<https://doi.org/10.3390/ijms21061929>

22. GONZÁLEZ-HOURCADE, María, et al. Biomasa de microalgas como precursor sostenible para producir biocarbón dopado con nitrógeno para la eliminación eficiente de contaminantes emergentes de medios acuosos. Revista de Producción más Limpia, 2022, vol. 348, pág. 131280. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131280>
23. GORE, Andrea C., et al. EDC-2: la segunda declaración científica de la Endocrine Society sobre sustancias químicas disruptoras endocrinas. Revisiones endocrinas, 2016, vol. 36, nº 6, pág. E1-E150. Disponible en:<https://doi.org/10.1210/er.2015-1010>
24. GUO, Wei, et al. Efecto de la aplicación de biocarbón de paja de maíz a sedimentos sobre la adsorción de  $17\alpha$ -etinilestradiol y sulfonato de perfluorooctano en la interfase sedimento-agua. Ecotoxicología y Seguridad Ambiental, 2019, vol. 174, pág. 363-369. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.01.128>
25. HE, Jinsong, et al. Preparación de carbón altamente poroso a partir de  $\alpha$ -celulosa sostenible para un rendimiento de eliminación superior de tetraciclina y sulfametazina del agua. Avances en RSE, 2016, vol. 6, nº 33, pág. 28023-28033. Disponible en: <https://doi.org/10.1039/C6RA00277C>
26. HEO, Jiyong, et al. Adsorción mejorada de bisfenol A y sulfametoxazol por un nuevo compuesto magnético CuZnFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>-biochar. Tecnología de biorecursos, 2019, vol. 281, pág. 179-187. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2019.02.091>
27. HOLLOWAY, Ryan W., et al. Eliminación de trazas de productos químicos orgánicos y rendimiento de un novedoso biorreactor híbrido de ultrafiltración-membrana osmótica. Ciencia y tecnología ambientales, 2014, vol. 48, no 18, pág. 10859-10868. Disponible en:<https://doi.org/10.1021/es501051b>

28. ISMANTO, Aris, et al. Sustancias químicas disruptoras endocrinas (EDC) en matrices ambientales: ocurrencia, destino, impacto en la salud, tecnología fisicoquímica y de biorremediación. Contaminación ambiental, 2022, vol. 302, pág. 119061. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.119061>
29. JAMIL, Tarek S., et al. Procesos fotocatalíticos homogéneos para la degradación de algunos químicos perturbadores endocrinos bajo radiación UV. Revista de ingeniería de procesos de agua, 2017, vol. 18, pág. 159-168. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2017.04.005>
30. JANICKI, Tomasz; DUGOŃSKI, Jerzy; KRUPIŃSKI, Mariusz. Destoxificación y eliminación simultánea de xenobióticos fenólicos y metales pesados con actividad disruptora endocrina por el hongo no ligninolítico *Umbelopsis isabellina*. Revista de materiales peligrosos, 2018, vol. 360, pág. 661-669. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2018.08.047>
31. JI, Rongting, et al. Biocarbón poroso dopado con nitrógeno derivado de algas marinas para una microextracción eficiente en fase sólida de clorobencenos a partir de soluciones acuosas. Revista de materiales peligrosos, 2021, vol. 407, pág. 124785. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.124785>
32. JUN, Byung-Moon, et al. Eliminación de compuestos disruptores endocrinos seleccionados utilizando un marco orgánico de metal basado en Al: rendimiento y mecanismo de adsorción competitiva. Revista de química industrial y de ingeniería, 2019, vol. 79, pág. 345-352. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.07.009>
33. KAHN, Linda G., et al. Sustancias químicas disruptoras endocrinas: implicaciones para la salud humana. The Lancet Diabetes & Endocrinology, 2020, vol. 8, no 8, pág. 703-718. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/S2213-8587\(20\)30129-7](https://doi.org/10.1016/S2213-8587(20)30129-7)
34. KAMAREHIE, Bahram, et al. Datos sobre la adsorción de bisfenol A de soluciones acuosas en cristales de PAC y MgO ~ PAC. Datos en breve, 2018, vol. 21, pág. 746-752. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.10.033>

