

Estudio cuantitativo de contaminantes emergentes presentes en fuentes hídricas

Laura Cristina Atuesta Rodríguez, Tania Lisbeth Pico Guerrero

Trabajo de Grado para Optar el título de Especialista en Ingeniería ambiental

Directora

Martha Cervantes Díaz

Química, M. Sc

Codirector

César Augusto Acevedo Argüello

Magíster en Gerencia de la Innovación y el Conocimiento

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingeniería Fisicoquímicas

Escuela de Ingeniería Química

Especialización en Ingeniería Ambiental

Bucaramanga

2019

Dedicatoria

Dedicamos este trabajo a Dios por darnos la fuerza para avanzar cada día y lograr un título más en nuestro camino profesional, a nuestros padres que nos dieron todo su apoyo, amor, comprensión, compañía e hicieron todo lo posible para que pudiéramos culminar una etapa más y aquellas personas importantes en nuestras vidas que siempre estuvieron apoyándonos.

Agradecimientos

A nuestra directora de proyecto Martha Cervantes Díaz por su apoyo, enseñanza, comprensión, tiempo y colaboración para el desarrollo de este proyecto.

Al codirector César Augusto Acevedo Argüello por darnos la orientación en el manejo del *software VantagePoint*.

A la Unidad de Bibliometría – CRAI Biblioteca de la Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga por permitirnos el acceso a los recursos bibliográficos y software especializado para realizar las consultas y manejo de datos necesarios para el proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander por habernos permitido formarnos como especialistas en ingeniería ambiental y a los profesores que fueron partícipes en este proceso.

Tabla de Contenido

INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS	17
1.1 Objetivo General	17
1.2 Objetivos Específicos.....	17
2. CONTAMINANTES EMERGENTES.....	18
2.1 Marco Referencial.....	18
2.1.1 Detección y cuantificación de contaminantes emergentes en fuentes hídricas.....	29
2.1.2 Tratamientos para la eliminación de contaminantes emergentes de las fuentes hídricas. ...	29
2.1.3 Efectos ambientales de los contaminantes emergentes.....	32
2.1.4 Normatividad para contaminantes emergentes.	33
2.2 Cienciometría: definición y aplicaciones.....	33
2.3 Fuentes de información: Bases de datos referenciales de artículos científicos y patentes.	36
2.3.1 Patentes.	36
2.3.2 SCOPUS	38
2.3.3. <i>DERWENT INNOVATIONS</i>	39
2.3.4 Software especializado para minería de texto.....	40
3. METODOLOGÍA.	43
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS	46
4.1 Actividad científica	46
4.2 Dinámica científica	47
4.3 Distribución de publicaciones por países.....	48
4.4 Distribución por revistas científicas.....	50

4.5 Distribución por instituciones	51
4.6 Áreas de aplicación	52
4.7 Análisis relacionales	53
4.7.1 Relación tipos de agua- contaminantes emergentes.....	54
4.7.2 Relación métodos de análisis – contaminantes emergentes.....	55
4.7.3 Relación tratamientos-contaminantes emergentes.	57
4.8 Actividad inventiva. Patentes.....	58
4.8.1 Dinámica inventiva de patentes.	58
4.8.2 Distribución de patentes por países.....	59
4.8.3 Distribución de patentes por instituciones	60
4.8.4 Distribución de patentes de acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (IPC). 61	
4.9 Contaminantes emergentes en Colombia.....	63
5. CONCLUSIONES	65
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

Lista de Tablas

Tabla 1. Clasificación y descripción de contaminantes emergentes.....	20
Tabla 2. Indicadores cuantitativos para artículos y patentes.....	35
Tabla 3. Secciones de Clasificación Internacional de Patentes (IPC)	37
Tabla 4. Información base de datos SCOPUS	38
Tabla 5. Información base de datos de patentes DERWENT INNOVATIONS	39
Tabla 6. Información software Vantagepoint	40
Tabla 7. Top 15 de instituciones.	52
Tabla 8. Listado de patentes por instituciones	60
Tabla 9. Lista de patentes.....	62

Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i> Clasificación de contaminantes emergentes.	18
<i>Figura 2.</i> Ciclo de entrada de contaminantes emergentes al agua.	20
<i>Figura 3.</i> Tratamientos fisicoquímicos de contaminantes emergentes.....	30
<i>Figura 4.</i> Tratamientos biológicos para contaminantes emergentes.	31
<i>Figura 5.</i> Efectos ocasionados por disruptores endocrinos en animales y seres humanos..	32
<i>Figura 6.</i> Temas de estudio que incluye la cienciometría.	35
<i>Figura 7.</i> Herramienta de minería de texto software VantagePoint..	40
<i>Figura 8.</i> Dinámica científica de publicaciones relacionadas con la aplicación de la cienciometría o bibliometría como herramienta de análisis de datos.	42
<i>Figura 9.</i> Distribución científica de publicaciones relacionadas con la aplicación de la cienciometría o bibliometría como herramienta de análisis de datos.	42
<i>Figura 10.</i> Distribución de publicaciones relacionadas con la aplicación de la cienciometría o bibliometría como herramienta de análisis de datos de acuerdo con el área de aplicación.	43
<i>Figura 11.</i> Esquema de las etapas de desarrollo del presente ejercicio.....	44
<i>Figura 12.</i> Descripción del proceso realizado en el software VantagePoint.....	45
<i>Figura 13.</i> Reporte de artículos por año.	47
<i>Figura 14.</i> Distribución de publicaciones por países a nivel mundial, relacionadas con la presencia de contaminantes emergentes en fuentes hídricas.	48
<i>Figura 15.</i> Top 15 de países latinoamericanos.	50
<i>Figura 16.</i> Distribución de revistas científicas por número de registros sobre contaminantes emergentes en fuentes hídricas..	51

<i>Figura 17.</i> Areas de aplicación.	53
<i>Figura 18.</i> Relación tipos de agua- contaminantes emergentes.	55
<i>Figura 19.</i> Relación métodos de análisis- contaminantes emergentes.	56
<i>Figura 20.</i> Relaciones tratamientos-contaminantes emergentes.	57
<i>Figura 21.</i> Reporte de patentes por año.....	59
<i>Figura 22.</i> Listado de países por patentes.	60

Glosario

Aguas subterráneas: agua que se encuentra situada bajo el nivel freático y fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, cauces fluviales o directamente al mar (López, Fornés, Ramos, & Villarroya, 2009).

