

Estado del arte del efecto de los contaminantes emergentes en el ser humano y en el medio  
ambiente

María Gabriela Díaz Saavedra y Alejandra Rubiano Ariza

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniera Química

Director

Crisóstomo Barajas Ferreira

Ingeniero químico M. Sc.

Codirector

Diana Marcela Ibarra Mojica

Ingeniera sanitaria y ambiental – M. Sc. Ingeniería química

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Físicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Bucaramanga

2021

### **Dedicatoria**

A mis padres, Pablo y Janeth

Por su amor, paciencia, comprensión y sacrificio durante todos estos años.

Ustedes son el motivo de este gran logro.

*Alejandra Rubiano Ariza*

### **Dedicatoria**

Dedico especialmente este proyecto a mi querida mamá Lidubina; por ser mi empuje, mi apoyo constante, por sus esfuerzos, enseñanzas y dedicación durante toda mi vida, gracias a todo lo que

hizo y hace por mí, ser quien soy hoy en día. También le agradezco a mi padre Edgar por

brindarme su apoyo y su esfuerzo para poder estudiar y seguir adelante.

Gracias a ambos porque muchos de mis logros, al igual que este, han sido por ustedes.

Los amo con todo mi corazón.

*María Gabriela Díaz Saavedra*

### **Agradecimientos**

A Dios por ser el inspirador y darme la fuerza que necesité en cada momento de dificultad para continuar y culminar uno de mis anhelos más deseados.

A la Universidad Industrial de Santander y docentes de la Escuela de Ingeniería Química por la formación académica recibida durante mi carrera.

Al profesor Crisóstomo Barajas Ferreira, por la confianza depositada en nosotras para el desarrollo de este proyecto, así como su generosidad por compartir su conocimiento.

A mis abuelos, Raul y Graciela que me dan el motivo más grande para continuar, y es verlos orgullosos del logro profesional alcanzado.

A mi hermana Catalina por su amor, su apoyo y por estar conmigo en todo momento.

A mi novio Jeferson por su apoyo, paciencia y amor incondicional.

A mis tíos, Leonardo, Liliana y Esperanza, por su constante apoyo a lo largo de mi carrera.

A mis amigas, Gabriela y María Paula, quienes se convirtieron en mi segunda familia, con quienes podía contar tanto en lo académico como en lo personal, por apoyarme cuando más lo necesite, siempre las llevare en mi corazón.

*Alejandra Rubiano Ariza*

### **Agradecimientos**

Doy gracias a Dios y a la Virgen María, por llenarme de bendiciones en el transcurso de mi vida y de mi carrera, por llenarme de fortaleza, sabiduría y fuerza; y además por permitirme encontrar personas maravillosas en esta etapa de estudio, las cuales se convirtieron en un apoyo para mí.

Agradezco a mi alma mater, la Universidad Industrial de Santander por ser mi segundo hogar y a mi Escuela de Ingeniería Química, por brindarme los conocimientos durante toda mi carrera.

Al profesor Crisóstomo Barajas Ferreira, por ser nuestro mentor para desarrollar nuestro proyecto de grado, por sus conocimientos, su confianza y su carisma.

Gracias a toda mi familia, a mis tías y tíos, en especial a mi tía Aura y a mi tío Gomesito, por contar siempre con su apoyo incondicional, a todos mis tíos por aportar en mí con sus enseñanzas y acompañamiento, a mis primas Marjorie y Daniela por sus consejos y cariños y a mi hermano Alexis, por ser mi guía.

A mi novio Daniel, por sus consejos, por animarme a cada momento cuando veía las cosas complicadas, por llenarme de amor y soporte cada día. A mis suegros Pilar y William, por convertirse en unos padres adoptivos en los últimos años y por brindarme siempre su amparo.

Gracias a mis mejores amigos, Diego y Alejandra, por ofrecerme su linda amistad, por todas las experiencias buenas y malas que pasamos juntos durante nuestra carrera, por motivarme, aconsejarme y siempre estar ahí para mí. Gracias a todos mis amigos y compañeros de carrera, todos los momentos vividos con ustedes han sido muy valiosos.

A todos, Dios los bendiga.

***María Gabriela Díaz Saavedra***

**Tabla de Contenido**

Introducción .....	12
1. Objetivos.....	15
1.1. Objetivo General .....	15
1.2. Objetivos Específicos .....	15
2. Estado del arte.....	16
3. Descripción Metodológica.....	18
4. Resultados.....	22
4.1. Fase 1: Determinación general de los contaminantes emergentes provenientes de las actividades humanas. ....	22
4.2. Fase 2: Identificación detallada de los compuestos activos y los metabolitos del grupo farmacéutico, productos de uso personal y microplásticos.....	27
4.2.1. Farmacéutica .....	27
4.2.2. Productos de uso personal.....	30
4.2.3. Microplásticos.....	32
4.3. Fase 3: Registrar los efectos estudiados de los principales compuestos activos del grupo farmacéutico, productos de uso personal y microplásticos.....	35
4.3.1. Efectos del grupo farmacéutico.....	35
4.3.2 Efectos del grupo de productos de uso personal.....	40

4.3.2. Efectos del grupo de microplásticos .....44

5. Conclusiones .....45

6. Recomendación.....47

Referencias Bibliográficas .....49

**Lista de Tablas**

<b>Tabla 1.</b> Concentraciones de fármacos más comunes identificados en aguas residuales. ....	40
<b>Tabla 2.</b> Concentraciones de productos de uso personal a la entrada y salida de una planta de tratamiento de aguas residuales.....	43

**Lista de Figuras**

<b>Figura 1.</b> Esquema de la metodología del proyecto.....	21
<b>Figura 2.</b> Contaminantes emergentes en las áreas principales de las actividades humanas. ....	23
<b>Figura 3.</b> Contaminantes emergentes del área doméstica. ....	25
<b>Figura 4.</b> Ruta propia de los CE desde su origen en las áreas principales y sus destinos.....	26
<b>Figura 5.</b> Metabolitos de los medicamentos. ....	29
<b>Figura 6.</b> Compuestos activos de productos de uso personal. ....	32
<b>Figura 7.</b> Compuesto de los productos de origen de los microplásticos.....	34

**Lista de Abreviaturas**

<b>CE</b>	Contaminantes emergentes
<b>SNC</b>	Sistema nervioso central
<b>AINEs</b>	Antiinflamatorios no esteroides
<b>CBZ</b>	Carbamazepina
<b>PTAR</b>	Planta de tratamiento de aguas residuales
<b>ACT</b>	Acetaminofén
<b>PE</b>	Polietileno
<b>LDPE</b>	Polietileno de baja densidad
<b>HDPE</b>	Polietileno de alta densidad
<b>PP</b>	Polipropileno
<b>PS</b>	Poliestireno
<b>PVC</b>	Poli (cloruro de vinilo)
<b>PET</b>	Poli (tereftalato de etileno)
<b>DC</b>	Diclofenaco
<b>IB</b>	Ibuprofén
<b>NP</b>	Naproxeno

## Resumen

**Título:** Estado del arte del efecto de los contaminantes emergentes en el ser humano y en el medio ambiente.\*

**Autor:** María Gabriela Díaz Saavedra, Alejandra Rubiano Ariza.\*\*

**Palabras clave:** Contaminante emergente. Efectos de los contaminantes emergentes.

### Descripción:

Los contaminantes emergentes son compuestos químicos de diferente origen y naturaleza o elementos no regulados que producen diversas alteraciones al ser humano y al medio entorno que nos rodea. En este trabajo, se realizó una búsqueda bibliográfica basada en artículos científicos de revistas como Science Direct, Nature y Elsevier, proyectos de grado del catálogo bibliográfico de la Universidad Industrial de Santander por su amplio y actualizado contenido bibliográfico, reportes de páginas web y bases de datos como Springer y Up To Date que proporcionaran información sobre los contaminantes provenientes de actividades humanas en las que implican el uso de productos domésticos, en los que se encuentran los farmacéuticos, uso personal y microplásticos, con el fin de identificar aquellos compuestos activos o moléculas (metabolitos) contenidos en los mismos, logrando así una búsqueda más precisa en cuanto a los efectos a nivel de salud y del medio ambiente, para ser estructurados en mapas mentales y conceptuales usados como herramientas para la organización de información relevante. De la condensación de esta información, se concluye que se requieren más estudios sobre los efectos adversos y alteraciones en el entorno, puesto que es una problemática que se vive en la actualidad, a causa de estos contaminantes por su persistente uso e ingreso en el entorno del cual se espera generar conciencia y así poder tomar medidas que ayuden a prevenir, mitigar o corregir este daño.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Director: M. Sc. Crisóstomo Barajas Ferreira. Codirector: M. Sc. Diana Marcela Ibarra Mojica.

### Abstract

**Title:** State of the art of the effect of emerging pollutants on humans and the environment.\*

**Author:** María Gabriela Díaz Saavedra, Alejandra Rubiano Ariza.\*\*

**Keywords:** Emerging pollutant. Effects of emerging pollutants.

### Description:

Emerging contaminants are chemical compounds of different origin and nature or unregulated elements that produce various alterations to humans and the environment that surrounds us. In this work, a bibliographic search was carried out based on scientific articles from journals such as Science Direct, Nature and Elsevier, degree projects from the bibliographic catalog of the Universidad Industrial de Santander for its wide and updated bibliographic content, reports from web pages and databases such as Springer and Up To Date that provide information on pollutants from human activities involving the use of household products, in which pharmaceuticals, personal use and microplastics are found, in order to identify those active compounds or molecules (metabolites) contained in them, thus achieving a more precise search in terms of health and environmental effects, to be structured in mental and conceptual maps used as tools for the organization of relevant information. From the condensation of this information, it is concluded that more studies are required on the adverse effects and alterations in the environment, since it is a problem that is currently experienced, because of these pollutants due to their persistent use and entry into the environment of which it is expected to generate awareness and thus be able to take measures to help prevent, mitigate or correct this damage.

Translated with [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator) (free version)

---

\* Degree work

\*\* Physicochemical Engineering Faculty. School of Chemical Engineering. Director: M. Sc. Crisóstomo Barajas Ferreira. Co-director: M. Sc. Diana Marcela Ibarra Mojica.

## Introducción

El deterioro del ambiente y las recientes enfermedades presentes en seres humanos y animales se deben a múltiples amenazas, entre ellas se destacan el calentamiento global y el aumento de los reportes de patógenos resistentes a medicamentos como lo informa la Organización Panamericana de la Salud (OPS) (OPS & OMS, 2019) en su reporte de las diez principales amenazas, sin tener en cuenta la acumulación de contaminantes no regulados que siempre han estado presentes y han pasado desapercibidos. Estos contaminantes no regulados también conocidos como contaminantes emergentes se acumulan con el tiempo y persisten en el entorno en cantidades tales que causan efectos adversos en humanos, como problemas hormonales y endocrinos. Además, el uso no sostenible del entorno, genera el agotamiento y degradación de los recursos naturales del planeta convirtiéndose en un riesgo para los organismos acuáticos y terrestres al sobrepasar los niveles aceptables de concentración (Jaimes Urbina & Vera Solano, 2020), estando contenidos en diversos productos como fármacos, cosméticos, artículos de limpieza y uso personal, microplásticos, surfactantes, plaguicidas, aditivos industriales y subproductos, aditivos alimentarios, entre otros, a consecuencia del desarrollo industrial de las últimas décadas (Carrasco, Delgado, & Cobos, 2017).