35. KŘESINOVÁ, Zdena, et al. Biodegradación de disruptores endocrinos en aguas residuales urbanas mediante biorreactor *Pleurotus ostreatus*. Nueva biotecnología, 2018, vol. 43, pág. 53-61. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2017.05.004>
36. KASSOTAKI, Elissavet, et al. Evaluación comparativa de la eliminación de disruptores endocrinos en biomasa heterótrofa y nitrificante enriquecida. *Quimiosfera*, 2019, vol. 217, pág. 659-668. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.012>
37. LABORIE, Stéphanie, et al. Un nuevo protocolo analítico para la determinación de 62 compuestos disruptores endocrinos en aire interior. *Talanta*, 2016, vol. 147, pág. 132-141. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.09.028>
38. LAURETTA, Rosa, et al. Sustancias químicas disruptoras endocrinas: efectos sobre las glándulas endocrinas. *Fronteras en endocrinología*, 2019, vol. 10, pág. 178. Disponible en: <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00178>
39. LEYES, Mary Jo, et al. Sustancias químicas disruptoras endocrinas y trastornos reproductivos en mujeres, hombres y modelos animales. En *Avances en Farmacología*. Prensa Académica, 2021. p. 151-190. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/bs.apha.2021.03.008>
40. LEWOYEHEU, Mekuanint. Revisión integral sobre la síntesis y aplicación de carbón activado a partir de residuos agrícolas para la remediación de contaminantes venenosos en aguas residuales. *Revista de pirólisis analítica y aplicada*, 2021, vol. 159, pág. 105279. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2021.105279>
41. LIU, Ni, et al. Adsorción de 17 $\beta$ -estradiol de una solución acuosa por biochar de vaina de loto crudo y tratado directamente/pre/post-KOH. *Revista de Ciencias Ambientales*, 2020, vol. 87, pág. 10-23. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2019.05.026>
42. LIU, Shaobo, et al. Eliminación de 17 $\beta$ -estradiol de la solución acuosa mediante biocarbón magnético activado con soporte de óxido de grafeno:

comportamiento y mecanismo de adsorción. Revista del Instituto de Ingenieros Químicos de Taiwán, 2019, vol. 102, pág. 330-339. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2019.05.002>

43. NASIR, Hanisah Mohmad, et al. Procesamiento de fibra natural y mejora de métodos para la eliminación de compuestos disruptores endocrinos. Chemosphere, 2021, pág. 132726. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.132726>

44. OMAR, Tuan Fauzan Tuan, et al. Compuestos disruptores endocrinos (EDC) en matrices ambientales: revisión de estrategias analíticas para productos farmacéuticos, hormonas estrogénicas y compuestos de alquilfenol. TrAC Tendencias en química analítica, 2016, vol. 85, pág. 241-259. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.trac.2016.08.004>

45. PATISAUL, Heather B. Disrupción endocrina por fitoestrógenos en la dieta: impacto en los sistemas y comportamientos sexuales dimórficos. Actas de la Sociedad de Nutrición, 2017, vol. 76, nº 2, pág. 130-144. Disponible en:<https://doi.org/10.1017/S0029665116000677>

46. PLUNK, Elizabeth C.; RICHARDS, Sean M. Contaminantes del aire disruptores endocrinos y sus efectos sobre el eje hipotálamo-pituitario-gonadal. Revista internacional de ciencias moleculares, 2020, vol. 21, no 23, pág. 9191. Disponible en:<https://doi.org/10.3390/ijms21239191>

47. RATAN, Saniya; FLAWS, Jodi A. Los impactos epigenéticos de los disruptores endocrinos en la reproducción femenina a través de generaciones. Biología de la reproducción, 2019, vol. 101, nº 3, pág. 635-644. Disponible en:<https://doi.org/10.1093/biolre/iox081>

48. REDA, Rasha M., et al. Evaluación del biocarbón de hueso de aceituna como agroalimentario valioso y económico-adsorbente de residuos para la adsorción y eliminación de mercurio inorgánico de los sistemas acuícolas de tilapia del Nilo. Investigación sobre acuicultura, 2021. Disponible en:<https://doi.org/10.1111/are.15699>

