	<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
	<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
	<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
		<b>PAGINA:1 de 11</b>

**FECHA** | jueves, 19 de septiembre de 2019

Señores  
**UNIVERSIDAD DE CUNDINAMARCA**  
 BIBLIOTECA

<b>UNIDAD REGIONAL</b>	Seccional Girardot
------------------------	--------------------

<b>TIPO DE DOCUMENTO</b>	Trabajo De Grado
--------------------------	------------------

<b>FACULTAD</b>	Ciencias Agropecuarias
-----------------	------------------------

<b>NIVEL ACADÉMICO DE FORMACIÓN O PROCESO</b>	Pregrado
---	----------

<b>PROGRAMA ACADÉMICO</b>	Ingeniería Ambiental
---------------------------	----------------------

El Autor(Es):

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>	<b>No. DOCUMENTO DE IDENTIFICACIÓN</b>
Torres cortes	Edna Carolina	1.110.504.951

Director(Es) y/o Asesor(Es) del documento:

<b>APELLIDOS COMPLETOS</b>	<b>NOMBRES COMPLETOS</b>
Sandoval Valencia	John Jairo
García Pérez	Jack Fran



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA:2 de 11</b>

### TÍTULO DEL DOCUMENTO

Una Revisión Monográfica de los Antibióticos como Contaminantes Emergentes en Aguas Residuales de Origen Doméstico

### SUBTÍTULO

(Aplica solo para Tesis, Artículos Científicos, Disertaciones, Objetos Virtuales de Aprendizaje)

### TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

Aplica para Tesis/Trabajo de Grado/Pasantía

Ingeniera Ambiental

### AÑO DE EDICION DEL DOCUMENTO

16/09/2019

### NÚMERO DE PÁGINAS

105

### DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS (Usar 6 descriptores o palabras claves)

ESPAÑOL	INGLÉS
1.Contaminantes Emergentes	Emerging Pollutants
2.Antibióticos	Antibiotics
3.Agua residual	Wastewater
4.Fuentes Hídricas	Water Fountains
5. impactos ambientales	environmental impacts
6.Vertimientos	Dumping



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA:3 de 11</b>

## RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS

(Máximo 250 palabras – 1530 caracteres, aplica para resumen en español):

El recurso hídrico es usado constantemente por el hombre, bien sea en actividades de origen doméstico o industrial, es por ello que es posible existan grandes cantidades de macromoléculas, compuestos orgánicos e inorgánicos en las fuentes hídricas que pueden ocasionar impactos negativos en los ecosistemas. Diversas sustancias llegaron a ser apercebidas por el ser humano, puesto que son de uso común en el momento de suplir diferentes necesidades, ocasionando de esta manera que desconozcamos sus posibles efectos nocivos en el medio ambiente, sobre todo a las especies (de Flora y Fauna) más vulnerables a los cambios externos respecto a la composición química. por las diferentes consecuencias mencionadas anteriormente, se ha despertado un gran interés en generar estudios que determinen las causas que pueden ocasionar algunos principios activos de productos de uso común. Según (INFAC, 2016) los contaminantes emergentes son aquellas sustancias no reconocidas que empiezan a ser importantes porque hay estudios recientes que demuestran la alteración de los ecosistemas a mediano y largo plazo. Siendo así, sustancias de interés en cuanto a estudios para su determinación en las fuentes hídricas, lo cual son clasificadas según lo citado como: productos farmacéuticos, productos de cuidado personal, agentes tensoactivos, plastificantes y aditivos industriales, que no están incluidos en el monitoreo actual de programas de tratamiento de aguas; también incluyen la síntesis de nuevos compuestos químicos o cambios en el uso y disposición de los productos ya existentes, de los cuales existe una limitada información disponible sobre el efecto que puede causar en la salud humana y en la ecología. (Gil, Soto, Usma & Gutiérrez, 2012).

En la clasificación otorgada a las sustancias emergentes, podemos encontrar a los fármacos como parte de estos, en donde se han detectado principalmente en las aguas residuales de tipo doméstico, lo cual según (Gil, Soto, Usma & Gutiérrez, 2012) afirman que “De todos los contaminantes emergentes, los que probablemente suscitan mayor preocupación y estudio en los últimos años son los fármacos y, en particular, los antibióticos”(p. 3).siendo estos usados en diferentes actividades como la industria



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA:4 de 11</b>

alimenticia, uso veterinario y humano. Las implicaciones ocasionadas por las sustancias emergentes como los fármacos, son objeto de investigación, puesto que según (Tejada, Quiñonez & Peña, 2014) afirman que: “generan efectos tóxicos crónicos tales como: estrogénicos, genotóxicos, cancerígenos y teratogénicos, así como resistencia antibiótica. (p. 5). La importancia de estos contaminantes denotan atención a nivel mundial, puesto que algunos países y organizaciones, muestran un gran interés por lo que puedan ocasionar a futuro en el medio ambiente, es por esto que esta problemática según(Salazar, 2016) afirma : “aparece entre las líneas de investigación prioritarias de los principales organismos dedicados a la protección de la salud pública y medioambiental, tales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA), o la Comisión Europea”.

Países de Latinoamérica como México, han elaborado estudios para este tipo de contaminantes, realizando un análisis integral a la calidad de los efluentes, por ejemplo, en la PTAR-Atapaneo, Morelia, la cual según (Zacarías, Machuca, Soto, Equihua, Cardona, Calvillo, et al. 2017) : “En relación con los contaminantes emergentes detectados (antibióticos, hormonas, analgésicos, anestésicos, entre otros) es necesario realizar investigaciones sobre su dinámica, transporte y efectos sobre los ecosistemas debido a las altas concentraciones encontradas en los efluentes” (p. 15). Por lo anterior, podemos decir que los tratamientos Convencionales para aguas residuales, son ineficientes en el momento de tratar este tipo de sustancias, haciendo de esta problemática preocupante para las futuras generaciones que necesitan del recurso hídrico, en esencia un tratamiento biológico para la depuración de aguas no es suficiente para garantizar en su totalidad la disposición de aguas tratadas a las principales fuentes receptoras. En Colombia un estudio demostró que: en un hospital de Barranquilla, Colombia en el que se analizaron el acetaminofén y la cafeína mostró que las dos sustancias están presentes en el agua después de los tratamientos realizados, indicativo de que estas sustancias sobrepasan los límites permisibles. (Tejada, Quiñonez& Peña, 2014)

En esencia, en esta revisión monográfica se recopilan los estudios más recientes y de mayor índice de impacto (entre el año 1999 y 2019, las fuentes analizadas se distribuyen de la siguiente manera: 74% de artículos científicos, 17% de páginas web, 6% de trabajos de grado y 3 % de libros



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA:5 de 11</b>

impresos. Todo ello, con el ánimo de entender sobre los contaminantes emergentes en los ecosistemas, particularmente los antibióticos de uso común en Colombia y Latinoamérica. Además, se mencionan algunos casos de estudio particulares que ponen en contexto la disposición final de aguas residuales de origen doméstico a las principales fuentes hídricas, en pro de un desarrollo sostenible.

The water resource is constantly used by man, whether in domestic or industrial activities, which is why it is possible to have large quantities of macromolecules, organic and inorganic compounds in water sources that can cause negative impacts on ecosystems. Diverse substances came to be noticed by the human being, since they are of common use at the moment of supplying different necessities, causing in this way that we do not know their possible harmful effects in the environment, especially to the species (of Flora and Fauna) more vulnerable to the external changes with respect to the chemical composition. by the different consequences mentioned previously, a great interest has been awakened in generating studies that determine the causes that can cause some active principles of products of common use. According to (INFAC, 2016), emerging pollutants are those substances that are not recognized as being important because there are recent studies that demonstrate the alteration of ecosystems in the medium and long term. Thus, substances of interest in terms of studies for their determination in water sources, which are classified as follows: pharmaceutical products, personal care products, surfactants, plasticizers and industrial additives, which are not included in the current monitoring of water treatment programs, also include the synthesis of new chemical compounds or changes in the use and disposal of existing products, of which there is limited information available on the effect it can cause in human health and ecology. (Gil, Soto, Usma & Gutiérrez, 2012).

In the classification given to emerging substances, we can find drugs as part of these, where they have been detected mainly in domestic wastewater, which according to (Gil, Soto, Usma & Gutiérrez, 2012) states that "Of all emerging pollutants, those that probably raise the most concern and study in recent years are drugs and, in particular, antibiotics" (p. 3).these being used in different activities such as the food industry, veterinary and human use. The implications caused by emerging substances such as drugs are the object of research, since according to (Tejada, Quiñonez & Peña, 2014) they



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA:6 de 11</b>

affirm that: "they generate chronic toxic effects such as: estrogenic, genotoxic, carcinogenic and teratogenic, as well as antibiotic resistance. (p. 5). The importance of these pollutants denote worldwide attention, since some countries and organizations show great interest in what they may cause in the future in the environment, which is why this problem according to (Salazar, 2016) states: "appears among the priority lines of research of the main agencies dedicated to the protection of public health and environment, such as the World Health Organization (WHO), the Environmental Protection Agency (EPA), or the European Commission.

Latin American countries such as Mexico, have developed studies for this type of pollutants, conducting a comprehensive analysis of the quality of effluents, for example, in the PTAR-Atapaneo, Morelia, which according to (Zacarias, Machuca, Soto, Equihua, Cardona, Calvillo, et al. 2017) : "In relation to the detected emerging pollutants (antibiotics, hormones, analgesics, anesthetics, among others) it is necessary to carry out research on their dynamics, transport and effects on ecosystems due to the high concentrations found in the effluents" (p. 15). Therefore, we can say that the conventional treatments for wastewater are inefficient at the time of treating this type of substance, making this problem worrying for future generations who need water resources, in essence a biological treatment for water purification is not enough to guarantee the disposal of treated water to the main receiving sources. In Colombia a study showed that: in a hospital in Barranquilla, Colombia in which acetaminophen and caffeine were analyzed showed that the two substances are present in the water after the treatments performed, indicating that these substances exceed permissible limits. (Tejada, Quiñonez & Peña, 2014)

In essence, this monographic review compiles the most recent studies with the highest impact index (between 1999 and 2019, the sources analysed are distributed as follows: 74% of scientific articles, 17% of web pages, 6% of degree works and 3% of printed books. All this with the aim of understanding emerging contaminants in ecosystems, particularly antibiotics commonly used in Colombia and Latin America. In addition, some case studies are mentioned

some particular case studies are mentioned that put the final disposal of domestic wastewater into context with the main water sources, in favour of sustainable development.

## AUTORIZACION DE PUBLICACIÓN

Diagonal 18 No. 20-29 Fusagasugá – Cundinamarca  
Teléfono (091) 8281483 Línea Gratuita 018000976000  
www.ucundinamarca.edu.co E-mail: info@ucundinamarca.edu.co  
NIT: 890.680.062-2

*Documento controlado por el Sistema de Gestión de la Calidad  
Asegúrese que corresponde a la última versión consultando el Portal Institucional*



<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA:7 de 11</b>

Por medio del presente escrito autorizo a la Universidad de Cundinamarca, para que en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre mí obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que, en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autoriza a la Universidad de Cundinamarca, a los usuarios de la Biblioteca de la Universidad; así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado una alianza, son:

Marque con una "X":

<b>AUTORIZO (AUTORIZAMOS)</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>
1. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer.	x	
2. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet.	X	
3. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previa alianza perfeccionada con la Universidad de Cundinamarca para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones.	X	
4. La inclusión en el Repositorio Institucional.	x	

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso mi obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

Para el caso de las Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, de manera complementaria, garantizo(garantizamos) en mi(nuestra) calidad de estudiante(s) y por ende autor(es) exclusivo(s), que la Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi(nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro (aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en





<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAr113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA:8 de 11</b>

proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de mí (nuestra) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaré (continuaremos) conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que, de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Universidad de Cundinamarca está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

**NOTA:** (Para Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía):

**Información Confidencial:**

Esta Tesis, Trabajo de Grado o Pasantía, contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de la investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado. **SI \_\_\_NO\_x\_**. En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

**LICENCIA DE PUBLICACIÓN**

Como titular(es) del derecho de autor, confiero(erimos) a la Universidad de Cundinamarca una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, por un plazo de 5 años, que serán prorrogables indefinidamente por el tiempo que dure el derecho patrimonial del autor. El autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito. (Para el caso de los Recursos Educativos Digitales, la Licencia de Publicación será permanente).





<b>MACROPROCESO DE APOYO</b>	<b>CÓDIGO: AAAR113</b>
<b>PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO</b>	<b>VERSIÓN: 3</b>
<b>DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL REPOSITORIO INSTITUCIONAL</b>	<b>VIGENCIA: 2017-11-16</b>
	<b>PAGINA:9 de 11</b>

- b) Autoriza a la Universidad de Cundinamarca a publicar la obra en formato y/o soporte digital, conociendo que, dado que se publica en Internet, por este hecho circula con un alcance mundial.
- c) Los titulares aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) El(Los) Autor(es), garantizo(amos) que el documento en cuestión, es producto de mi(nuestra) plena autoría, de mi(nuestro) esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de mi (nuestra) creación original particular y, por tanto, soy(somos) el(los) único(s) titular(es) de la misma. Además, aseguro(aseguramos) que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifiesto (manifestamos) que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos es de mí (nuestro) competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Universidad de Cundinamarca por tales aspectos.
- e) En todo caso la Universidad de Cundinamarca se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- f) Los titulares autorizan a la Universidad para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- g) Los titulares aceptan que la Universidad de Cundinamarca pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- h) Los titulares autorizan que la obra sea puesta a disposición del público en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en el “Manual del Repositorio Institucional AAAM003”
- i) Para el caso de los Recursos Educativos Digitales producidos por la Oficina de Educación Virtual, sus contenidos de publicación se rigen bajo la Licencia CreativeCommons: Atribución- No comercial- Compartir Igual.



- j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia CreativeCommons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**MACROPROCESO DE APOYO  
 PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO  
 DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL  
 REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**CÓDIGO: AAAR113  
 VERSIÓN: 3  
 VIGENCIA: 2017-11-16  
 PAGINA:11 de 11**



**MACROPROCESO DE APOYO  
 PROCESO GESTIÓN APOYO ACADÉMICO  
 DESCRIPCIÓN, AUTORIZACIÓN Y LICENCIA DEL  
 REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

**CÓDIGO: AAAR113  
 VERSIÓN: 3  
 VIGENCIA: 2017-11-16  
 PAGINA:10 de 10**

j) Para el caso de los Artículos Científicos y Revistas, sus contenidos se rigen bajo la Licencia CreativeCommons Atribución- No comercial- Sin derivar.



**Nota:**

Si el documento se basa en un trabajo que ha sido patrocinado o apoyado por una entidad, con excepción de Universidad de Cundinamarca, los autores garantizan que se ha cumplido con los derechos y obligaciones requeridos por el respectivo contrato o acuerdo.

La obra que se integrará en el Repositorio Institucional, está en el(los) siguiente(s) archivo(s).

Nombre completo del Archivo Incluida su Extensión (Ej. PerezJuan2017.pdf)	Tipo de documento (ej. Texto, imagen, video, etc.)
1.Una Revisión Monográfica de los Antibióticos como Contaminantes Emergentes en Aguas Residuales de Origen Doméstico	Texto, Imágenes

En constancia de lo anterior, Firmo (amos) el presente documento:

APPELLIDOS Y NOMBRES COMPLETOS	FIRMA (autógrafa)
Edna Carolina Torres Cortes	

21.1-51.20.

**Una Revisión Monográfica de los Antibióticos como Contaminantes Emergentes en  
Aguas Residuales de Origen Doméstico**

**Edna Carolina Torres Cortes**

**Universidad De Cundinamarca**

**Facultad De Ciencias Agropecuarias**

**Ingeniería Ambiental**

**Girardot**

**2019**

**Una Revisión Monográfica de los Antibióticos como Contaminantes Emergentes en  
Aguas Residuales de Origen Doméstico**

**Edna Carolina Torres Cortes**

**Trabajo de Grado Modalidad Monografía, Presentado como Requisito para Optar el  
Titulo de Ingeniera Ambiental**

**Director**

**John Jairo Sandoval Valencia**

**Co-Director**

**Jack Fran García Pérez**

**Universidad De Cundinamarca**

**Facultad De Ciencias Agropecuarias**

**Ingeniería Ambiental**

**Girardot**

**2019**

## Abreviaturas

CAFO: Operaciones Concentradas de Alimentación de Animales

CAG: Carbón Activado Granular

CE: Contaminantes Emergentes

EPA: Agencia de Protección del Medio Ambiente

ESI: asociación con las nuevas fuentes de iones como electrospray

GRAs: Generalmente Reconocido como Seguro

HPLC: cromatografía líquida de alta eficacia o en inglés (high performance liquid chromatography)

MS/MS: La espectrometría de masas en tándem

MSDS: En inglés Material Safety Data Sheet (Ficha de Datos de Seguridad de Reactivos)

NF: nanofiltración

NMP: Número más probable.

OI: Ósmosis Inversa

OMS: Organización Mundial de la Salud

ORAs: Organismos Resistentes a los Antibióticos

PCPs: Productos de Cuidado Personal

POA: Procesos de Oxidación Avanzada CAFO: Operaciones Concentradas de Alimentación de Animales

PTAR: Plantas de Tratamientos de Aguas Residuales

MBR: Reactor Biológico de Membran

SPE: extracción en fase sólida

## **Agradecimientos**

Dedico este trabajo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser siempre mi apoyo incondicional y brindarme todo su amor. A mi director John Jairo Sandoval Valencia por brindarme su conocimiento y guiarme en esta monografía.



## Tabla de Contenido

Introducción .....	1
1. Justificación .....	4
2. Objetivos .....	9
2.1 Objetivo General.....	9
2.2 Objetivos Específicos .....	9
3. Estado del Arte .....	10
3.1 Los Contaminantes Emergentes.....	10
3.2 Actividades Agropecuarias .....	15
3.3 Sector Agrícola .....	16
3.4 El Sector Pecuario.....	18
3.5 Productos Farmacéuticos .....	22
3.6 Otras Aplicaciones .....	26
3.6.1 Industria Textil.....	26
3.6.2 Cuidado Personal .....	28
3.6.3 Polímeros Sintéticos .....	32
4. Técnicas de Cuantificación e Identificación.....	38
4.1 Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).....	41
4.2 Cromatografía de gases con detectores de masa (GC-MS) .....	42
4.3 Método de extracción en fase sólida.....	43
5. Los Antibióticos Presentes en Aguas Residuales de Uso Domestico .....	43
5.1 Principales Características de los Antibióticos .....	50

5.2 Impactos Socio Ambientales Ocasionados Por Antibióticos.....	54
5.3 Los Tratamiento en Contaminantes Emergente.....	65
5.4 Tratamientos Biológicos.....	73
5.5 Tratamientos Híbridos.....	74
6. Normativas Internacionales y Nacionales.....	77
6.1 Normativa Colombiana.....	77
6.2 Normativa Europea.....	79
7. Conclusiones.....	81
Recomendaciones.....	83
Referencias.....	84

**Lista de Tablas**

Tabla 1. Contaminantes emergentes comunes.....	12
Tabla 2. Antibióticos de uso agrícola .....	17
Tabla 3. Contaminantes emergentes de uso personal .....	30
Tabla 4. Clasificación de los antibióticos.....	51
Tabla 5. Presentación de los antibióticos.....	53
Tabla 6. Antibióticos catalogados como contaminantes emergentes .....	57
Tabla 7. Causas del fracaso del tratamiento antimicrobiano .....	59
Tabla 8. Los macrólidos en las PTAR.....	63
Tabla 9. El MSDS de los macrólidos .....	63
Tabla 10. Concentraciones encontradas de macrólidos en PTAR.....	65
Tabla 11. Eliminación de contaminantes emergentes mediante adsorción .....	68
Tabla 12. Eficiencia de remoción en tratamientos de aguas residuales.....	69
Tabla 13. Ventajas y desventajas de la ozonización.....	72
Tabla 14. Ventajas y desventajas del tratamiento ultrasonido.....	76

## Lista de Imágenes

Imagen 1. Porcentaje de publicaciones en CE “Emerging Pollutants” según el área general de estudio, base datos Scopus, agosto de 2019.....	6
Imagen 2. Publicaciones en CE “Emerging Pollutants” según el año de estudio, base datos Scopus, agosto de 2019. ....	7
Imagen 3. Publicaciones en “Emerging Pollutants” según productividad de cada país. base datos Scopus, agosto de 2019.....	8
Imagen 4. Reciclaje insuficiente.....	35
Imagen 5. Proceso de Extracción en Fase Sólida (SPE) .....	40
Imagen 6. Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).....	41
Imagen 7. Cromatografía líquida de alta resolución.....	42
Imagen 8. Tratamientos de aguas residuales en Colombia.....	45
Imagen 9. El ciclo de vida de los fármacos. ....	55
Imagen 10. Reacciones de transformación de compuestos farmacéuticos en el organismo.	56
Imagen 11. La utilización de los tratamientos para la degradación de fármacos. ....	70



## **Introducción**

El recurso hídrico es usado constantemente por el hombre, bien sea en actividades de origen doméstico o industrial, es por ello que es posible existan grandes cantidades de macromoléculas, compuestos orgánico e inorgánico en las fuentes hídricas que pueden ocasionar impactos negativos en los ecosistemas. Diversas sustancias llegaron a ser apercibidas por el ser humano, puesto que son de uso común en el momento de suplir diferentes necesidades, ocasionando de esta manera que desconozcamos sus posibles efectos nocivos en el medio ambiente, sobre todo a las especies (de Flora y Fauna) más vulnerables a los cambios externos respecto a la composición química. por las diferentes consecuencias mencionadas anteriormente, se ha despertado un gran interés en generar estudios que determinen las causas que pueden ocasionar algunos principios activos de productos de uso común. Según (INFAC, 2016) los contaminantes emergentes son aquellas sustancias no reconocidas que empiezan a ser importantes porque hay estudios recientes que demuestran la alteración de los ecosistemas a mediano y largo plazo. Siendo así, sustancias de interés en cuanto a estudios para su determinación en las fuentes hídricas, lo cual son clasificadas según lo citado como: productos farmacéuticos, productos de cuidado personal, agentes tensoactivos, plastificantes y aditivos industriales, que no están incluidos en el monitoreo actual de programas de tratamiento de aguas; también incluyen la síntesis de nuevos compuestos químicos o cambios en el uso y disposición de los productos ya existentes, de los cuales existe una limitada información disponible sobre el efecto que puede causar en la salud humana y en la ecología. (Gil, Soto, Usma & Gutiérrez, 2012).