Aguas superficiales: es el agua proveniente de las precipitaciones, manantiales o nacimientos que se originan de las aguas subterráneas. Pueden ser masas de agua que se mueven constantemente en una misma dirección o aguas estancadas como humedales y pantanos (Ministerio de Medio Ambiente, 2006).

Cienciometría: es el análisis cuantitativo del tema científico para realizar un desarrollo, dinámica, tendencias y relaciones con la práctica científica general (Michán & Muñoz, 2013).

Contaminantes emergentes: compuestos de distinto origen y naturaleza química que no son regulados en su mayoría los cuales causan un impacto ambiental y puede llegar afectar la salud de los seres humanos (Reinoso, Yamilet, Delgado, Fernando, & Cobos, 2017).

Contaminantes orgánicos persistentes: compuestos químicos orgánicos que una vez entran en el ambiente permanecen por largos periodos de tiempo de tal manera que llegan a los tejidos de los organismos vivos donde se van bioacumulando y biomagnificando generando toxicidad (Astudillo, 2006).

Patente: Es un título de propiedad que otorga el gobierno de cada país, al titular que ha realizado una invención para dar solución a un problema específico. El titular tiene el derecho a decidir quién puede o no, por un determinado tiempo hacer uso de la fabricación, utilización y venta comercial de su invención (Plata et al., 2008).

RESUMEN

Título: ESTUDIO CIENCIOMÉTRICO DE CONTAMINANTES EMERGENTES PRESENTES EN FUENTES HÍDRICAS*

Autor: LAURA CRISTINA ATUESTA RODRIGUEZ, TANIA LISBETH PICO GUERRERO**

Palabras clave: contaminantes emergentes, contaminantes orgánicos, agua, agua subterránea, agua superficial, fuentes hídricas.

Descripción: Diariamente la sociedad desarrolla actividades que generan alteraciones sobre el entorno y el medio ambiente. Algunas tan comunes como el cuidado de la salud, de la higiene personal o de los alimentos pueden generar serios problemas en el ecosistema, dado que generan una serie de sustancias de diferente origen y naturaleza química las cuales los científicos han denominado contaminantes emergentes. Las investigaciones en este tema se desarrollaron hace más de veinte años y si bien no se trata de compuestos persistentes, su constante uso y los vertimientos los hacen estar presentes en nuestro ambiente. La principal fuente de ingreso al ecosistema son las descargas de aguas no tratadas y los efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales. En este trabajo se realizó un estudio cienciométrico utilizando la base de datos de Scopus (Elsevier, B.V., 2019) y la base de datos para patentes Derwent Innovations (Clarivate Analytics, 2019); los resultados obtenidos se procesaron en el (Software VantagePoint, Versión académica 11).

Dentro de los aspectos más relevantes de este trabajo se tiene el agua residual como la más estudiada por presencia de contaminantes considerados emergentes entre los que se destacan los farmacéuticos, productos de uso personal, aditivos industriales, entre otros. En cuanto a las técnicas de preparación de muestras y métodos de detección se encuentran la extracción líquido-líquido y la cromatografía respectivamente; en el caso de los métodos de remediación se reportan tratamientos fisicoquímicos como procesos de oxidación, catálisis, así como también, tratamientos biológicos como la fitorremediación. Este tipo de ejercicios cienciométricos pueden apoyar efectivamente la toma de decisiones y definición de objetivos para proyectos de investigación en general, en este caso particular sobre los contaminantes emergentes en fuentes hídricas.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Directora: Martha Cervantes Díaz

ABSTRACT

Title: SCIENTOMETRIC STUDY OF EMERGING POLLUTANTS PRESENT IN WATER SOURCES*

Author: LAURA CRISTINA ATUESTA RODRIGUEZ, TANIA LISBETH PICO GUERRERO**

Keywords: *emerging pollutants, organic pollutants, water, ground water, surface water, water sources.*

Description: Daily society takes part in activities that cause alterations in the environment. Some of them are as common as healthcare, personal hygiene or food processing, all of which can generate severe problems on the ecosystem since they produce a series of substances from diverse chemical origin and nature. Scientists have called those substances “emergent pollutants”. Research about this topic has been developed more than twenty years ago and even though these components are not persistent, their overall constant use and disposals are able to keep them present in the environment. The main entry point to the environment is the discharge of untreated waters and the effluents produced by the water treatment facilities. On this paper a scientometric study was performed by employing the Scopus database (Elsevier, B.V., 2019) and the database for patents Derwent Innovation (Clarivate Analytics, 2019); the bibliographic records of these were processed on the software VantagePoint (Academic version 11).

Among the most relevant results of this paper, wastewater is the most tested for the presence of pollutants considered as emergent, in which pharmaceutical, personal use products, industrial additives and others stand out. Regarding the techniques of sample preparation and detection methods, liquid-liquid extraction and chromatography were used respectively; as to remediation methods, physicochemical treatments as oxidation processes, catalysis and biological procedures such as phytoremediation were reported. This type of scientometric analysis can effectively aid the decision-making process and the objective definition of R&D projects, in this case about emergent pollutants of hydrological sources.

* Bachelor Thesis

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Ingeniería Química. Especialización en Ingeniería Ambiental. Directora: Martha Cervantes Díaz

INTRODUCCIÓN

La creciente demanda poblacional ha generado una serie de gastos excesivos en cuanto alimentación, fármacos y tecnología, elevando a su vez, la contaminación de los recursos naturales, tema que genera en el mundo una de las mayores problemáticas ambientales debido a los efectos adversos a los que se han visto expuestos el hombre y los animales. En el hombre se han presentado irritaciones dérmicas, incidencia de alergias, desarrollo de tumores, cáncer, alteración del metabolismo de la hormona tiroidea y alteraciones endocrinas; en los animales además de presentarse reducción en la fecundidad se ha ido provocando el desarrollo de las gónadas de la intersexualidad (Gil, Soto, Usma, & Gutiérrez, 2012) (Reinoso et al., 2017).