49. SARANGAPANI, Chaitanya, et al. Eficacia y percepciones mecanísticas de la degradación de disruptores endocrinos utilizando plasma de aire atmosférico. *Revista de ingeniería química*, 2017, vol. 326, pág. 700-714. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.05.178>
50. SI, Xiurong, et al. Efectos de las materias orgánicas de los efluentes sobre la eliminación de sustancias químicas disruptoras endocrinas mediante ultrafiltración y ozonización en efluentes secundarios sintéticos. *Revista de ciencias ambientales*, 2019, vol. 76, pág. 57-64. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jes.2018.03.025>
51. TAPIA-OROZCO, Natalia, et al. Estrategias de eliminación de sustancias químicas disruptoras endocrinas que utilizan materiales a base de celulosa como adsorbentes: una revisión. *Revista de ingeniería química ambiental*, 2016, vol. 4, no 3, pág. 3122-3142. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2016.06.025>
52. TIZAOUI, C.; FREDJ, S. Ben; MONSER, L. Poliamida-6 para la eliminación y recuperación de los disruptores endocrinos estrogénicos estrona,  $17\beta$ -estradiol,  $17\alpha$ -etinilestradiol y el producto de oxidación 2-hidroxiestradiol en agua. *Revista de ingeniería química*, 2017, vol. 328, pág. 98-105. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cej.2017.07.045>
53. TORO-VÉLEZ, Andrés, et al. Eliminación longitudinal de bisfenol-A y nonilfenoles de aguas residuales domésticas pretratadas por humedales tropicales artificiales subterráneos horizontales. *Ciencias Aplicadas*, 2017, vol. 7, no 8, pág. 834. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/app7080834>
54. TREVINO, Lindsey S.; KATZ, Tiffany A. Disruptores endocrinos y orígenes del desarrollo de la enfermedad del hígado graso no alcohólico. *Endocrinología*, 2018, vol. 159, núm. 1, pág. 20-31. Disponible en: <https://doi.org/10.1210/es.2017-00887>
55. TURSI, Antonio, et al. Eliminación de sustancias químicas disruptoras endocrinas del agua: adsorción de bisfenol-A por celulosa funcionalizada hidrofóbica de base biológica. *Revista internacional de investigación ambiental*

y salud pública, 2018, vol. 15, no 11, pág. 2419. Disponible en:<https://doi.org/10.3390/ijerph15112419>

56. WEE, tamaño Yee; ARIS, Ahmad Zaharin. Compuestos disruptores endocrinos en el sistema de suministro de agua potable y su implicación en el riesgo para la salud humana. Medio ambiente internacional, 2017, vol. 106, pág. 207-233. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.envint.2017.05.004>

57. XU, Lu, et al. Adsorción de microcontaminantes de aguas residuales utilizando biocarbón co-dopado con hierro y nitrógeno: estudios de rendimiento, cinética y mecanismo. Revista de materiales peligrosos, 2022, vol. 424, pág. 127606. Disponible en:<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127606>

## ANEXOS:

Anexo 1. Tabla matriz de categorización a priori

<b>Objetivos específicos</b>	<b>Problemas específicos</b>	<b>Categoría</b>	<b>Subcategoría</b>	<b>criterio 1</b>
<b>Analizar las fuentes de contaminación de los disruptores endocrinos</b>	¿Cuáles son las fuentes de contaminación de los compuestos disruptores endocrinos?	Fuentes de contaminación de compuestos disruptores endocrinos (Ismanto A. et al., 2022, p.3).	aguas residuales municipales efluentes secundarios Agua del grifo aguas residuales urbanas aguas residuales domesticas (Gonsioroski A. et al., 2020, p.2).	Según el número de estudios que presentan el mismo contaminante
<b>Identificar cuáles son los tipos de compuestos disruptores endocrinos con mayor presencia en ambientes contaminados</b>	¿Cuáles son los tipos de compuestos disruptores endocrinos con mayor presencia en ambientes contaminados?	Tipos de compuestos disruptores endocrinos (González H. et al., 2022, p.2).	Bisfenol A (BPA) 17 $\alpha$ -etinilestradiol (EE2) estrona nonilfenoles (Laborie S. et al., 2016, p.4).	Según la fuente de contaminación
<b>Clasificar las técnicas de eliminación de los disruptores endocrinos presentes en los distintos ambientes contaminados</b>	¿Cuáles son las técnicas de eliminación de los compuestos disruptores endocrinos presentes en los diversos ambientes contaminados?	Técnicas para la eliminación de compuestos disruptores endocrinos (Ji Rongting et al., 2021, p.2).	Procesos convencionales de lodos activados Proceso fotográfico de Fenton compuesto de biocarbón ultrafiltración (Nasir Hanisah M. et al., 2021, p.3).	Según la eficiencia de eliminación y/o la capacidad de adsorción en equilibrio