En la clasificación otorgada a las sustancias emergentes, podemos encontrar a los fármacos como parte de estos, en donde se han detectado principalmente en las aguas residuales de tipo doméstico, lo cual según (Gil, Soto, Usma & Gutiérrez, 2012) afirman que “De todos los contaminantes emergentes, los que probablemente suscitan mayor preocupación y estudio en los últimos años son los fármacos y, en particular, los antibióticos”(p. 3).siendo estos usados en diferentes actividades como la industria alimenticia, uso veterinario y humano. Las implicaciones ocasionadas por las sustancias emergentes como los fármacos, son objeto de investigación, puesto que según (Tejada, Quiñonez & Peña, 2014) afirman que: “generan efectos tóxicos crónicos tales como: estrogénicos, genotóxicos, cancerígenos y teratogénicos, así como resistencia antibiótica. (p. 5). La importancia de estos contaminantes denotan atención a nivel mundial, puesto que algunos países y organizaciones, muestran un gran interés por lo que puedan ocasionar a futuro en el medio ambiente, es por esto que esta problemática según(Salazar, 2016) afirma : “aparece entre las líneas de investigación prioritarias de los principales organismos dedicados a la protección de la salud pública y medioambiental, tales como la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Agencia de Protección del Medio Ambiente (EPA), o la Comisión Europea”.

Países de Latinoamérica como México, han elaborado estudios para este tipo de contaminantes, realizando un análisis integral a la calidad de los efluentes, por ejemplo, en la PTAR-Atapaneo, Morelia, la cual según (Zacarías, Machuca, Soto, Equihua, Cardona, Calvillo, et al. 2017) : “En relación con los contaminantes emergentes detectados (antibióticos, hormonas, analgésicos, anestésicos, entre otros) es necesario realizar investigaciones sobre su dinámica, transporte y efectos sobre los ecosistemas debido a las altas concentraciones encontradas en los efluentes” (p. 15). Por lo anterior, podemos decir

que los tratamientos Convencionales para aguas residuales, son ineficientes en el momento de tratar este tipo de sustancias, haciendo de esta problemática preocupante para las futuras generaciones que necesitan del recurso hídrico, en esencia un tratamiento biológico para la depuración de aguas no es suficiente para garantizar en su totalidad la disposición de aguas tratadas a las principales fuentes receptoras. En Colombia un estudio demostró que: en un hospital de Barranquilla, Colombia en el que se analizaron el acetaminofén y la cafeína mostró que las dos sustancias están presentes en el agua después de los tratamientos realizados, indicativo de que estas sustancias sobrepasan los límites permisibles. (Tejada, Quiñonez & Peña, 2014)

En esencia, en esta revisión monográfica se recopilan los estudios más recientes y de mayor índice de impacto (entre el año 1999 y 2019, las fuentes analizadas se distribuyen de la siguiente manera: 74% de artículos científicos, 17% de páginas web, 6% de trabajos de grado y 3 % de libros impresos. Todo ello, con el ánimo de entender sobre los contaminantes emergentes en los ecosistemas, particularmente los antibióticos de uso común en Colombia y Latinoamérica. Además, se mencionan algunos casos de estudioparticulares que ponen en contexto la disposición final de aguas residuales de origen domésticos a las principales fuentes hídricas, en pro de un desarrollo sostenible.

## 1. Justificación

La propuesta opción de grado en la modalidad monografía, se realizará con el fin de condensar datos relacionados con los contaminantes emergentes, y sus impactos ocasionados en los ecosistemas. Todo ello, con el propósito de entender y justificar la importancia que tiene la futura implementación de normativas más exigentes en Colombia que cimienten los parámetros idóneos para el tratamiento de aguas de origen doméstico, y la composición química de los vertimientos a los principales cuerpos de agua.

En Latinoamérica, entre los años 1999 y 2018 Brasil y México son los países que más investigaciones han realizado en CE con un 53 y 15 por cien respectivamente. Estos estudios se han centrado principalmente en comprender la interacción de los productos farmacéuticos y de cuidado personal, con el medio ambiente, entre los más estudiados son la hormona esteroide sexual femenina ( $17\beta$ -estradiol), el bisfenol A y la estrona. Según esto, los antibióticos como productos de la industria farmacéutica suscitan preocupación por su amplio uso para atacar o prevenir enfermedades en organismos vivos.

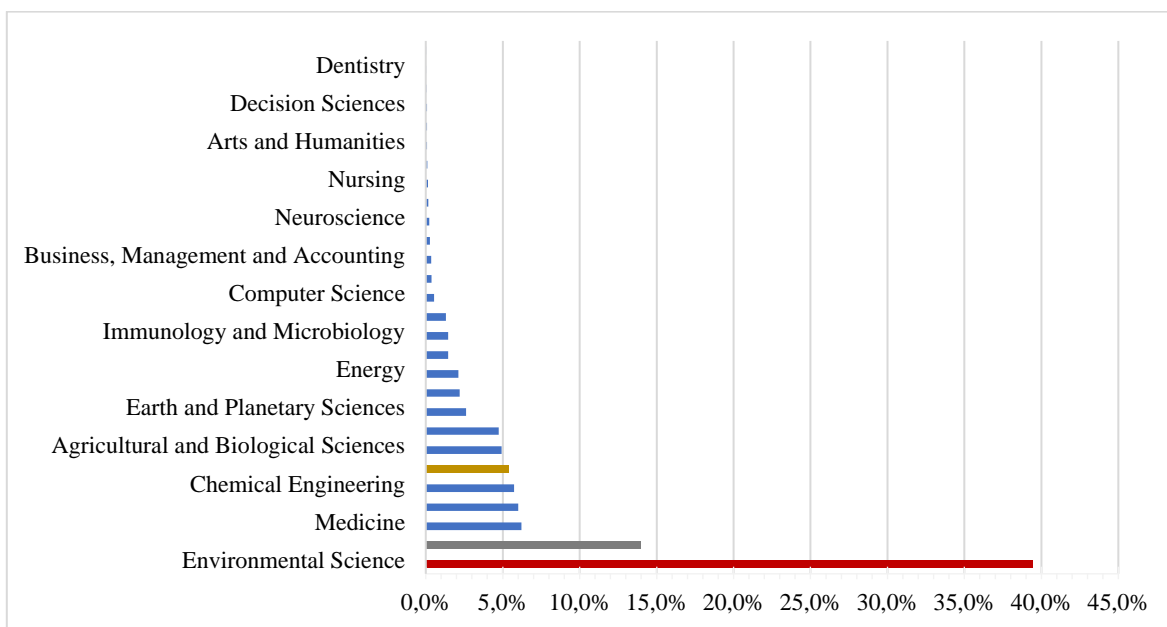
Según las propiedades físico-químicas de los fármacos, sus metabolitos (productos de degradación), y las características de los suelos, estas sustancias pueden llegar a alcanzar las aguas subterráneas y contaminar los acuíferos o bien quedar retenidas en el suelo y acumularse pudiendo afectar los ecosistemas. (Tejada et al., 2014 p3). Según lo anterior, y a pesar de su baja concentración (micro-contaminantes, desde ng/L a mg/L) en los recursos agua y suelo, podemos decir que los antibióticos son sustancias de suma importancia socioambiental, puesto que cada día la población mundial incrementa y su demanda es

mayor, lo que conlleva a una mayor contaminación cuando no existen buenas prácticas que garanticen la sostenibilidad de los recursos.

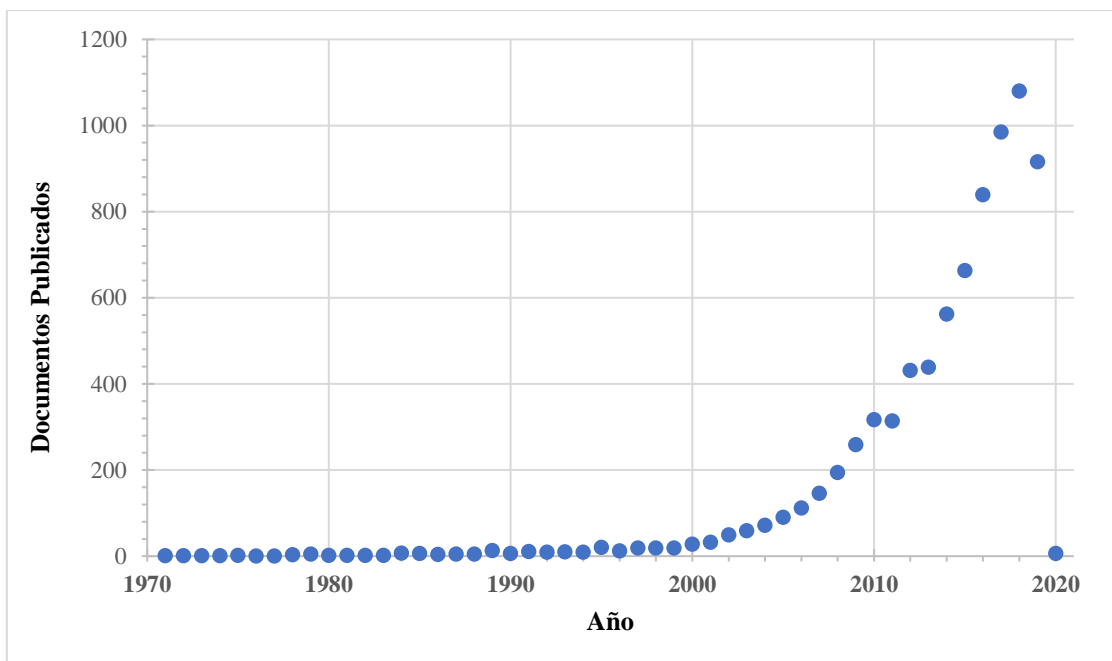
Esta revisión pretende aportar al lector información de actualidad, particularmente de aquellas moléculas de uso común, esas sustancias a las que se les ha restado importancia y que realmente afectan a los ecosistemas. Por ello, desde el campo multidisciplinar de la Ingeniería Ambiental se puede llegar a comprender las estrategias para la identificación de problemas ambientales, su control, prevención y solución. Todo ello, mediante la comprensión de casos de estudio que faciliten en un futuro ser ejemplo para aseguramiento de la calidad de las fuentes hídricas y preserve los organismos vivos. Más aún en Colombia como país en vía de desarrollo y que actualmente requiere considerablemente de la implementación de plantas de tratamiento de aguas residuales, aproximadamente 581 de 1122 municipios a nivel nacional lo requiere, sin contar los tratamientos de orden industrial. Por ello, desde un escenario monográfico, se abordarán los efectos de algunos agentes xenobióticos “silenciosos”, y por supuesto del conocimiento de las eficientes técnicas para su remediación ambiental o degradación fisicoquímica.

Finalmente, para argumentar esta revisión bibliográfica se debe considerar que tras hacer una búsqueda en la base de datos de Scopus como “emergingpollutants”, arroja aproximadamente 7789 documentos publicados, entre los años 1971 y 2019. De tal manera se puede deducir la siguiente estadística y conclusiones al respecto, que puede ser determinante para la comunidad científica, para definir normativas ambientales u otros aspectos:

El área de las ciencias ambientales es la que presenta mayor contribución e impacto científico con un porcentaje del 39.5 %, seguido por la química (13.9%), la medicina (6.2%), la bioquímica (6.0%), la ingeniería química (5.7%), Ingeniería (5,4%) las ciencias biológicas y la agricultura (4,9%) tal como se ilustra en el **Imagen 1**. Esto indica que la ingeniería ambiental tiene buena proyección mundial y es multidisciplinar, lo cual contribuye en aspectos estratégicos en términos de sostenibilidad ambiental. Sin embargo, en el **Imagen 2** se puede interpretar que solamente hasta el año 2000 inicia un crecimiento considerable en la generación de conocimiento en temáticas relacionadas con los contaminantes emergentes, ha pasado de 28 documentos hasta 1080 documentos publicados en el año 2018 (entre artículos de investigación, revisiones bibliográficas, libros, patentes y otros).



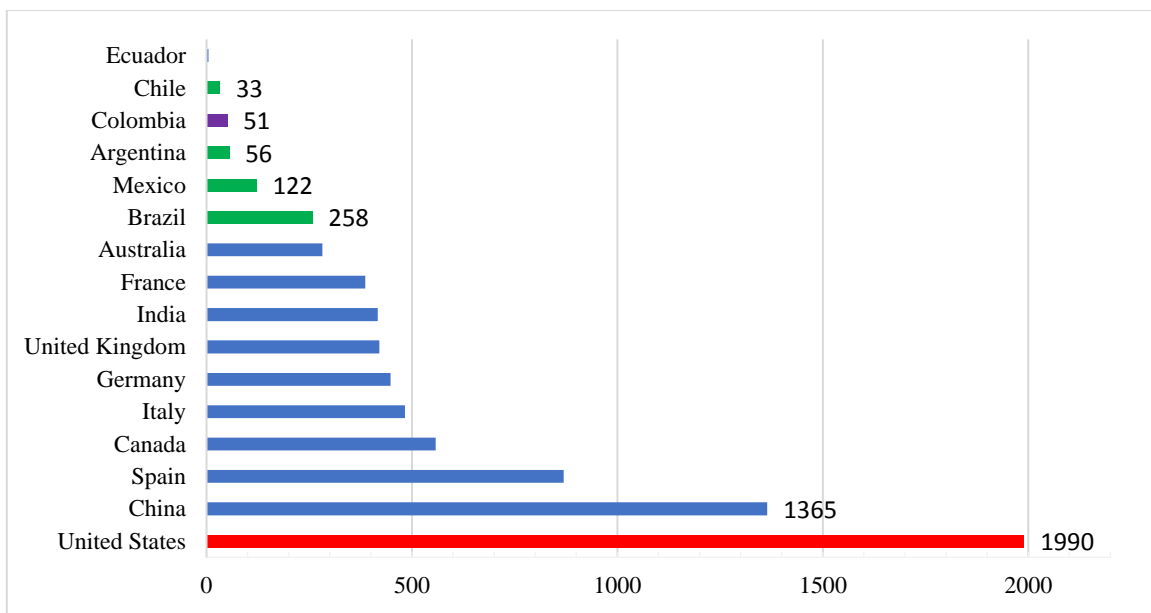
**Imagen 1.** Porcentaje de publicaciones en CE “EmergingPollutants” según el área general de estudio, base datos Scopus, agosto de 2019.



**Imagen 2.** Publicaciones en CE “EmergingPollutants” según el año de estudio, base datos Scopus, agosto de 2019.

Finalmente, en el Imagen 3 se puede evidenciar que las grandes potencias en términos científicos siguen siendo Estados Unidos, China y la Comunidad Europea. Los países latinoamericanos presentan una baja productividad, no se supera un 6% de producción científica en la temática anteriormente citada. Por ejemplo, según esta búsqueda Colombia presenta 51 documentos (equivalente al 0.65% del total de escritos). Por lo tanto, es trascendental que nuestra región se comprometa en realizar investigación de primer nivel para entender casos puntuales de contaminación, que garantice la sostenibilidad ambiental a corto, mediano y largo plazo, considerando que nuestros departamentos y los municipios que lo conforman, carecen de infraestructura para el tratamiento de aguas residuales de origen doméstico e industrial.





**Imagen 3.** Publicaciones en “EmergingPollutants” según productividad de cada país. base datos Scopus, agosto de 2019.

## **2. Objetivos**

### **2.1 Objetivo General**

Realizar una revisión bibliográfica sobre las implicaciones socio ambientales de los contaminantes emergentes en aguas residuales de origen doméstico.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar los impactos ambientales generados por los antibióticos como contaminantes emergentes.
- Reconocer las técnicas para la identificación y cuantificación de contaminantes emergentes en medio acuoso.
- Estudiar teóricamente las técnicas para la degradación de contaminantes emergentes en aguas residuales de origen doméstico.

### 3. Estado del Arte

#### 3.1 Los Contaminantes Emergentes

El planeta tierra se afecta cada día por el desarrollo tecnológico y consumismo constante en el que se encuentra el ser humano, en donde son modificados y contaminados los ecosistemas, generándose cada vez más emisiones y vertimientos por los procesos industriales y labores cotidianas realizadas por él hombre. las diferentes sustancias contaminantes han sido encontradas en suelos, aire y agua, siendo las fuentes hídricas uno de los ecosistemas mayormente afectados.

En las últimas décadas ha crecido un mayor interés por estudiar los contaminantes presentes en las aguas residuales, dado que el consumo excesivo ha generado un continuo vertimiento de diferentes sustancias contaminantes a las fuentes hídricas, siendo los Contaminantes Emergentes una de las sustancias de mayor interés en la actualidad. Castillo (2016) afirma:

La expresión "contaminante emergente" probablemente hay que atribuirla a Rachel Carson que en su libro Primavera Silenciosa, de 1962, demostró que el uso generalizado del dicloro difenil tricloroetano (DDT) para eliminar los mosquitos y otras plagas, había llevado a la muerte y desaparición a muchas especies vegetales (p.7).

Es así como nace un interés por investigar las sustancias que en algún momento pasaron desapercibidas por el hombre, a fin de poder determinar cuáles han sido sus efectos en los ecosistemas y la salud humana, con el fin de poder implementar un tratamiento adecuado y si es necesario poder normalizar estos contaminantes, para preservar los ecosistemas y cuidar la salud de la población.

Los contaminantes emergentes han ocasionado mayor interés por la comunidad científica, siendo anteriormente poco consideradas por el hombre debido a las pequeñas trazas encontradas en las aguas residuales. Según: kuster (citado en García, Moroyoqui Y Drogui, 2011):

Hoy en día se habla de contaminantes emergentes y se refiere a productos farmacéuticos, del cuidado personal, surfactantes, aditivos industriales, plastificantes, plaguicidas y una gran variedad de compuestos químicos que alteran las funciones endocrinas. Estos compuestos se encuentran en bajas concentraciones (generalmente en partes por millón (mg/L), partes por billón ( $\mu\text{g/L}$ ) y partes por trillón (ng/L)) y la mayoría siguen sin estar regulados o reglamentados. (p.2)

Estos productos en su mayoría son usados en nuestras labores diarias, lo cual llegan a las respectivas aguas residuales de origen doméstico. En términos generales, algunos países en vía de desarrollo no garantizan la calidad del agua de vertimiento, esto hace que se contamine las principales arterias fluviales y deteriora el insumo o el recurso agua para su correcta potabilización, tanto así que existen estudios que indican la presencia de CE en aguas que han sido tratadas mediante los convencionales protocolos, tal como el uso de la filtración con arena, coagulación-floculación y la etapa de desinfección.

Cuando se habla de CE se debe tener en cuenta que son sustancias difíciles de detectar dada su concentración. Barceló (citado en Becerril 2009) “La característica de estos grupos de contaminantes es que no necesitan persistir en el ambiente para causar efectos negativos, puesto que sus altas tasas de transformación/remoción se pueden compensar por su introducción continua en el ambiente”. la gran problemática que presentan estos contaminantes se debe a su uso diario y común.

En la **Tabla 1** podremos encontrar aproximadamente 12 contaminantes emergentes comunes, por ejemplo, los utensilios de aseo personal, productos para la limpieza bucal, detergentes, productos para el cabello, protector solar, entre otros. Su utilidad continua se debe a la necesidad de poder tener una asepsia que nos permita llevar una vida saludable.

Anexos

**Tabla 1.**Contaminantes Emergentes Comunes

<b>Algunos ejemplos de compuestos emergentes (CE) típicos</b>	
<b>Clases de compuestos emergentes</b>	
<b>Productos farmacéuticos, antibióticos y analgésicos</b>	Eritromicina, aspirina, ibuprofeno, diclofenaco y aceclofenaco, diazepam,propranolol, codeína, paracetamol, amoxicilina, hidroclorothiazida
<b>Drogas ilegales</b>	Cocaína, éxtasis, etc...
<b>Hormonas sexuales</b>	
<b>Anticonceptivos</b>	Estrona, estriol, estradiol, dietilbestrol
<b>Productos personales</b>	
<b>Perfumes</b>	Benzofenona
<b>Protección solar</b>	N,N-dietil-toluamida
<b>Insecticidas</b>	Cipermetrina
<b>Antisépticos</b>	Triclosan, clorofeno

<b>Algunos ejemplos de compuestos emergentes (CE) típicos</b>	
<b>Clases de compuestos emergentes</b>	
<b>Detergentes y metabolitos</b>	Alquilfenoles
<b>Retardantes de llama</b>	Difeniletil éteres polibromados, bisfenol-A, tris(2-cloroetil)fosfato
<b>Aditivos de la gasolina</b>	Metil-t-butil éter
<b>Aditivos y productos industriales</b>	AEDT, sulfonatos aromáticos
<b>Desinfección</b>	Yodo, bromatos
<b>Sub productos desinfección aguas</b>	THM, cloritos-cloratos, ácidos haloacéticos, halo nitrilos, bromoaldehídos,

Fuente:Galví, M, R.(2017).