La contaminación producto de estos compuestos químicos, se manifiesta en fuentes naturales y antropogénicas como resultado de los procesos productivos por el hombre, los cuales para su estudio y una mejor interpretación, se han dividido en tres elementos que son aire, agua y suelo; siendo objeto de investigación prioritaria para los organismos dedicados a la protección de la salud pública y medioambiental como lo son la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA) y la Comisión Europea (Arbeláez Salazar,

2015), planteando el interrogante ¿Cuáles son los posibles efectos negativos por los que se consideran a los contaminantes emergentes como un riesgo progresivo en la salud de los seres humanos y degradación del ambiente?; dado que en la actualidad los entes encargados del monitoreo de programas de tratamiento de aguas no cuentan con procesos de eliminación de microcontaminantes de modo que se dificulta la descontaminación por los métodos convencionales como lo son desbaste, sedimentación, filtración, flotación, coagulación, procesos electroquímicos, desinfección, etc.

En este trabajo, se encontrará la recopilación de información proveniente de artículos, trabajos de grado, casos reportados y fichas técnicas referentes a contaminantes emergentes procedentes de las actividades humanas, extraídos de diferentes fuentes de búsqueda como el catálogo bibliográfico de la Universidad Industrial de Santander, revistas como ScienceDirect, Nature y Elsevier y páginas web. En estos documentos la temática principal será la identificación de los contaminantes de preocupación emergente que se desconocen en la actualidad, dando a conocer las actividades humanas en las que se emplean diversos productos que contienen dichos compuestos y realizar una clasificación detallada de las áreas principales en las que se presenta la constante utilización de estos, por medio de mapas mentales, siendo las principales el sector agrícola y ganadero, doméstico e industrial.

Seguido a esto, se darán a conocer los componentes y/o moléculas activas (metabolitos) por los cuales se da dicha contaminación, puesto que no son los productos como tal los causantes de los efectos adversos, sino componentes específicos contenidos en ellos los que producen ciertas alteraciones al ser humano y su entorno. En este grupo se destacan el área doméstica en la que se encuentran los productos farmacéuticos, uso personal y microplásticos estructurados en mapas conceptuales.

Además de esto, se encontrará información detallada sobre los componentes más relevantes de estas categorías, con el objetivo de dar a conocer las consecuencias que se presentan a largo plazo por su continua utilización y exposición al ambiente, mencionando cada una de las enfermedades que conlleva el uso prolongado de estos contaminantes emergentes. Diversos estudios realizados por diferentes universidades y reportes en artículos evidencian algunos avances en los que se reporta la inferencia a nivel de salud en humanos y organismos acuáticos, concluyendo con ciertas recomendaciones y resaltando la carencia de estudios referentes al tema. Esta es una problemática actual en la que son pocas las organizaciones que le dan prioridad a su investigación, y así lograr evitar la progresiva contaminación que se está presentando.

## **1. Objetivos**

### **1.1. Objetivo General**

- Estudiar el estado del arte del efecto de los contaminantes emergentes en el ser humano y en el ambiente.

### **1.2. Objetivos Específicos**

- Elaborar mapas mentales y conceptuales de los contaminantes emergentes que provienen de las actividades humanas.
- Identificar los compuestos activos y moléculas (metabolitos) más susceptibles, provenientes de los productos utilizados de las actividades humanas, para catalogarlos como contaminantes emergentes.
- Evaluar los efectos de los compuestos catalogados como contaminantes emergentes en el ser humano y en el medio ambiente.

## 2. Estado del arte

Una de las características importantes que tienen los contaminantes emergentes (CE) según Becerril en el 2009 (Becerril Bravo, 2009) es que no es necesario que este tipo de contaminantes persistan en el ambiente para generar efectos adversos, ya que sus altas tasas de transformación/remoción, son compensadas por su ingreso continuo en el ambiente. Además, añade que no se encuentra disponible para la mayoría de los contaminantes emergentes, su incidencia, contribución de riesgo y los datos ecotoxicológicos.

Cruz (2016) (Cruz C, 2016) expuso que se han detectado en los cuerpos de agua los diferentes tipos de CE como son: los medicamentos, nanomateriales, compuestos de estilo de vida y aseo, y los efectos generales relacionados con su presencia, etc. Entre las técnicas de detección revisadas en su estudio, la de mejores resultados es la integrada LC-MS/MS (Cromatografía de líquidos-Detector específico CE) y añade que los mejores porcentajes para los tratamientos de eliminación son la oxidación avanzada y ósmosis inversa. A su vez, Méndez y Sissa (2015) (Méndez A & Sissa G, 2015) compararon las metodologías de tratamiento de los CE en fuentes hídricas y obteniendo como mejor alternativa, los procesos de oxidación avanzada (POA).

Entre otros estudios, se encuentra la búsqueda sistemática de información elaborada por Urrego V. en 2019 (Urrego V, 2019) donde analizó de manera general los impactos de algunos grupos de CE: los fármacos, como son los antibióticos – antimicrobianos y las concentraciones encontradas de los mismos en distintos vertimientos y sobre los antiinflamatorios no esteroides; también los impactos a grandes rasgos sobre los disruptores endocrinos como los plaguicidas, productos de cuidado personal, detergentes, entre otros y por último, sobre los microplásticos. Asimismo, evidencia que Colombia no cuenta con los suficientes estudios investigativos sobre los

CE y en las regulaciones ambientales no se cuenta todavía con los parámetros fisicoquímicos correspondientes, permitiendo así la presencia de medicamentos en aguas residuales ya tratadas.

Atuesta y Pico en 2019 (Atuesta R & Pico G, 2019) realizaron un estudio cuantitativo para identificar la actividad científica y las tendencias investigativas. Como resultados obtuvieron que el agua residual es la más estudiada por la presencia de CE; que la cromatografía y la extracción líquido-líquido son las técnicas más importantes en la detección y cuantificación de los CE; y que hay una preocupante deficiencia en los tratamientos convencionales para la eliminación de este nuevo tipo de contaminantes. También, los productos farmacéuticos son los que se han encontrado en mayor cantidad en las fuentes hídricas.

En el 2015, Sánchez B. (Sánchez Barboza, 2015) valoró el impacto ambiental generado por los CE en aguas residuales hospitalarias por medio de un sistema de inferencia borrosa, obteniendo que los efectos de los fármacos en el ecosistema son de impacto bajo y considerable, tendiendo a la zona considerable. Li, Velisek, Zlabek, Grabic, Machova, Kolarova y Randak en el 2010 (Li et al., 2010), investigaron los efectos tóxicos crónicos de la carbamazepina en la trucha arcoíris, teniendo respuestas fisiológicas y bioquímicas con índices de estrés oxidativo y afectación de los parámetros hematológicos. Por otro lado, Parolini, Binello, Cogni y Provini en el 2010 (Parolini, Binelli, Cogni, & Provini, 2010), aplicaron una batería de ocho biomarcadores para evaluar la citogenotoxicidad del paracetamol en el mejillón cebra, el cual indujo genotoxicidad moderada por estrés oxidativo sin daño primario en el ADN.

Ishchenko, Llori y Ramos en el 2017 (Ishchenko, Llori, & Ramos, 2017), analizaron el impacto ambiental de los componentes de shampoos sobre las algas *Chlorella* con base en el método de bioindicación, el cual determinó que contiene muchos componentes altamente perjudiciales como los parabenos y la cocamida DEA. Además, 1-2 % de impurezas de shampoos

en el agua, causan pérdida total de zooplancton, bacterias y fitoplancton. En el 2011, V. Jimenez, S. Fregozo, M. Beltrán, G. Coronado y P. Vega (Valdez-Jiménez, Soria Fregozo, Miranda Beltrán, Gutiérrez Coronado, & Pérez Vega, 2011) indican que la exposición crónica al flúor produce efectos nocivos en los tejidos y sobre el sistema nervioso central.

Por otra parte Herrera, Martínez y Gómez en el 2020 (Herrera, Martínez, & Gómez, 2020), realizaron una revisión sobre la contaminación por microplásticos ya que es un peligro físico debido a la ingestión- acumulación de las especies acuáticas y por los contaminantes químicos que se adhieren en ellos, afectando la cadena trófica.

Con base en lo anterior, será importante realizar un estudio más detallado sobre los efectos negativos de los CE en el ser humano y en el ambiente, con un enfoque de menor escala investigativa en base a los compuestos activos y metabolitos de estos.

### **3. Descripción Metodológica**

Por medio del estado del arte se busca el estudio del conocimiento acumulado de los documentos escritos sobre los efectos de los contaminantes emergentes en el ser humano y en el medio ambiente; recopilando y estructurando la información, para así analizar profundamente las tendencias de investigación sobre esta temática y los vacíos de esta, convirtiéndose en un punto de partida para establecer nuevos ámbitos de investigación.

El proyecto fue encaminado en la búsqueda bibliográfica y revisión de bases de datos a partir de un diseño predeterminado, con el fin de estructurar la información, la cual se fundamenta en tres fases correspondientes al desarrollo de los tres objetivos específicos propuestos y posterior a esto, un reporte de la información. Cada fase presenta el hilo conductor del proceso de

contaminación por parte de los CE; desde la determinación de manera general sobre los CE en las áreas principales: la doméstica, industrial, agrícola y ganadera como origen de esta problemática; seguido por el enfoque de la contaminación en el área doméstica, al ser una de las más utilizadas de manera global por el ser humano en su diario vivir; y encaminado a una identificación minuciosa de los compuestos activos presentes en los productos farmacéuticos, productos de aseo personal y microplásticos, puesto que no se puede catalogar cien por ciento a los mismos como causantes de los efectos adversos y por último, un registro de la información sobre las consecuencias a nivel de salud en los seres humanos y animales, así como el deterioro del ambiente.

Para la revisión de todas las fases, se planeó una contextualización de la temática inicialmente, con el propósito de realizar un acercamiento sobre los CE y dar pie a la formulación de la pregunta investigativa: ¿Cuáles son los efectos negativos por los que se consideran a los contaminantes emergentes como un riesgo progresivo en la salud de los seres humanos y degradación del ambiente? y el planteamiento del diseño de búsqueda. El diseño del protocolo de búsqueda se basó en el uso de la plataforma de la Biblioteca Virtual de la Universidad Industrial de Santander, por su amplio material bibliográfico actualizado, por fácil acceso al portal web para realizar consultas de trabajos de grado; artículos de revistas conocidas como ScienceDirect y Nature; bases de datos como Springer y UpToDate; y herramientas electrónicas como ACCESS Medicine MCGRAW-HILL y Virtual Pro. Además, búsqueda en libros, noticias y sitios web con material reconocido y actualizado. En cuanto a la exploración de información en las diferentes fuentes, se realizó a partir de términos claves y selección de documentos en idioma español, inglés y portugués.

