

**Revisión sistemática del estado del arte sobre la presencia de contaminantes  
emergentes en los cuerpos de agua por el uso de productos cosméticos**

Angélica María Rivera Niño

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero Químico

Director

Crisóstomo Barajas Ferreira

Ingeniero Químico M. Sc.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2022

### **Dedicatoria**

Dedicado a mi pequeña Victoria, por ser el rayito de luz que iluminó el camino recorrido durante todo este tiempo para alcanzar mi gran sueño. Con todo mi amor, para ti hija.

### **Agradecimientos**

Agradezco a Dios, a mis padres, a mis hermanos, a mi hija, a Luis y a mis abuelas, por su infinito amor, su lealtad y su comprensión en los momentos donde más lo necesité, por ser mi soporte y apoyarme en cada paso que doy en el camino, me siento afortunada de que puedan verme alcanzar esta meta.

Gracias a Crisóstomo Barajas por poner su confianza en mí para llevar a cabo este proyecto y su valiosa diligencia en cada una de las correcciones, así como por sus enseñanzas personales y académicas.

Gracias a Vanessa Angarita, Paula Figueroa, Daniela Orduz, Valentina Gómez, Verónica Uribe, Angelica Lizarazú y María Camargo por su amistad sincera, su cariño y apoyo incondicional, les estoy inmensamente agradecida.

**Tabla de Contenido**

Introducción.....	12
1. Objetivos.....	14
1.1. Objetivo General.....	14
1.2. Objetivos Específicos .....	14
2. Marco Conceptual.....	14
2.1. Contaminantes Emergentes .....	14
2.2. Productos de Cuidado Personal .....	15
2.3. Cosméticos .....	16
2.3.1. Filtros UV .....	17
2.3.2. Parabenos .....	17
2.3.3. Triclosán .....	18
2.3.4. Micro Plásticos .....	18
3. Estado del arte .....	19
4. Metodología.....	22
4.1. Fase I .....	22
4.1.1. Protocolo de búsqueda.....	22
4.1.2. Protocolo de selección y clasificación.....	23
4.2. Fase II .....	23

CONTAMINANTES EMERGENTES EN CUERPOS DE AGUA	5
4.2.1. Protocolo de revisión .....	23
4.3. Fase III .....	23
4.3.1. Presentación de resultados y análisis .....	23
5. Resultados.....	25
5.1. Contaminantes emergentes derivados de los productos cosméticos .....	26
5.2. Componentes activos y moléculas catalogados como contaminantes emergentes de los productos cosméticos.....	33
5.2.1. Filtros UV .....	33
5.2.2. Parabenos .....	35
5.2.3. Triclosán .....	36
5.2.4. Micro plásticos .....	38
5.3. Efectos de los compuestos contaminantes en las fuentes hídricas .....	40
6. Conclusiones.....	43
Referencias Bibliográficas.....	45

**Lista de Abreviaturas**

<b>4-MBC</b>	Alcanfor de 4-metilbencilideno
<b>BP1</b>	Benzofenona-1
<b>BP3</b>	Benzofenona-3
<b>BP4</b>	Benzofenona-4
<b>BTH</b>	Hidroxitolueno butilado
<b>BuP</b>	Butilparabeno
<b>CEs</b>	Contaminantes emergentes
<b>EHCM</b>	Etilhexil metoxicinamato
<b>ETARs</b>	Estaciones de tratamiento de aguas residuales
<b>EtP</b>	Etilparabeno
<b>MPs</b>	Micro plásticos
<b>MeP</b>	Metilparabeno
<b>OC</b>	Octocrileno
<b>PCPs</b>	Productos de cuidado personal
<b>PE</b>	Polietileno
<b>POAs</b>	Procesos de oxidación avanzada
<b>PP</b>	Propileno

<b>PrP</b>	Propilparabeno
<b>PS</b>	Poliestireno
<b>PTAR</b>	Planta de tratamiento de aguas residuales
<b>TCS</b>	Triclosán

**Lista de Figuras**

Figura 1. Actividades a realizar según la metodología de este trabajo.....	24
Figura 2. Selección de la literatura recopilada para este trabajo .....	25
Figura 3. Localización de cuerpos de agua con contaminantes emergentes por productos cosméticos .....	28
Figura 4. Gastos a nivel mundial en cosméticos para el 2018.....	29
Figura 5. Mapa conceptual sobre los principales CE en productos cosméticos faciales ...	32
Figura 6. Vías de acceso de los contaminantes emergentes a los medios acuáticos .....	41

**Lista de Tablas**

Tabla 1. Criterios PBT para CEs de acuerdo con el Anexo III de la legislación REACH..	15
Tabla 2. Clasificación de cosméticos basada en la Directiva de Cosméticos 76/768/CEE y grupos de productos COLIPA. ....	16
Tabla 3. Consumo de CEs por producto en el Reino Unido.....	26
Tabla 4. Contaminantes en diferentes productos cosméticos faciales.....	30
Tabla 5. Concentraciones de filtros UV en diferentes sistemas acuáticos según la literatura consultada.....	34
Tabla 6. Concentraciones de parabenos en diferentes sistemas acuáticos según la literatura consultada.....	35
Tabla 7. Tasa de remoción de TCS según el tratamiento utilizado en la PTAR.....	37
Tabla 8. Concentraciones de TCS en diferentes sistemas acuáticos según la literatura consultada.....	37
Tabla 9. Concentraciones de MPs en diferentes sistemas acuáticos según la literatura consultada.....	39
Tabla 10. Bioacumulación de CEs en organismos acuáticos .....	42

## Resumen

**Título:** Revisión sistemática del estado del arte sobre la presencia de contaminantes emergentes en los cuerpos de agua por el uso de productos cosméticos.

**Autor:** Angélica María Rivera Niño.

**Palabras clave:** Contaminantes emergentes, cosméticos, cuerpos de agua.

### Descripción.

Los contaminantes emergentes corresponden a aquellos compuestos que no se habían reconocido como contaminantes debido a que su concentración no era considerada significativa, además no se encuentran dentro de un marco normativo y regulatorio. Entre estos contaminantes emergentes se encuentran los cosméticos, los cuales son ampliamente utilizados a nivel global y constituyen una fuente importante de CE's que terminan en diferentes cuerpos de agua y afectan a sus organismos. El estudio de los CE's presentes en productos cosméticos no se ha profundizado como el caso de los productos farmacéuticos. Por lo anterior este trabajo tuvo como objetivo realizar una revisión sistemática del estado del arte sobre contaminantes emergentes de productos cosméticos en cuerpos de agua utilizando la metodología PRISMA. Se revisaron 66 artículos en total y 37 fueron tenidos en cuenta para realizar el análisis. Para cosméticos faciales se identificaron como CE's los filtros UV, parabenos, micro plásticos y el triclosán, se reporta la literatura en la cual se ha investigado la presencia de estos compuestos en los diferentes cuerpos de agua, así como su bioacumulación en diferentes organismos presentes en estos sistemas acuáticos.

### **Abstract**

**Title:** Systematic review of the state of the art on the presence of emerging contaminants in water bodies due to the use of cosmetic products.

**Author:** Angélica María Rivera Niño.

**Keywords:** Emerging contaminants, cosmetics, bodies of water.

### **Description:**

Emerging contaminants correspond to those compounds that have not been recognized as contaminants because their concentration was not considered significant, and they are not found within a normative and regulatory framework. Among these emerging pollutants are cosmetics, which are widely used globally and constitute an important source of EC that end up in different bodies of water and deteriorate their organisms. The study of the ECs present in cosmetic products has not been studied as in the case of pharmaceutical products. Therefore, this work aimed to carry out a systematic review of the state of the art on emerging contaminants of cosmetic products in bodies of water using the PRISMA methodology. A total of 66 articles were reviewed and 37 were considered for the analysis. For facial cosmetics, UV filters, parabens, microplastics and triclosan were identified as CEs, the literature is reported in which the presence of these compounds in different bodies of water has been investigated, as well as their bioaccumulation in different organisms present in these aquatic systems

### **Introducción**

La creciente industrialización ha permitido avanzar en el desarrollo tecnológico, económico y social en las últimas décadas, desafortunadamente, los índices de contaminación global han aumentado a la par (Jaimes Arias, 2020). Entre esta contaminación se encuentra el vertimiento de residuos en cuerpos de agua, lo que ha ocasionado la acumulación de sustancias conocidas como contaminantes emergentes (CEs) que se encuentran contenidos en su mayor parte en productos farmacéuticos, cosméticos, surfactantes, aditivos industriales y subproductos, aditivos alimenticios, plaguicidas, plastificantes, sustancias perfluorada, entre otros (Gil et al., 2012).

Entre las fuentes en las que los contaminantes ingresan al ambiente se encuentran las aguas residuales de uso doméstico, industrial, residuos de plantas de tratamiento, efluentes hospitalarios, actividades agrícolas y ganaderas, estos contienen, entre sus compuestos CEs que son vertidos en diferentes cantidades en aguas superficiales (Gil et al., 2012). Estos CEs también son conocidos como contaminantes no regulados debido a sus bajas concentraciones y a la falta de técnicas adecuadas para su identificación lo que impide que los entes encargados del monitoreo de tratamiento de aguas realicen su respectivo seguimiento (Pal et al., 2010). A pesar de los avances tecnológicos existentes se presentan vertimientos que no logran eliminar de forma efectiva estos contaminantes debido a sus propiedades químicas, por esto se requiere de tratamientos más avanzados y el uso de métodos ya conocidos como la desinfección, sedimentación, filtración, flotación, coagulación es mucho más compleja (Pal et al., 2014).

Los CEs han logrado mantenerse inadvertidos, sin embargo, con el tiempo se acumulan en el entorno, ocasionando efectos negativos en los seres vivos relacionados con problemas endocrinos, neurotóxicos y hormonales y un riesgo insostenible en los recursos del planeta, lo anterior ha generado un interés en reunir información para conocer a cerca de su origen, destino y las consecuencias que implica el tratamiento inadecuado de estas sustancias en los vertimientos. En consecuencia, ha aumentado la preocupación tanto de autoridades científicas como entidades reguladoras (Gil et al., 2012).

La mayoría de las investigaciones relacionadas con CEs se han centrado en aguas superficiales como las empleadas en actividades domésticas que luego reciben tratamiento químico, aguas de arroyo, aguas residuales con tratamiento biológico y agua potable, debido a que son más propensas de contener mayores concentraciones de CEs que las aguas subterráneas (Gil et al., 2012) (Pal et al., 2010).

La problemática descrita anteriormente ha adquirido un nivel global y las investigaciones se han enfocado en la caracterización de estos contaminantes emergentes como objetivo para dar una posible solución a la afectación que estos ocasionan al entorno, abordando el interrogante ¿Qué tan peligrosos pueden ser los efectos ocasionados por el uso desmedido de productos que contienen contaminantes emergentes en las fuentes hídricas en las cuales se realizan sus vertimientos?

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

Estudiar el estado del arte de los contaminantes emergentes a los cuerpos de agua por el uso de productos cosméticos.

### **1.2. Objetivos Específicos**

Elaborar un mapa conceptual de los contaminantes emergentes derivados de los productos cosméticos.