La presencia de estas sustancias en los ecosistemas generalmente se determina de acuerdo a la actividad antropogénica, (Alvarez et al., 2017) determinó que: “los CE se incorporan al medio ambiente de una manera directa a través de las aguas residuales urbanas e industriales, de los residuos de las plantas de tratamiento de los efluentes hospitalarios, de las actividades agrícolas y ganaderas”. Siendo así el factor hídrico el lugar de disposición final de la mayoría de estos agentes xenobióticos, debido a los constantes e incontrolados vertimientos que generan la industrias y comunidades urbanas.

Los impactos ocasionados por los CE en las últimas décadas han sido objeto de estudio, dado a las problemáticas en la salud y los cambios en la biota a la que nos enfrentamos en los últimos tiempos. La Agencia Iberoamericana para la Difusión de la

Ciencia y de la Tecnología (DiCYT,2019) afirma que: “El uso generalizado de este tipo de productos preocupa a la comunidad científica, pues la exposición constante a dichas moléculas, a sus metabolitos y a mezclas con otras sustancias que pueden provocar efectos tóxicos crónicos en los ecosistemas y en la salud humana” (p.1)

Es según Robledo et al. (2016) afirma que: “La persistencia de estos compuestos en el medio acuático depende de sus propiedades químicas como: solubilidad, volatilidad, absorción, biodegradación, polaridad y estabilidad; estos factores afectan la eficiencia de los procesos de tratamiento de las aguas residuales”. por consiguiente, los tratamientos comúnmente usados en las PTAR se deben replantear, siendo necesario tener en cuenta sus propiedades físico químicas, dado a su comportamiento físico químico y las cantidades detectadas.

La importancia que ha generado los diversos estudios en cuanto a la presencia de CE en las fuentes hídricas y otros ecosistemas, es que han permitido analizar con mayor detalle los posibles impactos en los recursos naturales y las personas, se ha dado a conocer una clasificación y sus principales fuentes de contaminación.

Se nombrarán algunas actividades generadoras de “micro contaminantes”, con el fin de poder conocer sus características principales y sus posibles impactos en los ecosistemas y la salud de las personas. Las actividades propuestas como generadoras de CE, se enfocarán en la línea de productos farmacéuticos, particularmente los antibióticos.

### 3.2 Actividades Agropecuarias

Las actividades agropecuarias han sido realizadas por el hombre durante décadas, estas con el fin de poder suplir la necesidad habitual de alimentarse mediante cultivos vegetales y producción animal. El Instituto Nacional Tecnológico Dirección General De Formación Profesional (INATEC, 2017) afirma lo siguiente:

El sector agropecuario es un conjunto de actividades para producir un determinado bien de origen vegetal y /o animal. El sector agropecuario se divide en: sistema agrícola siendo un conjunto de actividades y medios integrados para hacer producir el suelo a través del cultivos y especies vegetales bajo un conjunto de prácticas que constituyen las técnicas de manejo y el pecuario es un conjunto de actividades y medios integrados para producir especie animal, bajo prácticas de manejo que constituyen las técnicas. (p. 1)

La producción a gran escala del sector agropecuario tiene como principal enfoque la obtención de alimentos en masa, es decir generar cultivos en grandes cantidades y orientados a obtener mínimas pérdidas.

Debido a las actividades realizadas por este sector, se han ocasionado diferentes problemáticas a nivel ambiental y a la salud humana, dado que la utilización de productos para garantizar la producción, ha ocasionado la contaminación de los ecosistemas. Ibarra y Pérez, (2007) afirman que: “el sector agropecuario es el principal usuario del agua en la mayor parte del mundo, así como el mayor generador de contaminación difusa...La contaminación difusa o no puntual se refiere a las descargas que se generan sin que se conozca dónde se originaron”. Son numerosos los contaminantes encontrados en los vertimientos generados por estas actividades, siendo los antibióticos una de las sustancias



que preocupan hoy en día, debido a su presencia en las aguas residuales y sus escasos estudios.

### **3.3 Sector Agrícola**

Las actividades agrícolas son aquellas las cuales tienen como principal objetivo producir alimentos de tipo vegetal, siendo utilizados por los seres humanos para suplir la necesidad de alimento. La Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica (2008) sostiene que “La agricultura provee a los seres humanos con alimentos y materias primas para productos como el algodón para prendas de vestir, madera para la vivienda y combustible, raíces para medicinas, y materiales para biocarburantes” (p.7). Debido a la importancia que tienen estas actividades para la subsistencia del ser humano, estas han sido ejecutadas durante décadas, generando cambios en los ecosistemas, tal como su sobreexplotación, que en la mayoría de los casos son irreparables.

Una de las principales problemáticas que presentan los cultivos a gran escala son los daños ocasionados por plagas, hongos y enfermedades bacterianas, es así como se presenta un uso constante de diferentes productos que lo controlen, siendo los fármacos o los antibióticos de origen sintético una herramienta de solución inmediata para tratar los cultivos. Mcmanus (1999) menciona que: “En la década de 1950, poco después de la introducción de los antibióticos a la medicina humana, se reconoció el potencial de estos “fármacos milagrosos” para controlar las enfermedades de las plantas”. Es así como nace una nueva era para los antibióticos en donde se les atribuye un beneficio en la producción agrícola, siendo esto una entrada más para la contaminación de estas sustancias en los ecosistemas.

La utilización de antibióticos en la agricultura, ha sido de gran ayuda en el momento de tratar algunos microorganismos patógenos, sin embargo, su nivel de eficiencia ha sido objeto de estudio debido a los efectos secundarios que se han presentado. Valenzuela y Armendáriz (sf) afirman lo siguiente: “Los antibióticos no destruyen a todos los microorganismos, algunos sólo son suprimidos o retardan su metabolismo; se descuidan las técnicas asépticas por el uso de antibióticos; se forma resistencia a antibióticos en muchos microorganismos, siendo más difícil controlarlos”. Por consiguiente, podemos decir que el uso continuo de estos fármacos, puede llegar a formar una resistencia microbiana, generando el uso de otros antibióticos más fuertes que puedan combatir los microorganismos resistentes, llevando así a un mayor consumo de estos fármacos. Por otra parte, podrían afectar a la fauna y flora, en cuanto a su vulnerabilidad, concentración y/o persistencia en el medio.

En la **Tabla 2**. Podremos encontrar los antibióticos, compuestos iniciales y sus principales usos en las actividades de agricultura. Estos fármacos son principalmente aplicados en frutas con el fin de obtener un rendimiento en los cultivos.

**Tabla 2.** Antibióticos de uso agrícola

<b>Antibiótico De Uso</b>	<b>Compuestos</b>	<b>Uso</b>
<b>Agrícola</b>		
Agri-Mycin* 16.5 Wp	Estreptomicina y Terramicina	Manzanas y tomate
Terramicina* Agrícola -5 Wp	Terramicina	Tomate

<b>Antibiótico De Uso</b>	<b>Compuestos</b>	<b>Uso</b>
<b>Agrícola</b>		
Estreptomicina	Sulfato de estreptomicina a 22.4%, el cuales el equivalente de estreptomicina a 17%	Manzana, pera, plantas ornamentales, tomate, pimiento, papa
Oxitetraciclina	Complejo de oxitetraciclina cálcica a 31.5%el cual es el equivalente de estreptomicina 17%	Durazno, nectarina, pera, manzana

Fuente: McManus., M. P. (1999).zoetis, (2013). Modificado: Torres (2019)

### 3.4 El Sector Pecuario

El sector pecuario lo componen actividades productoras de alimentos de tipo animal, siendo durante décadas una parte fundamental en la dieta del ser humano. según Villanueva (2018) afirma que: “son de origen pecuario: la ganadería (doble propósito y de leche), porcicultura, avicultura y piscicultura, siendo la ganadería la de mayor peso” (p.10). estas actividades son realizadas a gran escala con el propósito de poder suplir la necesidad de alimentar a la numerosa población existente, siendo esta cada vez más consumista de recursos naturales.

Los fármacos en las actividades pecuaria juegan un papel importante, dado que son utilizados con el propósito de poder garantizar una producción que cumpla con los parámetros normativos vigentes. Los fármacos han sido utilizados de acuerdo a las necesidades requeridas, siendo los antibióticos uno de los más importantes para las

actividades agropecuarias. Cancho, García y Simal (2000) afirman que: “El uso de antibióticos presenta un doble papel. En primer lugar, éstos pueden utilizarse con fines terapéuticos siendo los piensos medicamentosos una de las vías más usadas para administrar el fármaco. En segundo lugar, pueden emplearse como promotores de crecimiento animal” (p.39). Debido al consumo diario de estos alimentos, la comunidad científica en sus estudios ha determinado que estos pueden llegar a causar consecuencias preocupantes para las comunidades que lo consumen.

Por otra parte, es bien conocido los beneficios que conlleva la utilización de los fármacos en las actividades pecuarias, ahora bien, sus efectos secundarios cada vez son más preocupantes puesto que los impactos que se pueden ocasionar a los seres vivos y ecosistemas siguen siendo estudiados. Rocha, Reynolds y Simons (2015). Afirman lo siguiente: " El uso de antibióticos en el ganado conduce a una gran cantidad de antibióticos en estiércol y consecuentemente a tasas altas de Generalmente Reconocidos como Seguro (GRAs) y como Organismos Resistentes a los Antibióticos (ORAs) diseminadas en agua y suelo"(p.142). por consiguiente, estas consecuencias pueden afectar la cadena trófica, debido a su presencia en el recurso agua y suelo siendo transferidos mediante los alimentos.

El uso de los antibióticos ha causado interés por parte de la comunidad científica, dado que estos fármacos no solo son utilizados en actividades agropecuarias, también son empleados en tratamientos humanos. A consecuencia de esto, es preocupante la exposición continúa a la que se enfrentan los seres vivos a estas sustancias, y lo que estos pueden estar ocasionando a los ecosistemas en donde se han detectado. Casana (2017) afirma lo siguiente: “La resistencia los antibióticos está relacionada con todos los usos de estos fármacos, resultando extremadamente difícil calcular cuál es el riesgo atribuible específico debido al uso de antibióticos en animales, la falta de datos de monitorización y de control

de resistencias” (p.18). Aunque los estudios relacionados a las consecuencias producidas por los antibióticos son escasas, estas tienen en común la resistencia bacteriana que se ha podido detectar en algunos microorganismos.

La resistencia bacteriana a los antibióticos, hoy en día es una problemática alarmante la cual se enfrenta la población, dado que estas pueden llegar a desencadenar nuevas enfermedades y la producción de antibióticos más fuertes. Según la (FAO, 2004) determino que: “Estas resistencias pueden, por supuesto, dar lugar a fallos terapéuticos en tratamientos veterinarios, y al riesgo de transferencia de bacterias resistentes de los animales al hombre, o de genes portadores de información que codifica resistencia de bacterias de animales a bacterias humanas” (p.19). En consecuencia, podemos decir que los alimentos tratados con antibióticos, deben ser estudiados a profundidad puesto que pueden ser un riesgo para los ecosistemas y salud pública.

Para la utilización de estos fármacos en las actividades pecuarias, existen entidades que establecen normativas determinantes en cuanto a los límites permitidos para su administración, con el fin de no afectar la salud del consumidor. Acevedo, Montero y Jaimes (2014) afirma:

Referente a esta normatividad el Codex Alimentarius en su Comisión de Límites Máximos de Residuos para Medicamentos Veterinarios en los Alimentos actualizado en la 35a Sesión de la comisión del Codex Alimentarius Commission de Julio de 2012 estipuló los límites permisibles para antibióticos usados en alimentos, entre estos el pollo, lo cual sirve de base para algunos países que aún no poseen sus propios reglamentos acordes a su realidad, tal como sucede en Colombia. (p.72)

El CODEX es un punto de referencia a nivel internacional y un apoyo para algunos países como Colombia, siendo la principal entidad en brindar los parámetros necesarios para el cuidado de los consumidores de alimentos tratados con fármacos. Según el Codex Alimentarius (2019) afirma lo siguiente: “Aquí encontrará las normas, directrices y recomendaciones en materia de inocuidad de los alimentos, residuos de medicamentos veterinarios y plaguicidas, contaminantes, métodos de análisis y muestreo, y códigos y directrices sobre prácticas en materia de higiene”. (p.1) siendo el Codex la herramienta más completa para que los agricultores puedan cumplir con las normativas vigentes nacionales e internacionales.

Cabe destacar que en Colombia existen entidades que vigilan y controlan el uso de estos fármacos en las actividades pecuarias. Según el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, sf) afirma lo siguiente: “Se ejerce el control técnico-científico de la producción, comercialización y uso de los biológicos y de los medicamentos veterinarios para mejorar la condición sanitaria de los animales” (p.1). este tipo de entidades son fundamentales para el cuidado de la salud de los consumidores, siendo estas quienes vigilan y controlan que la normativa se cumpla de acuerdo a lo establecido.

En cuanto a la normativa reguladora de fármacos aplicados en la producción de alimentos, Colombia estableció una resolución lo cual delimita los parámetros permisibles en todos los alimentos de origen animal. Según el Ministerio de Salud y Protección Social (Minsalud, 2013) afirma que: “Resolución Número 13 8 2 De 2013, Por la cual se establecen los límites máximos para residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos de origen animal, destinados al consumo humano “(p.1). Por lo tanto, podemos decir que en Colombia hay normativa vigente y entidades, las cuales buscan brindar los parámetros y normativas necesarias para cuidar de la salud pública.

Por consiguiente, podemos decir que las producciones agropecuarias, siendo fundamentales para la subsistencia de la población, han ocasionado la sobreexplotación de los recursos naturales, causando modificaciones en los ecosistemas, generando emisiones y vertimientos. Cabe destacar la importancia que hoy en día tienen las sustancias como los fármacos utilizados por estas actividades, siendo los antibióticos catalogados como Contaminantes Emergentes, dado a las pequeñas trazas encontradas en suelos y fuentes hídricas las cuales son preocupantes debido a que se vierten de manera constante.

### **3.5 Productos Farmacéuticos**

Los fármacos son sustancias mayormente utilizadas por la población dado a su importancia en el cuidado de la salud. Debido al incremento poblacional y desarrollo de distintas enfermedades, se ha ocasionado un incremento en su uso. Según Álvarez, et al., (2017). “Entre los distintos contaminantes emergentes que se pueden encontrar en las aguas residuales están los fármacos, que engloban principios activos, drogas de abuso, hormonas y esteroides. Incluidos los de uso humano y veterinario”

Los fármacos debido a su uso continuo y necesario en el control de la salud humana, han tomado gran importancia para los científicos en cuanto a los estudios de sus posibles impactos, Barreto (2017) afirma lo siguiente:

“Las primeras evidencias de los fármacos en el medio acuático se produjeron en los años 70 con la identificación del ácido clofibrico en aguas residuales en Estados Unidos de América, que es el metabolito activo de varios reguladores de lípidos en sangre (clofibrato, etofilin y etofibrato). Sin embargo, no ha sido hasta principios de la década de los 90 que el tema de los fármacos en el medio ambiente ha surgido con fuerza, como demuestran los

numerosos artículos publicados desde entonces, los cuales han despertado un gran interés científico y social.”

Los medicamentos son de uso frecuente en humanos y animales, con el fin de poder curar y/o controlar diversos padecimientos. Potencias en el mundo debido a su gran nivel poblacional y desarrollo, son los mayores consumidores de estas sustancias. Infac, (2016) afirma:

Europa es el segundo mayor consumidor de medicamentos de uso humano (24% del total), por detrás de EE.UU. (55%). El consumo de medicamentos de uso humano y veterinario es muy variable entre los diferentes países europeos (50-150 g/persona/año en el caso de medicamentos de uso humano). Asimismo, existe una gran diferencia cuantitativa y cualitativa en cuanto a la eliminación de residuos de los medicamentos, y se estima que el 50% de los medicamentos no utilizados no se desecha adecuadamente. (p.1)

Las diferentes disposiciones que realiza el ser humano en el uso de medicamentos, son de gran influencia en el momento de encontrarse en el ambiente, puesto que la falta de conocimiento y conciencia ambiental para el manejo de vencidos, su disposición final, uso excesivo y tratamientos auto medicados son aspectos que influyen en la contaminación que se genere en el medio ambiente.

Así mismo la complejidad de los medicamentos, se fundamenta en la variedad de sustancias que los componen, siendo unos más persistentes en el ambiente. Según: Siegrist (como se citó en Arrubla et al., 2016) "Hay más de 3000 sustancias diferentes utilizadas como medicamentos, incluidos analgésicos, antibióticos, anticonceptivos, bloqueadores beta, reguladores de lípidos, tranquilizantes y medicamentos para la impotencia". Es amplia la cantidad de fármacos que podemos encontrar, siendo creadas en el transcurso de los años debido, a los diferentes padecimientos que se han creado.



Los fármacos luego de ser ingeridos por los seres vivos, llegan a los ecosistemas con un porcentaje de absorción diferente de acuerdo a su vía de excreción: según Laguna (como se citó en Tejada et al., 2014) afirma que:

“Tanto los fármacos como las drogas de abuso pueden llegar al agua residual en su forma original y/o en su forma metabolizada. Existen estudios que han analizado las rutas de excreción de 212 fármacos llegando a la conclusión de que un 64% de cada fármaco se excreta vía orina y un 35% vía heces. A su vez, dentro de la orina, un 42% se excreta en su forma metabolizada.”

Aunque los estudios otorgados a los daños generados por los compuestos farmacéuticos en los ecosistemas acuáticos son escasos, se ha demostrado que están generando daños en algunos organismos. Según: (Peñate, Haza, Wilhelm y Delmas, 2009). “Los anti-inflamatorios no esteroideos tales como el ibuprofeno, diclofenaco, naproxeno y el ácido acetilsalicílico, que son productos ampliamente usados a nivel mundial, ejercen un efecto inhibitor (crecimiento, movilidad) sobre determinadas funciones en vertebrados (no mamíferos) e invertebrados. (p.175)

Se ha podido determinar que algunos fármacos son más tóxicos que otros, según sus propiedades y la finalidad para la cual fue creado. Avariño (2009) afirma lo siguiente: “Los citostáticos son frecuentemente usados en la quimioterapia del cáncer. Debido a la alta potencialidad farmacológica, tales compuestos frecuentemente presentan propiedades carcinogénicas, mutagénicas o embriotóxicas.”

Los fármacos no solo afectan los ecosistemas hídricos por sus vertimientos, el uso de estos en algunos animales de cría, han afectado a otras especies las cuales se alimentan de estas, perturbando la cadena trófica. Según: Carson et al (como se citó en prieto, 2016) afirma lo siguiente: El caso mejor documentado de los impactos negativos de los PA en el

ambiente corresponde al declive de la población del buitre dorsiblanco bengalí (*Gyps bengalensis*) en el subcontinente indio. Esta especie es altamente susceptible al diclofenaco y presenta falla renal aguda con una dosis de 1 mg/kg. Entre 2000 y 2003, ocurrió una alta mortalidad de adultos y subadultos (5-86%) que ocasionó la disminución de la población (34-95%) hasta el punto que se clasificó en la categoría en Peligro Crítico

Por lo tanto, se puede afirmar que el ingreso de estos contaminantes a las aguas residuales de tipo doméstico, se generan por el consumo humano. Siendo las clínicas uno de tantos focos activos de este tipo de contaminantes, dado a que vierten sus aguas residuales sin tratamientos especializados para depurar o eliminar esos componentes.

### 3.6 Otras Aplicaciones

#### 3.6.1 Industria Textil

La producción textil ha tenido un desarrollo considerable en el transcurso del tiempo, siendo esta una necesidad básica para el hombre y es considerada básica, teniendo presente que no hace referencia a una excentricidad en la mayoría de los casos. Sin embargo, la moda es una de las grandes problemáticas de esta industria, siendo utilizada en todos los países con el fin de vender volúmenes de productos. Este tipo de actividades ha generado diversos contaminantes a las fuentes hídricas, debido a las sustancias utilizadas, según: (Cardona,2018) afirma lo siguiente:

Después de la explotación de petróleo, el sector textil es el que más emisiones de CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono) genera en el mundo. Produce, según un informe de la UNECE (Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa, por sus siglas en inglés), el 10 % de las emisiones de carbono mundiales y el 20 de las aguas residuales. De acuerdo con Organización de Naciones Unidas, estas emisiones suman mucho más que todos los vuelos internacionales y los barcos de carga combinados.

Es evidente que la industria textil no solo genera problemáticas de vertimientos, sus emisiones han ocasionado problemáticas ambientales y de salud.

Cardona (2018) afirma que “De estos procedimientos resultan aguas residuales cargadas de partículas, en suspensión, químicos igualadores, dispersantes y antiespumantes; formando efluentes líquidos con altas cantidades de soluciones ácidas y alcalinas formadas por hipocloritos y peróxidos" (p. 15). La utilización de distintas sustancias químicas se debe a la realización de acabados en texturas y colores solicitados por la "moda" en los consumidores, llevando a la generación de sustancias tóxicas en las fuentes hídricas.

Según: (Cobos,2013) afirma que: “Se conoce de los disolventes más potentes y contaminantes son los aldehídos, ácido acético, amoniac, acetato de etilo etc.; todos son aplicados a manera de vehículos conductores en los procesos de tinturado” (p. 3). Los procesos mencionados, generan vertimientos por el cual es de suma importancia la implementación de PTAR adecuadas para la disminución de estos contaminantes en fuentes hídricas dado a los estudios encontrados, en donde se determina los daños que se han ocasionado a las fuentes hídricas.