La ejecución de la revisión fue continua, basada en la finalización de manera consecutiva de cada fase del proyecto y en el protocolo de búsqueda de información. Mediante el uso de la

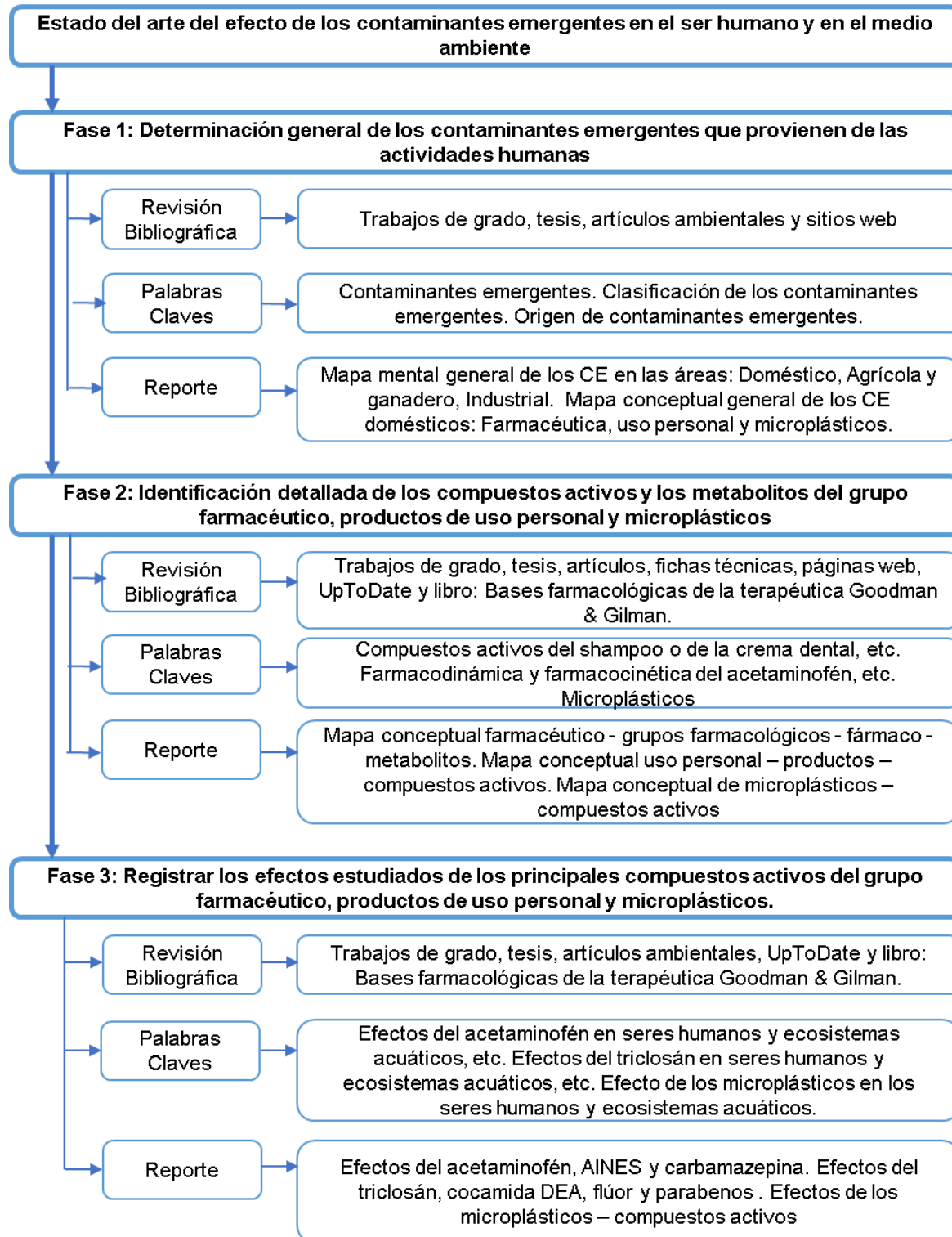
herramienta de escritorio Mendeley, permitió almacenar y organizar los documentos, conocer las palabras claves, autores, editoriales, año de publicación y, además, realizar las referencias bibliográficas.

Para la extracción de la información, se leyó la totalidad de los estudios encontrados para poder organizar, clasificar y procesar la información encontrada para cada fase. Al finalizar, se reporta la información consolidada a partir de la revisión de los estudios de interés.

En la *Figura 1* se puede observar el progreso de la búsqueda que se encuentra relacionado con la solución de cada fase:

**Figura 1.**

*Esquema de la metodología del proyecto.*



## 4. Resultados

### 4.1. Fase 1: Determinación general de los contaminantes emergentes provenientes de las actividades humanas.

Por medio de la consulta en las diferentes bases de datos mencionadas, se obtuvo información general y concisa para determinar las áreas principales que son origen en las actividades humanas para la producción de los contaminantes emergentes. Los conocimientos para la solución de esta fase se presentan organizados por medio de mapa mental y mapa conceptual.

Se utiliza el término de contaminantes emergentes (CE) a los compuestos de diferente origen y naturaleza química, los cuales su presencia en el medio ambiente no se valora como significativa en términos de distribución y/o concentración, pasando desapercibidos al no estar incluidos en el monitoreo actual de las plantas de tratamiento de agua; sin embargo, ya están siendo detectados por su potencial de generar impacto ecológico, así como efectos negativos en la salud (Janet Gil, María Soto, Iván Usma, & Darío Gutiérrez, 2012).

A continuación, en la *Figura 2* se presenta el mapa mental general de los contaminantes emergentes con distinto origen como lo es el área agrícola y ganadera, ya que tienen actividades frecuentes que llegan a contaminar las fuentes de agua con nitrógeno, fósforo y cloro, al emplear productos farmacéuticos veterinarios, hormonas, desinfectantes, fertilizantes y el uso de aguas en las instalaciones ganaderas (Luzardo, Henríquez Hernández, Zumbado, & Boada, 2014).

El área doméstica entre los cuales se encuentran los fármacos donde su principal ruta de contaminación es la excreción humana y la eliminación inapropiada de los mismos, siendo sustancias que pueden alcanzar las aguas subterráneas y contaminar acuíferos o quedar retenidas en el suelo afectando ecosistemas y seres vivos. Los artículos de uso personal en los que la mayoría

son de uso directo sobre el cuerpo humano, como son los cosméticos, los productos de aseo, fragancias y otros agentes que en grandes cantidades pueden ser introducidos directamente al ambiente (Janet Gil et al., 2012). Los microplásticos que son fibras sintéticas microscópicas ampliamente usadas en la industria de la ropa, pesca, empaque y envasado de un gran número de productos (Purca & Henostroza, 2017), y finalmente los de origen industrial, que engloban una amplia gama de compuestos contenidos en aditivos alimentarios, retardantes de llama y aditivos a gasolinas (Janet Gil et al., 2012).

Con esto se puede constatar que los contaminantes emergentes son sustancias que, a pesar de su baja e inadvertida concentración, al ser constantemente usados en diferentes áreas, logran un continuo ingreso en el ambiente y contacto con los seres humanos, por lo que hoy en día está causando un impacto negativo y gran preocupación a nivel global.

**Figura 2.**

*Contaminantes emergentes en las áreas principales de las actividades humanas.*



En base a la *Figura 2*, la búsqueda se enfocó en el área de origen doméstico, al ser las aguas residuales urbanas no tratadas, una de las principales fuentes de contaminantes emergentes, al estar compuesta por grandes cantidades de productos de uso cotidiano como lo son los productos farmacéuticos, productos de cuidado personal, plastificantes, etc (Urrego V, 2019).

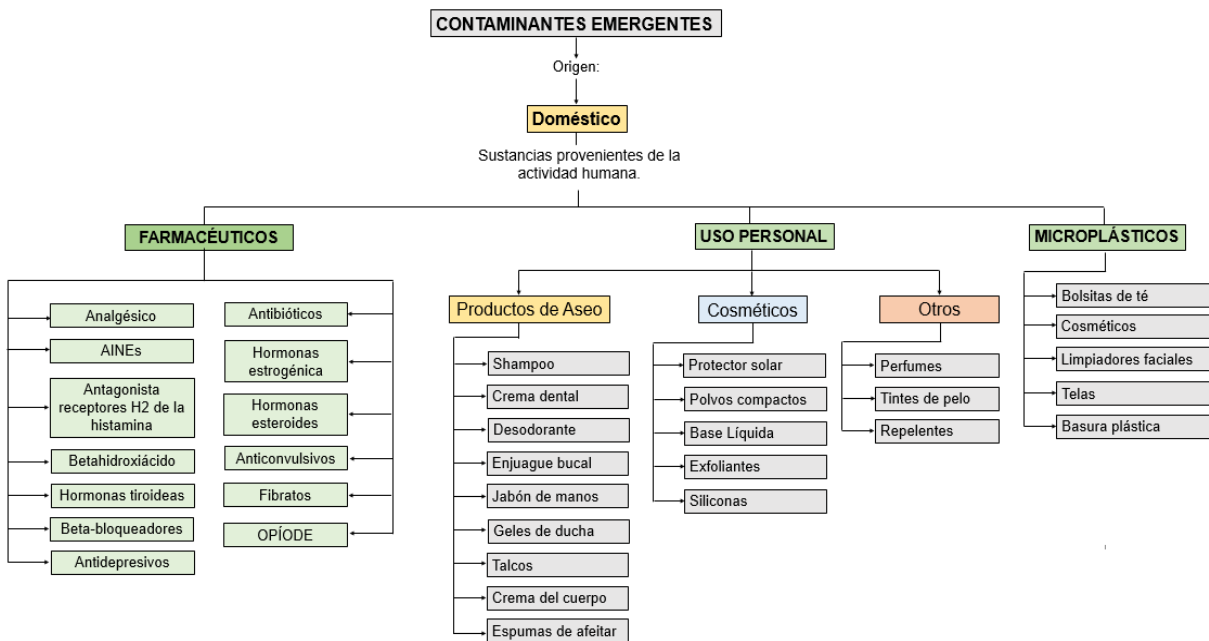
En la *Figura 3* se puede observar que el área doméstica se encuentra conformada por tres amplios grupos: el farmacéutico, uso personal y microplásticos. Los medicamentos de mayor consumo terminan en los ríos debido a la depuración ineficiente o por los vertimientos no controlados, convirtiéndose en un peligro poco visible a un corto y largo plazo al ser perjudiciales para algunas especies; pues no están expuestas únicamente a un solo fármaco, sino una mezcla de ellos (Cruz C, 2016). Entre los medicamentos más usados según los grupos farmacológicos son los analgésicos, AINEs, anticonvulsivos, antibióticos,  $\beta$ -bloqueadores, entre otros; que a su vez han sido encontrados en el agua potable (Cruz C, 2016). En cuanto a los productos de uso personal como se mencionó anteriormente, se usan directamente sobre el cuerpo para alterar el olor, aspecto, el tacto y no requieren mostrar actividad bioquímica significativa, como son los productos de aseo personal, cosméticos y otros; diferenciándose de los farmacéuticos al ser introducido al ambiente en grandes cantidades, lo que implica un aumento de sus ingredientes activos y residuos en el medio ambiente y por ende, en las fuentes hídricas (Janet Gil et al., 2012).

En los últimos años, ha surgido la preocupación ambiental por los microplásticos al encontrarse extendidos en el medio marino y estar biodisponibles para especies de toda la red alimentaria por su grado de bioacumulación. Estos están contenidos en forma de gránulos en limpiadores faciales y cosméticos, ingresando por los sistemas de drenaje domésticos y por la descomposición de basura plástica conocidos como macroplásticos (botellas, utensilios plásticos,

etc) en microplásticos, los cuales atraviesan los sistemas de filtración de las plantas de tratamiento debido a su pequeño tamaño (Cole, Lindeque, Halsband, & Galloway, 2011).