Anexo 2. Ficha de análisis de contenido

 <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b>		<b>FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO</b>	
<b>PÁGINAS UTILIZADAS</b> Sciencedirect	<b>AÑO DE PUBLICACION</b> 2018	<b>LUGAR DE PUBLICACIÓN</b> REPUBLICA CHECA	
<b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> EXPERIMENTAL		<b>AUTOR(ES):</b> Zdena Kresinová, Lucie Linhartová, Alena Filipová, Martín Ezequías, Pavel Masin, Tomas cajthaml.	
<b>CÓDIGO</b>	1871-6784		
<b>PALABRAS CLAVE</b>	Tratamiento de aguas residuales, biorreactor, disruptores endocrinos, hongos ligninolíticos, Pleurotus ostreatus.		
<b>METODOLOGÍA</b>	El proceso de eliminación y su eficiencia se evaluaron utilizando varios métodos, incluida la determinación analítica de EDC, la detección de actividad estrogénica residual, la actividad de enzimas ligninolíticas y el análisis de ácidos grasos fosfolípidos (PLFA), para monitorear la biomasa fúngica y bacteriana.		
<b>TÉCNICAS DE ELIMINACIÓN</b>	El proceso de eliminación y su eficiencia se evaluaron utilizando varios métodos, incluida la determinación analítica de EDC, la detección de actividad estrogénica residual, la actividad de enzimas ligninolíticas y el análisis de ácidos grasos fosfolípidos (PLFA), para monitorear la biomasa fúngica y bacteriana.		
<b>TIPOS DE ALTERADORES ENDOCRINOS</b>	bisfenol A, estrona, 17b-estradiol, estriol, 17y-etinilestradiol, triclosán y 4-norte-nonilfenol.		
<b>RESULTADOS</b>	El proceso de eliminación y su eficiencia se evaluaron utilizando varios métodos, incluida la determinación analítica de EDC, la detección de actividad estrogénica residual, la actividad de enzimas ligninolíticas y el análisis de ácidos grasos fosfolípidos (PLFA), para monitorear la biomasa fúngica y bacteriana.		
<b>CONCLUSIONES:</b>	Los resultados de este estudio documentan que la cepa ampliamente disponible P. ostreatus HK 35 es eficiente en la biodegradación de representantes típicos de EDC, incluidos sus metabolitos activos endocrinos.		

Anexo 3: Condiciones de las técnicas de eliminación de disruptores endocrinos

tipo EDC	Técnicas/Proceso	Condiciones	efectivo eliminación	Capac. adsorción (mg/g)	Referencia
<b>Bisfenol A (BPA)</b>	Adsorción por proceso de base orgánica Al	Concentración de 2mg/L, 313K	-	70.2	JunB-Moon et al. (2019, pág. 1)
	Humedales construidos (CW) - Algas verdes de agua dulce (Nannochloris sp.)	7 d de incubación por efluente de ultrafiltración utilizando Nannochloris sp.	46	-	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1)
	Foto Fenton proceso	UV entre $100 < \lambda < 280$ nm, pH 3, 2,7 mmol/L Fe(II) y 5 mmol/LH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> después de 50 min	100	-	Jamil Tarek S. et al., (2017, p.1)
	GORRA	20–100 mg/L BPA, PAC (2–6 g), pH (3–11) y tiempo de contacto (10–60 min)	-	9.2	Kamarehie B. et al., (2018, p.1)
	cristales de MgO-PAC	20–100 mg/L BPA, MgO-PAC (2–6 g), pH (3–11) y tiempo de contacto (10–60 min)	-	22.28	Kamarehie B. et al., (2018, p.1)
	Compuesto CuZnFe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> (CZF–biocarbón)	250 mL de soluciones de BPA y SMX, dosis adsorbente 0,05 g de CZF, temp. 25 °C, tiempo 24 h	-	263	Heo Jiyong et al., (2019, p.1)
	compuesto de biocarbón	250 mL de soluciones de BPA y SMX, dosis adsorbente 0,05 g de CZF, temp. 25 °C, tiempo 24 h	-	185	Heo Jiyong et al., (2019, p.1)
	Ultrafiltración y ozonización compatibles con EfOM	20 mg/L de alginato de sodio (NaAg) con una concentración de EDC de 100 µg/L	90	-	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	SPBB a escala piloto usando P. ostreatus	60 mg/l de cada concentración de EDC en 2 h de incubación, pH 6,5 caudal de 0,3 l/h	78	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
TBR a escala piloto utilizando P. ostreatus	10 días, concentración de TRC de 200 mg/L	76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)	