Identificar los componentes activos y moléculas catalogados como contaminantes de los productos cosméticos.

Evaluar los efectos de los compuestos contaminantes en las fuentes hídricas.

## **2. Marco Conceptual**

### **2.1. Contaminantes Emergentes**

Generalmente hace referencia a compuestos de origen y naturaleza química variada, cuya concentración no se considera significativa en el medio ambiente lo que los hace pasar inadvertidos. Su principal característica es que sus altas tasas de transformación/remoción es compensada por su introducción continua al ambiente lo que les permite a estos grupos de contaminantes causar efectos negativos sin que deban estar de forma constante en el medio ambiente, además que su uso intensivo y generalizado permite que con el tiempo se acumulen en el entorno (Gil et al., 2012), (Pal et al., 2010).

Según la Comisión Europea de regulación, para que un compuesto químico se considere como CE debe cumplir con los parámetros que se presentan en la Tabla 1

**Tabla 1.***Criterios PBT de acuerdo con el Anexo III de la legislación REACH*

Propiedad	Descripción	Criterio PBT
Persistencia	Resistente a la degradación biológica/química en el medio ambiente	Vida media > 40 días en agua fresca o agua estuarina, o vida media > 120 días en sedimento fresco o estuarino o vida media > 120 días en el suelo.
Bioacumulación	Bioconcentrado en la cadena alimentaria, la vida silvestre y los humanos	No es fácil o inherentemente biodegradable. Biodegradabilidad prevista en un espacio de tiempo de semanas a meses. Factor de bioconcentración > 2000 L/kg
Toxicidad	Toxicidad de flora, fauna y ecosistemas, toxicidad en humanos y/o interferencia con el sistema hormonal del cuerpo humano	Substancia es CMR: cancerígena (categoría 1 o 2), mutagénica (categoría 1 o 2) o tóxica para la reproducción (categoría 1, 2 o 3) Efectos de los disruptores endocrinos.

*Nota.* Adaptado de OSHA (2021)

## **2.2.Productos de Cuidado Personal**

Los PCPs se aplican sobre la piel, dientes o mucosas del cuerpo y tienen como finalidad la higiene, estética y la neutralización o eliminación de parásitos. Las principales categorías de PCPs son dentífricos, productos cosméticos, pediculicidas y productos de higiene (Juliano & Magrini, 2017).

### 2.3. Cosméticos

Un producto cosmético se define como cualquier sustancia destinada a tener contacto con las partes externas del cuerpo o con los dientes y mucosas de la cavidad oral con la finalidad de limpiarlos, perfumarlos, cambiar su apariencia, protegerlos, mantener su apariencia o mejorar su olor. Los cosméticos se dividen en los que permanecen en la piel por un tiempo prolongado como los perfumes, maquillaje, cremas corporales y faciales y antitranspirantes, por otro lado, se encuentran los que deben removerse luego de una corta estancia sobre la piel o las mucosas, como los shampoos, jabones, geles de ducha y dentífricos (Juliano & Magrini, 2017).

En la Tabla 2 se presentan la clasificación de los cosméticos faciales según la Directiva de Cosméticos de la Unión Europea.

**Tabla 2.**

*Clasificación de cosméticos basada en la Directiva de Cosméticos 76/768/CEE y grupos de productos COLIPA.*

Categoría de producto	Grupos de productos	Ejemplos de productos
Cosméticos decorativos (productos utilizados para maquillar la cara, los ojos y los labios)	Productos de maquillaje facial	Base/corrector, bronceador/rubor/iluminador y polvo.
	Productos para labios	Hidratante labial, brillo labial, lápiz labial y lápiz labial.
	Productos para los ojos	Mascara, sombra de ojos y delineador de ojos.
	Productos para el cuidado del rostro	Cremas de día, cremas de noche, mascarillas, exfoliantes, Cremas antiarrugas y antienvjecimiento

Categoría de producto	Grupos de productos	Ejemplos de productos
		para hombres y mujeres, serie de tratamientos y cremas antiacné.
Cuidado de la piel (cremas, lociones, geles y aceites)	Limpiadores y tónicos faciales	Limpiadores y tónicos líquidos/crema/gel/barra.
	Productos para el cuidado del sol	Bloqueadores solares, barras/lociones para antes o después del sol, productos de bronceado y cuidado solar para bebés.

*Nota.* Adaptado de OSHA (2021)

### **2.3.1. Filtros UV**

Los filtros UV corresponden a sustancias químicas que absorben o reflejan la radiación ultravioleta de la luz solar, son utilizados ampliamente en una variedad de productos para el cuidado personal y para proteger la piel del daño producido por los rayos UV y en ocasiones para estabilizar el color y la fragancia de las formulaciones cosméticas (Brausch & Rand, 2011). Los filtros UV se han considerado CE's debido a su amplia presencia en el medio ambiente, pueden llegar a los medios acuáticos de forma directa por medio del lavado de la piel o indirectamente por medio de las aguas residuales del uso de PCPs, lavado de ropa y limpieza industrial (Ramos et al., 2016).

### **2.3.2. Parabenos**

Los parabenos son una clase de conservantes que se han empleado ampliamente en productos cosméticos por sus propiedades antimicrobianas, estabilidad química, baja toxicidad y bajo costo (Błędzka et al., 2014). Los parabenos que se encuentran comercialmente se producen por medio de rutas sintéticas, se encuentran presentes casi

exclusivamente en fase acuosa, las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR) eliminan eficazmente la mayoría de los parabenos presentes en aproximadamente un 90% (Haman et al., 2015). A pesar de lo anterior, los parabenos continúan detectándose en aguas residuales y se ha informado la presencia de parabenos en tejidos de peces, aves marinas y sus huevos, además, se han detectado parabenos en orina humana, tejido adiposo, leche, líquido amniótico, tejido placentario y en tejidos humanos de cáncer de mama.

### ***2.3.3. Triclosán***

El triclosán (TCS) es un agente antimicrobiano de amplio espectro soluble en lípidos, permitido en conservantes en PPCs (Juliano & Magrini, 2017), (Brausch & Rand, 2011), la principal fuente de contaminación son las aguas residuales domésticas en donde es liberado con el enjuague de los productos que lo contienen, su eliminación incompleta de las plantas de tratamiento conducen a una amplia presencia de estos compuestos en el medio ambiente, con concentraciones detectadas que van desde los nanogramos hasta microgramos por litro en sedimentos y agua (Darbre et al., 2004). Durante el proceso de tratamiento de aguas residuales puede llegar a convertirse en derivados clorados que son más tóxicos y persistentes que los TCS originales (Z. F. Chen et al., 2014). En entornos acuáticos causan efectos ecológicos adversos como toxicidad en algas, alteración de las comunidades bacterianas bentónicas, alteración endocrina en peces. Además, estudios epidemiológicos han reportado una amplia gama de concentraciones en fluidos corporales humanos como la orina, sangre y leche materna (Yang et al., 2008).

### ***2.3.4. Micro Plásticos***

Los micro plásticos (MPs) se clasifican como materiales menores a 5 mm (Moore, 2008), actualmente hay evidencia de que los MPs en el ambiente marino proviene

directamente de fuentes como cosméticos, la ropa y diferentes procesos industriales (Fendall & Sewell, 2009). Las micro esferas de plástico se presentan en forma de limpiadores abrasivos de una serie de productos cosméticos y PCPs en reemplazo de exfoliantes naturales (Cole et al., 2011). Aproximadamente, el 93% de las microesferas de plástico están hechas de polietileno, pero también se presentan materiales como el polipropileno, nailon, tereftalato de polietileno o metacrilato de polietileno (Gouin, 2015). Los MPs presentes en los cosméticos son muy pequeños para ser tratados en las PTAR por lo que ingresan a las vías fluviales donde son transportados a mares y océanos (Browne et al., 2008).

Una vez en el medio ambiente, los micro plásticos de baja densidad como el polietileno y poliestireno flotan en la superficie del mar, donde se dificulta su eliminación y junto con su resistencia a la degradación, los organismos acuáticos terminan por ingerir estas micro partículas (Browne et al., 2008).

### **3. Estado del arte**

Para Becerril Bravo (2009) es crucial la caracterización de los CEs a nivel mundial debido a que tienen la capacidad de distribuirse extensamente en el ambiente y pueden presentar efectos miméticos o antagónicos en las funciones biológicas en los seres humanos y organismos acuáticos (Becerril Bravo, 2009), además añade que no hay mucha información disponible sobre los impactos potenciales de muchas de estas sustancias, tanto así que para la mayoría de los CEs es desconocida la incidencia, contribución de riesgos y datos eco toxicológicos.

Una de las principales fuentes de CEs son las aguas residuales urbanas, según de la Cruz González (2013), es la eliminación completa de estas sustancias por medio de tratamiento biológico en Estaciones de Tratamiento de Aguas Residuales (ETARs) es una

gran problemática, debido a las limitaciones analíticas para identificar cada uno de sus compuestos, por ello se hace necesario utilizar tratamientos alternativos como “Procesos de Oxidación Avanzados” (POAs), que producen especies altamente oxidantes (Radical Hidroxilo), dando lugar a la eliminación total o parcial de compuestos resistentes al tratamiento convencional a nivel de laboratorio.

Cruz Carrillo (2016) evidencia en su estudio que la mejor técnica de detección y cuantificación de los CE es la integrada LC-MS/MS (Cromatografía de líquidos – Detector específico CE), además, añade que los tratamientos con mejores porcentajes de eficiencia son los de oxidación avanzada y osmosis inversa, compartiendo la opinión con Méndez Angarita & Sissa Gómez (2015) quienes compararon y concluyeron que las mejores alternativas para el tratamiento de los CE en las fuentes hídricas son los POAs y procesos membranarios biológicos y no biológicos.

Entre las metodologías de tratamiento en fuentes hídricas para la extracción de los CE la Universidad de Sevilla ha desarrollado una innovadora técnica que combina membranas y electricidad para analizar los parabenos presentes en productos cosméticos y farmacéuticos en aguas superficiales (Villar-Navarro et al., 2016), El investigador Miguel Ángel Bello López sostiene que “El nuevo sistema es un procedimiento sensible, barato y sostenible con el medioambiente por la baja cantidad de disolvente necesaria, en cuanto a su sensibilidad, tiene una capacidad de detección de entre 0,98 y 1,43 microgramos por litro, estos niveles lo convierten en un método eficaz”.

Urrego V en el 2019 (Urrego Vélez, 2019) elabora una revisión sistemática donde analiza de manera generalizada los impactos de algunos grupos de CE y encuentra la presencia de fármacos, disruptores endocrinos como plaguicidas, productos de cuidado

personal, detergentes y sobre todo microplásticos en aguas residuales ya tratadas, lo que puede ocasionar una afección al ecosistema y a las poblaciones que se abastecen de estas. También evidencia que en Colombia las aguas residuales provenientes de los cascos urbanos, en su mayoría son vertidas a los cuerpos hídricos naturales sin ningún tipo de tratamiento o con tratamientos que no garantizan la disminución de carga contaminante, además no se cuentan con los parámetros fisicoquímicos correspondientes para las regulaciones ambientales, ya que no hay suficientes estudios investigativos sobre los CE.