**Figura 3.**

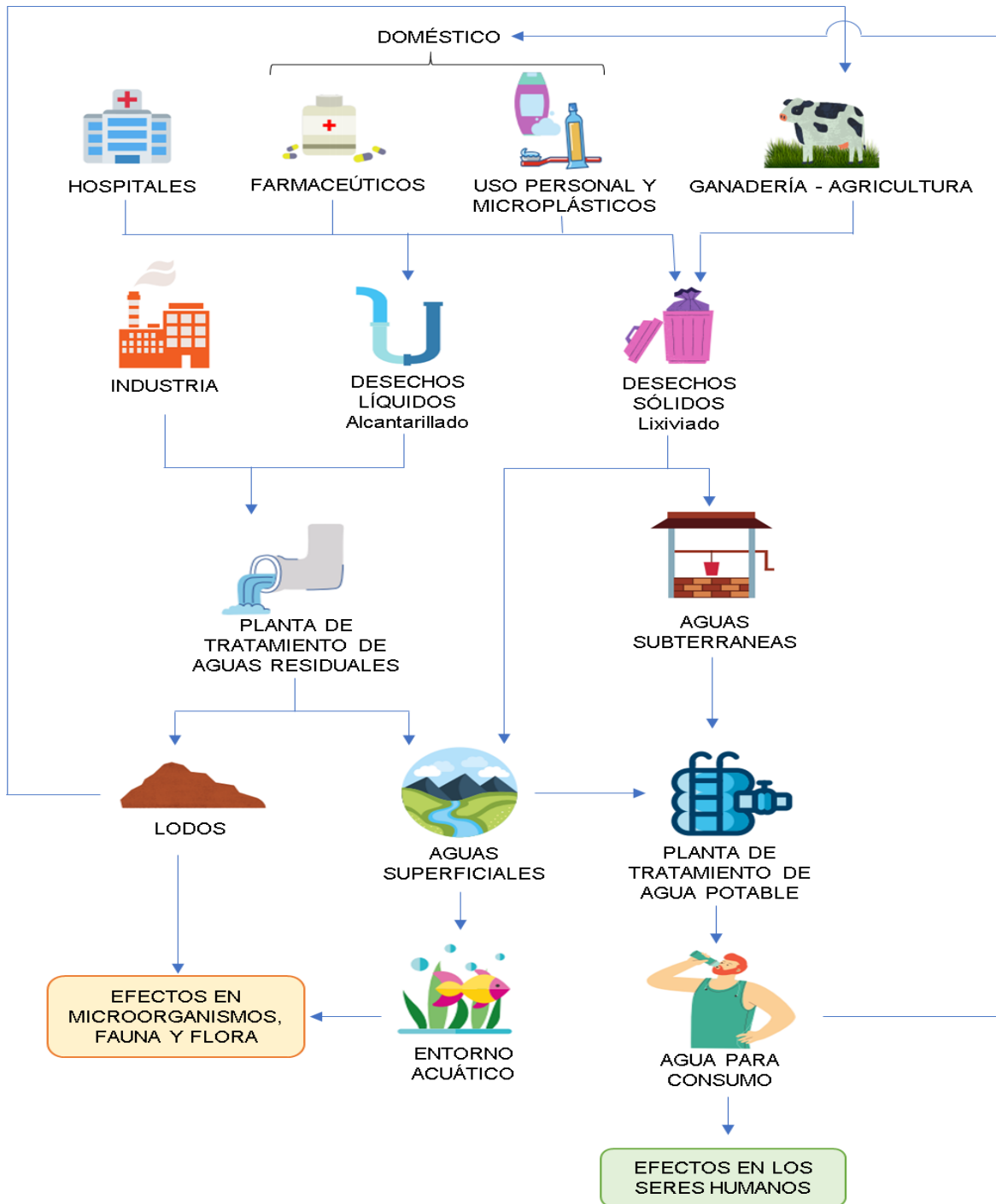
*Contaminantes emergentes del área doméstica.*



Para poder tener una dimensión del origen de los contaminantes emergentes mencionados anteriormente, se plantea un diagrama propio en la *Figura 4* con la ruta que siguen los contaminantes emergentes desde su origen en las áreas principales y los destino de estos. La ruta fue basada en la recopilación de información de: ciclo del agua (Méndez A & Sissa G, 2015), origen y destino de los productos de cuidado personal en el ambiente (Méndez A & Sissa G, 2015), ciclo de entrada de CE (Atuesta R & Pico G, 2019) y la exposición anticipada a sustancias medicinales humanas en el medio ambiente (Halling-Sorensen et al., 1997).

**Figura 4.**

*Ruta propia de los CE desde su origen en las áreas principales y sus destinos.*



## **4.2. Fase 2: Identificación detallada de los compuestos activos y los metabolitos del grupo farmacéutico, productos de uso personal y microplásticos.**

### **4.2.1. Farmacéutica**

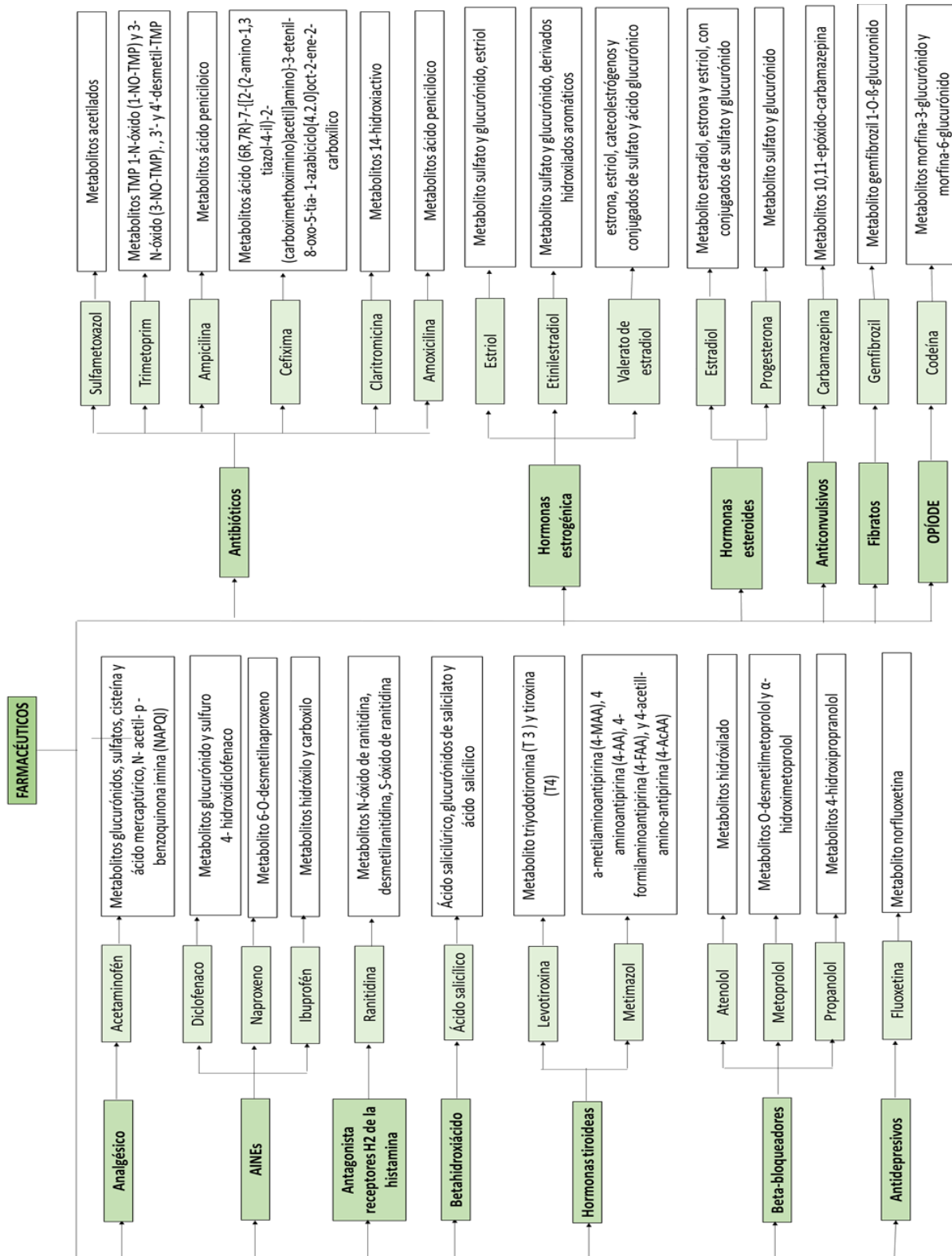
El consumo de fármacos es importante para el ser humano, gracias a sus propiedades para tratar diversas enfermedades a las cuales se enfrenta en el transcurso de su vida. Cuando un medicamento entra al organismo, es absorbido, distribuido, metabolizado (biotransformado) y eliminado, estos pasos son conocidos como farmacocinética y los mecanismos de acción farmacológica, como farmacodinamia. La eliminación del fármaco se puede dar sin cambios, mediante la excreción o la transformación en metabolitos (Brunton, Laurence L; Lazo, John S; Parker, 2007). Como principales vías de contaminación, son el consumo y la excreción de medicamentos y metabolitos a través de la orina y heces, y la eliminación inapropiada de los fármacos vencidos o no consumidos al ser depositados en la basura doméstica o alcanzar las aguas residuales por medio de los desagües de lavamanos o inodoros (Infac, 2016). La mayoría de los medicamentos que más se consumen terminan en fuentes de agua, ya que se han detectado fármacos como el ibuprofén, diclofenaco y carbamazepina en agua potable, además, de sus metabolitos en aguas subterráneas (Cruz C, 2016). Por esto, en algunas plantas de tratamientos de agua residuales (PTAR) pueden eliminar algunos medicamentos, pues la concentración de estos contaminantes a las salidas de la PTAR dependen del grado de eliminación de los propios fármacos (reducción de la carbamazepina es poca comparada con el ibuprofén que está entre el 60-90 %), las concentraciones iniciales y las técnicas empleadas (Infac, 2016).

En la *Figura 5* se encuentran recopilada la información de los metabolitos que se excretan para cada tipo de medicamento, según su grupo farmacológico; por ejemplo, el Ibuprofén pertenece al grupo farmacológico AINEs y sus metabolitos son hidroxilo y carboxilo. La mayoría

de la información fue tomada por el recurso electrónico UpToDate, realizando la búsqueda de cada medicamento (Ibuprofén) y seleccionando la opción (Ibuprofén: Información sobre medicamentos), así para cada fármaco; también se seleccionó la información del libro: Bases farmacológicas de la terapéutica Goodman & Gilman en la sección farmacocinética y farmacodinámica del medicamento; por último, se tuvo en cuenta las fichas técnicas de laboratorios para cada medicamento y la conocida página web de Vademécum utilizada también por los médicos para realizar consultas.

Figura 5.

Metabolitos de los medicamentos.



#### **4.2.2. Productos de uso personal**

En la actualidad el cuidado personal es uno de los aspectos más importantes para el ser humano, por esta razón, con la evolución de la industria, se han venido elaborando una serie de productos para suplir esta necesidad actual, los cuales brindan un sin número de beneficios (Vivanco-Carrillo, 2016). Dichos productos han sido fabricados con componentes químicos que resultan dañinos a nivel de salud y deterioro del entorno, con el uso prolongado y continuo, debido a que muchos de estos son de uso exclusivo, lo que implica una constante liberación al medio. Es por esto que se dividen en tres categorías con el fin de reconocer aquellos que tienen efectos adversos, entre los cuales se encuentran los productos de aseo personal donde se destacan el shampoo, crema dental, desodorantes en crema o spray, enjuagues bucales, rociadores de dientes, jabones de manos, geles de ducha, talcos en polvo o spray, cremas corporales, espumas de afeitado, entre otros (Janet Gil et al., 2012). Los cosméticos al igual que la categoría anterior, están compuestos de sustancias químicas indudablemente peligrosas para la salud (Vivanco-Carrillo, 2016), ya que el objetivo de quienes los elaboran es buscar el estabilizante ideal y así conseguir ciertas características para prolongar la vida del producto, tales como antimicrobianos, toxicidad nula, cierto margen de pH, estabilidad y capacidad sensibilizante (Caro & Esparza, 2015).