	SPBB a escala piloto usando <i>P. ostreatus</i>	Después de 24 h y 60 mg/L de cada concentración de EDC	97	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	Adsorción de fibra de celulosa	30 mg/L de BPA y 1 g de fibra en 100 mL de agua, pH 5, temperatura 20 °C, tiempo de contacto 5 min	70	-	Tursi Antonio et al., (2018, p.1)
	humedales construidos	Concentración de BPA de 25 mg/L en Heliconia-CW	73	-	Toro Vélez A. et al., (2017, p.1)
	Lodos activados nitrificantes (NAS)	Experimentos por lotes con una concentración de BPA de 1 mg/l y un tiempo de contacto de 96 h	100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	Bacterias oxidantes de amoníaco (AOB)	Concentración de BPA de 15 mg/l, experimentos por lotes de 2 horas	39	-	Kassotaki et al. (2019)
	biocarbón funcionalizado (fBC)	Concentración de BPA 500 µg/L, 110 rpm, 25 °C durante 48 h pH 3,25, dosis de BCF de 400 mg/L	100	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)
<b>17α- etinilestradiol (EE2)</b>	Metal-orgánico a base de Al	Concentración de BPA de 2,0 mg/L y 313 K tem	-	87.0	JunB-Moon et al. (2019, pág. 1)
	Proceso Foto-Fenton	8,5 mg/LH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> bajo irradiación de 0,1 g de catalizador y 8,5 mg/LH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> con luz UV a los 60 min	98	-	Baycan N. y Puma G. (2018, p.1)
	Alga verde de agua dulce ( <i>Nannochloris</i> sp.)	7 d de incubación por efluente de ultrafiltración utilizando <i>Nannochloris</i> sp.	60	-	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1)
	Adsorción de biocarbón de paja de maíz	48 h, 150 rpm, temperatura 25 °C, pH 7, con concentraciones iniciales de PFOS y EE2 de 2 mg/L, volumen de poro 0,201 cm <sup>3</sup> /g	-	1148 microgramos/g	Guo et al. (2019, pág. 2)
	SPBB a escala piloto usando <i>P. ostreatus</i>	Concentración de EE2 de 60 mg/l, incubación de 2 h, pH 6,5 Caudal de 0,3 l/h	78	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	TBR a escala piloto utilizando <i>P. ostreatus</i>	10 días, concentración de TRC de 200 mg/L	76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)