Retomando uno de los grupos ya revisados por Urrego que ha generado más preocupación por su nivel de contaminación y la forma de mimetismo en la naturaleza, Herrera et al. (2020) realizaron una revisión sobre la contaminación por microplásticos en los ambientes marinos, ya que es un riesgo físico debido a la ingestión-acumulación en las especies acuáticas, debido a los componentes químicos y tóxicos que se adhieren a ellos, afectando así la cadena trófica.

Obinwanne Okoye et al. (2022) realizaron una revisión sobre la ocurrencia y el destino de los productos farmacéuticos, productos de cuidado personal (PCPs) y pesticidas en los sistemas de agua africanos donde recopilaron cerca de 35 publicaciones de las cuales recopilaron la región africana en la que se realizó el estudio, el sistema acuático donde se presentó la ocurrencia, los tipos de PCPs y plaguicidas, la concentración encontrada, el método de detección y su destino y efectos. Los investigadores además manifestaron que en Europa se han realizado cerca de 743 estudios y en Estados Unidos alrededor de 143, en las publicaciones consultadas, se ha informado que estos CE aún persisten por la eliminación incompleta y la resistencia a la descomposición y los autores manifiestan con urgencia “la necesidad de aumentar la investigación sobre la ocurrencia, el destino, el transporte y

comportamiento de los PCPs y pesticidas en los sistemas de agua para poder comprender la contaminación y avanzar en la prevención de sus efectos nocivos” (Okoye et al., 2022).

#### **4. Metodología**

El proyecto está enfocado en una búsqueda bibliográfica basada en las directrices de la metodología PRISMA para revisión sistemática (Blanco Gómez et al., 2020), esto con el fin de minimizar los riesgos de sesgo tanto en la etapa de selección de la literatura como en la etapa de análisis y cumplir el propósito de estructurar la información de forma ordenada y concisa garantizando tres fases fundamentales que dan cumplimiento con los objetivos propuestos.

##### **4.1.Fase I**

###### ***4.1.1. Protocolo de búsqueda***

Partiendo del protocolo PRISMA se hace una identificación correcta de términos clave que permitan sintetizar en palabras el tema, tales como: contaminantes emergentes, fuentes hídricas, aguas residuales, tratamientos de agua, productos cosméticos. Además, se utilizarán una serie de sinónimos que permiten ampliar la búsqueda de información en las bases de datos (Blanco Gómez et al., 2020). La investigación con las palabras clave se hará en inglés y español en la ventana temporal del 2012 al 2022 en medios digitales como Web of Science (WoS), bibliotecas electrónicas como Scielo y las bases de datos cuyo acceso es proporcionado por la Universidad Industrial de Santander como Science Direct, Scopus y Springer; el proceso de recolección se enfocará en artículos de investigación, artículos de revisión e información científica.

#### ***4.1.2. Protocolo de selección y clasificación***

Para iniciar el protocolo de selección, se considera la información de interés para el estudio con el objetivo de facilitar el análisis posterior (Blanco Gómez et al., 2020), se crea una base de datos con la clasificación de documentos, para el cual se usará Microsoft Excel, con el fin de organizar la información de cada artículo: título, nombre del autor, año de publicación, localizador de recursos uniforme (URL), razones por las que se incluye o excluye para evitar el sesgo de información al paso de cada etapa y el objetivo al que hace alusión, además se utilizará la herramienta Mendeley para proporcionar orden a los documentos por medio de la gestión de referencias bibliográficas.

### **4.2.Fase II**

#### ***4.2.1. Protocolo de revisión***

En esta fase se lleva a cabo la lectura de cada documento seleccionado extrayendo datos relevantes para organizarlos en la base de datos elaborada con anterioridad, se clasificarán a través de tablas dinámicas para localizar los registros de manera más rápida y luego se sintetizará la información expresando detalladamente los parámetros de revisión, por ejemplo, componentes contaminantes presentes en mascarillas para piel.

### **4.3.Fase III**

#### ***4.3.1. Presentación de resultados y análisis***

En esta última fase se incluye el número de estudios totales, incluidos y rechazados, además de las razones para los últimos, se presentan las características generales del estudio y un análisis general del riesgo de sesgo basado en la metodología PRISMA (Blanco Gómez et al., 2020) con la intención de dar a conocer los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos propuestos y a su vez responder las preguntas realizadas en la descripción del

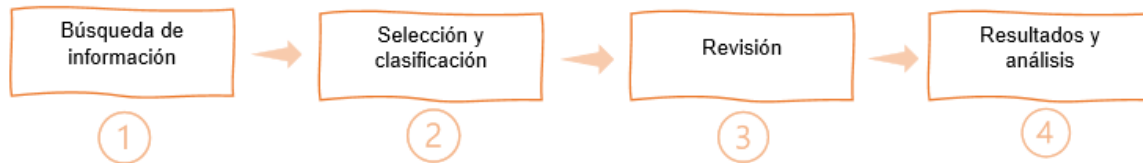
problema a manera de conclusiones, recomendaciones y/o aportes de la presente investigación.

Para el primer objetivo se llevará a cabo una clasificación de los productos cosméticos por su composición química y lugar de aplicación, buscando enfocarse en los productos de cuidado facial, además se realizará un mapa conceptual que permitirá identificar los contaminantes emergentes derivados de estos. En el segundo objetivo se presentará información detallada sobre los componentes activos y/o de cada una de las sustancias identificadas que son consideradas peligrosas y tóxicas para las fuentes hídricas y finalizando con el tercer objetivo, se hará un análisis detallado y evaluación del impacto que causan estas sustancias en los cuerpos de agua y a su vez en especies acuáticas y seres humanos, que permita generar conciencia sobre las consecuencias del uso desmedido de productos cosméticos.

En la Figura 1 se presentan las actividades realizadas en cada una de las fases de este trabajo.

### Figura 1.

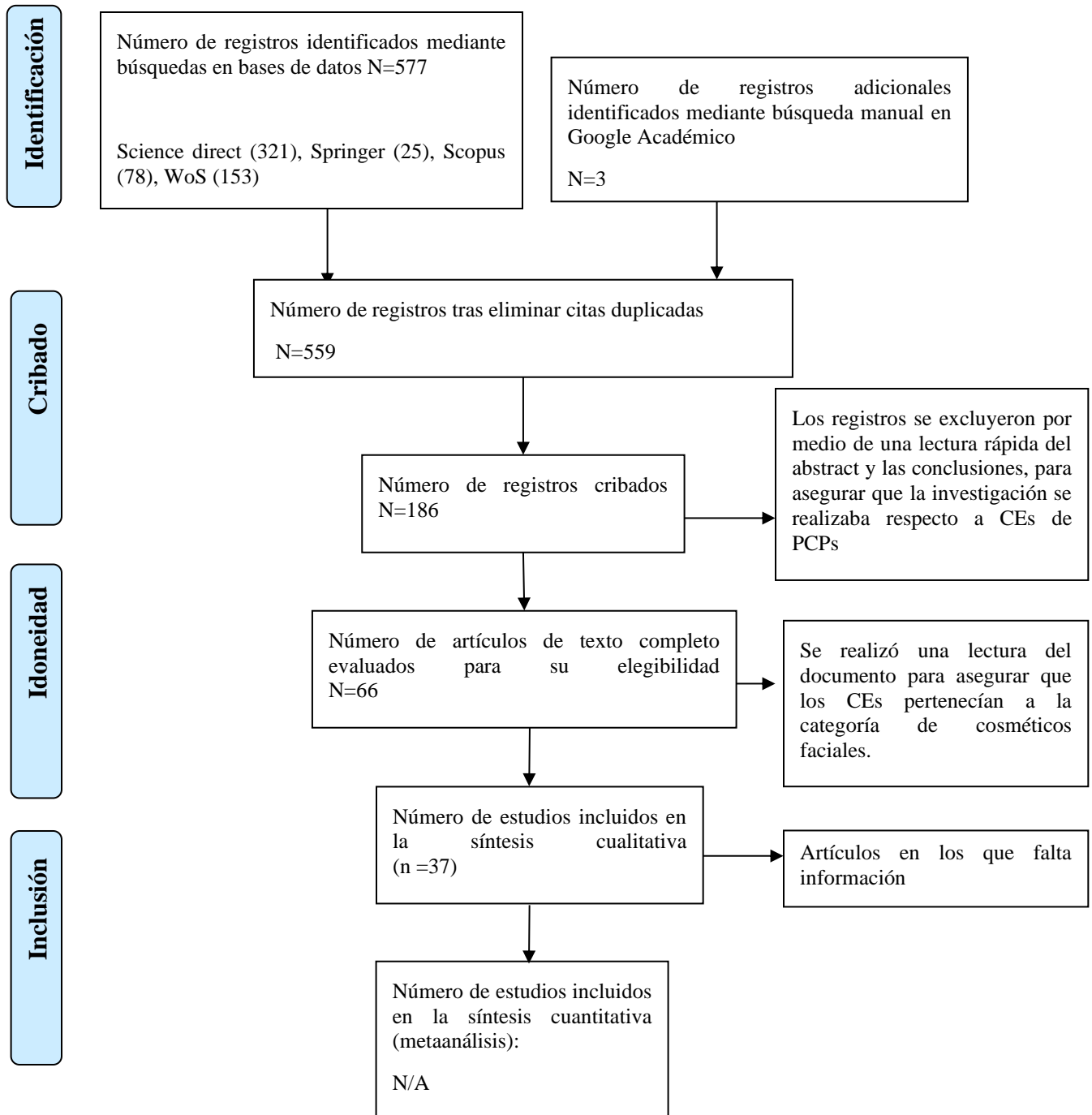
*Actividades por realizar según la metodología de este trabajo*



5. Resultados

Figura 2.

Selección de la literatura recopilada para este trabajo



En la Figura 2, se presenta el proceso realizado para seleccionar la literatura recopilada sobre los CE en cuerpos de agua de tipo cosmético y de esta forma desarrollar este trabajo. En total se encontraron 66 artículos sobre los CE derivados de productos cosméticos en cuerpos de agua y de estos fueron utilizados 37 para construir el estado del arte, los artículos restantes fueron utilizados para la redacción de cada una de las secciones. A continuación, se presentan los resultados de esta revisión sistemática de literatura.

### 5.1. Contaminantes emergentes derivados de los productos cosméticos

Actualmente, los productos cosméticos dentro del grupo de productos para el cuidado personal han generado preocupaciones como uno de los principales tipos de CE puesto que pueden llegar a cumplir con los criterios PBT de la Tabla 1. En el estudio realizado por Dhanirama et al. (2012), encontró que los CE provenientes de productos cosméticos faciales, en el Reino Unido, eran utilizados a razón de 12.54 toneladas/día, como se observa en la Tabla 3.