Dentro de la contaminación de los recursos naturales, se encuentran una serie de compuestos denominados contaminantes emergentes, conocidos también como micro contaminantes los cuales son compuestos químicos que se originan a partir de las actividades humanas que hasta hace poco se consideraban inofensivas. Generalmente, se liberan en pequeñas cantidades (trazas) pero con el tiempo y su uso intensivo se acumulan en el entorno afectando el microbiota de los diferentes ecosistemas pues son considerados como disruptores endocrinos al interferir en distintas funciones de los seres vivos; por ende, se han venido convirtiendo en interés de estudio.

Entre los contaminantes emergentes encontramos productos farmacéuticos, pesticidas, metales pesados, aditivos en la gasolina, productos para el cuidado personal, detergentes, esteroides y hormonas. Estos productos causan contaminación principalmente en las fuentes hídricas pues su principal vía de acceso son los efluentes y lodos provenientes de las aguas residuales. Por otra parte, las plantas de tratamiento no están diseñadas para eliminar este tipo de contaminantes por ello, al volver estas aguas al ambiente, los seres humanos, animales y ecosistema en general resultan afectados (Rodriguez, Peralta, Goonetilleke, & Bandala, 2017).

Es importante que se realicen estudios de las características fisicoquímicas de los contaminantes, de los métodos de identificación, cuantificación y tratamiento de estos en los cuerpos de agua. El desarrollo de esta monografía tiene por objeto a través de un estudio cuantitativo obtener información de tendencias de investigación en este tema por medio de la base de datos Scopus (Elsevier, B.V., 2019) y revisar así mismo patentes sobre el tema a través de *Derwent Innovations* (Clarivate Analytics, 2019).

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Realizar un análisis cienciométrico empleando minería de texto de artículos científicos y patentes, con el fin de identificar la actividad científica y las tendencias de investigación relacionada con contaminantes emergentes (origen y uso) presentes en el recurso hídrico.

1.2 Objetivos Específicos

Identificar los diferentes tipos de contaminantes emergentes presentes en aguas (subterráneas o superficiales), mediante indicadores cienciométricos de la actividad científica e inventiva empleando la base de datos de Scopus (Elsevier, B.V., 2019) y *Derwent Innovations Index (Web of Science*, Clarivate- 2019) aplicando la metodología de minería de texto (*Software VantagePoint*, Versión académica 11).

Identificar la tendencia de investigación en métodos de tratamiento o eliminación (físicoquímicos o biológicos) de contaminantes emergentes presentes en aguas, empleando indicadores cienciométricos de la actividad científica en el tema de interés.

2. CONTAMINANTES EMERGENTES

2.1 Marco Referencial

Se define a los "contaminantes emergentes" como aquellos compuestos de diferente origen y naturaleza química, cuya presencia no se consideraba significativa ni por su cantidad ni por su distribución, por lo cual pasaban inadvertidos; en su mayoría no están regulados y dado el gran potencial de un impacto ecológico que pueden acarrear, así como a la salud, hoy día son motivo de investigaciones científicas. De manera general y estructurada los más conocidos se esquematizan en la *Figura 1*.

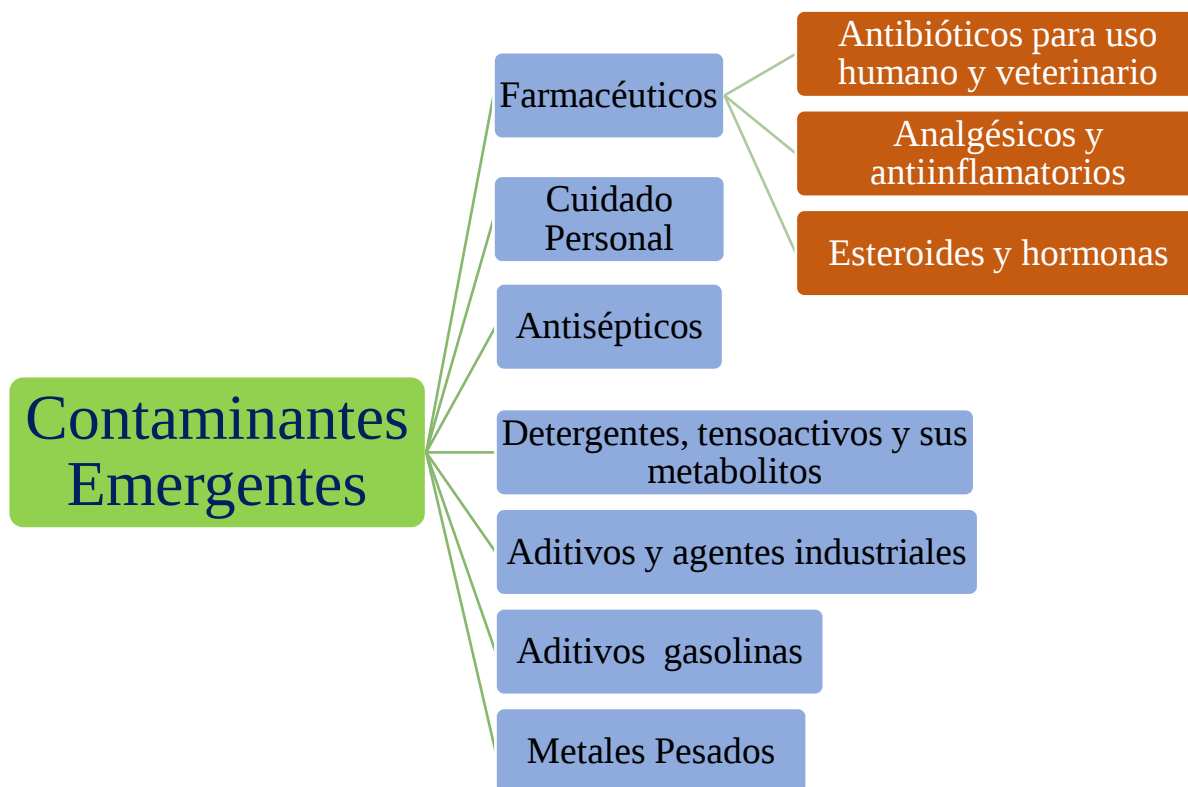


Figura 1. Clasificación de contaminantes emergentes.