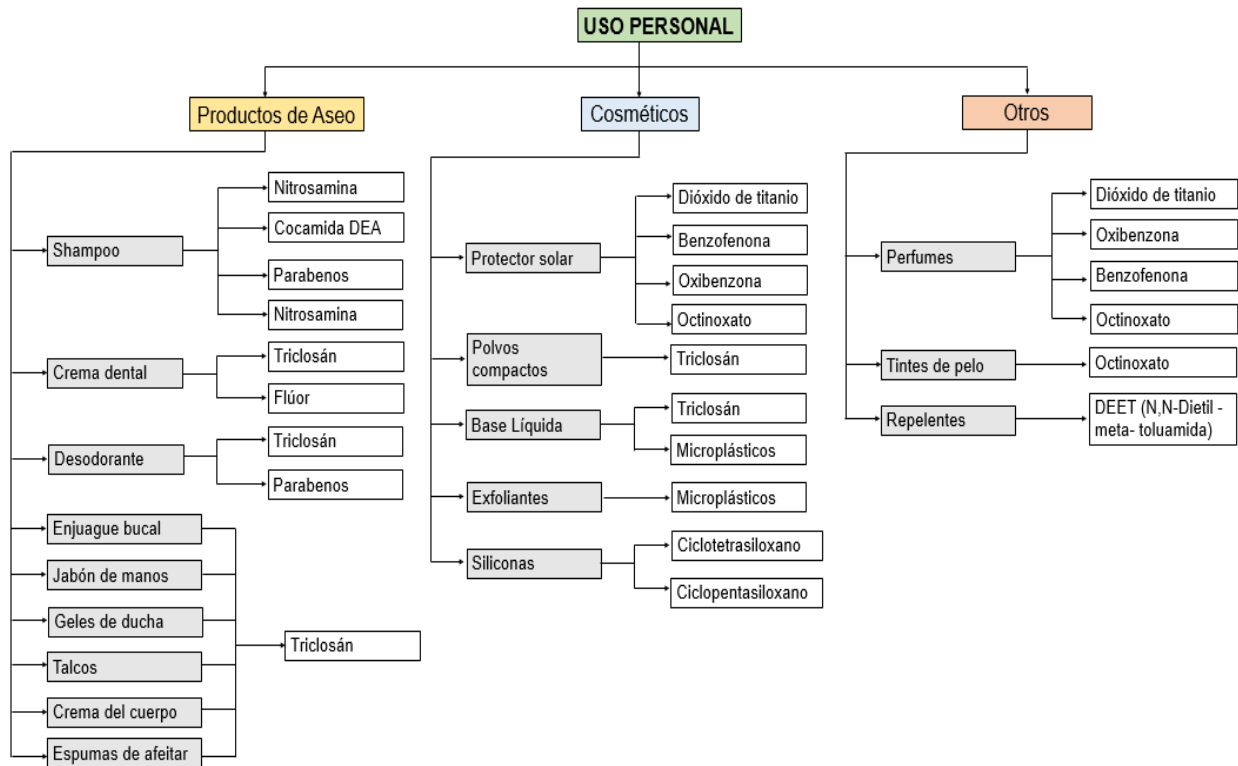
Dichos componentes están contenidos en protectores solares comúnmente utilizados en playas y piscinas como método de protección contra los rayos UV, polvos compactos, bases líquidas que contienen partículas sintéticas de plásticos con el objetivo de mantener la textura lisa de la piel, los exfoliantes elaborados con microplásticos y la silicona generalmente utilizada para aplacar la hebra capilar.

Todos estos productos poseen componentes comunes como el triclosán, usado extensamente por ser un agente antimicrobiano en pastas dentales, que se caracterizan por prevenir

la placa dento-bacteriana, la gingivitis y el mal aliento (García C.D., Sánchez C.D., M.C., Galindo C.D., M.C., PhD., & Cerda C.D., M.C., PhD., 2016), la dietanolamina de Cocamida usada principalmente en shampoos como agente espumante y en cosméticos como agente emulsionante, los parahidroxibenzoatos o más conocidos como parabenos que son conservantes usados por sus óptimas características por ser moléculas inodoras, no volátiles, eficaces en un amplio margen de pH y de bajo costo (Caro & Esparza, 2015), el fluoruro que actualmente se considera como la mejor herramienta para detener la progresión de la caries, dependiendo su eficacia del contenido de flúor que tenga en partes por millón (aproximadamente de 1000 ppm) (Arango, Martínez, & Pardo, 2013), la benzofenona empleada en la elaboración de bloqueadores para proteger la piel del daño solar (California, 2012), y demás sustancias . Lo anterior se representan en la *Figura 6*, como resultado a la búsqueda de compuestos activos de cada uno de los productos, realizada por medio de artículos y trabajos de grado encontrados en páginas web, de la biblioteca virtual de la Universidad Industrial de Santander y de fichas técnicas de componentes para identificar su toxicidad.

**Figura 6.**

*Compuestos activos de productos de uso personal.*



**4.2.3. Microplásticos**

Los microplásticos son diminutos gránulos de plástico que presentan un tamaño inferior a los 5 mm hasta nano micras (Purca & Henostroza, 2017), debido a su tamaño y su composición, los hace propenso a que los contaminantes orgánicos presentes en el agua y la lixiviación de plastificantes tóxicos, se adhieran a ellos permitiendo la introducción de toxinas en la base de la cadena alimentaria (Cole et al., 2011).

Estos se pueden identificar como microplásticos primarios y secundarios. Los microplásticos primarios son los plásticos elaborados con un tamaño microscópico, conocidos

como micro exfoliantes y micro perlas, que son agregados a los limpiadores faciales y cosméticos, para así reemplazar los ingredientes naturales como son las almendras molidas, piedra pómez y avena (Cole et al., 2011). Este tipo de microplásticos están compuestos ya sea por polietileno, polipropileno granulado o esferas de poliestireno (Cole et al., 2011), los cuales pasan a través de los sistemas de alcantarillado llegando a las PTARs, donde atraviesan con facilidad los tamices de separación al tener estos tamaños gruesos mayores de 6 mm y finos entre 1.5 a 6 mm, puesto que fueron identificados microplásticos con tamaños menores de 2 mm en diferentes marcas de limpiadores faciales (Fendall & Sewell, 2009), hasta microperlas de polietileno en cosmético con tamaños alrededor de 100  $\mu\text{m}$  (Kalčíková, Alič, Skalar, Bundschuh, & Gotvajn, 2017); de esta manera permitiendo su paso hacia los océanos.

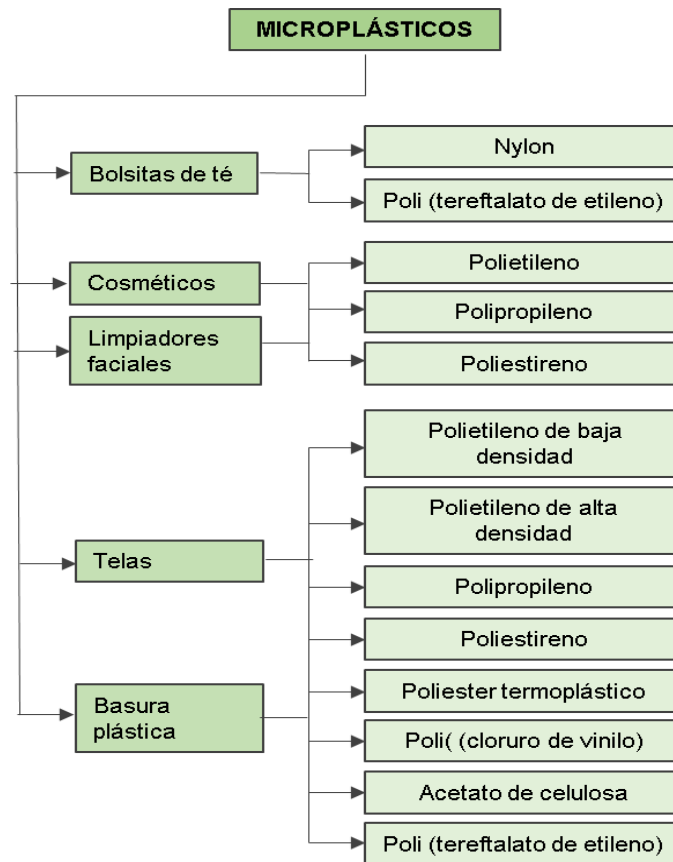
En cuanto a los microplásticos secundarios sus tamaños oscilan entre 1 y 5 mm (Purca & Henostroza, 2017), percibiéndose a simple vista y surgen de la eliminación indiscriminada de la basura plástica de origen terrestre, las cuales sufre un proceso de descomposición a través de procesos físicos, biológicos y químicos; como son la interacción con la luz solar, las olas, la turbulencia (Cole et al., 2011), microbios, el contacto con el agua y la temperatura (Andrady, 2011), haciendo que se vulnere la integridad de su estructura y se fragmenten hasta adquirir un tamaño microplástico. Las clases de plásticos que se pueden encontrar en el medio marino según los productos y origen de los macroplásticos utilizados comúnmente por el ser humano, se encuentra el polietileno (PE) de baja densidad (LDPE), polietileno de alta densidad (HDPE), polipropileno (PP), poliestireno (PS), nylon, poliéster termoplástico, poli (cloruro de vinilo) (PVC), acetato de celulosa y poli (tereftalato de etileno) (PET) (Andrady, 2011).

Según lo anterior y las consultas realizadas en artículos e investigaciones que hacían referencia a los microplásticos en la base de datos de Science Direct, se estructura en la *Figura 7*

las fuentes de contaminación de microplásticos con los respectivos compuestos que hacen parte de la estructura de los mencionados microplásticos primarios y secundarios, para tener una claridad del panorama y la diversidad de compuestos que son agregados al ambiente de manera irresponsable.

**Figura 7.**

*Compuesto de los productos de origen de los microplásticos.*



### **4.3. Fase 3: Registrar los efectos estudiados de los principales compuestos activos del grupo farmacéutico, productos de uso personal y microplásticos.**

#### **4.3.1. Efectos del grupo farmacéutico**

Entre los medicamentos de mayor consumo están los analgésicos como el acetaminofén; AINEs como el diclofenaco, ibuprofén y el naproxeno; anticonvulsivantes como la carbamazepina, entre otros. Hasta el momento no se conocen muy bien los efectos que puede generar el ingreso de este tipo de contaminantes al ambiente a concentraciones de ng/L o µg/L (Cruz C, 2016), por eso es de suma importancia conocer sus efectos porque pueden ser tóxicos, llegando afectar a cualquier tipo de nivel de jerarquía biológica (células, órganos, organismos, población, ecosistemas o ecosfera) (Jaimes Urbina & Vera Solano, 2020). En base a esto, se realizó una recopilación de información de las características y los posibles efectos adversos en el ser humano por una ingesta inconsciente y continua de los fármacos a través del consumo de agua y alimentos, contaminados y los efectos de toxicidad aguda en organismos acuáticos y de más especies en riesgo. Los fármacos consultados fueron escogidos por su volumen de consumo al ser productos de venta libre, toxicidad y persistencia en el medio ambiente; en este caso, por la escasa información sobre los efectos de los metabolitos de cada fármaco, se engloba el estudio en el mismo medicamento.

El acetaminofén (ACT) - Paracetamol es un analgésico no opioide; que cuenta con una dosis máxima para los adultos: 4 g/día y uso pediátrico: 75 mg/kg/día. Su absorción se realiza en el intestino delgado y una mínima en el estómago, luego es metabolizado en el hígado para ser excretado a través de la orina (<5% sin cambios, 60-80% como metabolitos de glucuronidos; 20-30% como metabolitos de sulfato; ~ 8% de metabolitos de cisteína y ácido mercaptúrico) (Lexicomp, 2020a). Los efectos adversos que pueden presentar los seres humanos son la hepatotoxicidad por errores de la medicación, causando insuficiencia hepática aguda (trasplante

de hígado o muerte); reacciones de hipersensibilidad (alergias) y reacciones cutáneas graves y mortales (Pustulosis exantemática generalizada aguda, Síndrome de Stevens-Johnson y Necrólisis epidérmica tóxica). Se considera compatible en el embarazo y en la lactancia materna, en dosis normales (Lexicomp, 2020a). En cuanto a los efectos en el medio ambiente, el ACT tiene la capacidad de inducir una genotoxicidad moderada y daño en el ADN, además reducir la estabilidad de la membrana lisosomal en el Bivalvo de agua dulce *Dreissena polymorpha*: Mejillón Cebra, expuestos a concentraciones ambientales crecientes de 1, 5 y 10 nM durante 96 horas (Parolini et al., 2010). La *Daphnia magna* tuvo efectos con un aumento significativo de la toxicidad y del tiempo de exposición con ACT a partir de 24 horas  $CE_{50}$  50 mg/L y a las 48 horas un  $CE_{50}$  293 mg/L, lo cual genera deterioro de la función hepática. Para el caso de los ciliados y algas, presentaron 50% de afectación en el crecimiento a exposiciones de 112 y 134 mg/L de ACT, respectivamente. Mientras que los embriones de peces, presentaron un cambio en la frecuencia del pulso hasta la exposición de 1 g/L (Henschel, Wenzel, Diedrich, & Fliedner, 1997).