**Tabla 3.**

Consumo de CE por producto en el Reino Unido

Producto	CEs consumido (ton/día)	N de productos vendidos (m.u/día)	CEs por producto (mg)	% CE por producto
Limpiadores	5,6	68,5	81,0	40,5
Protectores solares y bronceadores	3,4	41,8	81,5	40,8
Maquillaje facial	2,2	78,5	28,2	94,0
Cuidado facial	1,1	76,3	14,1	28,1
Productos para los ojos	0,2	60,8	3,6	36,1

Producto	CEs consumido (ton/día)	N de productos vendidos (m.u/día)	CEs por producto (mg)	% CEs por producto
Productos para los labios	0,1	84,3	1,0	16,1

*Nota.* Tomado de Dhanirama et al. (2012), (m.u) indica millones de unidades.

Estos productos cosméticos, se convierten en CEs debido a que son liberados de forma continua a los medios acuáticos, en el estudio realizado por Montes-Grajales et al. (2017), se encontraron varias concentraciones diferentes de productos cosméticos en superficies de agua. Entre los compuestos encontrados estaban el triclosán con una media en su concentración de 48 (ng/L), parabenos en un rango de concentraciones de 15-400 (ng/L) y diferentes filtros UV con concentraciones entre 1.1-4450 (ng/L) (Montes-Grajales et al., 2017), en el caso de los MPs se han encontrado, en diferentes cuerpos de agua como el poliestireno, polipropileno y polietileno en aguas superficiales y sedimentos (Gola et al., 2021).

Juliano & Magrini (2017) estudiaron las diferentes investigaciones en las cuales se reportaron productos como parabenos, triclosán, filtros UV y MPs en cuerpos de agua, en la Figura 3, se observa la presencia de estos contaminantes reportados en cuerpo de agua a nivel mundial (Juliano & Magrini, 2017).

**Figura 3.**

*Localización de cuerpos de agua con contaminantes emergentes por productos cosméticos*



*Nota.* Tomado de Juliano & Magrini (2017)

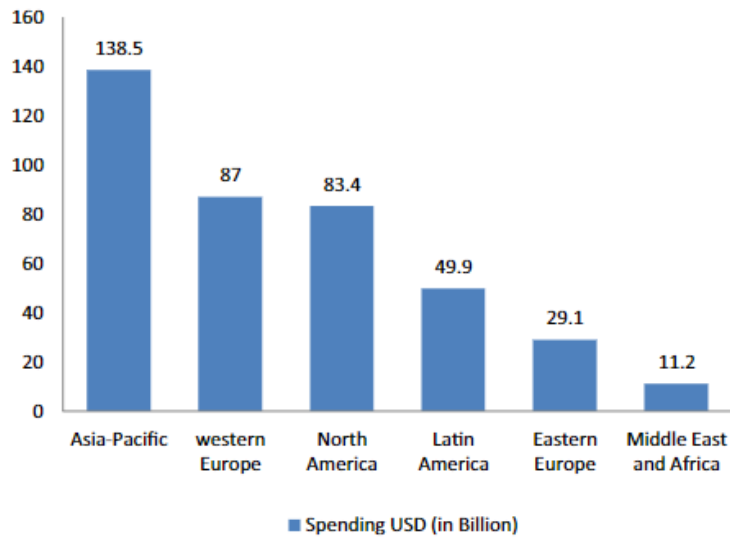
Además, los impactos ecológicos de los CE's pertenecientes a los cosméticos se relacionan con las grandes cantidades utilizadas. Respecto a lo anterior, el mercado de los cosméticos en el 2018 a nivel global recaudó cerca de 400 billones de dólares (Chandra Pal, 2022) como se presenta en la Figura 4.

Otra de las preocupaciones sobre los CE's se produce porque las PTAR no eliminan los productos químicos utilizado como ingredientes cosméticos de forma eficaz, como en el caso de los filtros UV, se estudiaron la presencia de diferentes filtros UV en PTARs de Colombia y Chile y se determinó que la concentración de los efluentes se encontró entre 2.96 y 54.4 ng/g en peso seco (Barón et al., 2013). Además, las PTAR también presentan dificultad para remover los MPs, en una planta en China, se determinó que cerca del 75.7% de los MPs fueron absorbidos y precipitados en los lodos (J. Jiang et al., 2020). Estos productos cosméticos que se acumulan en los lodos de las depuradoras de la PTAR son

reutilizados como fertilizantes de cultivos, hacen que estos MPs sean liberados al entorno natural (J. Jiang et al., 2020).

**Figura 4.**

*Gastos a nivel mundial en cosméticos para el 2018*



*Nota.* Tomado de Chandra Pal (2022)

Los cosméticos representan un problema ecológico incluso más urgente que el de los productos farmacéuticos porque son utilizados en mayores cantidades a lo largo de la vida y además están destinados a una aplicación externa, no sufren transformaciones metabólicas, sino que son introducidos sin ningún cambio en el medio ambiente en grandes cantidades por acción del lavado, la ducha o el baño (Chaturvedi et al., 2021).

En la Tabla 4 se presentan los productos ordenados de acuerdo con la clasificación de cosméticos indicada por la Dirección de cosméticos (ver Tabla 3) así como sus principales contaminantes según la literatura consultada.

**Tabla 4.***Contaminantes en diferentes productos cosméticos faciales*

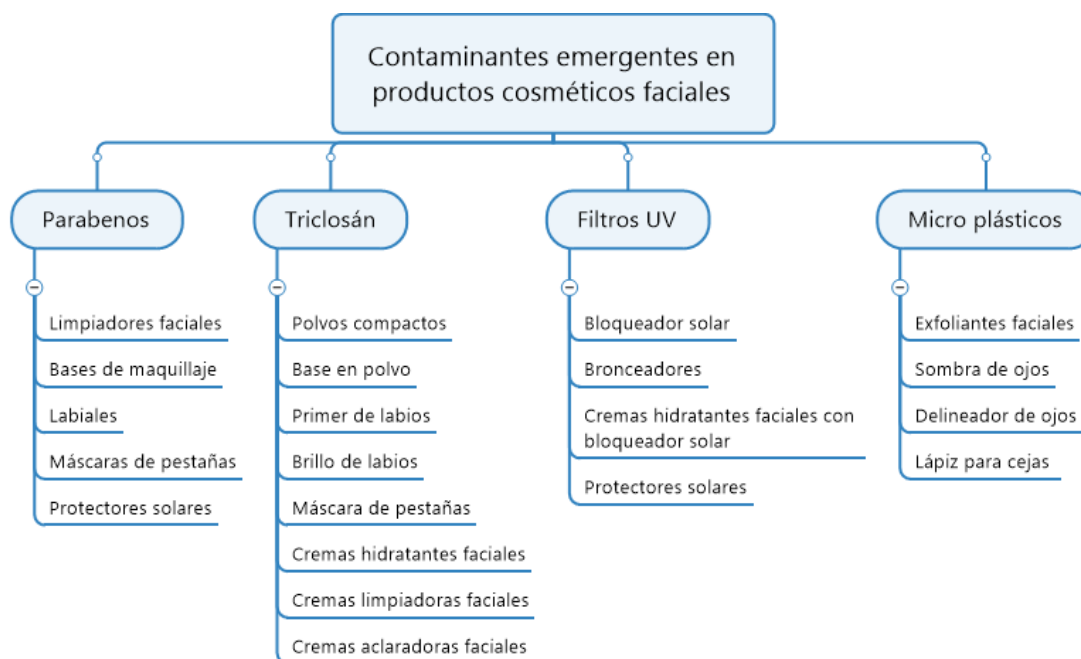
Categoría de producto	Grupo de producto	Producto	CE	Referencias
Cuidado de la piel	Limpiadores y tónicos faciales	Limpiadores faciales	Parabenos	(Mildau, 2018)
Cuidado de la piel	Productos para el cuidado del rostro	Cremas hidratantes faciales	TCS	(Mildau, 2018)
Cuidado de la piel	Productos para el cuidado del rostro	Cremas limpiadoras faciales	TCS	(Mildau, 2018)
Cuidado de la piel	Productos para el cuidado del rostro	Cremas aclaradores faciales	TCS	(Mildau, 2018)
Cosméticos decorativos	Productos para el cuidado del rostro	Exfoliantes faciales	MPs	(Salvador & Chisvert, 2019)
Cosméticos decorativos	Productos para labios	Labiales	Parabenos	(Salvador & Chisvert, 2019)
Cosméticos decorativos	Productos para labios	Primer de labios	TCS	(Salvador & Chisvert, 2019)
Cosméticos decorativos	Productos para labios	Brillos de labios	TCS	(Salvador & Chisvert, 2019)
Cosméticos decorativos	Productos de maquillaje facial	Bases de maquillaje	Parabenos	(Salvador & Chisvert, 2019)

Categoría de producto	Grupo de producto	Producto	CE	Referencias
Cosméticos decorativos	Productos de maquillaje facial	Base en polvo	TCS	(Salvador & Chisvert, 2019)
Cosméticos decorativos	Productos de maquillaje facial	Polvo compacto	TCS	(Salvador & Chisvert, 2019)
Cosméticos decorativos	Productos para los ojos	Sombra de ojos	MPs	(Salvador & Chisvert, 2019)
Cosméticos decorativos	Productos para los ojos	Delineador de ojos	MPs	(Salvador & Chisvert, 2019)
Cosméticos decorativos	Productos para los ojos	Lápiz para cejas	MPs	(Salvador & Chisvert, 2019)
Cosméticos decorativos	Productos para los ojos	Máscara de pestañas	Parabenos, TCS	(Salvador & Chisvert, 2019)
Cuidado de la piel	Productos para el cuidado del sol	Protectores solares	Parabenos, Filtros UV	(Salvador & Chisvert, 2019)
Cuidado de la piel	Productos para el cuidado del sol	Bronceadores	Filtros UV	(Salvador & Chisvert, 2019) (Chisvert et al., 2018)
Cuidado de la piel	Productos para el cuidado del sol	Bloqueador solar	Filtros UV	(Salvador & Chisvert, 2019)

Categoría de producto	Grupo de producto	Producto	CE	Referencias
Cuidado de la piel	Productos para el cuidado del sol	Cremas hidratantes faciales con protector solar	Filtros UV	(Salvador & Chisvert, 2019)

**Figura 5.**

*Mapa conceptual sobre los principales CE en productos cosméticos faciales*



La información de la Tabla 4 se sintetizó en el mapa conceptual presentado en la Figura 5 con el fin de organizar la información consultada en la literatura sobre los CE que se encuentran en diferentes productos cosméticos faciales.

## **5.2. Componentes activos y moléculas catalogados como contaminantes emergentes de los productos cosméticos**

Las aguas residuales que no son sometidas a ningún tipo de tratamiento junto con los efluentes procedentes de PTARs que no están diseñadas para tratar estas sustancias, son las principales fuentes de CEs. Una parte de estas sustancias ingresan a las corrientes superficiales, acuíferos y sistemas marinos que por lo general corresponden a las fuentes de suministro para las plantas potabilizadoras (Ouda et al., 2021). Debido a que entre sus propiedades fisicoquímicas se encuentran la poca biodegradación junto con alta solubilidad en agua que les permiten llegar a diversos entornos ecosistémicos, representando un peligro para los humanos por el consumo de agua (Y. Chen et al., 2022).

A continuación, se presentan diferentes CEs pertenecientes a productos cosméticos que impactan los diferentes cuerpos de agua.