Otra particularidad de estos compuestos es que, debido a su elevada producción y consumo, la introducción de estos en el medio ambiente es continua, y no necesitan ser persistentes para ocasionar efectos negativos (Petrović, Gonzalez, & Barceló, 2003).

La principal vía de entrada de los contaminantes emergentes al ciclo del agua es por medio de las plantas de tratamiento de aguas residuales pues muchos de estos compuestos debido a sus características químicas no logran ser eliminados en los procesos convencionales de depuración, de manera que dependiendo del tipo de compuesto se pueden ir en el efluente de la planta, por ejemplo, en los biosólidos que se han generado en el proceso de depuración. Teniendo en cuenta que la mayor parte de estos compuestos no son biodegradables, no serán eliminados de las aguas residuales, razón por la cual continuarán en el proceso natural por procesos de escorrentía y lixiviados.

Para tener una mejor comprensión del origen de la causa de las afectaciones se plantea la siguiente Figura 2, donde los contaminantes emergentes desde un punto de vista global se generan comúnmente en los hogares y en la industria. Estos producen desechos líquidos y sólidos, los primeros van hacia las plantas de tratamientos de aguas residuales y los segundos a los lugares para disposición de residuos; estos residuos sólidos producen lixiviados y junto con los procesos de ganadería y agricultura se afectan las aguas tanto superficiales como subterráneas. Continuando con el proceso las plantas de tratamiento de aguas residuales se unen a los últimos dos tipos de agua; estos compuestos que viajan a través de un ciclo reiterativo regresan a las plantas de tratamiento de agua potable donde lamentablemente en muchos lugares del mundo no se cuenta con la tecnología necesaria para detectar los emergentes y dichos productos se introducen nuevamente a nuestro diario vivir ocasionando en cortos tiempos daños significativos y permanentes (Delgado, 2016).

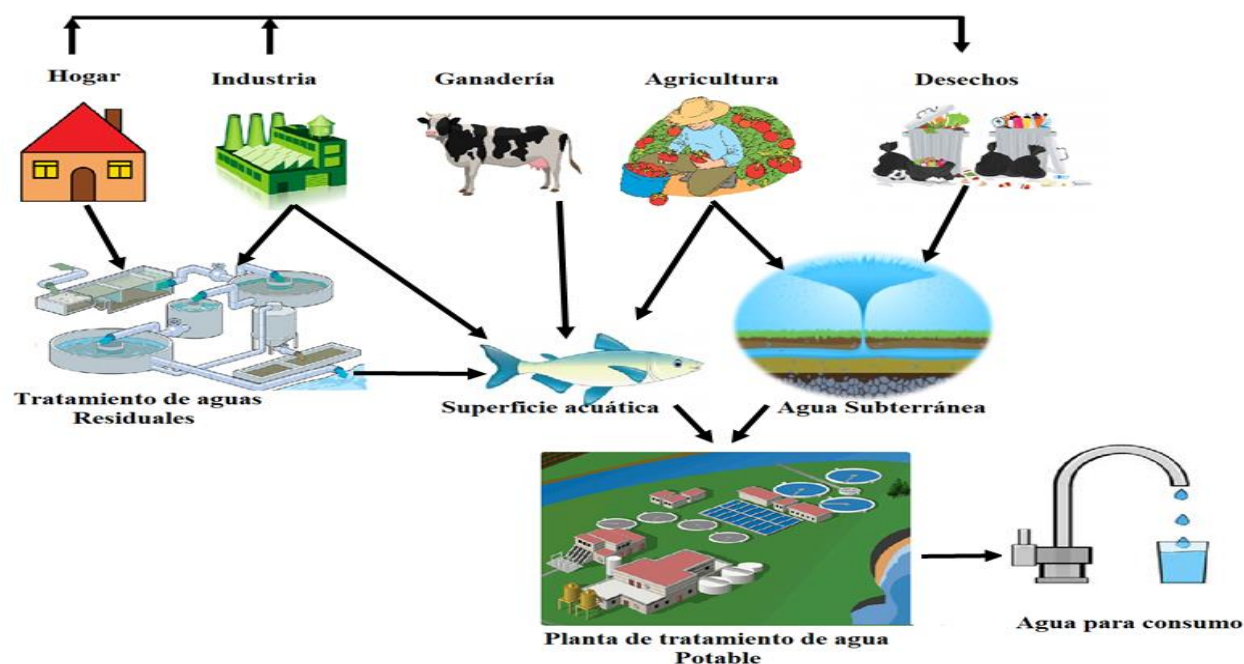


Figura 2. Ciclo de entrada de contaminantes emergentes al agua. Adaptado de (Velicu & Suri, 2009).

De acuerdo con las numerosas revisiones bibliográficas realizadas en los últimos años, entre las clases de contaminantes emergentes que demandan una mayor y más urgente atención (debido a la escasez de datos ambientales, ecotoxicológicos, de métodos para su análisis, y a las posibles consecuencias de su presencia en el medio ambiente) se encuentran: (ver Tabla 1)

Tabla 1. Clasificación y descripción de contaminantes emergentes.