En Jiangxi, se encontraron pruebas de que la industria de la viscosa había sido una de las causas de la contaminación del lago Poyang, donde el agua se ha vuelto negra, los peces y las gambas están muriéndose y las cosechas han dejado de crecer... se encuentra ya en un avanzado estado de desertificación. Alberga a varias especies en peligro de extinción, como la marsopa sin aletas, y constituye un hábitat de vital importancia para medio millón de aves migratorias al año. (changingMarkets, 2017) Cabe destacar que estas actividades no solo han generado daños al medio ambiente, siendo también afectados sus trabajadores en el momento de la manipulación y exposición de sustancias utilizadas para los diferentes procesos. Según: Warshaw, (s.f.) “El dióxido de azufre, que se utiliza en el blanqueo, y el bisulfuro de carbono, usado como disolvente en el tratamiento de la viscosa, también contaminan el ambiente del taller” (p.2).

Según Greenpeace (s.f.) Cuando se utilizan o liberan sustancias químicas persistentes, tóxicas o bioacumulativas, el impacto medioambiental de la moda rápida se acumula durante años. Estos contaminantes pueden persistir en el entorno receptor el tiempo suficiente para concentrarse en los sedimentos y organismos, y ser transportados a largas distancias. Es más, algunos pueden causar daños significativos incluso cuando se encuentran en concentraciones muy bajas.

La industria textil genera productos de gran importancia para la población dado a su necesidad básica de obtener vestimenta. Aunque es cierto que necesitamos de esta industria, hay que reconocer los impactos que están ocasionando durante las últimas décadas, debido al desarrollo constante y la llamada “moda” generando distintos contaminantes como emisiones vertimientos y residuos sólidos. Cabe destacar que se han encontrado afectaciones de gran magnitud como lo citamos anteriormente, siendo una industria en donde utilizamos sus productos, pero desconocemos de los impactos que estas ocasionan a los ecosistemas, este es el caso de los productos de aseo, siendo consumidos diariamente por la población mundial.

### **3.6.2 Cuidado Personal**

Los productos de cuidado personal, son sustancias comúnmente usadas por el ser humano, con la finalidad de poder lograr una higiene que cuide de nuestra salud y apariencia física. Estos productos han sido utilizados durante décadas, cambiando paulatinamente de acuerdo a las necesidades requeridas por la sociedad. Según: (Gil et al., 2012) afirma lo siguiente: “En general estos productos están dirigidos a alterar el olor, el aspecto, el tacto, y no deben mostrar actividad bioquímica significativa. Muchos de estos productos son usados como ingredientes activos o preservativos en cosméticos, productos de baño o fragancias.” La utilización de estos productos en muchas ocasiones es desmedida, puesto que estas sustancias son de uso libre para el consumidor.

El estudio de las sustancias comúnmente usadas y vertidas a las aguas residuales, son relativamente nuevas y escasas en cuanto a sus investigaciones, siendo estos estudiados con la finalidad de determinar cuáles podrían ser sus posibles efectos en el ambiente.

(Delgado,2017) afirma lo siguiente: Según "los productos de cuidado personal (PCPs), son sustancias mayoritariamente nuevas que han sido liberadas al medio ambiente durante las últimas décadas debido a los cambios socioeconómicos y que, hasta tiempos recientes, no han sido reconocidos como tales" estas sustancias se creían anteriormente inofensivas, puesto que sus trazas en el agua son relativamente pequeñas.

Los productos de cuidado personal representan un importante nivel de consumo y por lo tanto generan beneficios económicos a la industria, más aún cuando se trata de productos necesarios y por el incremento poblacional. PersistenceMarketResearch (2017). El término PCP describe un grupo de compuestos químicos incluidos en una diversidad de productos extensamente usados en la cotidianidad, por ejemplo, en. pastas de dientes, champús, cosméticos y detergentes, etc. En el año 2015 el mercado de los PCPs movía un capital de 465.000 millones de dólares en todo el mundo, y se espera que siga creciendo hasta los 500.000 millones de dólares para el año 2020. (citado en Delgado,2017).

Es evidente que estas sustancias generan millones de dólares a las industrias, y desafortunadamente en la mayoría de los casos, muchas de estas entidades no se preocupan de los daños que pueden ocasionar al medio ambiente. Por lo tanto, cada día se hace necesario la implementación de procesos amigables con el medio ambiente, que se interesen por cerrar el ciclo de vida del producto y del empaque que lo contiene si es el caso.

En la **Tabla 3** se relacionan alguno de los productos de aseo personal más comunes, según la frecuencia de compra y las sustancias que los componen que podrían llegar a ser contaminantes para el medio ambiente, tal como lo define la toxicología, que depende de su concentración, el tiempo y el modo de exposición en los organismos vivos.

**Tabla 3.**Contaminantes emergentes de uso personal

<b>Producto</b>	<b>Presentación</b>	<b>Uso</b>	<b>Compra</b>	<b>CE</b>
<b>Jabón de ducha</b>	120 g	Diario (98.2 %)	Mensual	Tensioactivos aniónicos y bactericidas (triclosan, triclocarban, triclorocarbamida y cloroxilenol); EDTA (algunos jabones)
<b>Crema dental</b>	125ml	Diario (93.1 %)	Mensual	Laurilsulfato de sodio, triclosán
<b>Desodorante</b>	150ml	Diario (92.6 %)	Mensual	Tetraclorohidrexiglicinato de Aluminio, triclosán, ciclohexeno. carboxaldehido y BHT
<b>Crema para el cuerpo</b>	250ml	Diario (78.7 %)	Mensual	BHT, metilparabeno, propilparabeno, fenoxietanol, Octasulfato de aluminio.
<b>perfume</b>	100ml	Diario (68.8 %)	Semestral	Almizcle nitro (xileno y cetona; almizcle abelmosco, muscade y tibetano - en menor proporción). almizcles policíclicos

<b>Producto</b>	<b>Presentación</b>	<b>Uso</b>	<b>Compra</b>	<b>CE</b>
				(galaxolide y tonalide)
<b>Enjuague bucal</b>	125ml	Diario (57.4 %)	Mensual	Triclosan y clorhexidina (antbacterial); nonilfenol (surfactante)
<b>champó</b>	500ml	Diario (52.8 %)	Mensual	Tensioactivos (sales de amonio). cuaternario); biocidas (metilisotiazolinona)
<b>Tinte para el cabello</b>	100ml	Diario (43.4 %)	Mensual	Fenilmetil pirazolona, Sales de amonio cuaternario, 2 metilresorcinol, metilparabeno, resorcinol
<b>Crema para afeitar</b>	200ml	Diario (24.8 %)	semestral	Metilparabeno de sodio y trietilenamina; triclosan
<b>Acondicionador para el cabello</b>	500ml	Diario (22.2 %)	Mensual	Quaternary ammonium, methylisotiazoline, xilensulphonates and methyl- chloroisothiazolines

Fuente: Arrubla, Cubillos, Ramírez, Arredondo, Arias y Paredes, (2016)



La bioacumulación de PCPs se ha demostrado en tejido vivo de peces, huevos de aves y muestras de origen humano. Los resultados sugieren que los contaminantes son metabolizados en el hígado y los metabólicos formados son parcialmente excretados y en parte retenidos en los diferentes tejidos del organismo. Se presentan también varios estudios que investigan el potencial de biomagnificación de los PCPs a través de la cadena trófica y la transferencia madre – feto y madre – neonato. (delgado,2017). debido al uso constante de estos productos, y la ausencia de normativas que los regulen, se han encuentran daños en los ecosistemas acuáticos y en el ser humano. La cadena trófica es uno de los factores más importantes, ya que estas sustancias se encontrarán en nuestra alimentación y pueden desencadenar desorden o afectaciones en las actividades fisiológicas de los organismos.

### **3.6.3 Polímeros Sintéticos**

Los polímeros y/o macromoléculas han estado presentes antes de la existencia del ser humano en la tierra, es decir, la naturaleza (organismos vivos) tienen la capacidad de unir moléculas denominadas monómeros hasta edificar una estructura más compleja denominada polímero (Ej. Almidón, el caucho, la seda, etc) . No obstante, dadas las necesidades del ser humano se han modificado dichos materiales naturales (Caucho vulcanizado) y se han desarrollado materiales poliméricos de origen sintético que presentan características bien diferenciadas que responden a las necesidades de una población que crece y evoluciona a la par de la tecnología. Por ejemplo, según Química física avanzada (2010) afirma lo siguiente: “En 1839 Charles Goodyear realiza el vulcanizado del caucho. El nitrato de celulosa se sintetizó accidentalmente en 1846 por el químico Christian

Schönbein. El celuloide (nitrocelulosa y alcanfor) principalmente usado en la industria del cine y la fotografía se inventó como resultado de un concurso realizado en 1860 en los Estados Unidos”. Por otra parte, entre los materiales más utilizados en la actualidad son los obtenidos mediante reacciones de polimerización de olefinas (alquenos derivados del petróleo), procesos que necesariamente requieren moléculas inorgánicas en baja proporción que actúan como catalizadores y disolventes orgánicos apolares (de elevada presión de vapor). Estos últimos conforman el grupo de Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) que, sin un proceso optimizado, terminan siendo otras moléculas que alteran los ecosistemas.

Según: “Hermida (2011) “Los polímeros son moléculas de gran tamaño, constituidas por “eslabones” orgánicos denominados monómeros, unidos mediante enlaces covalentes. Los eslabones están formados, fundamentalmente, por átomos de carbono y pueden poseer grupos laterales o radicales con uno o más átomos”. (P. 14). En el constante desarrollo del hombre, estas sustancias han sido modificadas en laboratorios buscando una mejoría en su estructura de acuerdo a la necesidad requerida. “Un ejemplo de las macromoléculas que se obtiene de este proceso de polimerización optimizado por Ziegler y Natta en los años sesenta, son el polietileno y el polipropileno con distintos pesos moleculares y arreglos estereoquímicas, es decir, aquellos materiales que presentan similar composición, pero diversas propiedades fisicoquímicas (tal como la resistencia, la flexibilidad, etc).

Es así como estas sustancias a través del tiempo han sido obtenidas y usadas a través de los años de manera eficiente, en términos de operatividad (tuberías, empaques, biomedicina, industria automotriz, aeronáutica, etc). Sin embargo, se han convertido en un problema importante de orden ambiental porque una vez el producto cumple su tiempo de

vida, en la mayoría de los casos su disposición final no es apropiado, termina en el suelo, rellenos sanitarios o en cuerpos de agua. Todo ello interrumpe los procesos biológicos dada sus características apolares y principalmente por su limitada degradabilidad, obtención de microplástico y sustancias tóxicas (dioxinas) que se generan cuando ocurre algún proceso de degradación o combustión ineficiente.

La producción exorbitante de productos a base de polímeros sintéticos, hoy en día hace parte de una de las mayores contaminaciones. Los polímeros están presentes en casi todos los productos que utilizamos a diario, siendo esto cada vez más preocupante para el cuidado del medio ambiente. Según NationalGeographic España (2019) afirma lo siguiente:

Gracias a que el plástico no se inventó hasta finales del siglo XIX, y hasta mediados del XX no empezó a producirse a gran escala, solamente tenemos que lidiar con 8.300 millones de toneladas de este material. De ellas, más de 6.300 millones se han convertido en residuos. Y de esos residuos, 5.700 millones de toneladas no han pasado nunca por un contenedor de reciclaje, una cifra que dejó atónitos a los científicos que la calcularon en 2017. (p.1)

La producción de plástico siendo su base los polímeros sintéticos, han sido arrojados al ambiente millones de toneladas, contaminando a su paso todos los ecosistemas. Los animales son uno de los seres vivos más afectados por estos residuos, según la situación la situación de estrés ocasionada por los actuales y constantes cambios climáticos, toman a este material polimérico como alimento, lo cual no aporta ningún valor energético o nutricional tras no ser metabolizado.

Las sustancias contaminantes generadas por esta industria han ocasionado impactos negativos a nivel ambiental, afectado en especial a los recursos aire y agua, tal como se ilustra en la *Imagen 4*.



*Imagen 4*. Reciclaje insuficiente

Nota: en estas imágenes podemos ver a una madre secando residuos de plástico junto con su hijo, para luego ser vendidos a empresas recicladoras. Fuente: NationalGeographic España, (2019)

La continua presencia de plástico en el medio ambiente ha ocasionado la degradación de estos residuos, generándose por los distintos factores una desintegración de estos en partículas que en muchas ocasiones no pueden ser vistas por el hombre. Según la FAO (2017): “Los microplástico son pequeñas partículas y fibras de plástico. No existen estándares establecidos para determinar el tamaño máximo de una partícula, pero

consideramos generalmente que el diámetro de la partícula es inferior a 5 milímetros”. Es aún más preocupante la degradación de estos contaminantes en pequeñas partículas, puesto que no sabremos con exactitud los impactos que se puedan ocasionar debido a su tamaño, por lo tanto, se considera una línea de interés investigativo. La presencia de estos residuos en el ambiente ha ocasionado la preocupación de científicos y comunidades conscientes del daño que se está generando. es importante que tengamos en cuenta la clasificación de estos residuos:

Los microplástico primario: son aquellos que se fabrican intencionalmente, de un cierto tamaño, tales como los granulados, polvos y abrasivos domésticos e industriales. Los microplástico secundarios: provenientes de la degradación de materiales más grandes, sea por su fragmentación en microplástico (como bolsas de plástico, materiales de embalaje de alimentos y cuerdas, por ejemplo) o las emisiones de microplástico durante el transporte terrestre (la fuente más importante es la abrasión de los neumáticos de automóviles en uso). (FAO, 2017, p4)

La generación de estas partículas contaminantes, hoy en día es una problemática que ha tocado el corazón las comunidades interesadas en cuidar el medio ambiente., dado a los efectos que estos ocasionan en ecosistemas como el marino. Los microplástico cada vez afectan más a la vida marina, dado a las disposiciones finales que implementan muchos países, donde la utilización de actividades como el reciclaje es muy escaso.

“En un análisis a 159 arrecifes de coral en la región de Asia y el Pacífico, publicado en 2018, los investigadores estimaron que hay 11.100 millones de partículas de plástico enredadas en los corales y se prevé que este número aumente 40% en los próximos siete años” (Noticias ONU, 2019).

Esta problemática de contaminación es preocupante, ya que se debe tener en cuenta que estos residuos retornan al consumidor, siendo la dieta de muchos consumidores las especies marinas y probablemente tendrán concentraciones mínimas de compuestos tóxicos CE, que se van acumulando o biomagnificando.

#### **4. Técnicas de Cuantificación e Identificación**

Según el perfil profesional del Ingeniero Ambiental de la Universidad de Cundinamarca “el graduado tendrá las capacidades para desempeñarse en todas las instituciones públicas y privadas de carácter ambiental en aras de buscar soluciones lógicas a los problemas que aquejan al entorno y al ser humano; así también el profesional estará en capacidad de hacer investigación en cualquier área de su quehacer, siempre y cuando cuente con la infraestructura y los recursos adecuados para realizarla. El Ingeniero Ambiental UDECINO, se distingue por su enfoque holístico y socio humanístico que le permite innovar, diagnosticar, planificar, diseñar, modelar, operar, evaluar y aplicar propuestas de solución a problemas ambientales, relacionadas con el saneamiento ambiental, formulación e implementación de políticas referentes a ordenamiento territorial y conservación del medio ambiente en las esferas agua, suelo y aire propendiendo por un desarrollo humano sostenible”.

Según lo anterior y dada la temática que se aborda en esta revisión bibliográfica, los profesionales en el campo de las ciencias ambientales, deben comprender las técnicas para la separación, identificación y cuantificación de contaminantes en el recurso hídrico, particularmente en el estudio de la contaminación en el recurso agua, teniendo presente su elevada influencia sobre los ecosistemas.

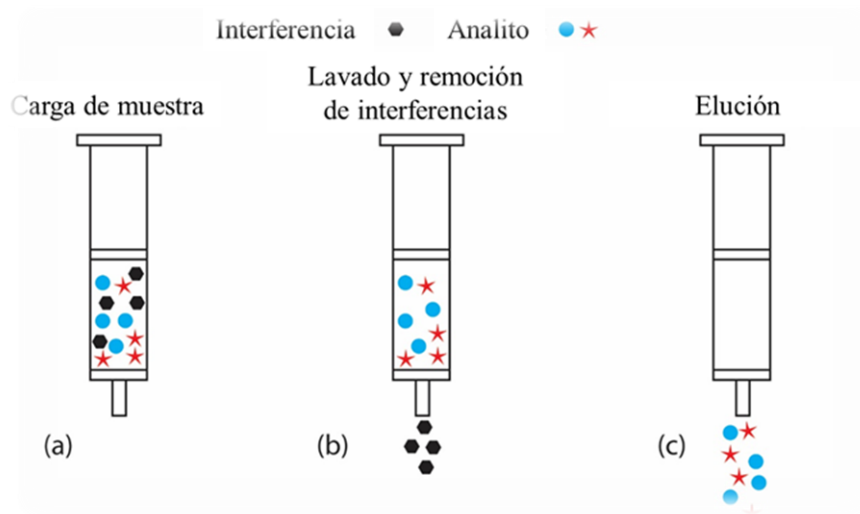
En este apartado se mencionará el proceso de extracción en fase sólida (SFE), y dos técnicas cromatográficas con sus respectivos sistemas de detección (Cromatografía Líquida de Alta Eficiencia, HPLC y Cromatografía de gases, GC) para la definición o separación de los principios activos que conforman los productos farmacéuticos, domésticos u otros ingredientes que son catalogados como contaminantes emergentes.

La Extracción en Fase Sólida es una herramienta que permite concentrar y separar un analito de distinta naturaleza. El principio de la técnica se fundamenta en el uso de materiales adsorbentes capaces de retener esas sustancias orgánicas e inorgánicas, pueden ser catiónicas o aniónicas disponibles en una matriz compleja, tal como un agua residual. Posteriormente, se elimina la matriz interferente, no retenida y, por último, el analito o las sustancias problema son diluidas con el disolvente más apropiado, para que dicho extracto sea evaluado con la mejor técnica analítica.

En la actualidad existen muchos materiales inorgánicos y/o poliméricos funcionalizados y de variable polaridad capaces de retener una gran cantidad de compuestos de interés, que en realidad depende de sus interacciones fisicoquímicas, particularmente obedecen a las distintas interacciones moleculares. Por ejemplo, el uso de silicas ( $-\text{SiO}_2$ ) permite retener especies de baja polaridad (grasas, vitaminas, esteroides, etc) provenientes de matrices orgánicas. Las sílicas funcionalizadas con grupos cianopropilos ( $-\text{Si}-\text{C}_3\text{H}_6-\text{CN}$ ) retiene componentes que están disponibles en medios acuosos y orgánicos, tal como los pesticidas y los péptidos hidrofóbicos. Las silicas funcionalizadas con cadenas alifáticas hasta 18 carbonos, facilita la retención de especies hidrofóbicas provenientes de matrices acuosas, tales como los productos de la industria farmacéutica, hidrocarburos poliaromáticos, pesticidas, etc.



El procedimiento general de la SFE se divide en tres etapas principales tal como se ilustra en la *Imagen 5*.



**Imagen 5.** Proceso de Extracción en Fase Sólida (SPE) Fuente: CromLabS.L.(s.f)

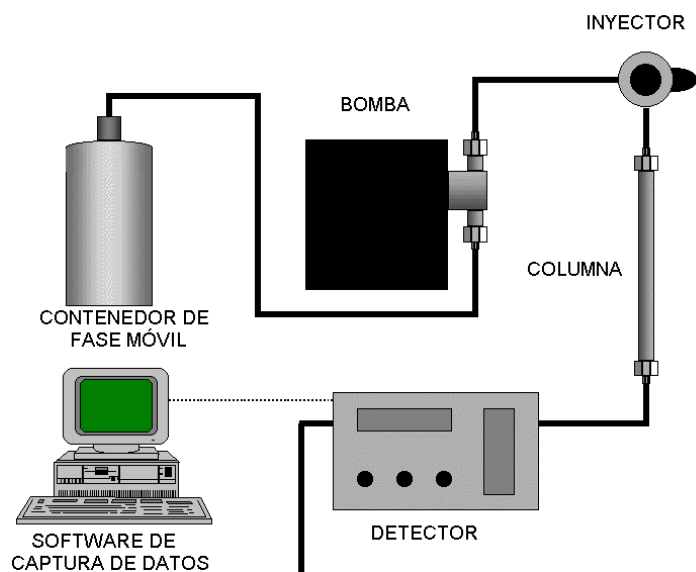
a) **Carga de Muestra:** Inicialmente se debe realizar un acondicionamiento de la fase estacionaria. La activación del adsorbente y de los grupos funcionales se consigue al pasar un volumen de solvente o mezcla de solventes apropiado a través de la columna. Los discos fritados de la columna se solvatan convenientemente. Para activar adsorbentes hidrofóbicos se usa generalmente metanol o acetonitrilo, mientras que para los hidrofílicos se usa hexano o cloruro de metileno. Seguidamente la muestra se aplica en la parte superior del lecho adsorbente. Los contaminantes de matriz pueden pasar por la columna sin ser retenidos, y otros componentes de la matriz pueden retenerse más o menos fuertemente en la superficie del adsorbente.

b) **Lavado:** El lavado permite la eliminación de cualquier resto de compuestos que puedan interferir manteniendo los analitos en el lecho de adsorbente. Se pueden usar solventes o mezcla de solventes de diferente tipo para mejorar la eficacia del lavado. Las

trazas de solvente se eliminan haciendo circular aire o en el mejor de los casos nitrógeno (N<sub>2</sub>), a través de la columna durante 2 a 10 minutos. Esta etapa mejora el rendimiento de extracción.

c) Etapa de elución: Se pasa un solvente adecuado por la columna para eliminar la interacción analito-solvente y eluir la totalidad de los compuestos de interés. El solvente adecuado ha de tener la máxima interacción con el analito y una interacción mínima con las demás impurezas, dejándolas en el lecho de adsorbente. El volumen de elución ha de ser el menor posible para mantener alto el factor de concentración. (Los adsorbentes con partículas pequeñas de 30 a 50mm requieren un menor volumen de elución que los adsorbentes con partículas mayores entre 90 y 140mm). Los compuestos de interés se concentran evaporando una parte del solvente. Es necesario secar el eluato con sulfato de sodio para eliminar posibles trazas de agua. La muestra concentrada ya está lista para el análisis.