### **5.2.1. Filtros UV**

Los filtros UV corresponden a contaminantes antropogénicos que se encuentran en el ambiente marino. Su presencia ha sido reportada en diferentes ecosistemas (Rainieri et al., 2017). Desde el 2003 se ha empezado a investigar los diferentes filtros UV en cuerpos acuáticos. Los filtros UV de tipo orgánico solo se empezaron a estudiar desde el 2011, hasta el momento existen cerca de 60 compuestos que son utilizados de forma activa como filtros UV, sin embargo, cerca del 60% de la literatura reportada se centra en las diferentes benzofenonas (Lozano et al., 2020).

Durante los últimos 20 años, ha surgido preocupación respecto a los filtros UV por su carácter como contaminante emergente que tiene efectos potenciales en la disrupción endocrina y como eco toxicológico, debido a que tienen la capacidad de bioacumularse, en

el estudio realizado por se determinó que se podían encontrar entre 256-7112 ng/g de filtros UV en diferentes organismos acuáticos (Duis et al., 2022). Además, algunos estudios indicaron que los filtros UV podían llegar a alterar la síntesis de estrógenos o andrógenos, así como la unión a proteínas o la expresión de diferentes receptores hormonales (Oral et al., 2020).

Los estudios sobre la exposición de filtros UV a los medios acuáticos y sus organismos también han expresado su preocupación, es por esto que varios autores han estudiado la concentración en medios acuáticos de filtros UV como: benzofenona-1 (BP1), Benzofenona-3 (BP3), Benzofenona-4 (BP4), etilhexil metoxicinamato (EHCM), Alcanfor de 4-metilbencilideno (4-MBC), Hidroxitolueno butilado (BTH), octocrileno (OC). Esta información se ha recopilado en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

*Concentraciones de filtros UV en diferentes sistemas acuáticos según la literatura consultada*

País	Fuente	Compuesto	Concentración (ng/L)	Referencias
Taiwán	Mar	BP-3	82,5-100,5	(J. J. Jiang et al., 2014)
		BP-4	80,5-107	
España	Aguas residuales	BP-3	7,23	(Cabeza et al., 2012)
		BHT	134,78	
		EHCM	35,31	
		OC	8,42	
Antártica	Aguas residuales	4MBC	<3,2-45,1	(Emnet et al., 2015)
		BP-1	<0,8-10,3	
		BP-3	<2,6-88,4	

### 5.2.2. *Parabenos*

La familia de los parabenos está constituida principalmente por el metilparabeno (MeP), Etilparabeno (EtP), propilparabeno (PrP) y butilparabeno (BuP) (Bolujo et al., 2021). El uso de PCPs, entre los que se encuentran los cosméticos, ha aumentado a una tasa de 7% anual y con esto también aumenta la concentración de parabenos en el entorno (Bolujo et al., 2021). La eliminación de productos que contienen parabenos se realiza por medio del lavado del cuerpo. La ducha, lavabo, inodoro y canecas de basura son los lugares donde usualmente se encuentran más cantidades alcanzando niveles de mg/g según la revisión realizada por (Wei et al., 2021), para el caso de los cuerpos de agua las concentraciones pueden haber pasado de estar en niveles de ng/L a µg/L (Wei et al., 2021), ante estos aumentos, diferentes países han realizado esfuerzos para controlar la presencia de parabenos en el agua. En la Tabla 6 se presentan la literatura consultada sobre las concentraciones de diferentes parabenos en cuerpos de agua en países de Europa, Asia, Norte América y Suramérica.

**Tabla 6.**

*Concentraciones de parabenos en diferentes sistemas acuáticos según la literatura consultada*

País	Fuente	Compuestos	Concentración (ng/ml)	Referencia
España y Marruecos	Agua potable, río y aguas residuales	MeP	0,00085-0,190	(Azzouz & Ballesteros, 2014)
		EtP	0,0073-0,390	
		PrP	0,0047-0,300	
		BuP	0,00230-0,350	
Chile	Aguas residuales	MeP	0,631-4,338	
		PrP	2,455-14,905	

País	Fuente	Compuestos	Concentración (ng/ml)	Referencia
		BuP	0,44-0,895	(Becerra-Herrera et al., 2020)
Japón	Río	MeP	n.d-0,525	(Kimura et al., 2014)
		EtP	n.d-0,0736	
		PrP	n.d-0,181	
Estados Unidos	Río	MeP	0,0022-0,0173	(Renz et al., 2013)
		PrP	n.d-0,0123	
		BuP	n.d-0,002	
Brasil	Río	MeP	0,0053-2,875	(dos Santos et al., 2016)
		EtP	0,0044-1,485	
		PrP	0,0051-0,486	
		BuP	0,0061-0,286	

### 5.2.3. Triclosán

Las PTAR no están diseñadas para eliminar disruptores endocrinos, como el TCS, sino que su eliminación depende únicamente de sus propiedades fisicoquímicas, durante el tratamiento de aguas residuales el TCS es eliminado de forma parcial y es común que sean detectados en los efluentes de las PTAR. En consecuencia, el TCS no se elimina de la PTAR durante el tratamiento primario y el remanente en la fase acuosa se libera en el cuerpo de agua receptor por lo que puede impactar en los ecosistemas acuáticos (Olaniyan et al., 2016).

El TCS puede biodegradarse o tratarse con fotólisis y reacciones fisicoquímicas, se cree que estos procesos contribuyen a su disminución en aguas naturales. En las PTAR convencionales se elimina una cantidad significativa de TCS de las aguas residuales, como se presenta en la Tabla 7 realizada a partir de la investigación de Ying & Kookana, (2012)

sobre la presencia de TCS en las PTAR en sus efluentes, los procesos avanzados, entre los que se encuentran, la ozonización, fotólisis y micro/nano filtración con ósmosis inversa han permitido eliminar por completo el TCS de las aguas residuales (Olaniyan et al., 2016)

**Tabla 7.**

*Tasa de remoción de TCS según el tratamiento utilizado en la PTAR*

Nivel de tratamiento en la PTAR	Tasa de remoción (%)
Tratamiento primario	2-96
Tratamiento secundario	
Filtro percolador	58-96
Lodos activados	55-99
Lodos activados (tratamiento simple)	61-72
Tratamiento terciario	87-89

*Nota.* Tomado de Ying & Kookana, (2012)

Con base en lo anterior, se realizó una recopilación de literatura sobre el TCS como CE encontrado en diferentes cuerpos de agua, así como su concentración, estos resultados se presentan en la Tabla 8.

**Tabla 8.**

*Concentraciones de TCS en diferentes sistemas acuáticos según la literatura consultada*

País	Fuente	Concentración (nM)	Referencia
Taiwán	Río	0,01Las 5-0,036	(Shen et al., 2012)
Sudoeste de España	Río	0,25 ± 0,0017	(Pintado-Herrera et al., 2014)
Sudoeste de España	Mar	0,23 ± 0034	(Pintado-Herrera et al., 2014)

País	Fuente	Concentración (nM)	Referencia
Suroeste de España	Agua subterránea	0,23 ± 0035	(Pintado-Herrera et al., 2014)
Zambia	Agua subterránea	6,9x10 <sup>-5</sup> -1,0 x10 <sup>-4</sup>	(Sorensen et al., 2015)
Reino Unido	Aguas residuales tratadas	0,25-1,51	(Chi et al., 2013)
Estados Unidos	Afluentes	6,91-10,36	(Anumol & Snyder, 2015)
Estados Unidos	Efluentes	0,044-0,097	(Anumol & Snyder, 2015)
Suroeste de España	Efluentes	0,33 ± 0,028	(Pintado-Herrera et al., 2014)

#### 5.2.4. *Micro plásticos*

Las fuentes de ingreso de los MPs hacia el medio ambiente son las PTAR, durante el tratamiento primario, los sólidos gruesos suspendidos son eliminados del agua por medio de tamices que a menudo tienen tamaños entre los 2-10 mm (Issac & Kandasubramanian, 2021). Con base en los tamaños de los tamices no pueden ser capturados MPs más pequeños

Actualmente, se disponen de pocos estudios sobre la eficacia de las PTAR para la remoción de los MPs de las aguas residuales, además estos estudios no se enfocan en los PCPs como los cosméticos, debido a que principalmente corresponden a Polietileno (PE) y estos desechos no presentan características que les permitan identificar su procedencia (Duis & Coors, 2016).

Leslie et al. (2013) investigaron las concentraciones de MPs en los afluentes y efluentes de una PTAR con cerca de 200 ítems/L en el afluente y 20 ítems/L en el efluente con lodos activados como tratamiento. Presentando una eficiencia de remoción del 90%.

MintEnig et al. (2014) realizaron un estudio en el que se analizaron MPs de los efluentes de 12 PTAR alemanas. Los polímeros detectados con mayor frecuencia correspondieron a PE, polipropileno (PP), poliestireno (PS). En los efluentes de la PTAR se detectaron entre 0.08 y 8.9 partículas de MPs con un tamaño aproximado de  $<500 \mu\text{m/L}$ . Los investigadores manifestaron que estos resultados deben tomarse como valores indicativos (Duis & Coors, 2016).

Con base en estas investigaciones, se recopilaron diferentes trabajos sobre los principales MPs asociados con los cosméticos de los PCPs que se presentan en la Tabla 9.

**Tabla 9.**

*Concentraciones de MPs en diferentes sistemas acuáticos según la literatura consultada*

País	Fuente	Composición MPs	Concentración	Tamaño	Referencia
República Checa	PTAR	PS PP PE	1439-4102 partículas/L	$<10 \mu\text{m}$	(Pivokonsky et al., 2018)
China	Río	PE PP PS	80-864 ítems/ $\text{m}^2$	1-5 mm	(Sighicelli et al., 2018)
Turquía	Mar	PS PE PP	16,339- 520,213 partículas/ $\text{km}^2$	0,1-2,5 mm	(Güven et al., 2017)
Kenia	Océano	PP	33,3-275 partículas/ $\text{m}^2$	$0,7 \mu\text{m}$	(Kosore et al., 2018)
Portugal	Río	PE PP PS	58-126 ítems/ $\text{m}^2$	$55 \mu\text{m}$	(Rodrigues et al., 2018)