Contaminante	Origen	Compuesto Activo	Descripción	Referencia
Farmacéuticos	Los efectos, tanto beneficiosos como adversos, de los medicamentos en los seres humanos y en la veterinaria son ampliamente conocidos. Sin embargo,	• Carbamazepina • Diclofenaco • Diazepam • Ibuprofeno • 2-Etilideno-1,5-dimetil-3,3-difenilpirrolidina (EDDP) • Acetaminofén	Son compuestos formados por moléculas grandes y químicamente complejas, pero muy diferentes en peso molecular, estructura y funcionalidad. Son moléculas polares	• (Herrero et al., 2012) • (Barceló & Lopez, 2002).

desconocen los efectos de estos medicamentos cuando “entran” en el medio ambiente. Se han detectado residuos de varios tipos de medicamentos en diferentes compartimentos ambientales; estos se incorporan a través de las excreciones humanas y animales, biosólidos de las plantas de tratamiento de aguas residuales, vertidos de aguas tratadas, desechos industriales, así como de los residuos de la atención sanitaria y veterinaria en los afluentes hídricos ocasionando grandes niveles de contaminación	• Ketoprofeno • Atenolol • Propranolol • Salbutamol	y tienen más de un grupo ionizable. El grado de ionización y sus propiedades dependen del pH. El principio activo puede ser excretado sin ningún cambio, como un metabolito principal, o como una mezcla de muchos metabolitos.
Antibióticos para uso humano y veterinario: los procesos que se aplican en las plantas de tratamiento de aguas residuales, tales como ozonización, cloración, radiación ultravioleta,	• Ofloxacino • Ciprofloxacina • Norfloxacina • Azitromicina • Clindamicina • Trimetoprima • Metronidazol	Algunos microorganismos que viven aguas abajo de las plantas tratadoras de aguas residuales han desarrollado niveles de resistencia a los antibióticos, ya que • (Henriquez, 2012)

carbón activado, etc., ocasionan transformaciones potenciales de los antibióticos, a otros compuestos que son biológicamente más persistentes y tóxicos que el compuesto original.	• Sulfadiazina • Sulfatiazol • Sulfametoxazol • Cefaclor • Cefalexina • Amoxicilina • Penicilina • Enrofloxacin	estos compuestos son parcialmente metabolizados (alrededor de un 30%), liberando grandes cantidades de estos compuestos y creando un problema de salubridad, ya que muchos de los medicamentos que se utilizan para curar las infecciones, ya no tienen ningún efecto. Algunos de los microorganismos relacionados con infecciones difíciles de tratar han presentado genes de resistencia, tales como <i>Staphylococcus aureus</i> y <i>Enterococcus</i> spp
Analgésicos y antiinflamatorios: La presencia de estos fármacos en los ecosistemas acuáticos se debe principalmente al bajo gradiente de metabolización (60%), que conduce a una excreción alta del fármaco en su forma	• Aceclofenaco • Indometacina • Ketorolaco • Acetamida • Tolmetina • Lornoxicam • Meloxicam • Piroxicam • Oxicamas • Tenoxicam	Hoy día, este grupo de medicamentos incluye más de un centenar de compuestos y son conocidos por su efecto inflamatorio y analgésico. Los fármacos antiinflamatorios no esteroideos son una parte fundamental de la (Armijo, 2008) (Zwiener & Frimmel, 2000)

activa, y por otro lado la resistencia a la biodegradación de los procesos de tratamiento (lodos activos). Cabe mencionar que la presencia de estos compuestos varía del lugar y la concentración inicial de influente.

- Naproxeno

prescripción médica, unos 30 millones de personas consumen analgésicos y antiinflamatorios todos los días.

El ibuprofeno se ha detectado en concentraciones 106 y 44 mg/L en aguas negras y residuales tratadas, de los cuales se han demostrado efectos toxicológicos sobre el crecimiento y la reproducción de las especies acuáticas, así como de efectos genotóxicos para los peces en concentraciones desde 50 ng/L. Por otro lado, el diclofenaco ha ocasionado deterioro de la salud general de los peces, inducción de lesiones renales y alteraciones de las branquias presentando una alta toxicidad aguda en concentraciones desde 5 ug/L.

El rango de detección

del ketoprofeno en aguas residuales y aguas dulces es menor en comparación con el ibuprofeno, con detecciones de hasta 104 mg/L en aguas residuales y 0,1 mg/L en las aguas superficiales (Kyle, et al., 2010). Los efectos tóxicos que tales concentraciones pueden suponer para el medio ambiente acuático son todavía desconocidos.

Esteroides y hormonas: Las plantas de tratamiento convencionales no fueron diseñadas para la remoción ni degradación de contaminantes emergentes como las hormonas y los esteroides. En consecuencia, los efluentes de las plantas de tratamiento contienen fracciones significantes de éstos, que son descargadas y acumuladas en el	• Testosterona • Metiltestosterona • Nortestosterona • Trembolona • Dietilestilbestrol • Tradiol • Etinilestradiol • Zeranol • Acetilgestágenos • Acetato - De Melengestrol • Clembuterol • Ractopamina	Una de las primeras investigaciones sobre la remoción de estrógenos fue realizada por Ternes, Kreckel y Mueller (1999) en lodos activados de una planta de tratamiento; ellos encontraron que el estradiol fue oxidado a estrona y después degradado; el etinilestradiol fue persistente, y el estradiol conjugado fue separado y liberado en su forma simple. (Ternes, Bonerz, & Schmidt, 2001) (Henriquez, 2012)
---	---	--

ambiente			
Pesticidas	Su principal amenaza para las fuentes hídricas son sus metabolitos, resultantes de los procesos de degradación química, microbiana o fotoquímica de su ingrediente activo.	• Atrazina • Simazina • Terbutrina • Cianazina • Propazina • Diazinon • Dimetoato • Linuron • Fenitroton • Endosulfán • Heptacloro	Son sustancias químicas empleadas para controlar, repeler o eliminar plagas como insectos, hierbas, moluscos, nematodos, entre otros. Se consideran como contaminantes emergentes ya que contienen residuos que provienen de utilización en la agricultura y no son en las plantas de tratamiento de aguas residuales. (Parsons, Boxall, Sinclair, & Ramwel l, 2008) (Kolpin, 2006)
Cuidado personal	La principal fuente de contaminación es por los vertidos de efluentes los cuales contaminan los alimentos, pero una diferencia importante es que, al aplicarse externamente, no hay cambios metabólicos previos a su liberación al medio. Es decir, en las aguas residuales sólo existe el compuesto original, por lo que su complejidad analítica es menor,	• Pigmentos De Color, Fd&C • Alcohol Isopropílico • Polietilenglicol • Cloro • Dietanolamina • Etanolamina • Trietanolamina • Aceite mineral (petróleo) y aceite de bebé • Fragancias • Propilenglicol • Imidazolidinil urea • Hidantoína	A este grupo de contaminantes pertenecen las fragancias, protectores solares, agentes antifúngicos, repelentes de insectos y cosméticos en general. Su presencia en las fuentes hídricas ha ido aumentando en los últimos años. (Rodrig uez et al., 2017). (Pal, He, Jekel, Reinhar d, & Gin, 2014)