	SPBB a escala piloto usando <i>P. ostreatus</i>	Después de 24 h y 60 mg/L de concentración de EE2	97	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	ultrafiltración y ozonización	En alginato de sodio (NaAg) 20 mg/L y 100 µg/L de concentración de EE2	90	-	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	Lodos activados nitrificantes (NAS)	A 1 mg/L en la concentración inicial en experimentos discontinuos con un tiempo de contacto de 96 h	100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	Bacterias oxidantes de amoníaco (AOB)	Concentración de 15 mg/l de EE2, experimentos por lotes de 2 horas	3. 4	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	oH 3 PO 4 activado	500 µg/L de concentración de EE2, 110 rpm, 25 °C durante 48 h pH 3,25, dosis de 400 mg/L de BCF	100	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)
	proceso de fotooxidación	8,5 mg/LH 2 O 2 bajo irradiación de 0,1 g de catalizador y 8,5 mg/LH 2 O 2 con luz UV a los 60 min	95	-	Baycan N. y Puma G. (2018, p.1)
<b>Estrona (E1)</b>	Ultrafiltración (UF) y ozonización	20 mg/L de alginato de sodio (NaAg) y concentraciones de E1 de 100 µg/L	90	-	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	Alga verde de agua dulce ( <i>Nannochloris</i> sp.)	7 d de incubación por efluente de ultrafiltración utilizando <i>Nannochloris</i> sp.	29	-	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1)
	SPBB a escala piloto usando <i>P. ostreatus</i>	Concentración de E1 de 60 mg/l, incubación de 2 h, pH 6,5, caudal de 0,3 l/h	78	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	TBR a escala piloto utilizando <i>P. ostreatus</i>	10 días, concentración de TRC de 200 mg/L	76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	<u>SPBB a escala piloto usando <i>P. ostreatus</i></u>	<u>Después de 24 h y 60 mg/L de cada concentración de EDC</u>	<u>97</u>	<u>-</u>	<u>Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)</u>
	biocarbón funcionalizado (fBC)	Concentración de E1 de 460,5 µg/L, 110 rpm, 25 °C durante 48 h pH 3,25 y para una dosis de 400 mg/L de fBC	100	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)

	Lodos activados nitrificantes (NAS)	Concentración de 15 mg/L E1, experimentos por lotes de 2 h	100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	Bacterias oxidantes de amoníaco (AOB)	Concentración de 15 mg/L E1, experimentos por lotes de 2 h y consumo de acetato de 18,2 mg/L/h	38	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	biocarbón	A 25 °C, 200 rpm, 30 µL de nanopartícula de biocarbón magnético con 200 mg/mL de influente, pH 4	-	50.24	DongX et al. (2018, pág. 2)
<b>17β-estradiol (E2)</b>	Biocarbón de cápsula de loto tratado con KOH por adsorción	Concentración de E2 de 7 mg/L, temperatura de 27 °C, tiempo de 20 h, pH 10,0, dosis de adsorbente de 3 mg, 160 r/min	-	100.6	Liu N. et al. (2020, pág. 1)
	Biocarbón a base de óxido de grafeno	6 mg/L de concentración de E2, 298 K y pH 7,0.	-	46.22	Liu S. et al. (2019, pág. 1)
	Proceso Foto-Fenton	8,5 mg/LH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> bajo irradiación de 0,1 g de catalizador y 8,5 mg/LH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> con luz UV a los 60 min	92	-	Baycan N. y Puma G. (2018, p.1)
	SPBB a escala piloto usando <i>P. ostreatus</i>	60 mg/L de concentración de E2, 2 h de incubación, pH 6,5 caudal de 0,3 L/h	78	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	TBR a escala piloto utilizando <i>P. ostreatus</i>	10 días, 200 mg/L de concentración de E2	76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	SPBB a escala piloto usando <i>P. ostreatus</i>	24 h y 60 mg/L de concentración de E2	97	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	ultrafiltración y ozonización	En alginato de sodio (NaAg) 20 mg/L y 100 µg/L concentración E2	90%	-	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	Alga verde de agua dulce ( <i>Nannochloris</i> sp.)	7 d de incubación de cultivo de algas en efluente de UF utilizando <i>Nannochloris</i> sp.	60	-	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1)
	Lodos activados nitrificantes (NAS)	A 1 mg/L en concentración E2, tiempo de contacto de 96 h	100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)