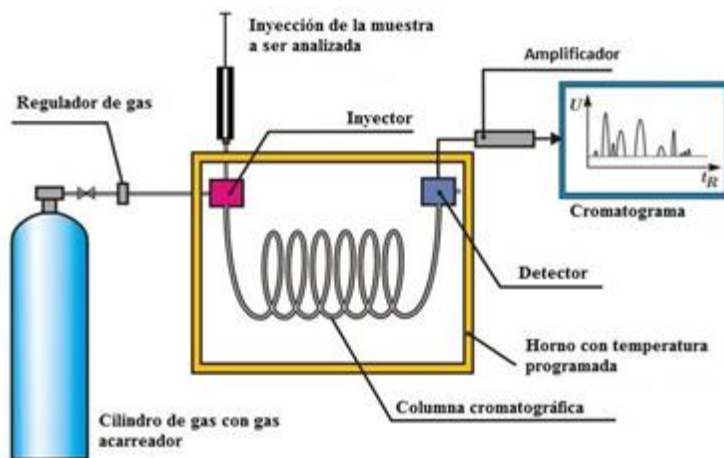
#### 4.1 Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC).



**Imagen 6.** Cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Fuente: Torres (2008).

En la cromatografía líquida, la fase móvil es un líquido que fluye a través de una columna que contiene a la fase fija. La separación cromatográfica en HPLC es el resultado de las interacciones específicas entre las moléculas de la muestra en ambas fases, móvil y estacionaria. es capaz de separar macromoléculas y especies iónicas, productos naturales lábiles, materiales poliméricos y una gran variedad de otros grupos polifuncionales de alto peso molecular. ofrece una mayor variedad de fases estacionarias, lo que permite una mayor gama de estas interacciones selectivas y más posibilidades para la separación. Uva, (2016)

## 5.2 Cromatografía de gases con detectores de masa (GC-MS)



**Imagen 7.** Cromatografía de gases con detector de masas. Fuente: Bolívar, G(s.f.)

La cromatografía de gases-masas es una técnica que combina la capacidad de separación que presenta la cromatografía de gases con la sensibilidad y capacidad selectiva del detector de masas. Esta combinación permite analizar y cuantificar compuestos trazas en mezclas complejas con un alto grado de efectividad. Miranda, (s.f.)

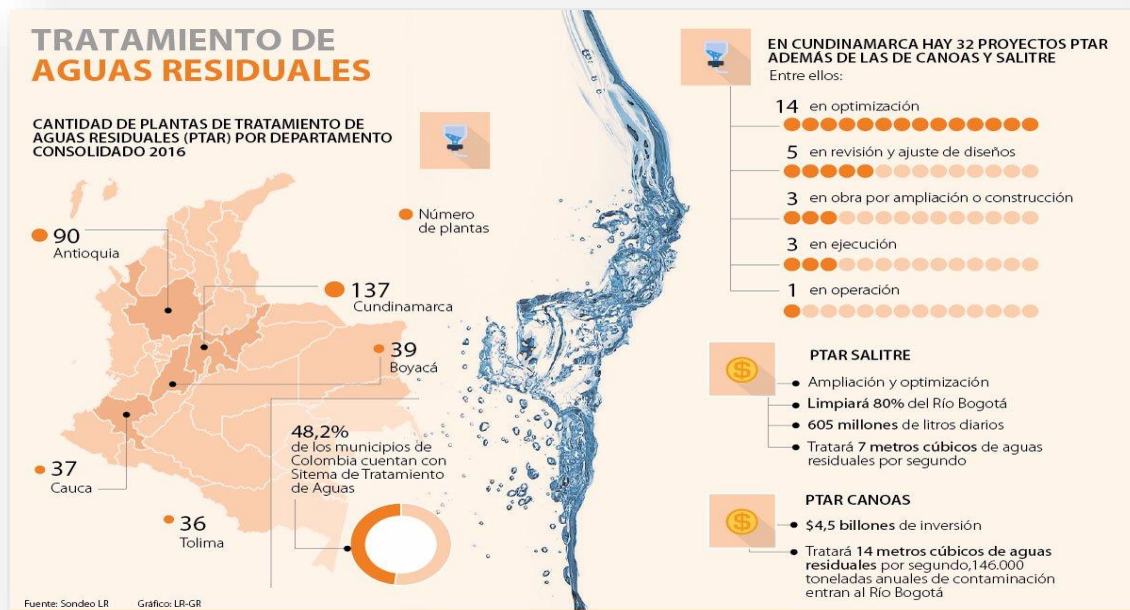
### **5.3 Método de extracción en fase sólida**

EFS (Extracción Fase Sólida) es una técnica que permite concentrar y separar un analito, catiónico o aniónico de una matriz compleja, mediante una fase sólida estacionaria. Como resultado, se elimina la matriz interferente, no retenida y, el analito se puede analizar con la mejor sensibilidad posible, mediante la técnica analítica adecuada, p.e. ICP-OES, evitando el riesgo de las interferencias de matriz. CromLab S.L.(2014)

## **5. Los Antibióticos Presentes en Aguas Residuales de Uso Domestico**

En las actividades cotidianas realizadas por el ser humano en su mayoría es utilizado el recurso hídrico, siendo este contaminado por compuestos orgánicos e inorgánicos generándose aguas catalogadas como residuales de las cuales luego son vertidas a las fuentes hídricas superficiales, siendo unas más persistentes que otras de acuerdo a sus propiedades físico químicas. Según Barba (2002), afirma que: “Las aguas residuales domésticas provienen de áreas residenciales (incluyen residuos provenientes de cocinas, baños, lavado de ropa y drenaje de pisos) y comerciales, incluidas las instituciones y zonas recreativas. Estas normalmente se recogen en un sistema de alcantarillado público” (p 20).

En la *Imagen 8* se visualiza el panorama de los departamentos en Colombia los cuales tratan sus aguas residuales y el estado de los proyectos en términos de PTARs. Por parte del departamento de Cundinamarca, se afirma que, con 37 estaciones de tratamiento de agua residual, siendo de los 5 departamentos nombrados, el que cuenta con más plantas, seguido de Antioquia con 90 PTAR. En cambio, departamentos con menor índice poblacional la situación es completamente opuesta, por ejemplo, Tolima cuenta con 36 plantas, lo cual se puede decir que se pone en duda el aseguramiento de la calidad del agua superficial en estas zonas.



**Imagen 8.** *Tratamientos de aguas residuales en Colombia: LR La República, (s.f.)*

Las aguas residuales generadas en un país, depende de las actividades realizadas por la población urbana y la industria. De igual forma la carga de contaminantes que se puedan encontrar en estas aguas, depende de los tratamientos que se realicen antes de sus vertimientos.

En Colombia, la contaminación de las fuentes hídricas por los residuos líquidos corresponde a los sectores domésticos, industriales y agropecuarios; de acuerdo con muestreos realizados en las principales ciudades del país, la concentración de coliformes en los cuerpos de agua superficial provenientes de los residuos líquidos domésticos, alcanza cifras del orden de 2.400 NMP/100 ml. Estos sectores producen aproximadamente 9.200 toneladas diarias de materia orgánica contaminante, de los cuales 1.500 toneladas son de origen doméstico, 500 de origen industrial y 7.200 agropecuario, que descargan cerca de 4.500.000 metros cúbicos de aguas residuales (Barba,2002, p18).

Según lo anterior, es preocupante la generación de vertimientos por estas actividades puesto que son grandes consumidores de antibióticos, especialmente la ganadería.

No todos los países tratan sus vertimientos, siendo una problemática de salud para la comunidad y los ecosistemas. Colombia es uno de los países que no cuenta con este servicio en muchos de sus municipios, dado a las administraciones gubernamentales las cuales deben tratar sus aguas residuales. Según el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia (Minvivienda, 2017). Afirma lo siguiente: “Colombia ha avanzado significativamente en el tratamiento de sus aguas residuales pasando de un 37% a un 42%. Con esta cifra se supera la meta programada para este componente dentro del Plan Nacional de Desarrollo que era del 41%” (p.1). las cifras brindadas por el gobierno afirman que solo un 5% fue el incremento de los tratamientos a las aguas residuales, aunque se supera la meta planteada por el plan de desarrollo en un 1%, sigue siendo un panorama crítico para Colombia.

Todos los países deben tratar sus aguas residuales con el fin de cuidar sus recursos naturales, siendo Colombia un país con grandes problemáticas a nivel de vertimiento dado a la falta de PTAR en algunos municipios. Según (Loaiza, 2018) afirma lo siguiente:

Según el informe “Estudio Sectorial de los servicios públicos domiciliarios de Acueducto y Alcantarillado”, presentado a finales de 2017 por la Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios (Superservicios), solo 541 municipios de los 1.122 registrados por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (Dane) cuentan con algún tipo de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (p.1)

El panorama para Colombia no es nada alentador puesto que la mitad de los municipios no cuenta con un tratamiento de aguas residuales, generando así sus vertimientos directamente a las fuentes hídricas.

Para realizar un tratamiento a las aguas residuales, es importante tener una normativa más estricta la cual brinde los parámetros necesarios para realizar un vertimiento apropiado a las fuentes hídricas, con el fin de poder prevenir y mitigar los impactos a los ecosistemas, a corto, mediano y largo plazo, teniendo presente los conceptos de bioacumulación, biomagnificación y estabildades fisicoquímicas de compuestos emergentes y sustancias persistentes según las actividades antropogénicas.

Minvivienda (2017) afirma lo siguiente: “La nueva norma de vertimientos reglamenta el artículo 28 del Decreto 3930 de 2010, actualiza el decreto 1594 de 1984 (vigente desde hace 30 años) respondiendo a la nueva realidad urbana, industrial y ambiental del país”. Siendo estas necesarias para controlar las sustancias contaminantes que se vierten a las fuentes hídricas.

En las aguas residuales de uso doméstico se puede encontrar diferentes tipos de contaminantes, siendo las sustancias Emergentes mayormente encontradas, debido a los vertimientos continuos generados por las actividades diarias de la población urbana. Rayo (2016) afirma lo siguiente:

De todos los contaminantes emergentes, los que posiblemente provocan mayor preocupación en los últimos años son los fármacos y, en particular, los antibióticos. El consumo de fármacos en los países de la Unión Europea se estima en miles de toneladas por año, y muchos de los más usados, entre ellos los antibióticos, se emplean en cantidades similares a las de los pesticidas. (p.1)



Las cantidades de antibióticos encontradas en aguas residuales ha generado inquietud por parte de la comunidad científica, siendo preocupante la comparación de estas con los pesticidas puesto que las actividades agrónomas son unas de las más importantes y utilizadas por el hombre, en donde el uso de estas sustancias es excesivo.

Los países mayormente poblados son grandes consumidores de fármacos, dado a la susceptibilidad de adquirir enfermedades. Según Bengoa (citado en Balsas, León, González y Santos, 2012) afirma lo siguiente:

España es uno de los principales países consumidores de antimicrobianos de uso humano de la Unión Europea, el tercero según fuentes de la Red Europea de Vigilancia de Consumo de Antimicrobianos... Además, su población consume, sobre todo, antibióticos de amplio espectro, que son los que tienen un mayor impacto en el desarrollo de resistencias (P.3).

El consumo excesivo de estos países ha generado en sus vertimientos las presencias de antibióticos, siendo un factor importante en cuanto a las posibles consecuencias que se pueda ocasionar. Aunque España es el primer consumidor de antibióticos, la unión europea es una de las más preocupadas en crear normativas reguladoras de CE.

La preocupación por la contaminación de antibióticos en fuentes hídricas, no es otorgada del todo a los seres humanos, las actividades pecuarias son generadores de grandes cantidades de antibióticos, siendo estos utilizados para diferentes propósitos

“Las Operaciones Concentradas de Alimentación de Animales (CAFO) también pueden ser una fuente de CE tales como antibióticos e insecticidas. Al igual que los biosólidos, los CE contenidos en el material fecal de los animales se pueden lixiviar de los desechos y terminan en el suelo, las aguas superficiales y subterráneas”

Estos contaminantes pueden ingresar de manera indirecta a las fuentes hídricas de agua potable, siendo la ganadería una actividad generadora de estas sustancias mediante sus excreciones.

Por ejemplo: Los CE de la industria farmacéutica, tal como los antibióticos, algunas de estas moléculas no se degradan mediante los convencionales procesos de oxidación biológica, por ello, se hace necesario el uso de otras técnicas como el uso de materiales adsorbentes o los procesos de oxidación avanzada para transformar esta materia orgánica preferiblemente en CO<sub>2</sub> y no en otros intermediarios que pueden ser igual o más tóxicos que el componente inicial.

## 5.1 Principales Características de los Antibióticos

Los antibióticos surgieron en una necesidad del ser humano en poder curar diversas enfermedades infecciosas, la cual en la antigüedad cobraba miles de vidas debido a los daños que podían ocasionar los diferentes microorganismos infecciosos: según Gallego (s f) afirma que: “a partir del siglo XX cuando el conocimiento sobre los microorganismos y las enfermedades que producen, dio un paso de gigante cuando casi paralelamente, surgieron la penicilina como antibiótico de origen natural y las sulfamidas como antibióticos de origen sintético” (p.4). Naciendo de esta manera fármacos que ayudarían a combatir diversas enfermedades infecciosas, siendo hoy en día utilizadas en todo el mundo, disminuyendo de esta forma el causal de muertes por infecciones.

El ser humano durante décadas ha utilizado los antibióticos, debido a sus propiedades antimicrobianas, ayudando a la población humana en disminuir las afectaciones causadas por los microorganismos. Según el Centro de Control y la Prevención De enfermedades, (2015) afirman lo siguiente:

Los antibióticos constituyen un grupo heterogéneo de sustancias con diferente comportamiento farmacocinética y farmacodinámico, ejercen una acción específica sobre alguna estructura o función del microorganismo, tienen elevada potencia biológica actuando a bajas concentraciones y la toxicidad es selectiva, con una mínima toxicidad para las células de nuestro organismo. El objetivo de la antibióticoterapia es controlar y disminuir el número de microorganismos viables, de modo que el sistema inmunológico sea capaz de eliminar la totalidad de los mismos. (p.1)

Una de las características de estos fármacos es su utilización, puesto que esta se formula en tratamiento, de manera que el organismo pueda combatir progresivamente el padecimiento el cual se desea combatir.

En las enfermedades infecciosas se han encontrado distintas clases de bacterias, siendo algunas identificadas con el fin de poder determinar sus afectaciones producidas y características en su estructura con el fin de poderlas combatir

**Tabla 4.** Clasificación De Los Antibióticos

<b>Principales grupos de fármacos antimicrobianos</b>	
<b>Cefalosporina</b>	Cefalexina
	Ceftriaxona
<b>Macrólidos</b>	Azitromicina
	Eritromicina
	Claritromicina
<b>Quinolonas</b>	Ciprofloxacina
	Norfloxacina
<b>Sulfonamidas</b>	Cotrimoxazol: Sulfametoxazol
	(SMX)/ trimetroprima (TMT)
<b>Tetraciclina</b>	Doxiciclina, minociclina, tetraciclina, oxitetraciclina Y tigeciclina.
<b>Miscelaneas</b>	Mupirocina, fosfomicina, ácido fusídico, polimixinas, bacitracina, gramicidina, tirotricina y retapamulina.

---

## Principales grupos de fármacos antimicrobianos

---

**Aminoglucósidos**

Estreptomicina, neomicina, amikacina, kanamicina, tobramicina, gentamicina Y espectinomicina.

---

### **Penicilinas**

Bencilpenicilinas: bencilpenicilina (penicilina G);  
fenoximetilpenicilina (penicilina V).

Carboxipenicilinas: ticarcilina.

Isoxazolilpenicilinas: cloxacilina.

Aminopenicilinas: amoxicilina, ampicilina Y

**Betalactámicos**

bacampicilina.

Ureidopenicilinas: piperacilina.

**Cefalosporinas:**

**1ª generación:** cefadroxilo, cefalexina, cefradina,

cefalotina Y

cefazolina.

**2ª generación:** cefaclor, cefuroxima, cefprozilo, cefonicida,

Cefoxitina Y cefuroxima.

**3ª generación:** cefixima, cefpodoximproxetilo, ceftibuteno,

cefditoreno, cefotaxima, ceftazidima Y ceftriaxona.

**4ª generación:** cefepima Y cefpiroma.

Nota: En la **Tabla 4** podremos encontrar la clasificación de los 8 principales grupos de antibióticos más utilizados en el hombre.

La presentación de los antibióticos puede variar de acuerdo a la necesidad del consumidor, en donde varía su presentación de acuerdo a lo medicado por el especialista.

**Tabla 5.** Presentación de los antibióticos

<b>Formas farmacéuticas</b>	
<b>Sólidas</b>	Capsulas (polvo o granulado)
	Tabletas, comprimidos y óvulos vaginales
<b>Semi sólidas</b>	Pomadas, pastas y cremas
<b>Líquidas</b>	Inyecciones, jarabes, colirios y lociones

Nota: En la **Tabla 5** podremos ver las diferentes presentaciones encontradas de los antibióticos para su apropiado consumo. Fuente: En genérico, (2012). Modificado: Torres (2019)

Una de las características más importantes que determinan las cantidades encontradas en las aguas residuales son las unidades de concentraciones, estas pueden ayudar a determinar la fuente y el grado de contaminación. Según Ramos, (2009) afirma que:

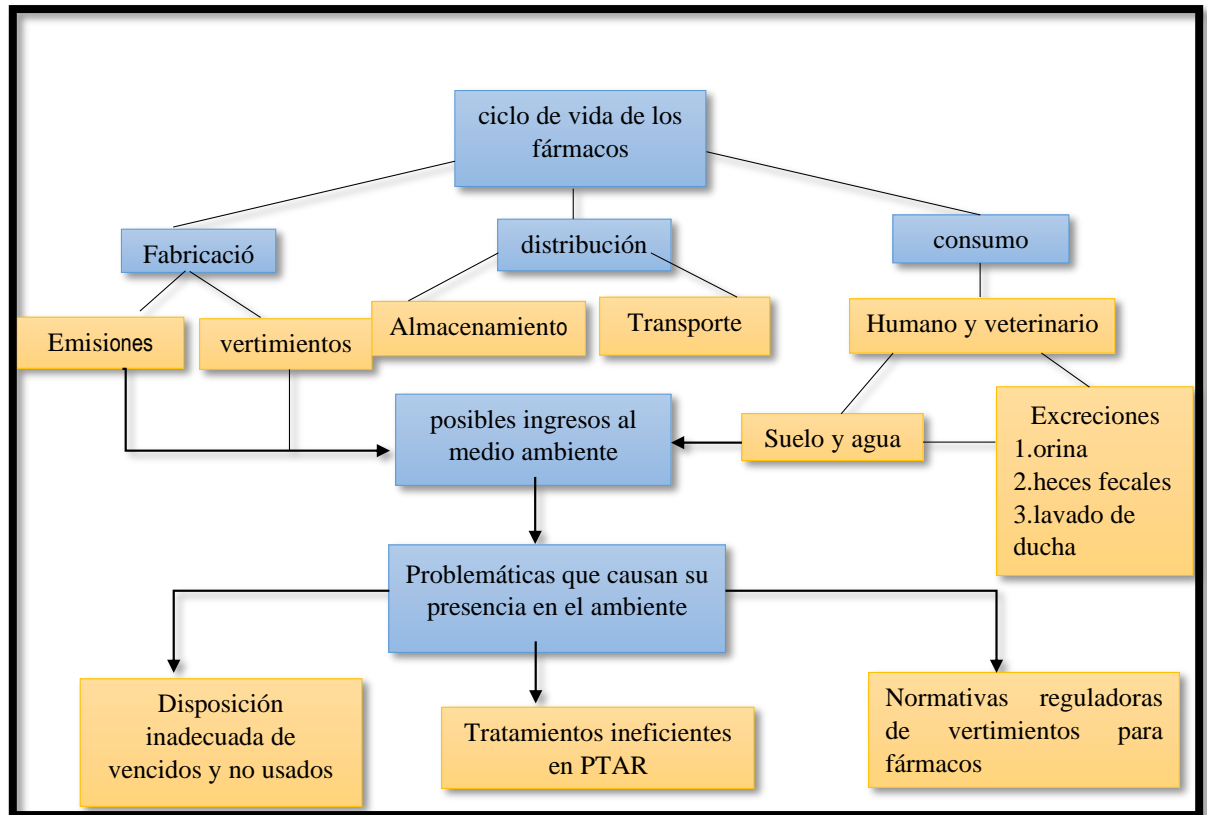
Los estudios en diferentes países, han conllevado a la detección de diversos antibióticos en concentraciones de mg L<sup>-1</sup> o ng L<sup>-1</sup>. Estas variaciones dependerán del origen, si son efluentes de hospitales, aguas residuales municipales, efluentes de plantas de tratamiento o aguas superficiales. (p 6)

Aunque son unidades de pequeñas magnitudes, no dejan de causar importancia en las investigaciones dado a las concentraciones diluidas en las fuentes hídricas.