### 5.3.Efectos de los compuestos contaminantes en las fuentes hídricas

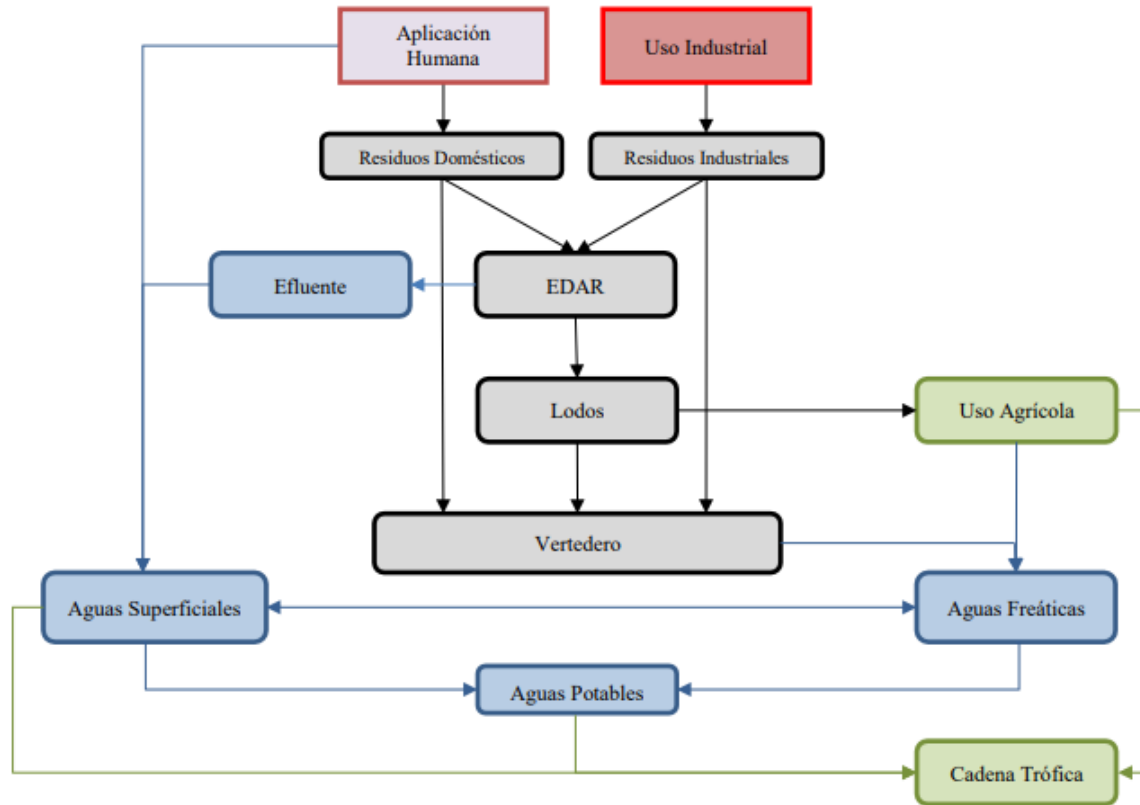
Los CEs constituyen un riesgo potencial para el medio acuático por las grandes cantidades que son vertidas al medio ambiente diariamente y por lo general son compuestos que poseen baja biodegradabilidad (Gogoi et al., 2018). El estudio y control de los CEs aún no se encuentran dentro de las diferentes legislaciones ambientales y los estudios sobre sus efectos en diferentes organismos aún se encuentran en una fase exploratoria (Chandra Pal, 2022).

Luego de la aplicación de los cosméticos, sus compuestos pueden absorberse por la piel o ser lavados y de esta forma llegan desde las aguas residuales a las PTAR, en las cuales son eliminados de forma parcial. El restante es liberado al entorno por medio del efluente. Lo anterior convierte a las PTAR como una puerta de entrada de los cosméticos y sus compuestos a los cuerpos de agua, al no ser retenidos completamente en el proceso (Y. Chen et al., 2022).

Como se ha presentado en secciones anteriores, una amplia gama de compuestos empleados en las formulaciones de los cosméticos se ha detectado en aguas subterráneas y superficiales por cuenta de la eliminación de las aguas residuales en las PTAR Vías de acceso de los contaminantes emergentes a los medios acuáticos. En la **Figura 6** se presentan las diferentes rutas de entrada de los CEs a los medios acuáticos.

**Figura 6.**

*Vías de acceso de los contaminantes emergentes a los medios acuáticos*



Una vez los CE se encuentran en los medios acuáticos, los organismos que los habitan quedan expuestos a estos compuestos que tienen afinidad por los tejidos grasos lo que puede derivar en bioacumulación, bioconcentración y biomagnificación en los organismos (Stefanakis & Becker, 2019). La bioacumulación corresponde al consumo, almacenamiento y acumulación de los contaminantes. Algunos investigadores concuerdan en clasificar la bioconcentración y biomagnificación como casos específicos de bioacumulación. De esta forma, la bioconcentración corresponde a la incorporación de sustancias en el medio acuático por exposición directa y la biomagnificación se da cuando se

ingieren alimentos contaminados que pasan a ser parte del proceso digestivo, lo cual incurre en un impacto en la cadena trófica (Llorca et al., 2017).

En la Tabla 10 se presentan los resultados reportados en la literatura consultada sobre la bioacumulación en diferentes organismos acuáticos por productos cosméticos.

**Tabla 10.**

*Bioacumulación de CEs en organismos acuáticos*

Filtros UV			
Compuesto	Organismo	Concentración	Referencia
BP-3	<i>D. rerio</i>	[2,4-312]-[8,2-438] (µg/g)	(Blüthgen et al., 2012)
BP-3	<i>O. latipes</i>	30 (µg/g)	(Kim et al., 2014)
EHCM	<i>D. magna</i>	640 (mg/g)	(Park et al., 2017)
4-MBC	<i>S. senegalensis</i>	0,068-0,360 (mg/g)	(Araújo et al., 2018)
Parabenos			
Compuesto	Organismo	Concentración	Referencia
MeP	<i>L. gibbosus</i>	11,4 (ng/g)	(Jakimska et al., 2013)
EtP	<i>G. gobio</i>	0,8 (ng/g)	
PrP	<i>P. willkommii</i>	2,5 (ng/g)	
EtP	Pescados y mariscos	0,11 (ng/g)	(Liao et al., 2013)
PrP		0,09 (ng/g)	
BuP		0,01 (ng/g)	
MeP	<i>M. dolomieu</i>	64,7 (ng/g)	(Xue & Kannan, 2016)
PrP	<i>M. salmoides</i>	26,7 (ng/g)	
MeP	Camarones	11,6 (ng/g)	(Djatkika et al., 2016)
EtP	Bacalao	8,55 (ng/g)	
PrP	Tilapia	5,7 (ng/g)	
BuP	Lubina	6,05 (ng/g)	
MeP	Pescados y mariscos	6,4 (ng/g)	(Chiesa et al., 2018)
Triclosán			

Compuesto	Organismo	Concentración	Referencia
TCS	<i>Cyprinus carpi</i>	299 (ng/g)	(Yao et al., 2018)
TCS	<i>Gibelion catla</i>	0.73–50 (ng/g)	(Shanmugam et al., 2014)
TCS	<i>L. hoffmeisteri</i>	2.4–6.5 (µg/g)	(Peng et al., 2018)
TCS	<i>S. seenghala</i>	13–1040 (µg/kg)	(Nag et al., 2018)
MPs			
Compuesto	Organismo	Concentración	Referencia
PS	<i>O. niloticus</i>	100 (µg/g)	(Ding et al., 2020)
PS	<i>D. rerio</i>	20 (mg/g)	(Lu et al., 2016)
PE	<i>P. lineatus</i>	0, 20 (µg/g)	(Roda et al., 2020)
PE	<i>C. carpio</i>	250-500 (µg/g)	(Banaee et al., 2019)
PE PP	<i>M. cephalus</i>	0.03375 (mg/g)	(Avio et al., 2015)

## 6. Conclusiones

Para la realización de esta revisión sistemática de literatura sobre los CE's presentes en cuerpos de agua se seleccionaron 37 artículos de investigación, utilizando las bases de datos Science Direct, Scopus, Springer y WoS y 3 búsquedas manuales en Google Académico, entre los años comprendidos entre 2012 y 2022. A partir de estos artículos, se determinó que, entre los diferentes productos catalogados como cosméticos utilizados en el rostro, los compuestos contaminantes se dividían entre parabenos, filtros UV, micro plásticos y el triclosán.

Los CE's presentes en cosméticos acceden a los medios acuáticos desde que estos productos cosméticos son removidos por medio del lavado y pasan por PTAR, las cuales en su mayoría no cuentan con los tratamientos necesarios para remover completamente los CE's presentes en las aguas residuales domésticas por lo que un porcentaje de estos CE's ingresan

a diferentes cuerpos de agua como mares, ríos, aguas subterráneas e incluso agua potable y lista para el consumo.

Los CE se bioacumulan en los organismos que se encuentran expuestos a diferentes concentraciones en los medios acuáticos, aun no se han realizado suficientes estudios sobre los efectos ocasionados por la bioacumulación de CE en especies marinas, pero ya se ha evidenciado que estos compuestos efectivamente se bioacumulan en diferentes organismos.

Dentro del grupo de los CE, la contaminación por cosméticos debe ser estudiada ampliamente, pues muchos de estos productos son de uso diario y las bajas concentraciones que han sido reportadas en los diferentes cuerpos de agua pueden tener impactos toxicológicos considerables en organismos de diferentes niveles tróficos. Por lo anterior, esta revisión sistemática de literatura constituye un punto de partida hacia estudios posteriores en los cuales se plantee la eliminación o control de los CE asociados a productos cosméticos en distintos cuerpos de agua.

**Referencias Bibliográficas**

- Anumol, T., & Snyder, S. A. (2015). Rapid analysis of trace organic compounds in water by automated online solid-phase extraction coupled to liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *Talanta*, *132*, 77–86. <https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2014.08.011>
- Araújo, M. J., Rocha, R. J. M., Soares, A. M. V. M., Benedé, J. L., Chisvert, A., & Monteiro, M. S. (2018). Effects of UV filter 4-methylbenzylidene camphor during early development of *Solea senegalensis* Kaup, 1858. *Science of the Total Environment*, *628–629*, 1395–1404. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.112>
- Avio, C. G., Gorbi, S., & Regoli, F. (2015). Experimental development of a new protocol for extraction and characterization of microplastics in fish tissues: First observations in commercial species from Adriatic Sea. *Marine Environmental Research*, *111*, 18–26. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.06.014>
- Azzouz, A., & Ballesteros, E. (2014). Trace analysis of endocrine disrupting compounds in environmental water samples by use of solid-phase extraction and gas chromatography with mass spectrometry detection. *Journal of Chromatography A*, *1360*, 248–257. <https://doi.org/10.1016/J.CHROMA.2014.07.059>
- Banaee, M., Soltanian, S., Sureda, A., Gholamhosseini, A., Haghi, B. N., Akhlaghi, M., & Derikvandy, A. (2019). Evaluation of single and combined effects of cadmium and micro-plastic particles on biochemical and immunological parameters of common carp (*Cyprinus carpio*). *Chemosphere*, *236*. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.07.066>