La Carbamazepina (CBZ) es un anticonvulsivo, misceláneo; su dosificación máxima en bebés es de 35 mg/kg7día, en niños de 1000 mg/día, adolescentes 1200 mg/día y en adultos es de 1.6 g/día. Tiene una absorción lenta desde el tracto gastrointestinal, para luego ser metabolizado en el sistema hepático y excretado por un 72% por la orina (1% a 3% como fármaco inalterado); 28% en heces y el resto en metabolitos (Lexicomp, 2020b). Las reacciones que el ser humano puede presentar son efectos hematológicos (agranulocitosis, anemia, netropenia y leucopenia); depresión del sistema nervioso central (SNC); generar toxicidad dermatológica (necrólisis epidérmica tóxica y síndrome de Stevens-Johnson); hepatotoxicidad (insuficiencia hepática, síndrome DRESS, reacciones dermatológicas graves); efectos psiquiátricos (confusión, agitación, psicosis latente, ideas suicidas) y toxicidad renal (Lexicomp, 2020b). Entre los efectos

ambientales, una investigación encontró que el cnidaria *Hydra Attenuat* presentó toxicidad letal, cambios de morfologías y metabolismo oxidativo a una exposición a altas concentraciones de CBZ (0,6 y 6 mM) (Quinn, Gagné, & Blaise, 2004). El bivalvo *Scrobicularia plana* y el poliqueto *Diopatra neapolitana* presentó bioacumulación de este fármaco al tener una exposición crónica de 28 días y a su vez, mostrando su capacidad de reducirla, al reducir sus tasas de alimentación y sufriendo daños celulares por estrés oxidativo (Freitas et al., 2015). La mosca *Chironomus riparius* al estar expuesta a sedimentos con la CBZ, presentó bloqueo de pupación en larvas que sobrevivieron 4 semanas sin pasar por este proceso y finalmente murieron (Oetken, Nentwig, Löffler, Ternes, & Oehlmann, 2005). Para la trucha arcoíris, *Oncorhynchus mykiss* presentó estrés oxidativo a concentraciones subletales de CBZ al presentar cambios de niveles de hemoglobina, amoníaco, glucosa y en sus actividades de enzimas plasmáticas pero las enzimas y antioxidantes no enzimáticos en el hígado, evidenciaron protección cuando ocurrió el estrés oxidativo (Li et al., 2010).

Los AINEs es un grupo de analgésicos y antiinflamatorios no esteroideos, al cual pertenece el diclofenaco (DC), ibuprofén (IB) y el naproxeno (NP); sus dosis máximas en adulto y pediátrica son: 100 y 100 mg/día (DC), 3200 y 2400 mg/día (IB), 1500 y 1000 mg/día (NP), respectivamente. Su absorción es oral y son metabolizados en el hígado; la excreción del DC ocurre en la orina (~ 65%); bilis (~ 35%) y menos del 1% como sustancia inalterada; el IB se excreta por la orina como metabolitos 45% a 80%, ~ 1% como fármaco inalterado, 14% como conjugado y algunas heces; el NP se elimina a través de la orina: 95% como metabolitos 6-O-demetilnaproxeno y orina inalterada (<1%) y heces (≤3%). Los humanos pueden presentar eventos cardiovasculares (trombosis), gastrointestinales (sangrado, úlceras y perforación), efectos en SNC (somnolencia, mareos y visión borrosa), eventos hepáticos y renales (hepatitis, necrosis e insuficiencia) y

reacciones cutáneas (síndrome Stevens-Johnson y necrólisis epidérmica tóxica) por su consumo (Lexicomp, 2020c) (Lexicomp, 2020d) (Lexicomp, 2020e).

En los efectos ambientales del diclofenaco se encuentran la alta tasa de mortalidad del buitre de espalda blanca oriental al morir por insuficiencia renal y gota visceral, por la exposición de DC (Oaks et al., 2004). La trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) a una exposición de 1 µg /L de DC por 28 días presentó cambios citológicos en el hígado, en riñones y branquias y a una exposición de 5 g /L reveló lesiones renales, bioacumulación de drogas en el hígado, los riñones, en branquias y en músculo. La trucha marrón (*Salmo trutta* f.Fario) a una exposición de 0,5 µg /L de DC por 21 días, presentó los mismos efectos de la trucha arcoíris en la primera prueba, adicionando que esta especie si presentó reducción de los valores de hematocritos. En otro estudio una concentración de 25 mg/L y superiores de DC, inhibieron el crecimiento del fitoplancton marino *Dunaliella tertiolecta* (Santos et al., 2010a).

El ibuprofeno y sus efectos en el medio ambiente se encuentran relacionados con la toxicidad crónica en las hembras japonesas medaka (el killis, *Oryzias latipes*) al mostrar un alto peso del hígado, mayor producción de huevos y menos eventos de desove al estar expuestas por 6 semanas a diferentes concentraciones. La pulga de agua *Daphnia magna* al estar expuesta a 0-80 mg /L de IB, disminuyó tu tasa de crecimiento y en el caso del anfípodo de agua dulce *Gammarus pulex*, disminuyó su actividad al exponerse a 1-10 ng/L de IB. Por otro lado, a una exposición de IB de 1000 µg/L la Cianobacteria *Synechocystis* Sp presentó a los 5 días una estimulación en el crecimiento, en cambio la planta de lenteja de agua *Lemna minor* presentó una inhibición de crecimiento a los 7 días (Santos et al., 2010a). En otro estudio, el bivalvo de agua dulce *Dreissena polymorpha*: Mejillón Cebra al estar expuesto a 2 y 8 µg/L de IB, evidenció genotoxicidad sin fragmentación del ADN (Parolini, Binelli, & Provini, 2011). La exposición al ibuprofeno produjo

una inhibición en el crecimiento de las bacterias Grampositivas a diferencia de las Gramnegativas, y a exposiciones mayores de los 150 µg/ml y pH 7, fue suprimido el crecimiento de Staph. *Vlococcus aureus* (Halling-Sorensen et al., 1997).

Los efectos ambientales del naproxeno, no han sido estudiados a fondo ya que son escasos los estudios de las consecuencias ambientales de este fármaco, cabe destacar el estudio de toxicidad aguda y crónica del fármaco y sus fotoderivados, los cuales mostraron mayores niveles de toxicidad al compuesto original, provocando un efecto secundario inflamatorio en Rotífero *Brachionus calyciflorus*, la pulga de agua *Ceriodaphnia dubia* y el camarón hada *Thamnocephalus platyurus*.(Isidori et al., 2005).

Sin embargo, los fármacos anteriormente nombrados y otros más no mencionados, han llegado a ser identificados en plantas de tratamiento de aguas residuales provenientes de hospitales, aguas domésticas, industrias farmacéuticas, excreciones humanas y desagües por donde son evacuados aquellos fármacos sin usar (Santos et al., 2010b). Es por esto que numerosos estudios han confirmado que la presencia de estos fármacos en aguas potables proviene principalmente de aguas residuales municipales (Ternes, 1998). La siguiente tabla, evidencia aquellos fármacos presentes en dichas plantas.

**Tabla 1.**

*Concentraciones de fármacos más comunes identificados en aguas residuales (Ternes, 1998).*

Uso terapéutico		Tipo y nombre del fármaco
Antibióticos		Sulfonamidas: sulfametoxazol (0,02-0,58 µg/L); fluoroquinolonas: ofloxacina (6-52 ng/L), ciprofloxacina (6-60 ng/L); bacteriostáticos: trimetoprima (0,11-0,37 µg/L) Penicilina-grupo: penicilina G (<0,025 µg/L)
Analgésicos/Antipiréticos	- Analgésicos/Antipiréticos - Fármacos antiinflamatorios no-esteroides	- Acetaminofeno (10-23,33 µg/L) - Diclorofenaco (0,01-510 µg/L), naproxeno (0,5-7,84 µg/L), ibuprofeno 0,49-990 µg/L, ketoprofeno (0,13-3 µg/L) carbamazepina (0,1-1,68 µg/L)
Fármacos del sistema nervioso central	Estimulantes	Cafeína (3,2-11,44 µg/L)
Fármacos cardiovasculares	- Beta bloqueantes  - Reductores del colesterol y triglicéridos	- Propranolol (0,05 µg/L), atenolol (10-730 ng/L), metoprolol (10-390 ng/L)  - Ác. clofibrico (0,47-170 µg/L), gemfibrozilo (0,3-3 µg/L), bezafibrato (0,1-7,60 µg/L)
Tratamientos endocrinos	Hormonas esteroideas	17α-efinilestradiol (1 ng/L), estrona, 17β-estradiol, estriol (<10 ng/L)
Diagnósticos de apoyo - compuestos halogenados orgánicos	Medios de contraste yodados para rayos-X	Iopromida (0,026-7,5 µg/L), iomeprol (1,6 µg/L)

#### 4.3.2 Efectos del grupo de productos de uso personal

Es de gran importancia conocer las consecuencias que a largo plazo podrían causar diversos productos de uso personal, ya que en su mayoría son elementos que se utilizan diariamente y por su constancia pueden llegar a generar efectos adversos al transcurrir el tiempo, y por desconocimiento no se evitan. En el caso de los productos de uso personal, en el que ya se mencionaron sus categorías, se pueden identificar cuáles son las sustancias que son perjudiciales para la salud y el medio ambiente, brindando la posibilidad de generar una búsqueda bibliográfica

de trabajos de grado y artículos relacionados a cada componente, para identificar aquellas enfermedades a las cuales se enfrentan quienes hacen uso de estos.

Una de las sustancias más empleadas en la elaboración de productos de aseo y cosméticos es el triclosán por su actividad antibacteriana, su capacidad de alterar la nutrición bacteriana y perturbar la membrana plasmática (García C.D. et al., 2016). Este agente es liberado en fuentes hídricas y la atmosfera, contaminando aguas grises, aguas recreacionales, océanos y aire, afectando a los seres humanos y a los ecosistemas acuáticos, ya que según un estudio realizado por la Universidad de Costa Rica en 2016, este agente tiene la capacidad de modificar el metabolismo en células de tejidos en los que se podrían inducir tumores, principalmente en el sistema endócrino o dependientes de hormonas (García C.D. et al., 2016). El triclosán, es considerado citotóxico por tener la propiedad de perjudicar otras células, generando la proliferación de células de cáncer de mama y la inflamación del colón en humanos, mientras que en los organismos acuáticos llega a alterar la longitud de aletas en peces y a su vez altera el género.

Adicionalmente, existen otras sustancias como la dietanolamina de coco, también conocida como Cocamida DEA, producida por la condensación de ésteres metílicos de ácidos grasos utilizada como surfactante en shampoo, materiales industriales e incluso lubricantes, el cual ha causado controversia por ser un contaminante emergente que presenta un alto riesgo para quienes hacen uso de dichos productos, ya que puede generar múltiples e inusuales alergias cutáneas, reportadas en diferentes casos tras hacer uso de varios productos de cuidado personal y por exposición ocupacional, causando irritación cutánea como dermatitis, irritación ocular y respiratoria (Joseph & Fowler, 1998). Cabe resaltar, que esta no solo afecta a humanos, sino también a los ecosistemas marinos donde desembocan los residuos de estos productos, eliminando el zooplancton y fitoplancton que es el alimento para peces y aves marinas, y eliminando algas.