## **5.2 Impactos Socio Ambientales Ocasionados Por Antibióticos**

Las afectaciones generadas por los antibióticos se deben a las propiedades que estos ofrecen, siendo utilizados en diversas actividades: Cartagena (2011) afirma que: “Su amplio uso hospitalario, veterinario y doméstico aumenta sus descargas y la de sus productos de transformación en el ambiente, y su toxicidad se manifiesta en los componentes vivos de los ecosistemas”. La Biota y las poblaciones se han visto afectadas por el constante uso de estos fármacos en actividades de consumo, generándose de esta manera un ingreso en la cadena trófica, debido al vertimiento de estas sustancias en fuentes hídricas, las cuales

En Colombia es muy pobre la educación en cuanto a la separación de los residuos de fármacos, en donde son desechados en fuentes hídricas o rellenos sanitarios, siendo una problemática levanté. Según: Morales (2018) “Respecto a la disposición final de los medicamentos que ya no serán usados, los resultados fueron: **Un 22% lo arroja a la basura, seguido de un 18% que lo dona a distintas instituciones, así como otro 18% que no tiene conocimiento sobre el procedimiento a seguir en estos casos.** Un 6% lo arroja al inodoro o lavamanos y tan solo el 3,8% lo entrega en puntos especiales para ser reciclado”.



**Imagen 9.** El ciclo de vida de los fármacos. Fuente: Euskadi.eus, (s.f.) modificado: Torres (2019)

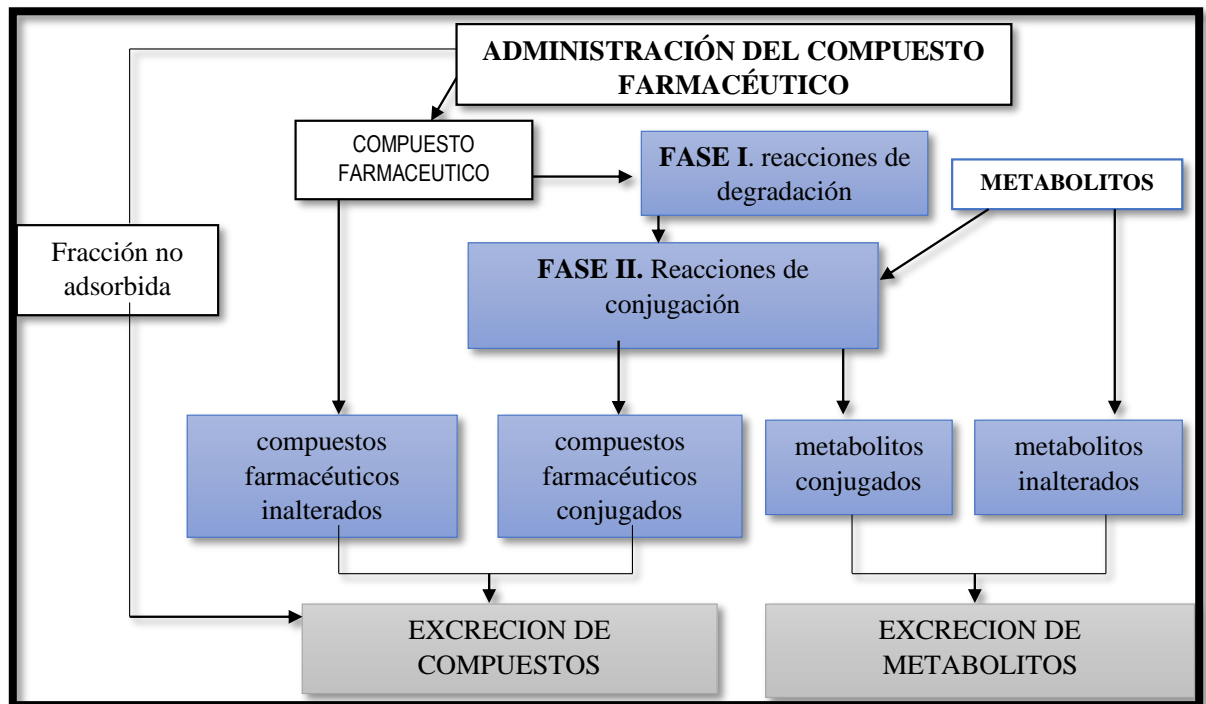
Contaminan otras fuentes de consumo, siendo así su ingreso en alimentos en donde pueden llegar a ser consumidos por otros seres vivos.

Nota: La movilidad de los fármacos se dan de acuerdo a sus actividades; desde su fabricación, distribución y consumo. Una vez utilizados o desechados, estos son depositados en los ecosistemas aire, agua y suelo.

Los fármacos como los antibióticos, contienen propiedades físico químicas, siendo estas de gran utilidad en el momento de investigar y analizar su comportamiento en los diferentes ecosistemas en donde se pueda encontrar. A continuación, en la siguiente imagen



podremos identificar la transformación de los compuestos farmacéuticos en el organismo y como pueden encontrarse en las aguas residuales de acuerdo a su metabolización.



**Imagen 10.** Reacciones de transformación de compuestos farmacéuticos en el organismo.

Nota: la administración del compuesto fármaco en la Fase I: (reacción de degradación: oxidoreducción e hidrólisis) y Fase II: (reacciones de conjugación, principalmente con el ácido glucurónico y otros compuestos endógenos del cuerpo). Fuente: Correia y Marcano, (2015)

Una de las consecuencias generadas por el hombre en cuanto al consumo de los antibióticos, se ve reflejado en las excreciones en donde se encuentran una proporción de estas sustancias las cuales en muchas ocasiones solo un porcentaje es metabolizado. Según Kümmerer, (2009) afirma lo siguiente:

El metabolismo se lleva a cabo con mayor frecuencia en el hígado. A menudo, los metabolitos son más solubles en agua que los compuestos de origen, lo que lleva a

su excreción con la orina... Sin embargo, a veces la formación de metabolitos puede resultar en compuestos que son más tóxicos para los humanos que el compuesto inicial. (p.7)

Es evidente que las excreciones humanas y de animales, contaminan las fuentes hídricas, en donde un porcentaje de estas sustancias es metabolizado y otras excretadas a las fuentes hídricas, siendo una parte metabolizadas y otras excretadas con los mismos compuestos del producto inicial.

**Tabla 6.** Antibióticos catalogados como contaminantes emergentes

<b>Antibióticos</b>	<b>Uso Terapéutico</b>
Amoxicilina	Humano
Ampicilina	Humano
Azitromicina	Humano
Ciprofloxacina	Humano
Claritromicina	Humano
Danofloxacina	Veterinario
Dicloxacilina	Humano
Doxiciclina (Anhidra)	Humano
Doxiciclina(Monohidrato)	Humano
Enoxacina	Humano
Enrofloxacina	Veterinario
Eritromicina	Humano Y Veterinario
Flumequina	Veterinaria Y Humano

<b>Antibióticos</b>	<b>Uso Terapéutico</b>
Josamicina	Humano
Lincomicina	Humano Y Veterinario
Meticilina	Humano
Minociclina	Humano
Norfloxacino	Humano
Novobiocina	Veterinario
Ofloxacina	Humano
Oleandomicina	Humano Y Veterinario
Penicilina G	Humano
Penicilina V	Humano
Oxacillin	Humana
Oxitetraciclina	Humano
Roxitromicina	Humano
Espiramicina	Veterinario
Sulfadiazina	Humano
Sulfamethazine	Veterinario
Sulfametoxaz	Humano
Tetraciclina	Humano

<b>Antibióticos</b>	<b>Uso Terapéutico</b>
Cefalexina	Humano
Gentamicina	Humano
Sulfapiridina	Humano
Tiamulina	Veterinario
Cefacetile	Humano
Difloxain	Veterinario

Fuente: Normando. (2016). modificado: Torres (2019)

El fracaso del tratamiento de estos fármacos, es un factor de gran importancia en el momento de determinar su presencia en las aguas residuales, puesto que una vez no se genera el efecto esperado estos, pueden llegar a ser nuevamente medicados o cambiados por tratamientos más fuertes.

**Tabla 7.** Causas del fracaso del tratamiento antimicrobiano

	Medicamentos inadecuados
	Mala absorción
Medicamento	Penetración insuficiente del medicamento dentro de un sitio determinado de influencia (ojos, cerebro y próstata)

---

	Excreción o inactivación acelerada del medicamento
	Dosis inadecuada
	Vías de administración inadecuada
Patógeno	Superinfección por otros patógenos
	Desarrollo de resistencia al medicamento
	Infección mixta inicialmente, sólo uno de los patógenos es detectado y tratado
Huésped	Defensas inadecuadas del huésped (leucopenia)
	Pus no drenado
	Retención de cuerpo extraño infectado

---

En la **Tabla 7** menciona las tres causales principales del fracaso en cuanto al nivel de acción de los antibióticos. Esto se puede ocasionar por tres factores principales; el uso del medicamento, resistencia a los patógenos y huésped. Fuente: Paredes y Roca, (2004)

La persistencia de algunos antibióticos en Las aguas residuales es preocupante, dado a las consecuencias que puede desencadenar su presencia en el ambiente. Según Correia y Marcano, (2015) afirma lo siguiente:

Los antibióticos tipo macrólidos (azitromicina, claritromicina y eritromicina) y las sulfonamidas (sulfametoxazol) son los antibióticos con mayor frecuencia de detección en aguas residuales con concentraciones medias menores de 1µg/L...El ofloxacino presenta las concentraciones más altas entre los antibióticos reportados, siendo más persistente en su paso por las PTARs. (p.8)

Según Ziarrusta (como se citó en consalud.es, 2019) “El antibiótico ciprofloxacino... pueden acumularse en los peces y que estos contaminantes producen efectos secundarios en el plasma, el cerebro y el hígado de estos, porque interfieren en su metabolismo, y pueden incluso afectarle a nivel de organismo, añade”. Es alarmante los impactos que están ocasionando los antibióticos en los ecosistemas acuáticos, siendo los peses afectados por la presencia de estos fármacos en las aguas. Cabe resaltar que los peses hacen parte de la dieta de las comunidades y otros seres vivos, ingresando directamente a la cadena trófica.

Es evidente que los macrólidos son una problemática, debido a su persistencia en las plantas de tratamiento, siendo poco eficientes los procesos de remoción de tipo convencional.

Algunas entidades ven a los antibióticos como un problema en los ecosistemas, generando estudios con el fin de poder controlar sus vertimientos en las fuentes hídricas. Según Diario Oficial de la Unión Europea, (2018) afirma lo siguiente:

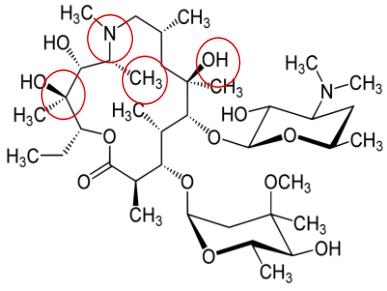
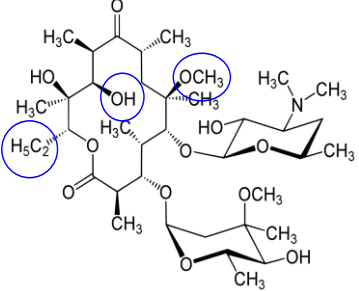
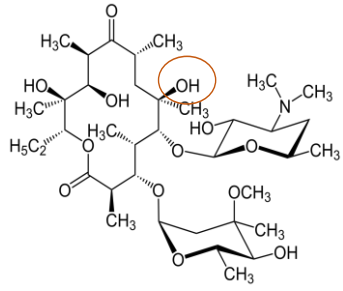
Los antibióticos macrólidos y los neonicotinoides se incluyeron como grupos en la primera lista de observación a fin de tener en cuenta el hecho de que las sustancias que actúan del mismo modo podrían tener efectos aditivos. Este argumento también justifica el mantenimiento de ambos grupos en la lista de observación, a pesar de que se dispone de suficientes datos de seguimiento de alta

calidad para algunas de las sustancias individuales contenidas en tales grupos (los antibióticos macrólidos claritromicina y eritromicina, y los neonicotinoides acetamiprid, clotianidina y tiacloprid). (p. 1)

Aunque el grupo de antibióticos macrólidos no están aún reglamentados, estos se encuentran en primera lista, siendo de gran importancia para la unión europea puesto que su utilización es común en el tratar distintos padecimientos en humanos.

En base a la lista de la Unión Europea en cuanto a la importancia de los antibióticos como contaminantes emergentes, nos enfatizaremos en los 3 principales antibióticos del grupo de los macrólidos; azitromicina, claritromicina y eritromicina tal como se ilustra en la **Tabla 9**. Se visualiza su fórmula molecular empírica, además se indica los grupos funcionales que los diferencia, tal como el nitrógeno heterocíclico de la azitromicina, la presencia de grupos metoxilo en la claritromicina y grupos hidroxilo en la Eritromicina, aspectos estructurales que influyen considerablemente en su actividad biológica, tal como la disminución de la reactividad o en aspectos como el incremento de su solubilidad en disolventes polares. Y en la **Tabla 9** se describen algunos aspectos de importancia estratégica en la salud de las personas, obtenidos de las hojas de datos de seguridad de reactivos (MSDS) Con el fin de poder identificar la importancia de estos antibióticos en la implementación de la normativa colombiana y potencializar líneas de investigación que estén encaminadas en esta ruta.

**Tabla 8.** Los macrólidos en las PTAR

<b>MACRÓLIDOS</b>		
		
<b>Azitromicina</b> $C_{38}H_{69}NO_{13}$ 747.953 g/mol 39,8-658 ng/L En aguas residuales 334,13 ng/L Conc. media	<b>Claritromicina</b> $C_{38}H_{69}NO_{13}$ 747.953 g/mol 39,8-658 ng/L En aguas residuales 334,13 ng/L Conc. media	<b>Eritromicina</b> $C_{38}H_{69}NO_{13}$ 747.953 g/mol 39,8-658 ng/L En aguas residuales 334,13 ng/L Conc. media

\*Los compuestos han sido detectados y cuantificados mediante HPLC/ESI/MS/MS

Fuente: QuimicaAlkano, (2016) y Diario Oficial de la Unión Europea, (2018). Guzmán et al (2019), Cartagena (2011). Modificado: Torres (2019)

**Tabla 9.** El MSDS de los macrólidos

<b>MSDS DE LOS MACROLIDOS</b>				
	<b>Daños en seres</b>	<b>Resistencia</b>	<b>Microorganismos</b>	<b>Potencial</b>
	<b>Vivos</b>	<b>bacteriana</b>	<b>resistentes</b>	<b>carcinogénico</b>
	Los estudios de reproducción animal muestran que	resistencia cruzada completa	Streptococcus pneumoniae, estreptococos beta-hemolíticos del grupo A, Enterococcus spp y	No se han realizado estudios en animales a



---

	azitromicina		Staphylococcus aureus,	largo plazo
	pasa a través de la placenta.		incluido S. aureus	para evaluar el potencial carcinogénico.
	Los estudios fueron realizados en ratas, ratones y perros. El primer órgano dañado por las dosis tóxicas fue el hígado en todas las especies.	Debe tenerse en cuenta la posibilidad de resistencia cruzada	enterobacterias, Pseudomonas spp. y bacilos gram-negativos no fermentadores de lactosa	No se han realizados estudios
Claritromicina				
	Según 1272/2008/CE: No se clasificará como peligroso para el medio	No se encontró información	Streptococcus pneumoniae, estreptococos beta-hemolíticos del grupo A, Enterococcus spp y Staphylococcus aureus, incluido S. aureus	No se clasificará como carcinógeno ni tóxico para la reproducción

---

---

ambiente

acuático.

---

Fuente: Susan Y Anthony. (2010). Modificado: Torres (2019)

En 2017, la Comisión Europea adoptó una estrategia para luchar contra las súper-bacterias. Dos años antes, la Organización Mundial de la Salud estableció un plan de acción mundial sobre la resistencia a los antibióticos desarrollada por estos microorganismos y calificaba la situación como "una de las mayores amenazas para la salud mundial" ...estudios ofrecen información sobre la presencia de antibióticos en las aguas de la Unión Europea y cómo pueden estar haciendo crecer el número de super bacterias. (Pinto, 2019)

### **5.3 Los Tratamiento en Contaminantes Emergente**

Los macrólidos se han detectado en las PTAR, en donde se han encontrado en unidades de ng/L, es una concentración muy baja, sin embargo, existe la constante disposición de residuos de origen doméstico y de productos de la industria farmacéutica. Además, se hace énfasis en los fenómenos de acumulación, biomagnificación y la efectividad de algunas sustancias a bajas concentraciones para generar un efecto negativo en los procesos bioquímicos de los sistemas vivos. De los tres antibióticos investigados, la azitromicina es uno de los fármacos con mayor incidencia en las aguas residuales tal como se describe en la siguiente tabla.

**Tabla 4.** Concentraciones encontradas de macrólidos en PTAR

<b>Antibióticos/macrólidos</b>	<b>Mínimo /máximo concentración (ng / L)</b>	<b>Concentración media (ng / L)</b>	<b>Desviación estándar</b>
Azitromicina	41,6-6320	3145.65	3396.78
Claritromicina	39,8-658	334,13	239.29
Eritromicina	30-40	35	7.07

Fuente: Guzmán et al (2019) modificado: Torres (2019)

Los tratamientos usados en las plantas de agua residuales de uso doméstico, en su mayoría son de tipo convencional, siendo diseñadas para la remoción de contaminantes mayormente conocidos como; materia orgánica, aceites, sólidos suspendidos entre otros. Una de las dificultades a las que se enfrentan las PTAR, es la depuración de contaminantes poco estudiados. Según (Maldonado, Gil & García, s.f.) afirman que: “Entre estos contaminantes, se encuentran los denominados, contaminantes emergentes (CEs), cuya principal característica es que no son biodegradables mediante los tratamientos convencionales llevados a cabo en las depuradoras de aguas residuales”. No obstante, es fundamental entender que los contaminantes emergentes deben ser tratados con tecnologías novedosas y eficientes para poder conseguir una mayor degradación por el cual no se obtiene en los tratamientos de tipo convencional.

Los tratamientos realizados a las aguas residuales de uso doméstico, en su mayoría son tratadas con plantas de tipo convencional, pero las sustancias emergentes como los antibióticos, necesitan tratamientos más especializados en depurar este tipo de sustancias. Estudios realizados por diferentes autores, han determinado el grado de degradabilidad de

estas sustancias es más compleja, puesto que Según: Kümmerer, (2004) “La mayoría de los antibióticos no son eliminados durante los procesos de purificación, investigaciones al respecto indican que un número considerable de antibióticos no son biodegradables en el ambiente acuático” (citado en Ramos, 2009).

Los tratamientos utilizados para los CE pueden llegar a ser más compleja al tratar debido a las propiedades físico químicas de las sustancias, siendo necesario el uso de tratamientos distintos a los convencionales. Según Bolong (como se citó en Gil, Soto, Usme & Gutiérrez, 2012) menciona que: “Es así como los métodos de tratamientos para la eliminación de CE se pueden clasificar en tres categorías: fisicoquímicos, biológicos y avanzados”. (p.62)

Estudios realizados en la remoción de contaminantes emergentes, han arrojado datos de suma importancia, dando a conocer tratamientos con un nivel de remoción más eficientes que otros, según Westerhoff et al (2005) afirma:

Diferentes tratamientos fisicoquímicos como coagulación, flotación y cloración se han utilizado para eliminar contaminantes emergentes en aguas residuales. En un estudio realizado a nivel laboratorio utilizando diversos tratamientos (coagulación/flotación, suavización con cal, ozonación, cloración y adsorción con se analizó la eliminación de 30 diferentes compuestos farmacéuticos, no se obtuvo una remoción significativa (<20%) con los procesos de coagulación/flotación ni suavización con cal, pero si un buen resultado con carbón activado granular y oxidación por ozono y cloración (>90%).(citado en Gómez, Moroyoqui & Drogui, 2011, p.98).

Con lo citado anteriormente podemos decir que los tratamientos convencionales, no son aptos para degradar contaminantes emergentes como los fármacos, siendo los ideales

para su remoción, tratamientos con ozono, carbón activado entre otros, se obtuvo resultados eficientes para sustancias más complejas.

En los estudios citados anteriormente, podemos ver la eficiencia en remoción de algunos fármacos, pero no todos estos compuestos pueden ser degradados con los mismos procesos, puesto según (Bernal-Romero del Hombre Bueno, Moya-Llamas, López-Ortiz, Vázquez-Rodríguez, Trapote, Boluda-Botella, et al. s.f.) afirman que: “No obstante, para los compuestos más recalcitrantes, se requiere la aplicación de postratamientos tales como la nanofiltración (NF), ósmosis inversa (OI), procesos de oxidación avanzada (POA)” (p. 1). Este tipo de tratamientos, en algunas ocasiones no son utilizadas debido a factores como la falta de conocimiento y costos, debido a estos factores, se ha llegado a utilizar procesos sustentables con el medio ambiente y eficientes como:(Maldonado, Suarez & Miranda, s.f.) afirma: “se encuentra la utilización de PAO compatibles con el uso de la energía solar... como el foto – Fenton y la fotocatalisis heterogénea, puesto que se ha demostrado la eficiencia de ambos procesos en la degradación de contaminantes en aguas residuales”. (p. 12)

En las *Tablas 11 y 12*, se puede observar algunas alternativas eficientes de tratamiento de aguas residuales que presentan contaminantes emergentes, lo cual indica que los típicos procedimientos empleados deben ser mejorados, tal como el uso de materiales capaces de retener el contaminante o dado el caso, efectuar una depuración a CO<sub>2</sub> mediante el uso de los procesos de oxidación avanzada, bien sea haciendo uso de la catálisis con elementos metálicos y fuentes de energía como la luz UV artificial o la luz solar.