- Barón, E., Gago-Ferrero, P., Gorga, M., Rudolph, I., Mendoza, G., Zapata, A. M., Díaz-Cruz, S., Barra, R., Ocampo-Duque, W., Páez, M., Darbra, R. M., Eljarrat, E., & Barceló, D. (2013). Occurrence of hydrophobic organic pollutants (BFRs and UV-filters) in sediments from South America. *Chemosphere*, 92(3), 309–316. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.03.032>
- Becerra-Herrera, M., Miranda, V., & Richter, P. (2020). Rapid determination of parabens in water samples by ultra-high performance liquid chromatography coupled to time of flight mass spectrometry. *Analytical Sciences*, 36(6), 675–679. <https://doi.org/10.2116/ANALSCI.19P409>
- Becerril Bravo, J. E. (2009). Contaminantes emergentes en el agua. *Revista Digital Universitaria*, 10(6), 1–7.
- Blanco Gómez, D., Rubio, E. M., Marin, M. M., & de Agustina, B. (2020). *Propuesta metodológica para revisión sistemática en el ámbito de la ingeniería basada en PRISMA*. <https://www.researchgate.net/publication/348705198>
- Błędzka, D., Gromadzińska, J., & Wasowicz, W. (2014). Parabens. From environmental studies to human health. *Environment International*, 67, 27–42. <https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2014.02.007>
- Blüthgen, N., Zucchi, S., & Fent, K. (2012). Effects of the UV filter benzophenone-3 (oxybenzone) at low concentrations in zebrafish (*Danio rerio*). *Toxicology and Applied Pharmacology*, 263(2), 184–194. <https://doi.org/10.1016/j.taap.2012.06.008>
- Bolujoko, N. B., Unuabonah, E. I., Alfred, M. O., Ogunlaja, A., Ogunlaja, O. O., Omorogie, M. O., & Olukanni, O. D. (2021). Toxicity and removal of parabens from water: A

critical review. *Science of The Total Environment*, 792, 148092.  
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.148092>

Brausch, J. M., & Rand, G. M. (2011). A review of personal care products in the aquatic environment: Environmental concentrations and toxicity. *Chemosphere*, 82(11), 1518–1532. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2010.11.018>

Browne, M. A., Dissanayake, A., Galloway, T. S., Lowe, D. M., & Thompson, R. C. (2008). Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science and Technology*, 42(13), 5026–5031. <https://doi.org/10.1021/es800249a>

Cabeza, Y., Candela, L., Ronen, D., & Teijon, G. (2012). Monitoring the occurrence of emerging contaminants in treated wastewater and groundwater between 2008 and 2010. The Baix Llobregat (Barcelona, Spain). *Journal of Hazardous Materials*, 239–240, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2012.07.032>

Chandra Pal, K. (2022). Environmental pain with human beauty: emerging environmental hazards attributed to cosmetic ingredients and packaging. *Cognitive Data Models for Sustainable Environment*, 231–252. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824038-0.00010-9>

Chaturvedi, P., Shukla, P., Giri, B. S., Chowdhary, P., Chandra, R., Gupta, P., & Pandey, A. (2021). Prevalence and hazardous impact of pharmaceutical and personal care products and antibiotics in environment: A review on emerging contaminants. In *Environmental Research* (Vol. 194). Academic Press Inc. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110664>

- Chen, Y., Lin, M., & Zhuang, D. (2022). Wastewater treatment and emerging contaminants: Bibliometric analysis. *Chemosphere*, 297. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2022.133932>
- Chen, Z. F., Ying, G. G., Liu, Y. S., Zhang, Q. Q., Zhao, J. L., Liu, S. S., Chen, J., Peng, F. J., Lai, H. J., & Pan, C. G. (2014). Triclosan as a surrogate for household biocides: An investigation into biocides in aquatic environments of a highly urbanized region. *Water Research*, 58, 269–279. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2014.03.072>
- Chi, G. T., Churchley, J., & Huddersman, K. D. (2013). Pilot-scale removal of trace steroid hormones and pharmaceuticals and personal care products from municipal wastewater using a heterogeneous fenton's catalytic process. *International Journal of Chemical Engineering*. <https://doi.org/10.1155/2013/760915>
- Chiesa, L. M., Pavlovic, R., Panseri, S., & Arioli, F. (2018). Evaluation of parabens and their metabolites in fish and fish products: a comprehensive analytical approach using LC-HRMS. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 35(12), 2400–2413. <https://doi.org/10.1080/19440049.2018.1544721>
- Chisvert, A., Benedé, J. L., & Salvador, A. (2018). Tanning and Whitening Agents in Cosmetics: Regulatory Aspects and Analytical Methods. *Analysis of Cosmetic Products: Second Edition*, 107–121. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63508-2.00006-0>

- Cole, M., Lindeque, P., Halsband, C., & Galloway, T. S. (2011). Microplastics as contaminants in the marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2588–2597. <https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2011.09.025>
- Cruz Carrillo, J. X. (2016). *Análisis y destino de los nuevos contaminantes emergentes en el agua* [Tesis de Especialización]. Universidad Industrial de Santander.
- Darbre, P. D., Aljarrah, A., Miller, W. R., Coldham, N. G., Sauer, M. J., & Pope, G. S. (2004). Concentrations of Parabens in human breast tumours. *Journal of Applied Toxicology*, 24(1), 5–13. <https://doi.org/10.1002/jat.958>
- de la Cruz González, N. (2013). *Estudio de la eliminación de contaminantes emergentes en aguas mediante Procesos de Oxidación Avanzados* [Tesis de Pregrado, Universitat de Barcelona]. [www.tdx.cat](http://www.tdx.cat)
- Dhanirama, D., Gronow, J., & Voulvoulis, N. (2012). Cosmetics as a potential source of environmental contamination in the UK. *Environmental Technology*, 33(14), 1597–1608. <https://doi.org/10.1080/09593330.2011.640353>
- Ding, J., Huang, Y., Liu, S., Zhang, S., Zou, H., Wang, Z., Zhu, W., & Geng, J. (2020). Toxicological effects of nano- and micro-polystyrene plastics on red tilapia: Are larger plastic particles more harmless? *Journal of Hazardous Materials*, 396. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2020.122693>
- Djatmika, R., Hsieh, C. C., Chen, J. M., & Ding, W. H. (2016). Determination of paraben preservatives in seafood using matrix solid-phase dispersion and on-line acetylation gas chromatography–mass spectrometry. *Journal of Chromatography B: Analytical*

*Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 1036–1037, 93–99.

<https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2016.10.005>

dos Santos, M. M., Brehm, F. de A., Filippe, T. C., Knapik, H. G., & de Azevedo, J. C. R.

(2016). Ocorrência e avaliação de risco de parabenos e triclosan em águas superficiais na região sul do Brasil: Um problema de poluentes emergentes em um país emergente.

*Revista Brasileira de Recursos Hidricos*, 21(3), 603–617. <https://doi.org/10.1590/2318-0331.011616018>

Duis, K., & Coors, A. (2016). Microplastics in the aquatic and terrestrial environment:

sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects.

*Environmental Sciences Europe*, 28(2). <https://doi.org/10.1186/s12302-015-0069-y>

Duis, K., Junker, T., & Coors, A. (2022). Review of the environmental fate and effects of

two UV filter substances used in cosmetic products. *Science of The Total Environment*,

808, 151931. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.151931>

Emnet, P., Gaw, S., Northcott, G., Storey, B., & Graham, L. (2015). Personal care products

and steroid hormones in the Antarctic coastal environment associated with two

Antarctic research stations, McMurdo Station and Scott Base. *Environmental Research*,

136, 331–342. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.10.019>

Fendall, L. S., & Sewell, M. A. (2009). Contributing to marine pollution by washing your

face: Microplastics in facial cleansers. *Marine Pollution Bulletin*, 58(8), 1225–1228.

<https://doi.org/10.1016/J.MARPOLBUL.2009.04.025>

Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutiérrez, O. D. (2012). Contaminantes emergentes en

aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + Limpia*, 7(2), 52–72.

- Gogoi, A., Mazumder, P., Tyagi, V. K., Tushara Chaminda, G. G., An, A. K., & Kumar, M. (2018). Occurrence and fate of emerging contaminants in water environment: A review. In *Groundwater for Sustainable Development* (Vol. 6, pp. 169–180). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.gsd.2017.12.009>
- Gola, D., Kumar Tyagi, P., Arya, A., Chauhan, N., Agarwal, M., Singh, S. K., & Gola, S. (2021). The impact of microplastics on marine environment: A review. In *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management* (Vol. 16). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2021.100552>
- Gouin, T. (2015). Use of micro-plastic beads in cosmetic products in Europe and their estimated emissions to the North Sea environment Safety Assessment of Cosmetics View project. *SOFW Journal*, 141, 40–46. <https://www.researchgate.net/publication/291326701>
- Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, B., & Kıdeys, A. E. (2017). Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution*, 223, 286–294. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2017.01.025>
- Haman, C., Dauchy, X., Rosin, C., & Munoz, J. F. (2015). Occurrence, fate and behavior of parabens in aquatic environments: A review. In *Water Research* (Vol. 68, pp. 1–11). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.09.030>
- Herrera, A., Gómez, M., & Martínez, I. (2020). ¿Qué sabemos de los micro plásticos en Canarias? *Revista de La Sociedad Atlántica de Oceanógrafos*, 11, 40–45.

- Issac, M. N., & Kandasubramanian, B. (2021). Effect of microplastics in water and aquatic systems. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 19544–19562. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13184-2>/Published
- Jaimés Arias, L. C. (2020). *Presencia de contaminantes emergentes en fuentes hídricas y tratamientos potenciales para su eliminación* [Tesis de Especialización]. Universidad Militar Nueva Granada.
- Jakimska, A., Huerta, B., Bargańska, zaneta, Kot-Wasik, A., Rodríguez-Mozaz, S., & Barceló, D. (2013). Development of a liquid chromatography-tandem mass spectrometry procedure for determination of endocrine disrupting compounds in fish from Mediterranean rivers. *Journal of Chromatography A*, 1306, 44–58. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2013.07.050>
- Jiang, J. J., Lee, C. L., & Fang, M. der. (2014). Emerging organic contaminants in coastal waters: Anthropogenic impact, environmental release and ecological risk. *Marine Pollution Bulletin*, 85(2), 391–399. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.12.045>
- Jiang, J., Wang, X., Ren, H., Cao, G., Xie, G., Xing, D., & Liu, B. (2020). Investigation and fate of microplastics in wastewater and sludge filter cake from a wastewater treatment plant in China. *Science of the Total Environment*, 746. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141378>
- Juliano, C., & Magrini, G. A. (2017). Cosmetic ingredients as emerging pollutants of environmental and health concern. A mini-review. *Cosmetics*, 4(2). <https://doi.org/10.3390/COSMETICS4020011>

- Kim, S., Jung, D., Kho, Y., & Choi, K. (2014). Effects of benzophenone-3 exposure on endocrine disruption and reproduction of japanese medaka (*Oryzias latipes*)-A two generation exposure study. *Aquatic Toxicology*, *155*, 244–252. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2014.07.004>
- Kimura, K., Kameda, Y., Yamamoto, H., Nakada, N., Tamura, I., Miyazaki, M., & Masunaga, S. (2014). Occurrence of preservatives and antimicrobials in Japanese rivers. *Chemosphere*, *107*, 393–399. <https://doi.org/10.1016/J.CHEMOSPHERE.2014.01.008>
- Kosore, C., Ojwang, L., Maghanga, J., Kamau, J., Kimeli, A., Omukoto, J., Ngisiag'e, N., Mwaluma, J., Ong'ada, H., Magori, C., & Ndirui, E. (2018). Occurrence and ingestion of microplastics by zooplankton in Kenya's marine environment: first documented evidence. *African Journal of Marine Science*, *40*(3), 225–234. <https://doi.org/10.2989/1814232X.2018.1492969>
- Leslie, H. A., van Velzen, M. J., & Vethaak, V. D. (2013). *Microplastic survey of the Dutch environment: Novel data set of microplastics in North Sea sediments, treated wastewater effluents and marine biota.*
- Liao, C., Chen, L., & Kannan, K. (2013). Occurrence of parabens in foodstuffs from China and its implications for human dietary exposure. *Environment International*, *57–58*, 68–74. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2013.04.001>
- Llorca, M., Farré, M., Eljarrat, E., Díaz-Cruz, S., Rodríguez-Mozaz, S., Wunderlin, D., & Barcelo, D. (2017). Review of emerging contaminants in aquatic biota from Latin America: 2002–2016. *Environmental Toxicology and Chemistry*, *36*(7), 1716–1727. <https://doi.org/10.1002/etc.3626>