	aunque también puede transformarse en el medio ambiente.			
Antisépticos	El consumo per cápita de productos antisépticos se ha elevado generando un incremento en la descarga en el drenaje de una cantidad mayor de agua con ingredientes activos e inactivos en forma indebida, afectando los sistemas de tratamiento de agua contaminada lo cual genera un impacto directo de daño al medio ambiente.	• Triclosán • Bifenilol • Clorofeno	Los antisépticos son agentes antiinfecciosos de uso local sobre piel o mucosas, lo cual los distingue de los desinfectantes, que se usan sobre superficies inanimadas, debido normalmente a su toxicidad. Son considerados como antimicrobianos porque reducen la posibilidad de infección en los tejidos vivos. Los antisépticos se encuentran contenidos en una gama de productos como crema dental, jabones, desodorantes, calzado, juguetes para niños y cremas para el acné.	• (Murray , Thomas, & Bodour, 2010) • (Petrović et al., 2003) • (Possenti et al., 2019)
Detergentes, tensoactivos y sus metabolitos	Estos contaminantes se han convertido en un tema de investigación donde se pretende evaluar la concentración de estos en ríos, lagos y aguas costeras.	• Tensoactivo • Polifosfato silicato • Perborato sódico • Fluorescente • Sulfato sódico • Enzimas	Son aquellos residuos de agentes tensoactivos, aromáticos. Estos se usan como detergentes, agentes adherentes, dispersantes, emulsificantes, solubilizantes y agentes	• (Ho, 2000)

		• Carboximetilcelulosa • Sulfato de sodio • Perborato • Silicatos • Sodio Tri(poli)fosfato • Sodio pirofosfato • Sodio silicato • Sodio carbonato • Sodio • Aluminosilicato	espumantes. De la misma forma, son importantes en aplicaciones industriales, como son: papel y celulosa, textiles, recubrimientos, pesticidas agrícolas, aceites combustibles y lubricantes, metales y plásticos.	
Aditivos y agentes industria les	La mayoría de los detergentes sintéticos son contaminantes persistentes debido a que no son descompuestos fácilmente por la acción bacteriana. A los detergentes que no son biodegradables se les llama detergentes duros y a los degradables, detergentes blandos. Una gran cantidad de detergentes son arilalquilsulfonatos de sodio los cuales tienen una cadena alquílica larga. Si la cadena es ramificada no pueden ser degradados por los microorganismos, por	• Glutamato Monosódico • Edulcorantes artificiales • Nitrito de sodio • Goma guar • Carragenina • Lecitina • Aspartamo y sacarina • Glutamato monosódico • Ácido carmínico	Hay una amplia gama de aditivos y compuestos industriales que pueden ser liberados al medio ambiente. Muchos de estos causan problemas en la salud, tales como los disolventes clorados, hidrocarburos, incluidos los hidrocarburos poliaromáticos. La mayoría de estos compuestos industriales se clasifican como contaminantes prioritarios. Otros compuestos usados industrialmente como estabilizadores incluyen disolventes, agentes	• (Becerri 1, 2009)

	lo que se dice que son persistentes, y causan grandes problemas de contaminación del agua de lagos, ríos y depósitos subterráneos.		tensoactivos e inhibidores de corrosión.	
Aditivos de gasolinas	El más conocido de todos es el metil-tert-butil éter (MTBE) y es considerado como contaminante emergente debido a su rápida acción para transportarse por el agua y el suelo; es resistente a la biodegradación. Por ende, es un compuesto difícil de remediar.	• Tetraetilo De Plomo • Etanol • Mtbe	Son compuestos químicos que se producen a bajo costo, se mezclan bien con los hidrocarburos, son sustitutos del plomo al favorecer la combustión de las gasolinas permitiendo la reducción de emisiones de CO a la atmosfera y tienen un elevado octanaje.	• (Carrasco, Marco, 2001) • (Purswani, 2011)
Metales pesados	Son todos aquellos compuestos que se derivan de actividades como la minería, el acabado de metales, producción de pinturas, baterías, metalurgia y diferentes actividades industriales los cuales son producidos continuamente y como resultado llegan a las aguas residuales en altas concentraciones.	• Cobalto • Plomo • Cobre • Mercurio • Zinc • Níquel • Arsénico • Cromo • Selenio	Los metales pesados generan una problemática ambiental porque no son fácilmente degradables además de que a bajas concentraciones provocan efectos tóxicos en plantas, animales y seres humanos.	• (Valladares, Valerio, Burelo, & Melgoza, 2017).

2.1.1 Detección y cuantificación de contaminantes emergentes en fuentes hídricas. Los contaminantes emergentes en las fuentes hídricas se encuentran a concentraciones de ng/L o $\mu\text{g/L}$, lo que la mayoría de las veces hace difícil su detección (Sabater, Guasch, Moreno, Romaní, & Muñoz, 2008); dentro de las técnicas analíticas para la detección y determinación de contaminantes emergentes se encuentra en la mayoría de los casos la cromatografía de gases o líquido acoplada a espectrometría de masas. La espectrometría de masas ha resultado ser una técnica importante para la determinación de estos contaminantes por sus resultados significativos en cuanto a la sensibilidad, selectividad y especificidad. Para la detección de estos contaminantes se han utilizado técnicas como extracción líquido - líquido, extracción en fase sólida, microextracción en fase sólida y micro extracción-emulsificación asistida por ultrasonidos; siendo la extracción líquido – líquido una de las más utilizadas. Recientes estudios reportan para investigaciones futuras técnicas basadas en nanomateriales con características magnéticas que podrían utilizarse como sustrato para aplicaciones en fase sólida (Rasheed, Bilal, Nabeel, Adeel, & Iqbal, 2019).