**Tabla 11.** Eliminación de contaminantes emergentes mediante adsorción

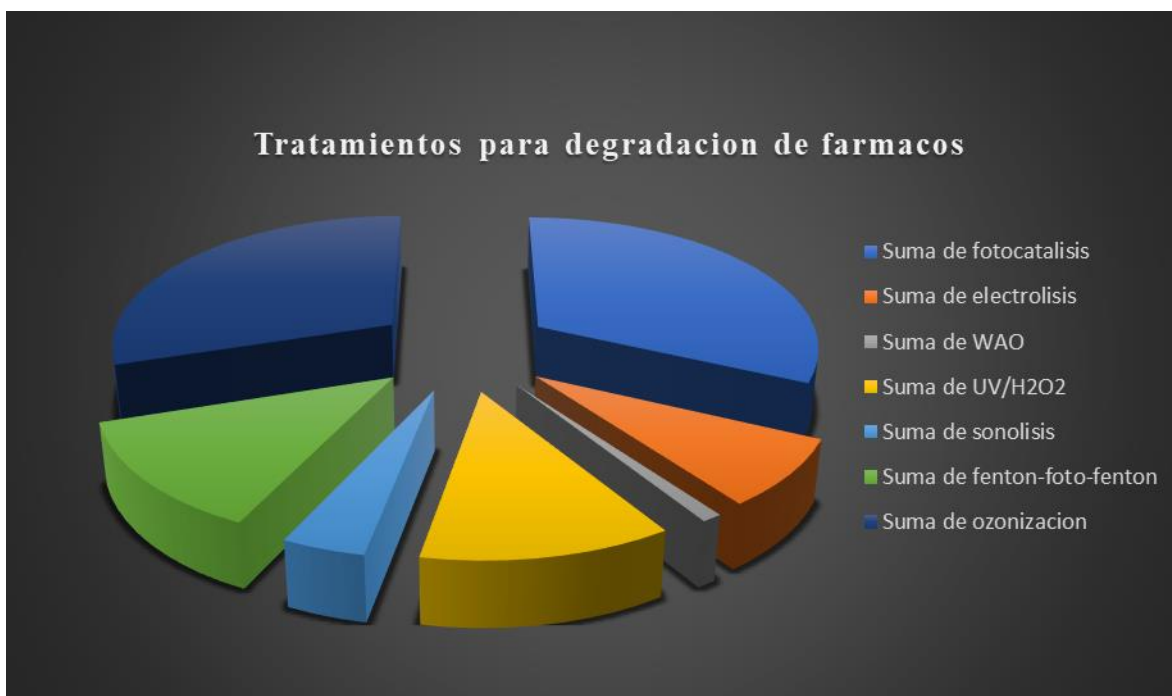
<b>Componentes</b>	<b>Adsorbente/S</b>	<b>Eficacia (%)</b>	<b>Referencia</b>
Imidazoles	Carbón Activo	90	Adams Et Al. (2002)
Sulfonamidas		90	
Amoxicilina	Carbón Activo	95	PutraEt Al. (2009)
	Bentonita	88	
Ofloxacino	Nanotubos de Carbono	>80	PengEt Al. (2012)
Estradiol	Carbón Activo	99	Bodzek&Dudziak(2006)
Estrona			
Estriol			
Etinestradiolmestanol			
Triclosán	Carbón Activo (GAC)	60	BeheraEt Al. (2010)
	Caolinita	32.3	
	Montmorillonita	10.5	
TritonX-Series	Nanotubos de Carbono	80-95	Bai Et Al. (2010)

Fuente: Patiño, Díaz y Ordóñez (2014)

**Tabla 12.** Eficiencia de remoción en tratamientos de aguas residuales

<b>Antibiótico</b>	<b>% remoción en proceso en coagulación/ floculación</b>	<b>Fotocatálisis y (FT1) con coagulación/ floculación como pretratamiento</b>
Azitromicina	4%	18%
Claritromicina	40%	99%
Eritromicina	2%	99%

Nota: (FT 1) se llevó a cabo después de ser tratada con cloruro férrico. En este proceso se utilizó 0,1 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 1 g de catalizador y una lámpara con luz UV-A durante una hora de tratamiento. Fuente: Guerrero (2018)



**Imagen 11.** La utilización de los tratamientos para la degradación de fármacos.

Fuente: Klavarioti et al. (2009)

En la imagen 11 podremos observar los tratamientos más utilizados en la remoción de medicamentos siendo el más eficiente la sonolisis y el menos utilizado el WAO.

En los estudios citados en la Tabla 12, podemos ver la eficiencia en la remoción de algunos fármacos, pero no todas estas sustancias pueden ser degradadas con la misma eficiencia, puesto según (Bernal, et al. s.f.) afirman que: “No obstante, para los compuestos más recalcitrantes, se requiere la aplicación de postratamientos tales como la nanofiltración (NF), ósmosis inversa (OI), procesos de oxidación avanzada (POA)” (p. 1). Para poder conseguir la remoción de los contaminantes requeridos, en muchas ocasiones se utilizan en

conjunto de otro tratamiento, con el fin de que este aporte lo que en muchas ocasiones el primer tratamiento no logra degradar. (Maldonado, Suarez & Miranda, s.f.) afirma: “se encuentra la utilización de PAO compatibles con el uso de la energía solar... como el foto – Fenton y la fotocatalisis heterogénea, puesto que se ha demostrado la eficiencia de ambos procesos en la degradación de contaminantes en aguas residuales”. (p. 12)

- **La ozonización**

La ozonización es uno de los procesos más eficientes en tratar los Contaminantes Emergentes como los productos farmacéuticos, siendo utilizados también en tratamientos de agua potable para la remoción de patógenos.

El ozono es producido al pasar una corriente de aire seco o de oxígeno a través de unos electrodos que generan una descarga eléctrica. La ozonización puede realizarse mediante reacción directa, el ozono está disponible como ozono molecular y reacciona con los compuestos orgánicos disueltos en agua, o mediante la reacción de estos compuestos orgánicos con radicales OH-, generados a partir de la descomposición del ozono cuando se disuelve en agua (reacción indirecta. (Alonso, Pastor y Merino, 2015)

Comenzó a desarrollarse a finales de la década de los 70 para la desinfección de aguas, pero se ha demostrado, con el paso del tiempo, que se trata de una técnica eficiente para la eliminación de los contaminantes emergentes, entre ellos los productos farmacéuticos. Doménech (2004)

En los tratamientos de agua potable se ha implementado el cloro debido a sus propiedades de desinfección, siendo el ozono mayormente eficiente en la desinfección y oxidación. Las propiedades del ozono como se observó en la imagen 11, es uno de los



tratamientos de degradación más utilizados para la remoción de contaminantes emergentes, puesto que de todos los tratamientos implementados la ozonización brinda mayor remoción.

Una de las principales características del ozono es su poder oxidante, superior en mucho a cualquier compuesto de cloro, lo que, unido a su capacidad de penetración y poder de bloqueo de rutas metabólicas o respiratorias, le confiere unas extraordinarias virtudes como desinfectante: es el mejor. Su capacidad germicida es veinte veces superior a la del ácido hipocloroso y el tiempo de contacto necesario para ejercer su acción es de minutos, aunque naturalmente, depende de la dosis aplicada. Doménech (2004)

Los tratamientos con ozono han sido utilizados en plantas de agua potable, siendo efectivos en la remoción de patógenos. A esta sustancia gaseosa se le ha atribuido distintas propiedades de remoción, siendo eficientes en tratamientos de agua residuales. según Alonso, Pastor Y Merino (2015) afirma lo siguiente:

La ozonización es uno de los procesos más eficientes en sustancias de tipo emergente, siendo estas complejas de tratar debido a sus propiedades químicas y comportamiento frente a otras sustancias en las aguas residuales. “Según los resultados obtenidos en estudios, la dosis óptima para la ozonización es 16mg O<sub>3</sub>.L-1, ya que con esta se obtuvieron rendimientos superiores al 91% de eliminación de los compuestos refractantes, principalmente para los fármacos”. (Rodríguez, 2018, p26)

**Tabla 13.** Ventajas y desventajas de la ozonización

La ozonización en tratamientos de agua residual	
Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tiene mayor poder oxidante</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mayores costos</li> </ul>

- 
- No produce trihalometanos y elimina los precursores de estos
  - Requiere una concentración y tiempo de contacto menor a (0,4 ppm durante 4 minutos es una concentración y tiempo eficaz para eliminar bacterias y virus)
  - No altera el pH del agua
  - Puede formar otros subproductos perjudiciales entre los que se destacan los bromatos y aldehídos
  - No mantiene una concentración residual persistente

Mejora la coagulación

---

Fuente: Gordillo (2010) Modificado: Torres (2019)

#### **6.4 Tratamientos Biológicos**

Los tratamientos biológicos han sido utilizados en aguas residuales y potables, siendo eficientes en la remoción de materia orgánica debido a el uso de microorganismos los cuales degradan la materia orgánica según Kitamura et al., 2005 (citado en: Ainhoa, R, C.,; Edwin Lenin Chica Arrieta, C, L, E., Mesa, P, A, 2013) afirma lo siguiente:

Dentro de las distintas modalidades de tratamiento se encuentran los procesos biológicos aerobios y anaerobios. Los sistemas aerobios, a su vez, presentan distintas posibilidades de operación, tales como: procesos de lodos activos, con diferentes variantes: aireación prolongada, contacto-estabilización y reactor discontinuo secuencial, entre otros; cultivos fijos, en los que los microorganismos se inmovilizan en la superficie de materiales sólidos (biomasa soportada), destacándose los filtros percoladores, también conocidos como lechos bacterianos o filtros biológicos.

“Las Tecnologías Electroquímicas Microbianas se basan en ofrecer a los microorganismos un material conductor de la electricidad para estimular la transferencia de electrones entre bacterias y el material... Las comunidades así formadas presentan también un rango ampliado de degradación de compuestos”. (García,2017, p. 33). La utilización de estas tecnologías tiene como principal mecanismo de degradación, la presencia de los microorganismos, en este caso la electroquímica es de gran utilidad debido a la estimulación que se realiza.

Los tratamientos biológicos también han sido utilizados para la degradación de los contaminantes emergentes teniendo un grado de remoción, siendo de gran utilidad para tratar algunas sustancias de tipo emergente.

Las ventajas a los tratamientos biológicos convencionales debido a que se genera una baja carga de lodo en términos de DBO, lo que hace que las bacterias se vean obligadas a mineralizar los compuestos orgánicos de poca biodegradabilidad, además el largo tiempo de vida del lodo da a las bacterias tiempo suficiente para adaptarse al tratamiento de sustancias resistentes. (Garcia, 2011)

## **6.5 Tratamientos Híbridos**

Los tratamientos híbridos, como su nombre lo indica, están compuesto por un conjunto de procesos por el cual buscan realizar una mayor eficiencia en la eliminación de los contaminantes que presentan menos remoción en otros tratamientos, esto con el fin de poder generar una mayor eficiencia y garantizar una eliminación de los contaminantes.

Una de estas importantes tecnologías que podemos encontrar, según Tadkaew (como se citó en Patiño, Díaz & Ordoñez, 2014) afirma lo siguiente: “los biorreactores de membrana (MBR), y la combinación de éstos con otros métodos de eliminación. Los MBR son eficaces en la eliminación de contaminantes orgánicos hidrófobos y fácilmente biodegradables y menos eficaz para contaminantes hidrófilos y biológicamente persistentes” (p. 40)

La eficiencia de estos procesos se debe a su tecnología, puesto que se compone de procesos novedosos los cuales brindan mayor eficiencia que los convencionales.

desventaja se presenta en cuanto a un alto costo comparado con los procesos biológicos, sin embargo, el uso de un proceso avanzado utilizándolo como pre-tratamiento o post-tratamiento puede mejorar la biodegradabilidad de aguas residuales o lograr una casi completa remoción respectivamente. (Gracia, 2011)

## **6.6 Tratamientos de ultrasonido**

Según:Gonzales (2013)“La ventaja del uso de esta técnica es la seguridad, limpieza, alta penetrabilidad en el medio acuático, alta eficacia de degradación y la no generación de otros contaminantes secundarios... se ha demostrado su capacidad para eliminar distintos contaminantes como pesticidas, herbicidas, tintes, hidrocarburos y fármacos”

El tratamiento de ultrasonido es un procedimiento novedoso utilizado en el tratamiento de las aguas contaminadas, con el fin de no generar subproductos puesto que estos no necesitan de otras sustancias para descontaminar.

el ultrasonido es una señal de baja frecuencia que genera pequeñas burbujas en el medio líquido, que luego implosionan. En esa implosión liberan gran cantidad de energía y

levantan altísimas temperaturas imposibles de alcanzar en un reactor químico, llegando a miles de grados Kelvin... además de altísimas presiones (1000 atmósferas), que afectan directamente al compuesto o a la especie a eliminar. Dicyt(2015)

**Tabla 14.** Ventajas y desventajas del tratamiento ultrasonido

<b>Tratamiento ultrasonido</b>	
<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La principal ventaja de este método de tratamiento es el uso de temperaturas y presiones ambientales, sin la adición de agentes químicos oxidantes al medio.</li> <li>• dimensiones del equipamiento</li> </ul>	<p>Por otro lado, su principal desventaja es la ineficiencia energética de la cavitación que necesita de grandes cantidades de energía a la entrada del sistema.</p>
Fuente:Labrada et al (sf) modificado: Torres (2019)	

## **6. Normativas Internacionales y Nacionales**

### **6.1 Normativa Colombiana**

en el tratamiento de las aguas residuales de uso doméstico, Colombia se rige por la resolución 0631 de 2015, por el cual establece los parámetros y valores permitidos en los vertimientos de aguas residuales de uso doméstico e industrial. según Minambiente (2015). “En la Resolución 0631, por el cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de aguas superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones”. La normativa colombiana no determina los parámetros de vertimiento en cuanto al uso de medicamentos, siendo estos vertidos a las fuentes hídricas sin ningún tratamiento enfocado en depurar fármacos como los antibióticos.

En Colombia existen entidades las cuales se encargan del manejo de los medicamentos vencidos y no utilizados por el consumidor, esto con el fin de poder dar una disposición final adecuada a estos residuos peligrosos para el medio ambiente y salud humana. Estas sustancias son recolectadas por entidades como punto Azul, en donde se encargan de recolectar todo tipo de fármaco, dando una disposición final adecuada como incineración y compostaje (Corporación Punto Azul, 2019).

Para el manejo de los medicamentos vencidos, Colombia estableció una normativa con el fin de poder manejar estos residuos para el cuidado de la población y el medio ambiente. Ministerio del Medio Ambiente, (s.f.) afirma lo siguiente: “NÚMERO (0371)26

de febrero de 2009, Por la cual se establecen los elementos que deben ser considerados en los Planes de Gestión de Devolución de Productos Posconsumo de Fármacos o Medicamentos Vencidos”. La función principal de esta resolución es poder disponer de los medicamentos vencidos, siendo llamadas las industrias productoras de estos fármacos a disponer adecuadamente de estas sustancias.

En Colombia, la farmacovigilancia como entidad que brinda el cuidado de la población, tiene como prioridad exigir la calidad de los servicios en cuanto al manejo de los fármacos. Según La Secretaria de Salud, (s.f.) afirma lo siguiente:

“En farmacovigilancia se realizan actividades relacionadas con: “detección, evaluación, entendimiento y prevención de los eventos adversos o cualquier otro Problema Relacionado con Medicamentos (PRM)” con el objetivo de “Establecer el perfil de seguridad de los medicamentos y promocionar el uso adecuado de los mismos”.

Cuando se habla de detección y evaluación de medicamentos, se hace referencia a la vigilancia en cuanto a la procedencia de los fármacos, debido a las grandes problemáticas de medicamentos fraudulentos siendo afectada la salud de la comunidad que lo necesita.

"La legislación colombiana, aún más que la legislación internacional, presenta vacíos respecto al control de estos residuos peligrosos ya que no incluye ninguna regulación específica sobre productos farmacéuticos en el medio ambiente acuático y solo se refiere a la prevención” (Rubio, Delgado & Amaya, 2017). Colombia a pesar de ser un país biodiverso, presenta unos grandes problemas en cuanto a la disposición del agua potable. La normativa colombiana determinada por ministerio de la protección social ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial determina que " Resolución Número 2115 (22 JUN 2007) Por medio de la cual se señalan características, instrumentos básicos y frecuencias del sistema de control y vigilancia para la calidad del agua para

consumo humano" (Ministerio de la Protección Social Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2007). Según: IDEAM et al., (2002) "a pesar del gran esfuerzo realizado en Colombia, algunos de estos indicadores, especialmente los de calidad del agua, apenas están planteados debido a la poca densidad de puntos de colección de datos y su falta de sistematización y estandarización"(citado de Ruiz, Escobar & Escobar 2007, p. 1).

En el caso de los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público, son regulados por la Resolución 631 de 2015 en la que se establecen 56 parámetros y valores límites máximos permisibles de vertimientos en ocho sectores y 73 actividades productivas de la industria colombiana, pero no se tienen en cuenta parámetros dirigidos a regular las concentraciones de productos farmacéuticos o micro contaminantes emergentes. Debido principalmente a que la norma debe ser cumplible por todo el sector industrial al que le es pertinente en el país y por los limitados recursos económicos, técnicos y tecnológicos con que la mayoría cuenta (Rubio, Delgado & Amaya, 2017).

Colombia a pesar de tener normativas para vertimientos, estas carecen de parámetros para regular los CE, de igual forma se necesita de estudios que fortalezcan la implementación de esta, con el fin de motivar a las entidades en implementar parámetros que regulen estos contaminantes.

## **6.2 Normativa Europea**

Los países en su mayoría no han establecido normativas para el control de vertimientos en cuanto a las sustancias emergentes, esto debido a la falta de interés de reconocer estas sustancias como perjudiciales para el ser humano y los ecosistemas.



algunos países han realizado estudios más profundizados con el fin de reconocer estas sustancias y los impactos que han ocasionado. el continente europeo es uno de los más interesados en motivar la implementación de normativas reguladoras de estas sustancias, debido a las problemáticas que han presentado, en cuanto a la contaminación registrada en sus fuentes hídricas.

La unión europea estableció mediante directivas, el manejo de los medicamentos de uso humano, estableciendo lo siguiente, respecto a los posibles impactos ambientales:

"artículo 8 (g). Tomarse medidas de precaución o de seguridad al almacenar el medicamento, al administrarlo a los pacientes y al eliminar los productos residuales, junto con la indicación de cualquier riesgo potencial que presente el medicamento para el medio ambiente" (Directiva 2001/83/CE). para los medicamentos de uso veterinario se establece lo siguiente: "considerando lo siguiente... (23) Se debe estudiar el impacto medioambiental y, caso por caso, se deben prever disposiciones particulares destinadas a limitarlo".

(Directiva 2004/28/CE). en cuanto a los contaminantes emergentes presentes en las aguas residuales, establecen lo siguiente: "considerando lo siguiente...(15) la Comisión debe estudiar los riesgos de efectos medioambientales negativos de los medicamentos y proporcionar un análisis de la pertinencia y eficacia del actual marco legislativo a efectos de protección del medio acuático y de la salud humana a través de dicho medio"(Directiva 2013/39/UE).En cuanto a los fármacos de uso veterinario, se han establecido parámetros para el consume de sus carnes, especificándose lo siguiente: "Considerando lo siguiente...(1) deben establecerse progresivamente límites máximos de residuos para todas las sustancias farmacológicamente activas que se usan en la Comunidad en medicamentos veterinarios destinados a la administración a animales productores de alimentos"

Reglamento (CE) No 2757/199.

## **7. Conclusiones**

1. Por consiguiente, podemos decir que los Contaminantes emergentes, aunque se encuentran en pequeñas trazas en las aguas residuales, estas han logrado modificar ecosistemas y afectar a los seres vivos.
2. En consecuencia, podemos afirmar que los impactos ocasionados por los antibióticos en las aguas residuales, ha generado resistencia a nivel bacteriano, siendo hoy en día una amenaza para la salud público.
3. Como resultado en cuanto a la normativa colombiana y europea, se deben implementar estudios que nos permita regular la disposición final a los cuerpos de agua de CE de origen farmacéutico, tal como los antibióticos (macrólidos) que han presentado incidencia en el recurso hídrico.
4. Es preocupante las comparaciones que realizan algunos estudios en cuanto a la cantidad de pesticidas utilizados con los antibióticos consumidos, siendo la actividad agropecuaria una de las más utilizadas, en este caso podemos decir que el uso de estos fármacos es exorbitante y preocupante, por lo tanto hay que mejorar considerablemente en los países en vía desarrollo las estrategias de prevención, control y solución de problemáticas asociadas a la contaminación con sustancias orgánicas derivadas de cualquier actividad antropogénica. Por ello, es importante implementar políticas que regulen la producción y consumo de productos que afectan considerablemente al medio ambiente. Además, se hace indispensable, al menos para Colombia y el departamento de Cundinamarca, la creación y mejoramiento de PTAR y PTAP que garanticen la calidad del agua, en términos microbiológicos y fisicoquímicos. Lo anterior, va acompañado de la adquisición de infraestructura e instrumentación capaz de identificar y cuantificar esas problemáticas ambientales.

## **Recomendaciones**

Se recomienda estudios más rigurosos en Colombia, con el fin poder identificar los CE con mayor persistencia en nuestras aguas, con el propósito de poder determinar los límites de vertimientos a las fuentes hídricas. Es importante resaltar que gran parte de las aguas residuales domésticas en Colombia son vertidas a las principales arterias fluviales, tal como el Río Magdalena, Putumayo, Guaviare, el Cauca, entre otros. Los anteriores, son los que abastecen a las comunidades de agua potable, lo cual se hace un llamado para realizar el respectivo cuidado del recurso hídrico y el aseguramiento de la calidad del agua potable, pues muchos de los Contaminantes Emergentes no suelen ser degradados mediante los convencionales protocolos en las PTAR y PTAP.