Por otra parte, se encuentran los parahidroxibenzoatos o parabenos que son moléculas empleadas en medicamentos, alimentos y productos cosméticos para dar un efecto de conservante y estabilizante en una amplia gama de estos productos. Químicamente, los parabenos son ésteres del ácido para-hidroxibenzoico, siendo los más utilizados el metilparabeno, etilparabeno, propilparabeno y butilparabeno, por tener características como moléculas inodoras, incoloras, no volátiles, amplio margen de pH y un bajo costo (Caro & Esparza, 2015). Sin embargo, múltiples estudios han revelado que causa irritación en la piel, infertilidad masculina y a pesar de que el ser humano tiene una alta capacidad para metabolizar estos compuestos, presenta altos niveles excretados en la orina, por exposición dérmica u oral y los más altos en la axila, donde comúnmente se encuentran la mayor parte de los tumores mamarios, siendo posible su detección por cromatografía de capa fina, cromatografía líquida de alta presión y espectrometría de masas (Caro & Esparza, 2015).

Otro elemento, con alta e inadvertida exposición es el flúor, empleado como aditivo en enjuagues bucales, pasta dental, antiadherentes sobre sartenes, hojas de afeitar como el teflón, suplementos dietéticos, y compuestos que lo contienen como fertilizantes, vidrios, hidrocarburos fluorados, entre otros. El flúor, se ha demostrado que puede acumularse en el organismo y produce efectos nocivos en diferentes tejidos, especialmente sobre el sistema nervioso, provoca alteraciones sobre la morfología y bioquímica cerebral, afectando el desarrollo neurológico y las funciones relacionadas con procesos cognitivos, como el aprendizaje, la memoria y la disminución de la inteligencia en niños (Valdez-Jiménez et al., 2011). Este elemento tiene una alta receptividad por parte del organismo, en recién nacidos, la absorción es de alrededor del 90% reteniéndose en el sistema óseo, en niños el 50% se fija en los huesos y el restante se excreta a través del riñón y en adultos de un 10% (Valdez-Jiménez et al., 2011).

Además de los compuestos mencionados anteriormente, también existe una amplia gama de miles de sustancias más empleadas en la elaboración de diversos productos, llegando a ser vertidos a través de excreciones de baños, sumideros o basuras, siendo identificadas en plantas de tratamiento de aguas residuales, aguas superficiales, aguas potables, aguas subterráneas, biosólidos, estiércol para agricultura, entre otros (Cruz, 2015). En la siguiente tabla, se evidencian algunas concentraciones que fueron detectadas en plantas de tratamiento de aguas residuales según el reporte de una revisión bibliográfica del artículo “Recent developments in photochemical and Chemical AOPs in water treatment. A mini-review”.

**Tabla 2.**

*Concentraciones de productos de uso personal a la entrada y salida de una planta de tratamiento de aguas residuales (Vilhunen & Sillanpää, 2010).*

Compuesto	Concentración en influente de ETAR (ng/L)	Concentración en efluente de ETAR (ng/L)
Galaxolida	2510 (790-4443) 1941 9710 (+5090) 16600 (+10700) -	642 (451-1080) 695 32-3750 - 10-25947
Tonalida	990(210-1690) 583 5970 (+3880) 12500 (+7350) -	162 (144-200) 212 24-2670 - 2,1-2151
Benzofenona -1	258 (51-700)	12 (<2-38)
Benzofenona -2	194 (61-403)	4 (<13-13)
Benzofenona -3	1195 (<104-3975)	22 (<80-223)
Benzofenona -4	4152 (2218-6084)	3370 (<10-6325)
Metilparabeno	11601 (4550-30688)	(<3-36)
Etilparabeno	2002 (715-3312)	4 (<0,6-43)
Propilparabeno	3090 (820-8286)	26 (500-600)
Butilparabeno	723 (274-1595)	-
Pentoxifilina	-	533 (500-600)

#### 4.3.2. Efectos del grupo de microplásticos

Los microplásticos como se explicó anteriormente, se encuentran dispersos en los océanos y debido a esto es de suma importancia conocer las amenazas a largo plazo en las cadenas alimentarias en el medio ambiente y por ende, en el ser humano (Martins & Sobral, 2011), las cuales serán sustentadas con artículos investigativos de ScienceDirect.

Cabe destacar que el 90% de los plásticos sintéticos más utilizados, se encuentran el polietileno (PE), polipropileno (PP) y poliestireno (PS); siendo el PE y el PP los más flotantes, permitiendo que se concentren en la superficie del agua de mar (Ivar Do Sul & Costa, 2014) y se mezclen con fuentes de alimentos para las especies marinas, aumentando su ingestión (Boerger, Lattin, Moore, & Moore, 2010). El peligro físico de ingestión hace que estos contaminantes se bioacumulen a lo largo del tiempo y lleguen a biomagnificarse, es decir, se van concentrando a medida que pasa a eslabones superiores de la cadena trófica (Herrera et al., 2020). Por ejemplo, un estudio evidenció la ingestión en el 35% de los peces planctívoros analizados, donde se evidenció trozos de diferentes tamaños y tipos de plásticos en sus entrañas, lo cual puede conducir a la desnutrición (Boerger et al., 2010); a su vez la aparición de polímeros sintéticos en el 36,5% de 504 peces pelágicos y demersales (Lusher, McHugh, & Thompson, 2013) y por otro lado, un estudio detectó que el Mejillón *Mytilus edulis*, mostró ingestión de poliestireno con partículas de 3 y 9,6  $\mu\text{m}$ , las cuales se acumularon en su sistema digestivo y a los 3 días en su sistema circulatorio, persistiendo durante más de 48h; en este estudio no se evaluó los efectos biológicos por la exposición a corto plazo (Browne, Dissanayake, Galloway, Lowe, & Thompson, 2008). Adicionalmente, un estudio verificó la transferencia trófica de microplásticos de los cangrejos *Carcinus maenas*, al ser alimentados con Mejillones *Mytilus edulis* que habían ingerido

microesferas de poliestireno de 0,5  $\mu\text{m}$ , trasladándose en una menor proporción a la hemolinfa y a varios tejidos del cangrejo (Farrell & Nelson, 2013).

En cuanto al ser humano, un estudio muy recién detectó por primera vez la presencia de microplásticos en la placenta humana, en la cual analizaron 6 placentas de mujeres con embarazos fisiológicos con microespectroscopia Raman, de las cuales 4 placentas presentaron 12 fragmentos de microplásticos entre 5 y 10  $\mu\text{m}$ , de forma esférica o irregular, encontrándose 3 fragmentos en las membranas corioamnióticas, 4 en el lado materno y 5 en el lado fetal. La presencia de estos contaminantes puede conducir efectos adversos del embarazo, como la preclamsia, restricción del crecimiento fetal, desencadenar respuestas inmunitarias o en la liberación de toxinas; por esto es necesario realizar más estudios para definir la viabilidad de estas consecuencias (Ragusa et al., 2021).

## 5. Conclusiones

En los últimos años, a nivel mundial se han realizado investigaciones sobre diferentes aspectos relacionados a los contaminantes emergentes que provienen de las actividades humanas, ya que en la actualidad se considera un tema de gran importancia, al presentar un amplio abanico de causas y consecuencias que no han sido determinadas a totalidad y que representan a largo plazo un impacto en el ser humano y en el medio ambiente, que aún es desconocido y del cual se espera tomar conciencia y así poder tomar medidas que ayuden a prevenir, mitigar o corregir este daño.

En este estudio, se pudo evidenciar que los contaminantes emergentes pueden provenir de las diferentes áreas donde el hombre actúa en su vida diaria, como lo es el área agrícola y la ganadera, con el uso de fertilizantes o productos agroquímicos y el uso de productos veterinarios;

también el área industrial se ve implicada en este tipo de contaminación, debido a los vertimientos y el uso de sustancias químicas en los procesos y a su vez, el área doméstica donde cada individuo independientemente de sus oficios, debe utilizar en su diario vivir una variedad de productos como son los fármacos más consumidos para el manejo de sus enfermedades, los productos de uso personal más conocidos para uso cosmético y de aseo, y los microplásticos utilizados también en productos de belleza o los degradados de los plásticos más usados.

De acuerdo con el área doméstica investigada, se logra constatar que la excreción de fármacos puede darse en cierta proporción con el fármaco general o en sus metabolitos, que los productos de uso personal contienen variedad de compuestos activos y los microplásticos pueden estar conformados de diferentes materiales, permitiendo dar una visión más distinguida del contaminante y el riesgo que implicarían al pasar desapercibidos en las plantas de tratamiento de agua, al no ser valorados de manera significativa su presencia, distribución y/o concentración.

A raíz de los efectos hallados por la exposición de los fármacos, los productos de uso personal y de los microplásticos, surge una gran preocupación para los seres humanos y el medio ambiente, al mostrar un panorama próximo del daño que se puede presentar a futuro, llegando a alterar sus condiciones físicas, químicas, metabólicas y cognitivas. Dentro de los efectos generales en el medio ambiente, se pueden destacar las Dentro de Dentro de los efectos generales en el medio ambiente, podemos destacar las afectaciones en el crecimiento de las especies, aumentos de la toxicidad, estrés oxidativo y cambios de comportamiento. En cuanto a los seres humanos, los efectos van desde reacciones cutáneas, exacerbación de cáncer, eventos hepáticos y daños en el sistema nervioso central.

A partir de esto, es muy inquietante el ciclo vicioso de la exposición con estos contaminantes emergentes en cada nivel trófico debido a la misma naturaleza de la cadena

alimenticia; donde el hombre también juega un papel importante al consumir alimentos animales o agua contaminada; sumando a lo anterior, que se continuará con el constante consumo de medicamentos, el uso continuo de los productos de aseo y la continua fabricación de microplásticos y la degradación de los plásticos.

Con base en lo anterior, la evaluación de los riesgos es muy significativo para aplicar las regulaciones pertinentes, para que así se realicen modificaciones a nivel de elaboración de los productos de uso personal sin la necesidad de utilizar microplásticos, la elaboración de plásticos biodegradables, la concientización de las personas en el manejo de los residuos farmacéuticos y de plásticos, así como las modificaciones en los procesos de tratamientos de aguas para evitar que el resto de contaminantes emergentes lleguen a las fuentes de agua.

## **6. Recomendación**

Los contaminantes emergentes hacen parte de un tema importante en la actualidad, que es la contaminación ambiental a la que nos enfrentamos, siendo para muchos el resultado de un mal uso de diversos recursos, desconociendo los componentes no regulados que con su persistente uso causan alteraciones en el entorno y a nivel de salud en seres humanos; haciendo énfasis en los microplásticos, cuyas partículas se encuentran presentes en la mayor parte de objetos que se usan cotidianamente, y de los cuales advierten sobre su bioacumulación pese a que existen pocas investigaciones referentes a los efectos concretos de las materias primas en especies marinas para consumo humano, métodos de identificación y posible toxicidad. Además, de indagar sobre nuevos tratamientos de eliminación para ser implementados en plantas de tratamiento de aguas, pues el

problema que se presenta hoy en día también se debe a la incorrecta eliminación de los desechos plásticos, y a los escasos estudios publicados.