2.1.2 Tratamientos para la eliminación de contaminantes emergentes de las fuentes hídricas. Los tratamientos convencionales de aguas residuales no son del todo satisfactorios para eliminar este tipo de contaminantes incluso en aquellas plantas de tratamiento en las cuales se emplea un tratamiento terciario. Este tipo de contaminantes persisten en el agua sin sufrir ninguna alteración. Debido a esto, se promueve la búsqueda y estudio de nuevas tecnologías tanto fisicoquímicas como biológicas que permitan minimizar este tipo de contaminantes en las fuentes hídricas (Gil et al., 2012). En la Figura 3 se describe brevemente algunos de los tratamientos fisicoquímicos reportados en la literatura para remover contaminantes emergentes.

Tratamientos fisicoquímicos

Ultrafiltración	Oxidación avanzada	Nanofiltración con membranas	Nano-adsorbentes de nueva generación
Este tipo de tecnología utiliza un sistema de filtración avanzado empleando unas membranas las cuales tienen un tamaño de poro de 0,1-0,01 μm lo cual determina su capacidad de retención. Se combina con el proceso de adsorción con carbón activado para que el tratamiento sea más eficiente. En la ultrafiltración, los compuestos de baja masa molar no alcanzan a ser retenidos. Por ello, el carbón activado de potencia se encarga de la adsorción de estos debido a su alto peso molecular permitiendo así ser removido por la membrana de ultrafiltración (Cruz, 2016) (Gil et al., 2012).	Procesos fisicoquímicos que son capaces de producir cambios en la estructura química de los contaminantes, logrando de esta manera degradar y eliminar contaminantes emergentes. Se utilizan comúnmente oxidantes como el ozono y el peróxido de hidrogeno y este último en combinación con una sal de hierro produce un efecto foto-Fenton el cual presenta una mayor velocidad de reacción debido a la foto-reducción de iones de hierro y por tal motivo una mejor efectividad en la degradación de contaminantes (AINIA, 2015)	La nanofiltración ha sido utilizada en procesos de purificación de agua potable, como decoloración, eliminación de sustancias orgánicas, ablandamiento del agua, entre otros. La separación se da por difusión de la membrana semipermeable la cual va a depender del tamaño de las moléculas que puedan atravesar la membrana dependiendo del tamaño del poro, el cual mide entre 0,1-0,01 μm (Cruz, 2016).	Es una técnica capaz de eliminar contaminantes que se encuentren a concentraciones de $\mu\text{g/L}$ en condiciones variadas de pH y temperatura. Se destaca por su pequeño tamaño, alta reactividad, su potencial catalítico y gran energía superficial. Para el tratamiento de contaminantes emergentes en fuentes hídricas, los adsorbentes que más se utilizan son los que están compuestos de akaganeita, ferrita de cobalto, anatasa, óxido de hierro, sulfuro de zinc, alúmina y algunas aleaciones. Los nano-adsorbentes más destacados por presentar mejores propiedades de adsorción son los nanotubos de carbono y las zeolitas (Basheer, 2018).

Figura 3. Tratamientos fisicoquímicos de contaminantes emergentes

Tratamientos biológicos

Dentro de los tratamientos biológicos (ver *Figura 4*), se encuentra una serie de procesos en los cuales se utilizan microorganismos y pueden realizarse en presencia o ausencia de oxígeno. Estos tratamientos básicamente son utilizados en las plantas de tratamientos de aguas residuales.

Biorreactores de membrana	Sistemas bioelectroquímicos	Fitorremediación
En este tratamiento, se combina el proceso de filtración por membrana con la degradación biológica utilizando fangos activos permitiendo así, la retención y biodegradación de contaminantes. Los biorreactores de membrana pueden situarse en el interior o exterior del reactor biológico; además puede aplicarse a un proceso aerobio o anaerobio; siendo los aerobios, los más eficientes para la degradación de contaminantes. La ventaja de este tipo de tratamientos es que se requieren unidades de tratamiento pequeñas, son capaces de resistir altas cargas orgánicas y presentan una alta capacidad para retener y degradar compuestos tanto orgánicos como inorgánicos (Rubio, Chica y Peñuela, 2013).	Este tipo de tratamiento está basado en la oxidación biológica que se produce en el ánodo por bacterias, las cuales se encargan de formar una biopelícula mientras se va realizando una transferencia de electrones de los microorganismos a la superficie de los electrodos. Luego, estos electrones pasan a través de un circuito eléctrico externo al cátodo, en donde pueden ocurrir reacciones de reducción. Este sistema presenta una efectividad para remover contaminantes (Rodríguez et al., 2017).	Las plantas, han sido consideradas como medios de remediación de contaminantes tanto en aguas como en suelos. Ellas crecen en el medio contaminado y durante su crecimiento adsorberán o consumirán contaminantes presentes en el medio en el que estén dispuestas. En este proceso se producen mecanismos que ayudan a reducir la toxicidad de los contaminantes. Para promover su crecimiento y lograr que duren por un periodo más largo, en muchos casos se utilizan microbios que son estimuladores para el funcionamiento de la planta (Jeevanantham et al., 2019).

Figura 4. Tratamientos biológicos para contaminantes emergentes.

2.1.3 Efectos ambientales de los contaminantes emergentes. La contaminación de las fuentes hídricas es un tema de preocupación a nivel mundial debido a que en el caso de los contaminantes emergentes presentes en dichas fuentes generan efectos reproductivos y de salud sobre los seres vivos alterando, bloqueando o interrumpiendo sus funciones. Por ende, este tipo de contaminantes son catalogados como disruptores endocrinos (Undiano, Arroyo, & Ayala, 2017). En la Figura 5 pueden observarse algunos efectos de los contaminantes emergentes en animales y seres humanos al ser catalogados como disruptores endocrinos (Bolong, Ismail, Salim, & Matsuura, 2009).