Es necesario la implementación de la educación ambiental en la sociedad colombiana, con la finalidad de enseñar a regular el consumo y la correcta disposición de los productos de origen sanitario. Generalmente, las comunidades desconocen el manejo de los fármacos vencidos o sin un uso, dando una disposición inadecuada en los rellenos sanitarios y fuentes hídricas.

## Referencias

- Acevedo, D., Montero M, P., & Jaimes, J. D. (2015). *Determinación de antibióticos y calidad microbiológica de la carne de pollo comercializada en Cartagena (Colombia). Información tecnológica, 26(1), 71-76.*
- Agencia Iberoamericana para la Difusión de la Ciencia y de la Tecnología. (2019). *Estos son los contaminantes emergentes: fármacos, productos de cuidado personal y bloqueador solar.* Recuperado de: <http://www.dicyt.com/>
- Aguilar Ibarra, A. & Pérez Espejo, R. H. (2007). *La contaminación agrícola del agua en México: retos y perspectivas.* Problemas del desarrollo.39. (153). p.1-11
- Alonso, Q, M., Pastor, Q, J., Merino, A, A. (2015) Tratamientos avanzados para la eliminación de fármacos en aguas superficiales. *Rev. salud ambient.*15,12-64
- Álvarez, P, J, A., Fernández, S., Ferrero, M., Jiménez, S, J., Corteguera, S, P., Rodríguez, C, H., Ibañez, F J., et al. (2017). *Fármacos en aguas residuales. Tecnoacua, (27), 1-4.*
- Alvariño, R. (2009). Physic-chemical properties of human consumption drugs in water. *Revistas Cubana HigEpidemiol.* 47 (2).
- Arbeláez Salazar, P. A. (2016). *Contaminantes emergentes en aguas residuales y de río y fangos de depuradora. Rovira i Virgili.* Recuperado de:

[https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/334397/Tesi%20Paula.pdf?sequence=](https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/334397/Tesi%20Paula.pdf?sequence=1)

1

Arrubla, J. P., Cubillos, J. A., Ramírez, C. A. Arredondo, J. A. Arias, C. A. & Paredes, D.

(2016). *Pharmaceutical and personal careproducts in domestic.*

Balsas, A, S., León, H, S., González, H, S., & Santos, C. C. (2012). *Repercusión sanitaria*

*en el medio ambiente del consumo de antibióticos. Seguridad Y Medio Ambiente.*

(127) 1-10.

Barba, E. L. (2002). *Conceptos básicos de la contaminación del agua y parámetros de*

*medición.* Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente Área

Académica Ingeniería Sanitaria y Ambiental, Santiago de Cali.

Barreto, R. R. (2017). *Contaminantes emergentes.* (Tesis de pre grado). Universidad

Nacional Autónoma de México Facultad de Ingeniería

Becerril, J. E. (2009). *Contaminantes emergentes en el agua. Revista digital universitaria,*

10(8), 1-6.

Bernal-Romero del Hombre Bueno, M. A., Moya-Llamas, M. J., López-Ortiz, C.M.,

Vásquez-Rodríguez, E. D., Trapote, A., Boluda-Botella, N., et al. (s.f.). *Eliminación*

*de fármacos, hormonas y productos de higiene y cuidado personal mediante el uso*

*de membranas (BRM, BRM+NF, BRM+OI).* Instituto Universitario del Agua y de

las Ciencias Ambientales, Universidad de Alicante.

Bolivar, G. (s.f). Cromatografía de gases: cómo funciona, tipos, partes, usos. Tomado de:

<https://www.lifeder.com/cromatografia-de-gases/>

Cabrera, C., Gómez, F., & Zúñiga, A. (2007). *La resistencia de bacterias a antibióticos,*

*antisépticos y desinfectantes una manifestación de los mecanismos de supervivencia*

*y adaptación. Colombia Médica.*38 (2), 1-11.

- Cancho, G. B., García, F. & Simal, G. J. (2000). *El uso de los antibióticos en la alimentación animal: Perspectiva Actual*, *Cyta - Journal of Food*, 3:1, 39-47.
- Cartagena, C. (2011). *Contaminantes Orgánicos emergentes en el ambiente: productos farmacéuticos*. *Revista Lasallista de Investigación*, (2), 143-153.
- Casana, R, C. (2017). *El Uso De Antibióticos En La Industria Alimentaria Y Su Contribución Al Desarrollo De Resistencias. Determinantes De La Diseminación De La Resistencia A La Colistin*. (Trabajo fin de grado). Facultad De Farmacia. Universidad Complutense
- Castillo, J. R. (2016). *Contaminantes emergentes en el siglo XXI: una visión general*. Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón. Universidad de Zaragoza.
- Clara, B., Strenn, o., Gans, E., Martinez, N., kreuzinger, H. Kriiss. (2009). *Eliminación De Productos Farmacéuticos, Fragancias Y Compuestos Disruptores*
- ChanginMarkets. (2017). *Moa sucia*. Tomado de: <https://spip.ecologistasenaccion.org/IMG/pdf/resumen-moda-sucia.pdf>
- Centro para el Control y la Prevención de Enfermedades. (2015). *Preguntas y respuestas sobre la resistencia a los antibióticos*. Recuperado de: <https://www.cdc.gov/antibiotic-use/community/sp/about/antibiotic-resistance-faqs.html>
- Cobos Cordero, M. B. & Galindo, R. (2013). *Reutilización de remanentes textiles: modelo de Gestión para la ciudad de cuenca*. Universidad del Azuay. Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/2586>
- Codex Alimentarius. (2019). *¿Qué es el Codex Alimentarius?* Recuperado de: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/es/>

CromLab S.L. Extracción en Fase Sólida EFS-SPE. tomado de:[http://www.cromlab.es/EFS\\_Principal.htm](http://www.cromlab.es/EFS_Principal.htm)

Correia, A., & Marcano, L. (2015). *Presencia y eliminación de compuestos farmacéuticos en plantas de tratamientos de aguas residuales*. Revisión A nivel mundial y perspectiva Nacional. Boletín de mariología y salud ambiental. 1 (1), 1-18

Corporación Punto Azul. (2019). Gestión de residuos. Tomado de:<http://www.puntoazul.com.co/portal/gestion-de-residuos/>

Delgado, D. M. (2017). *Productos de cuidado personal en el medio ambiente: presencia, destino y efectos*. Universitat Politècnica de Catalunya.

Doménech (2004). Ozono frente a cloro. Ottarm. Vol. 23. Núm. 5. páginas 120-126

Rodríguez, V, D. (2018). Eliminación de micro contaminantes orgánicos presentes en aguas residuales urbanas mediante MBR combinado con oxidación avanzada y con filtración por membranas. (Tesis para Doctorado). Universidad de Alicante v

Directiva 2001/83/CE. Del parlamento Europeo y del Consejo. (6 de noviembre de 2001). Por la que se establece un código comunitario sobre medicamentos para uso humano. p.1-62. Recuperado de: <https://www.boe.es/doue/2001/311/L00067-00128.pdf>

Directiva 2004/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo que modifica la Directiva 2001/82/CE. (31 de marzo de 2004). Por la que se establece un código comunitario sobre medicamentos veterinarios. p.1-27. Recuperado de: <https://www.boe.es/doue/2004/136/L00058-00084.pdf>

Directiva 2013/39/UE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifican las Directivas 2000/60/CE y 2008/105/CE. (12 de agosto de 2013). En cuanto a las



sustancias prioritarias en el ámbito de la política de aguas. p.1-17. Recuperado de:  
<https://www.boe.es/doue/2013/226/L00001-00017.pdf>

DICYC.(2015).Tomado de:<https://www.aguasresiduales.info/revista/noticias/el-ultrasonido-una-buena-alternativa-para-descontaminar-efluentes-fas3H>

Endocrinos Seleccionados En Un Biorreactor De Membrana Y Plantas De Tratamiento De Aguas Residuales Convencionales. Investigación del agua. 39 (19), p. 4797-4807

García, G, C.; Gortáres, M, P.; Drogui, P. Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción. Revista *Química Viva* -. 2.p.1-11

Galvín, M. R. (2017). *Contaminación emergente: sustancias prioritarias y preferentes, productos farmacéuticos, drogas de abuso, disruptores endocrinos, microplásticos y patógenos emergentes. Tecnoagua.* (24). Recuperado de:  
<https://www.tecnoagua.es/media/uploads/noticias/documentos/articulo-tecnico-contaminacion-emergente-tecnoagua-es.pdf>

García-Gómez, C., Gortáres-Moroyoqui, P., & Drogui, P. (2011). *Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción Química Viva*, vol. 10, núm. 2, pp. 96-105. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina.

General de Formación Profesional. (2017). *Introducción a las ciencias agropecuarias.* Recuperado de:  
[https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Introduccionalas\\_Ciencias\\_Agropecuarias\\_01.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/Introduccionalas_Ciencias_Agropecuarias_01.pdf)

Greenpeace. (sf). Puntadas tóxicas: El oscuro secreto de la moda. Tomado de:<http://archivo-greenpeace.org/espana/Global/espana/report/contaminacion/detox.pdf>

Guerrero, C, A, P.,(2018).*Evaluación de un tratamiento para mejorar la calidad del agua utilizada para riego en la Sabana occidental de Cundinamarca.* (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

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

Gómez, M. &Drogui, P. (2011). *Contaminantes emergentes: efectos y tratamientos de remoción.* Revista Química Viva, (2), 96-105.

Guzman, P, C., Sanchez, U, S., Mora, K., Bustos, Barrera, L, E., Alvarez, J., Pinzon.(2019). *Emerging pollutants in the urban water cycle in Latin America: A review of the current literature.* Journalofenvironmental Management. 237.408-423

Gonzales, C,N., (2013). *Estudio de la eliminación de contaminantes emergentes de aguas mediante procesos de oxidación avanzada.* universidad de Barcelona.1-324

Gordillo de Coss, E, G. *Investigación técnica y económica sobre desinfección de aguas residuales por sistemas de oxidación.* (Tesis doctoral).

Farmacontaminacion. Impacto ambiental de los medicamentos (noviembre 2016). *INFAC.*

24 (10). Recuperado de:

[http://files.sld.cu/medicamentos/files/2017/01/INFAC\\_farmacontaminacion.pdf](http://files.sld.cu/medicamentos/files/2017/01/INFAC_farmacontaminacion.pdf)

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).(s.f.). *Registro de Medicamentos y Biológicos Uso*

*Veterinario y de Farmacovigilancia.* Recuperado de:

<https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/regulacion-y-control-de-medicamentos-veterinarios.aspx>

Hermida, E. (2011). *Polímeros guía didáctica*. Recuperado de:  
de: [http://frq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6269/mod\\_resource/content/1/Polimeros%20-%20Colecci%C3%B3n%20INET.pdf](http://frq.cvg.utn.edu.ar/pluginfile.php/6269/mod_resource/content/1/Polimeros%20-%20Colecci%C3%B3n%20INET.pdf)

Instituto Nacional Tecnológico Dirección General de Formación Profesional. (2017). *Introducción agropecuaria a las ciencias*. Recuperado de:  
[https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/IntroduccionaLas\\_Ciencias\\_Agropecuarias\\_01.pdf](https://www.jica.go.jp/project/nicaragua/007/materials/ku57pq0000224spz-att/IntroduccionaLas_Ciencias_Agropecuarias_01.pdf)

Kümmerer, K. (2007). *Antibiotics in the aquatic environment – A review – Part I. Chemosphere.75*, 417–434.

Laboratorio de técnica instrumentales. (2016). Cromatografía de líquidos HPLC. Tomado de:  
<http://laboratoriotecnicasinstrumentales.es/analisis-quimicos/cromatografa-de-lquidos-hplc>

Labrada1, K, I. Peñate, C. Lebigue, J.H. Delmas, G. Cruz, Haza, U. J. el empleo del ultrasonido en el tratamiento de aguas residuales. Habana, Cuba. Tomado de: <https://revista.cnic.edu.cu/revistaCQ/sites/default/files/articulos/CQ-2010-4-CQ-035.pdf>

Loaiza, v, A. (2018). *De 1.122 municipios en el país, solo 541 cuentan con sistemas de saneamiento*. Recuperado de: <https://www.larepublica.co/infraestructura/solamente-482-de-los-municipios-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-2611155>

Loaiza, V. A. (2018). *Solamente 48,2% de los municipios cuentan con plantas de tratamiento de aguas residuales*. Editorial La República S.A.S. Recuperado de:

<https://www.larepublica.co/infraestructura/solamente-482-de-los-municipios-cuentan-con-plantas-de-tratamiento-de-aguas-residuales-2611155>

López Gallego, C. (s.f.). *Desarrollo de antibióticos a lo largo del siglo xx: resistencias y estrategias*. (Trabajo de grado). Facultad de Farmacia, Universidad Complutense.

Macri, M., Rubinstein, A., Kaler, M., & Mota, L. (2017). *Guía de medicamentos esenciales para el PNA antimicrobianos*.

Maldonado Rubio, M. I., Suarez Gil, S., & Miranda García, N. (s.f.). *Degradación de contaminantes emergentes mediante tio2 inmovilizado e irradiación solar*.

Marín, G. R. (2017). *Contaminación emergente: sustancias Prioritarias y preferentes, productos farmacéuticos, drogas de abuso, disruptores endocrinos, Microplástico y patógenos emergentes*. *Tecnoaqua*, (24). Recuperado de: <https://www.tecnoaqua.es/media/uploads/noticias/documentos/articulo-tecnico-contaminacion-emergente-tecnoaqua-es.pdf>

Mcmanus., M. P. (1999). *Uso de antibióticos en el control de enfermedades de las plantas*. *Enfermedades Infecciosas y Microbiología*. Volumen 19, Núm. 4.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (2009). *Mejores Técnicas Disponibles de referencia europea*. Producción de Polímeros. Serie Prevención y Control Integrados de la Contaminación (IPPC). Documento BREF

Ministerio de Medio Ambiente y desarrollo sostenible. (2015). Resolución 0631. Recuperado de: <https://www.rds.org.co/es/recursos/resolucion-631-de-2015-parametros-vertimientos>

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio de Colombia. (2018). *Colombia supera la meta en el tratamiento de aguas residuales en el país*. Recuperado de: <http://www.minvivienda.gov.co/>

- NationalGeographic España (2019). *Ahogados en un mar de plástico*. Recuperado de: [https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/ahogados-mar-plastico\\_12712/1](https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/ahogados-mar-plastico_12712/1)
- Normando. (2016). Lista de sustancias emergentes. Tomado de: <https://www.norman-network.net/?q=node/19>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2017). *Microplastics in fisheries and aquaculture*. (615). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>
- Noticias Onu. (2019). *Cambio Climático*. Recuperado de: <https://news.un.org/es/story/2019/01/1449332>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (s.f.). *Uso de antimicrobianos en animales de consumo*. (162). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-y5468s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas. (2018). Codex Alimentarius. Recuperado de: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/themes/animal-feed/es/#c437068>
- Paredes, F., & Roca, J. (2004). *Acción de los antibióticos. Perspectiva de la medicación antimicrobiana*. Elsevier. 116-124
- Patiño, Y., Díaz, E., & Ordóñez, S. (2014). *Microcontaminantes emergentes en aguas: tipos y sistemas de tratamiento*. Universidad de Oviedo. Recuperado de: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=323631115001>
- Periódico el Tiempo. (2018). *Comprar ropa, una moda que puede destruir el planeta*. Recuperado de: <https://www.eltiempo.com/vida/medio-ambiente/la-segunda-industria-que-mas-contamina-al-planeta-es-la-encargada-de-producir-la-ropa-286046>

- Peñate, Q, Haza, J, Wilhelm, M y Delmas, H. (2009). *Contaminación de las aguas con productos farmacéuticos. Estrategias para enfrentar la problemática*. Revista CENIC Ciencias Biológicas, 40(3), 173-179.
- Peña-Guzmán, C., Ulloa-Sánchez, S., Mora, K., Helena-Bustos, R., Lopez-Barrera, E., Alvarez, J., & Rodríguez-Pinzón, M. (2019). Emerging pollutants in the urban water cycle in Latin America: A review of the current literature. *Journal of Environmental Management*, 237(December 2018), 408–423. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.100>
- Pinto, T. (2019). Los antibióticos de las aguas residuales convierten a las depuradoras europeas en un caldo de cultivo de superbacterias. El Diario. Recuperado de: [https://www.eldiario.es/sociedad/resistencia\\_a\\_los\\_antimicrobianos-antibioticos-ciencia\\_0\\_885411582.html](https://www.eldiario.es/sociedad/resistencia_a_los_antimicrobianos-antibioticos-ciencia_0_885411582.html)
- Prieto, Q, M. (2016). *Impacto ambiental de los medicamentos. Una aproximación desde el pensamiento ambiental*. (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.
- Pun García, A. (2017). *Fundación para el conocimiento*. Madrid, Recuperado de: <http://www.madrimasd.org/>
- Química física avanzada. (2009-210). *Cuarto curso departamento de química física*. Recuperado de: [http://ocw.uv.es/ciencias/3-2/1tema\\_9\\_polok.pdf](http://ocw.uv.es/ciencias/3-2/1tema_9_polok.pdf)
- RCN Radio. Nieto, M. (2018). ¿Qué hacer con los medicamentos posconsumo? Tomado de: <https://www.rcnradio.com/recomendado-del-editor/que-hacer-con-los-medicamentos-postconsumo>.
- Ramos, C. (2009). *Medicamentos de consumo humano en el agua, propiedades físico-químicas*. Revista Cubana de Higiene y Epidemiología. 47 (2), 16-21.

Rayo, E, M. (s.f.). *Vida sostenible*. El problema de los contaminantes emergentes.

Recuperado de: <http://www.vidasostenible.org/contacto/>

Reglamento (CE) No 2757/1999 de la Comisión que modifica los anexos I y II del Reglamento (CEE) no 2377/90. (22 de diciembre de 1999). Del Consejo por el que se establece un procedimiento comunitario de fijación de los límites máximos de residuos de medicamentos veterinarios en los alimentos de origen animal. p. 1-4.

Recuperado de: <https://www.boe.es/doue/1999/331/L00045-00048.pdf>

Resolución Número 1382 de 2013. *Ministerio de Salud y Protección Social, Colombia*.

Robledo, V., H. Velázquez, M., A. Montañez, J., L. Pimentel, J., L. Vallejo, A., A. López, M., D. & Venegas, J. (2016). *Hidroquímica y contaminantes emergentes en aguas residuales urbano industriales de morelia, Michoacán, México*. *Rev. Int. Contam. Ambie.* 33 (2) 221-235.DOI: 10.20937/RICA.2017.33.02.04

Rocha, C., Reynolds, N., & Simons., M. (2015). *Resistencia emergente a los antibióticos: una amenaza global y un problema crítico en el cuidado de la salud*. Enfermedades infecciosas emergentes y reemergentes. U.S. Naval Medical Research Unit N° 6, Callao, Perú

Rozas, O., Vidal, C., Baeza, C., Jardim, W.F., Rossner, A., Mansilla, H.D., 2016. *Organic micropollutants (OMPs) in natural waters: Oxidation by UV/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> treatment and assessment*. *Water Res.* 98, 109–118.

Samboni Ruiz, N. E., Carvajal Escobar, Y. & Escobar, J. C. (2007). *Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua indicadores de calidad y contaminación del agua*. *Revista ingeniería e investigación*. 27.(3)71.

- Sanz García, M. A. (2017). *Contaminantes emergentes y cadena alimentaria. Productos farmacéuticos, de cuidado personal y drogas de abuso*. Academia de Farmacia “Reino de Aragón. Zaragoza.
- Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. (2008). *La Biodiversidad y la Agricultura: Salvaguardando la biodiversidad y asegurando alimentación para el mundo*. Montreal, p. 56.
- Secretaría de Salud. (s.f.). *Farmacovigilancia*. Recuperado de: <http://www.saludcapital.gov.co/Paginas2/Farmacovigilancia.aspx>
- Susan, B Y Anthonny, j. (2010). *Farmacología básica y clínica*. Colombia. McGRAW-HILL Interamericana Editores S.A De Cv
- Tejada, C., Quiñonez, E., & Peña, M. (2014). *Contaminantes Emergentes en Aguas: Metabolitos de Fármacos. Una Revisión*. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 10(1), 80. Recuperado de: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/341>
- Torres, R. (2008). Determinación preliminar de las señales químicas presentes en exudados radiculares implicadas en la asociación Azospirillum–Maíz” Instituto politécnico Nacional.(Tesis de maestria). Doi:10.13140/2.1.4766.3047
- Valenzuela, L., & Armendáriz., S. (s.f.). *Uso de antibióticos en medios de cultivo para reducir la presencia de agentes contaminantes en la propagación In Vitro de Palma Datilera (Phoenix Dactylifera L)*. Universidad Autónoma Chapingo. México.
- Villanueva, D., F. (2018). *Análisis sector agrícola y pecuario*. Universidad EAFIT, Medellín, Colombia.



Warshaw, L. J. (s.f.). *La industria textil: historia y salud y seguridad de la industria textil:*

*historia y salud.* Recuperado de:

<http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/mesOnli>

Zacarias, R. H. V., Machuca, V. A. M., Soto, L. M. J., Equihua, P. L. J., Cardona, V, A, A.,

Calvillo, L. D. M. et al. (2017). *Hidroquímica y contaminantes emergentes en aguas*

*residuales urbano industriales de Morelia, Michoacán, México. Rev. Int. Contam.*

*Ambie. 33 (2) 221-235.*

Zoetis. (2013). *GRI-MYCIN\* 16.5 WPantibiótico polvo humectante, uso*

*agrícola.* Tomado de: <https://www.zoetis.co.cr/products/agricola/agri-mycin.aspx>