- Lozano, C., Givens, J., Stien, D., Matallana-Surget, S., Lebaron, P., Lebaron Bioaccu-, P., & Lozano ab, C. (2020). Bioaccumulation and toxicological effects of UV-filters on marine specie. Sunscreens in coastal ecosystems occurrence, behavior, effect and risk. In *The handbook of enviromental chemistry* (Vol. 94, pp. 85–130). [https://doi.org/10.1007/698\\_2019\\_442i](https://doi.org/10.1007/698_2019_442i)
- Lu, Y., Zhang, Y., Deng, Y., Jiang, W., Zhao, Y., Geng, J., Ding, L., & Ren, H. (2016). Uptake and Accumulation of Polystyrene Microplastics in Zebrafish (*Danio rerio*) and Toxic Effects in Liver. *Environmental Science and Technology*, 50(7), 4054–4060. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b00183>
- Méndez Angarita, M., & Sissa Gómez, D. M. (2015). *Estudio comparativo de las metodologías de tratamiento de contaminantes emergentes en fuentes hídricas* [Tesis de Especialización]. Universidad Industrial de Santander.
- Mildau, G. (2018). General Review of Official Methods of Analysis of Cosmetics. *Analysis of Cosmetic Products: Second Edition*, 67–83. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63508-2.00004-7>
- Montes-Grajales, D., Fennix-Agudelo, M., & Miranda-Castro, W. (2017). Occurrence of personal care products as emerging chemicals of concern in water resources: A review. In *Science of the Total Environment* (Vol. 595, pp. 601–614). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.03.286>
- Moore, C. J. (2008). Synthetic polymers in the marine environment: A rapidly increasing, long-term threat. *Environmental Research*, 108(2), 131–139. <https://doi.org/10.1016/J.ENVRES.2008.07.025>

- Nag, S. K., das Sarkar, S., & Manna, S. K. (2018). Triclosan—an antibacterial compound in water, sediment and fish of River Gomti, India. *International Journal of Environmental Health Research*, 28(5), 461–470. <https://doi.org/10.1080/09603123.2018.1487044>
- Okoye, C. O., Okeke, E. S., Okoye, K. C., Echude, D., Andong, F. A., Chukwudozie, K. I., Okoye, H. U., & Ezeonyejiaku, C. D. (2022). Occurrence and fate of pharmaceuticals, personal care products (PPCPs) and pesticides in African water systems: A need for timely intervention. *Heliyon*, 8(3), e09143. <https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2022.E09143>
- Olaniyan, L. W. B., Mkwetshana, N., & Okoh, A. I. (2016). Triclosan in water, implications for human and environmental health. *SpringerPlus*, 5, 1639. <https://doi.org/10.1186/s40064-016-3287-x>
- Oral, D., Yirun, A., & Erkekoglu, P. (2020). Safety concerns of organic ultraviolet filters: Special focus on endocrine-disrupting properties. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, 39(3), 201–212. <https://doi.org/10.1615/JEnvironPatholToxicolOncol.2020033188>
- OSHA. (2021, April 27). *Regulation (EC) No 1907/2006 - Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH)*. <https://Osha.Europa.Eu/Es/Legislation/Directives/Regulation-Ec-No-1907-2006-of-the-European-Parliament-and-of-the-Council>.
- Ouda, M., Kadadou, D., Swaidan, B., Al-Othman, A., Al-Asheh, S., Banat, F., & Hasan, S. W. (2021). Emerging contaminants in the water bodies of the Middle East and North

- Africa (MENA): A critical review. *Science of The Total Environment*, 754, 142177.  
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2020.142177>
- Pal, A., Gin, K. Y. H., Lin, A. Y. C., & Reinhard, M. (2010). Impacts of emerging organic contaminants on freshwater resources: Review of recent occurrences, sources, fate and effects. *Science of The Total Environment*, 408(24), 6062–6069.  
<https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2010.09.026>
- Pal, A., He, Y., Jekel, M., Reinhard, M., & Gin, K. Y. H. (2014). Emerging contaminants of public health significance as water quality indicator compounds in the urban water cycle. *Environment International*, 71, 46–62.  
<https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2014.05.025>
- Park, C. B., Jang, J., Kim, S., & Kim, Y. J. (2017). Single- and mixture toxicity of three organic UV-filters, ethylhexyl methoxycinnamate, octocrylene, and avobenzene on *Daphnia magna*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 137, 57–63.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.11.017>
- Peng, F. J., Ying, G. G., Pan, C. G., Selck, H., Salvito, D., & van den Brink, P. J. (2018). Bioaccumulation and Biotransformation of Triclosan and Galaxolide in the Freshwater Oligochaete *Limnodrilus hoffmeisteri* in a Water/Sediment Microcosm. *Environmental Science and Technology*, 52(15), 8390–8398. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02637>
- Pintado-Herrera, M. G., González-Mazo, E., & Lara-Martín, P. A. (2014). Atmospheric pressure gas chromatography–time-of-flight-mass spectrometry (APGC–ToF-MS) for the determination of regulated and emerging contaminants in aqueous samples after stir

- bar sorptive extraction (SBSE). *Analytica Chimica Acta*, 851(C), 1–13.  
<https://doi.org/10.1016/J.ACA.2014.05.030>
- Pivokonsky, M., Cermakova, L., Novotna, K., Peer, P., Cajthaml, T., & Janda, V. (2018). Occurrence of microplastics in raw and treated drinking water. *Science of The Total Environment*, 643, 1644–1651. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.08.102>
- Rainieri, S., Barranco, A., Primec, M., & Langerholc, T. (2017). Occurrence and toxicity of musks and UV filters in the marine environment. *Food and Chemical Toxicology*, 104, 57–68. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.11.012>
- Ramos, S., Homem, V., Alves, A., & Santos, L. (2016). A review of organic UV-filters in wastewater treatment plants. *Environment International*, 86, 24–44.  
<https://doi.org/10.1016/J.ENVINT.2015.10.004>
- Renz, L., Volz, C., Michanowicz, D., Ferrar, K., Christian, C., Lenzner, D., & El-Hefnawy, T. (2013). A study of parabens and bisphenol A in surface water and fish brain tissue from the Greater Pittsburgh Area. *Ecotoxicology*, 22(4), 632–641.  
<https://doi.org/10.1007/s10646-013-1054-0>
- Roda, J. F. B., Lauer, M. M., Risso, W. E., & Bueno dos Reis Martinez, C. (2020). Microplastics and copper effects on the neotropical teleost *Prochilodus lineatus*: Is there any interaction? *Comparative Biochemistry and Physiology -Part A : Molecular and Integrative Physiology*, 242. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110659>
- Rodrigues, M. O., Abrantes, N., Gonçalves, F. J. M., Nogueira, H., Marques, J. C., & Gonçalves, A. M. M. (2018). Spatial and temporal distribution of microplastics in water

- and sediments of a freshwater system (Antuã River, Portugal). *Science of The Total Environment*, 633, 1549–1559. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2018.03.233>
- Salvador, A., & Chisvert, A. (2019). Cosmetics and Toiletries. *Encyclopedia of Analytical Science*, 193–201. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409547-2.14034-X>
- Shanmugam, G., Ramasamy, K., Selvaraj, K. K., Sampath, S., & Ramaswamy, B. R. (2014). Triclosan in Fresh Water Fish Gibelion Catla from the Kaveri River, India, and Its Consumption Risk Assessment. *Environmental Forensics*, 15(3), 207–212. <https://doi.org/10.1080/15275922.2014.930940>
- Shen, J. Y., Chang, M. S., Yang, S. H., & Wu, G. J. (2012). Simultaneous and rapid determination of triclosan, triclocarban and their four related transformation products in water samples using SPME-HPLC-DAD. *Journal of Liquid Chromatography and Related Technologies*, 35(16), 2280–2293. <https://doi.org/10.1080/10826076.2011.631258>
- Sighicelli, M., Pietrelli, L., Lecce, F., Iannilli, V., Falconieri, M., Coscia, L., di Vito, S., Nuglio, S., & Zampetti, G. (2018). Microplastic pollution in the surface waters of Italian Subalpine Lakes. *Environmental Pollution*, 236, 645–651. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2018.02.008>
- Sorensen, J. P. R., Lapworth, D. J., Nkhuwa, D. C. W., Stuart, M. E., Gooddy, D. C., Bell, R. A., Chirwa, M., Kabika, J., Liemisa, M., Chibesa, M., & Pedley, S. (2015). Emerging contaminants in urban groundwater sources in Africa. *Water Research*, 72, 51–63. <https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2014.08.002>

- Stefanakis, A. I., & Becker, J. A. (2019). A Review of Emerging Contaminants in Water. In *Waste Management* (pp. 177–202). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-1210-4.ch008>
- Urrego Vélez, G. C. (2019). *Análisis de los contaminantes emergentes y de la toxicidad de diferentes efluentes domésticos en Colombia con relación a los parámetros fisicoquímicos reportados por autoridades ambientales* [Tesis de Especialización]. Universidad Industrial de Santander.
- Villar-Navarro, M., Moreno-Carballo, M. D. C., Fernández-Torres, R., Callejón-Mochón, M., & Bello-López, M. Á. (2016). Electromembrane extraction for the determination of parabens in water samples. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 408(6), 1615–1621. <https://doi.org/10.1007/s00216-015-9269-y>
- Wei, F., Mortimer, M., Cheng, H., Sang, N., & Guo, L. H. (2021). Parabens as chemicals of emerging concern in the environment and humans: A review. *Science of The Total Environment*, 778, 146150. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2021.146150>
- Xue, J., & Kannan, K. (2016). Accumulation profiles of parabens and their metabolites in fish, black bear, and birds, including bald eagles and albatrosses. *Environment International*, 94, 546–553. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.06.015>
- Yang, L.-H., Ying, G.-G., Su, H.-C., Stauber, J. L., Adams, M. S., & Binet, M. T. (2008). Growth-inhibiting effects of 12 antibacterial agents and their mixtures on the freshwater microalga *Pseudokirchneriella subcapitata*. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(5), 1201–1208.

Yao, L., Zhao, J. L., Liu, Y. S., Zhang, Q. Q., Jiang, Y. X., Liu, S., Liu, W. R., Yang, Y. Y., & Ying, G. G. (2018). Personal care products in wild fish in two main Chinese rivers: Bioaccumulation potential and human health risks. *Science of the Total Environment*, 621, 1093–1102. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.117>