	Bacterias oxidantes de amoníaco (AOB)	Concentración de 15 mg/L E2, experimentos por lotes de 2 h	100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	oH <sup>3</sup> PO <sup>4</sup> biocarbón activado	Concentración de E2 de 500 µg/L, 110 rpm, 25 °C durante 48 h pH 3,25, dosis de BCF de 400 mg/L	100	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)
	Lodos activados nitrificantes (NAS)	A una concentración de 1 mg/L E2, tiempo de contacto de 96 h	100	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
	Bacterias oxidantes de amoníaco (AOB)	Concentración de 15 mg/L E2, experimentos por lotes de 2 h	78	-	Kassotaki Elissavet et al., (2019, p.1)
<b>Estriol (E3)</b>	SPBB a escala piloto usando <i>P. ostreatus</i>	Concentración de 60 mg/L de E3, 2 h de incubación, pH 6,5 Caudal de 0,3 L/h	78	-	Kresinova Z. et al. (2018, pág. 1)
	TBR a escala piloto utilizando <i>P. ostreatus</i>	10 días, 200 mg/L de concentración de E3	76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	biocarbón funcionalizado (fBC)	Concentración de E3 de 500 µg/L, 110 rpm, 25 °C durante 48 h pH 3,25, dosis de BCF de 400 mg/L	97	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)
	SPBB a escala piloto usando <i>P. ostreatus</i>	24 h y concentraciones de 60 mg/L de E3	97	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	Ultrafiltración y ozonización	En alginato de sodio (NaAg) 20 mg/L y 100 µg/L concentración E3	90%	-	Si Xiurong et al., (2019, p.1)
	Proceso Foto-Fenton	8,5 mg/LH <sub>2</sub> O <sub>2</sub> bajo irradiación de 0,1 g de catalizador y con luz ultravioleta a 60 min	70%	-	Baycan N. y Puma G. (2018, p.1)
	Hongo <i>Umbelopsis isabellina</i>	12 h de incubación, 25 mg/L de concentración de E3	90	-	Janicki et al. (2016, pág. 2)
<b>Nonilfenoles (NP)</b>	Hongo <i>U. Isabellina</i>	25 mg/L de NP y 10% de cultivo fúngico	15.2	-	Janicki T. et al. (2018, pág. 1)

	humedales construidos	Concentración de NP de 25 mg/L en Heliconia-CW	63	-	Toro Vélez A. et al., (2017, p.1)
	SPBB a escala piloto usando <i>P. ostreatus</i>	Concentración de NP de 60 mg/l dentro de las 2 h de incubación, pH 6,5 Caudal de 0,3 l/h	78	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	TBR a escala piloto utilizando <i>P. ostreatus</i>	10 días, 200 mg/L de concentración de NP	76	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
<b>4-n-nonilfenol (4-NP)</b>	SPBB a escala piloto usando <i>P. ostreatus</i>	24 h y 60 mg/L de concentración de 4-NP	97	-	Kresinova Zdena et al., (2018, p.1)
	biocarbón	pH 3, dosificación de 3,33 g/L Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> - biocarbón de bambú (BB) y 2,3 × 10 <sup>-5</sup> M de persulfato (PS) en un sistema de lodo de biocarbón.	85	-	Dong C et al. (2019, pág. 1)
<b>nonilfenol técnico (t-NP)</b>	Adsorción en α-celulosa con activación de KOH	120 min de tiempo, 150 mg/L de concentración de t-NP	82.8	1072.9	Él J et al. (2016, pág. 2)
	Alga verde de agua dulce ( <i>Nannochloris</i> sp.)	7 d de incubación de cultivo de algas en efluente de UF utilizando <i>Nannochloris</i> sp.	100	-	Bai X. y Acharya K. (2019, p.1)
<b>4-terc-octilfenol (4-t-OP)</b>	oH 3 PO 4 activado	Concentración de 500 µg/L, 110 rpm, 25 °C durante 48 h pH 3,25, dosis de BCF de 400 mg/L	97	-	Ahmed M. et al. (2018, pág. 1)
<b>4-cumilfenol (4-CP)</b>	Hongo <i>U. Isabellina</i>	Concentración de 25 mg/L y cultivos fúngicos al 10 %	93.1	-	Janicki T. et al. (2018, pág. 1)
<b>4-terc-butilfenol (4tBP)</b>	Hongo <i>U. Isabellina</i>	Concentración de 25 mg/L y 10% de cultivo fúngico	65.3	-	Janicki T. et al. (2018, pág. 1)



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Técnicas de Eliminación de Microcontaminantes Ambientales Emergentes - EDC por Diversas Fuentes de Contaminación: Revisión Sistemática", cuyos autores son CAHUANA ALVITES JERZY SAUL, TUNI JUAREZ GERARDO ADAN, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 10.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 12 de Julio del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
SERNAQUE AUCCAHUASI FERNANDO ANTONIO <b>DNI:</b> 07268863 <b>ORCID:</b> 0000-0003-1485-5854	Firmado electrónicamente por: FSERNAQUEA el 13- 07-2022 00:21:38

Código documento Trilce: TRI - 0339864