**Referencias Bibliográficas**

- Andrady, A. L. (2011). Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin*, 62(8), 1596–1605. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.030>
- Arango, L. E. C., Martínez, F. G., & Pardo, M. D. P. L. (2013). Toothpaste efficacy with different Fluoride concentrations on white spot lesions, a randomized clinical trial. *CES Odontología*, 26(2), 22–35. Retrieved from <http://revistas.ces.edu.co/index.php/odontologia/article/view/2802>
- Arbeláez Salazar, P. A. (2015). *Contaminantes emergentes en aguas residuales y de río y fangos de depuradora*. 450.
- Atuesta R, L. C., & Pico G, T. L. (2019). Estudio cuantitativo de contaminantes emergentes presentes en fuentes hídricas (Vol. 51). Universidad Industrial de Santander.
- Becerril Bravo, J. E. (2009). Contaminantes emergentes en el agua. *Revista Digital Universitaria*, 10(8), 1–7.
- Boerger, C. M., Lattin, G. L., Moore, S. L., & Moore, C. J. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central Gyre. *Marine Pollution Bulletin*, 60(12), 2275–2278. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007>
- 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>

- Brunton, Laurence L; Lazo, John S; Parker, K. L. (2007). *Goodman & Gilman Las Bases Farmacológicas de la terapéutica* (Undécima e; S. A. de C. V. McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, Ed.).
- California, B. (2012). *Hoja de información técnica sobre la benzofenona-3 (oxibenzona)* (Vol. 3). Retrieved from [www.healthychildren.org/English/safety-prevention/at-play/Pages/Sun-Safety.aspx](http://www.healthychildren.org/English/safety-prevention/at-play/Pages/Sun-Safety.aspx)
- Caro, A. P., & Esparza, I. R. (2015). *Parabenos ¿ Alarma O Realidad?* 20.
- Carrasco, J. del C. R., Delgado, C. Y. S., & Cobos, D. F. O. (2017). Emerging contaminants and its impact on the health. *Revista de La Facultad de Ciencias Médicas de La Universidad de Cuenca*, 35(2), 55–59. Retrieved from <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/medicina/article/view/1723>
- 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 C, J. X. (2016). *Análisis y destino de los nuevos contaminantes emergentes en el agua* (Vol. 147). Universidad Industrial de Santander.
- Cruz, N. de la. (2015). Estudio de la eliminación de contaminantes emergentes en aguas mediante Procesos de Oxidación Avanzados. *Repositorio Institucional: Diposit.Ub.Edu/Dspace*.
- Farrell, P., & Nelson, K. (2013). Trophic level transfer of microplastic: *Mytilus edulis* (L.) to *Carcinus maenas* (L.). *Environmental Pollution*, 177, 1–3. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.01.046>

- 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>
- Freitas, R., Almeida, Â., Pires, A., Velez, C., Calisto, V., Schneider, R. J., ... Soares, A. M. V. M. (2015). The effects of carbamazepine on macroinvertebrate species: Comparing bivalves and polychaetes biochemical responses. *Water Research*, 85, 137–147. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.08.003>
- García C.D., G., Sánchez C.D., M.C., A., Galindo C.D., M.C., PhD., E., & Cerda C.D., M.C., PhD., B. (2016). Triclosan in Toothpaste, Is There Any Real Risk for the Health? *Odovtos - International Journal of Dental Sciences*, 18(2), 41. <https://doi.org/10.15517/ijds.v18i2.24102>
- Halling-Sorensen, J. B., Nors Nielsen, S., Lanzky, P. F., Ingerslev, F., Jorgensen, S. E., & Holten Liitzhofl, H. C. (1997). Occurrence, fate and effects of pharmaceutical substances in the environment- A review. *7th International Topical Meeting on Nuclear Plant Instrumentation, Control, and Human-Machine Interface Technologies 2010, NPIC and HMIT 2010*, 36(2), 357–393.
- Henschel, K. P., Wenzel, A., Diedrich, M., & Fliedner, A. (1997). Environmental hazard assessment of pharmaceuticals. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 25(3), 220–225. <https://doi.org/10.1006/rtph.1997.1102>
- Herrera, A., Martinez, I., & Gómez, M. (2020). *Qué sabemos de los microplásticos en Canarias?* 40–46.
- Infac. (2016). Farmacontaminación. Impacto ambiental de los medicamentos. *Infac*, 24(10), 60–

61. Retrieved from  
[http://files.sld.cu/medicamentos/files/2017/01/INFAC\\_Vol\\_24\\_n\\_10\\_farmacontaminacion.pdf](http://files.sld.cu/medicamentos/files/2017/01/INFAC_Vol_24_n_10_farmacontaminacion.pdf)
- Ishchenko, V., Llori, J., & Ramos, C. (2017). Determinación del impacto ambiental de los componentes de champús sobre las algas *Chlorella* por el método de bioindicación. *Tecnología y Ciencias Del Agua*, 8(6), 37–46. <https://doi.org/10.24850/j-tyca-2017-06-03>
- Isidori, M., Lavorgna, M., Nardelli, A., Parrella, A., Previtera, L., & Rubino, M. (2005). Ecotoxicity of naproxen and its phototransformation products. *Science of the Total Environment*, 348(1–3), 93–101. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2004.12.068>
- Ivar Do Sul, J. A., & Costa, M. F. (2014). The present and future of microplastic pollution in the marine environment. *Environmental Pollution*, 185, 352–364. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.10.036>
- Jaimes Urbina, J. A., & Vera Solano, J. A. (2020). Los contaminantes emergentes de las aguas residuales de la industria farmacéutica y su tratamiento por medio de la ozonización. *Informador Técnico*, 84(2), 90–103. <https://doi.org/10.23850/22565035.2305>
- Janet Gil, M., María Soto, A., Iván Usma, J., & Darío Gutiérrez, O. (2012). *Emerging contaminants in waters: effects and possible treatments* *Contaminantes emergentes em águas, efeitos e possíveis tratamentos*. 7(2), 52–73. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Joseph, F., & Fowler. (1998). *CASE REPORTS ALLERGY TO COCAMIDE DEA*.
- Kalčíková, G., Alič, B., Skalar, T., Bundschuh, M., & Gotvajn, A. Ž. (2017). Wastewater treatment

- plant effluents as source of cosmetic polyethylene microbeads to freshwater. *Chemosphere*, 188, 25–31. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.08.131>
- Lexicomp, C. (2020a). Acetaminofén ( paracetamol ): información sobre medicamentos.
- Lexicomp, C. (2020b). *Carbamazepina : información sobre medicamentos*. 1–62.
- Lexicomp, C. (2020c). *Diclofenaco ( sistémico ): información sobre medicamentos Dosing : Adult*. 1–32.
- Lexicomp, C. (2020d). *Ibuprofeno : información sobre medicamentos Brand Names : Canada Dosing : Adult*. 1–43.
- Lexicomp, C. (2020e). *Naproxeno : información sobre medicamentos*. 1–31.
- Li, Z. H., Velisek, J., Zlabek, V., Grabic, R., Machova, J., Kolarova, J., & Randak, T. (2010). Hepatic antioxidant status and hematological parameters in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, after chronic exposure to carbamazepine. *Chemico-Biological Interactions*, 183(1), 98–104. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2009.09.009>
- Lusher, A. L., McHugh, M., & Thompson, R. C. (2013). Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tract of pelagic and demersal fish from the English Channel. *Marine Pollution Bulletin*, 67(1–2), 94–99. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.11.028>
- Luzardo, O. P., Henríquez Hernández, L. A., Zumbado, M., & Boada, L. D. (2014). Impacto de las instalaciones ganaderas sobre la calidad y seguridad del agua subterránea. *Revista de Toxicología*, 31(1), 39–46.
- Martins, J., & Sobral, P. (2011). Plastic marine debris on the Portuguese coastline: A matter of size? *Marine Pollution Bulletin*, 62(12), 2649–2653.

<https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.09.028>

Méndez A, M., & Sissa G, D. M. (2015). *Estudio comparativo de las metodologías de tratamiento de contaminantes emergentes en fuentes hídricas*. Universidad Industrial de Santander.

Oaks, J. L., Gilbert, M., Virani, M. Z., Watson, R. T., Meteyer, C. U., Rideout, B. A., ... Khan, A. A. (2004). Diclofenac residues as the cause of vulture population decline in Pakistan. *Nature*, *427*(6975), 630–633. <https://doi.org/10.1038/nature02317>

Oetken, M., Nentwig, G., Löffler, D., Ternes, T., & Oehlmann, J. (2005). Effects of pharmaceuticals on aquatic invertebrates. Part I. The antiepileptic drug carbamazepine. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, *49*(3), 353–361. <https://doi.org/10.1007/s00244-004-0211-0>

OPS, & OMS. (2019). OPS/OMS | Cuáles son las 10 principales amenazas a la salud en 2019. Retrieved December 15, 2020, from [https://www.paho.org/hq/index.php?option=com\\_content&view=article&id=14916:ten-threats-to-global-health-in-2019&Itemid=135&lang=es](https://www.paho.org/hq/index.php?option=com_content&view=article&id=14916:ten-threats-to-global-health-in-2019&Itemid=135&lang=es)

Parolini, M., Binelli, A., Cogni, D., & Provini, A. (2010). Multi-biomarker approach for the evaluation of the cyto-genotoxicity of paracetamol on the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). *Chemosphere*, *79*(5), 489–498. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.02.053>

Parolini, M., Binelli, A., & Provini, A. (2011). Chronic effects induced by ibuprofen on the freshwater bivalve *Dreissena polymorpha*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *74*(6), 1586–1594. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2011.04.025>

- Purca, S., & Henostroza, A. (2017). Presencia de microplásticos en cuatro playas arenosas de Per. *Revista Peruana de Biología*, 24(1), 101–106. <https://doi.org/10.15381/rpb.v24i1.12724>
- Quinn, B., Gagné, F., & Blaise, C. (2004). Oxidative metabolism activity in *Hydra attenuata* exposed to carbamazepine. *Fresenius Environmental Bulletin*, 13(8), 783–788.
- Ragusa, A., Svelato, A., Santacroce, C., Catalano, P., Notarstefano, V., Carnevali, O., ... Giorgini, E. (2021). Plasticenta: First evidence of microplastics in human placenta. *Environment International*, 146, 106274. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106274>
- Sánchez Barboza, L. (2015). Control borroso para la valoración del impacto ambiental generado por contaminantes emergentes en aguas residuales hospitalarias. *Gestión y Ambiente*, 18(1), 81–93.
- Santos, L. H. M. L. M., Araújo, A. N., Fachini, A., Pena, A., Delerue-Matos, C., & Montenegro, M. C. B. S. M. (2010a). Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment. *Journal of Hazardous Materials*, 175(1–3), 45–95. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.10.100>
- Santos, L. H. M. L. M., Araújo, A. N., Fachini, A., Pena, A., Delerue-Matos, C., & Montenegro, M. C. B. S. M. (2010b, March 15). Ecotoxicological aspects related to the presence of pharmaceuticals in the aquatic environment. *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 175, pp. 45–95. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.10.100>
- Ternes, T. A. (1998). Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. *Water Research*, 32(11), 3245–3260. [https://doi.org/10.1016/S0043-1354\(98\)00099-2](https://doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00099-2)
- Urrego V, G. C. (2019). *Análisis de los contaminantes emergentes y de la toxicidad de diferentes*

*efluentes domésticos de Colombia con relación a los parámetros fisicoquímicos reportados por autoridades ambientales* (Vol. 4). Universidad Industrial de Santander.

Valdez-Jiménez, L., Soria Fregozo, C., Miranda Beltrán, M. L., Gutiérrez Coronado, O., & Pérez Vega, M. I. (2011). Efectos del flúor sobre el sistema nervioso central. *Neurología*, 26(5), 297–300. <https://doi.org/10.1016/j.nrl.2010.10.008>

Vilhunen, S., & Sillanpää, M. (2010, December 26). Recent developments in photochemical and chemical AOPs in water treatment: A mini-review. *Reviews in Environmental Science and Biotechnology*, Vol. 9, pp. 323–330. <https://doi.org/10.1007/s11157-010-9216-5>

Vivanco-Carrillo, G. (2016). Investigación y desarrollo gráfico de productos cosméticos. *Universidad San Francisco de Quito USFQ. Colegio de Comunicación y Artes Contemporáneas*, 81.