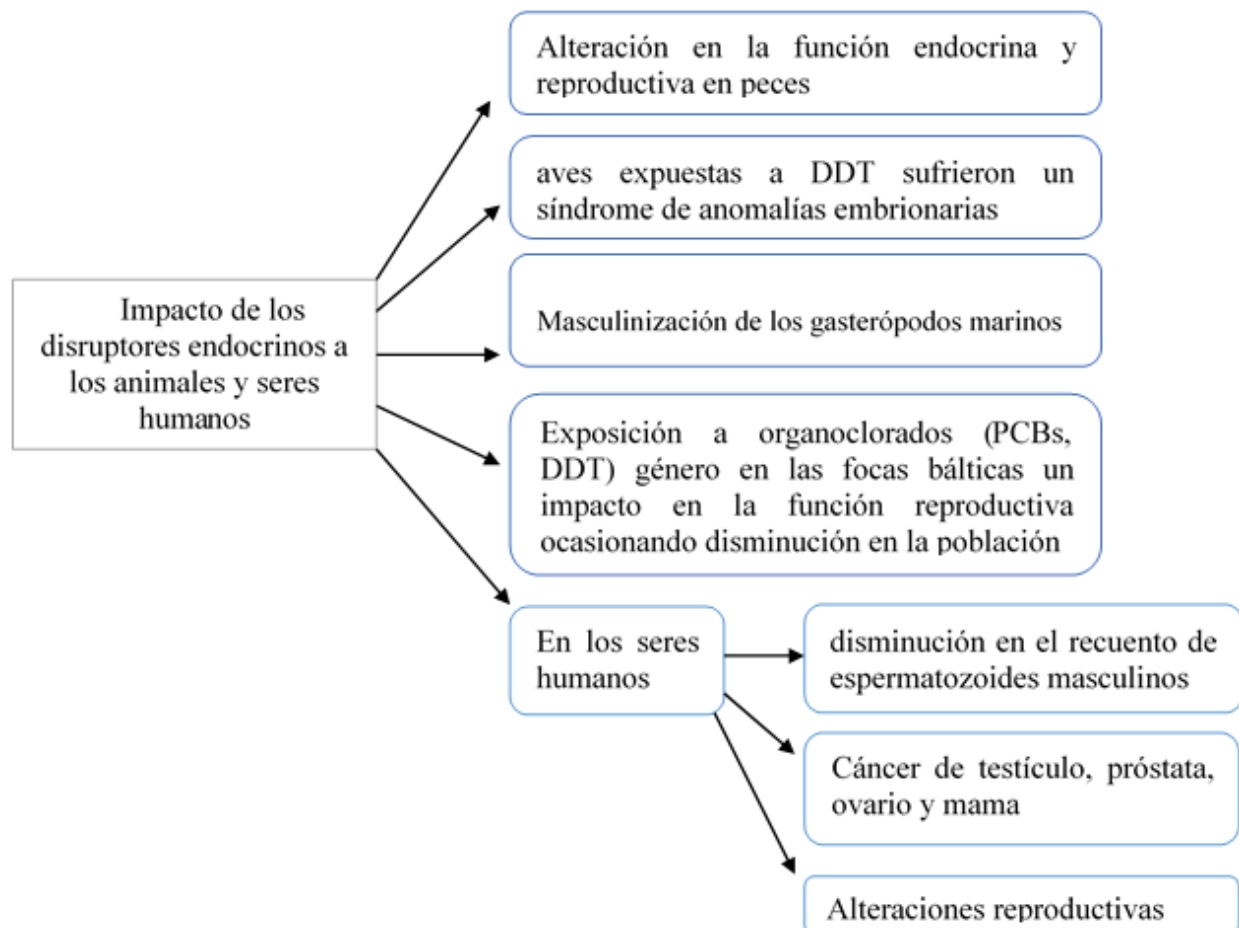


Figura 5. Efectos ocasionados por disruptores endocrinos en animales y seres humanos. Adaptado de (Bolong et al., 2009).

2.1.4 Normatividad para contaminantes emergentes. Los países conocidos como de primer mundo principalmente los que comprenden a la Unión Europea y los Estados Unidos de América contemplan planes de acción, propuestas de legislación y políticas de prevención, información sobre la regulación de los contaminantes emergentes enfocados en los que tienen características de disrupción endocrina, basadas en los resultados de las investigaciones realizadas. En el caso de la Unión Europea desde la década de los 90's, se han desarrollado múltiples acciones, desde crear listas de los principales compuestos causantes de disrupción endocrina, investigaciones sobre su presencia en aguas residuales tratadas, que desembocan en cuerpos de agua superficiales y en algunos casos aguas subterráneas y agua potable (Caviedes, Delgado, & Olaya, 2017).

La actual legislación de la Unión Europea ya ofrece algunas posibilidades para la evaluación de los impactos acumulativos de varias sustancias en cuanto a su impacto en el sistema endocrino.

Existe para Estados Unidos dos normatividades vigentes la NPDWR (Reglamentos Nacionales para el Agua Potable Primaria) y la 4CCL (Lista de contaminantes candidatos), para la Unión Europea se cuenta con la WFD (Directiva Marco del Agua) (decisión 2455/2001) y el reglamento U.E (2017/735) (Caviedes et al., 2017).

Además de eso se investigó que Colombia a la fecha no cuenta con una normatividad vigente para la contaminación producida por estos compuestos emergentes. Se espera que se establezcan dichas leyes con el fin de ampliar su concepto a las preocupaciones ambientales y para considerar medidas para controlar y evaluar el riesgo de los efectos ambientales en todo el país.

2.2 Cienciometría: definición y aplicaciones

El término cienciometría surge en 1977 en Europa Oriental cuando la revista titulada *Scientometrics* alcanza un nivel de popularidad alto; desde ese momento se ha encargado de

estudiar aspectos de la ciencia en cuanto a la información que es registrada en formatos permanentes (revistas, base de datos, páginas web, etc.) y disponibles para uso común. En Latinoamérica, la cienciometría aparece por primera vez en el año 1995 cuando se crea la Red Iberoamericana de Indicadores de Ciencia y Tecnología (RICYT), patrocinada por el Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) –programa perteneciente a la UNESCO y la OEA (EcuRed, 2014).

Para medir la actividad científica e inventiva de un área de interés se emplean las herramientas de bibliometría y cienciometría. La primera se encarga de estudiar la organización de los sectores científicos y tecnológicos empleando fuentes bibliográficas y patentes para identificar los autores, sus relaciones y tendencias, en tanto que la cienciometría se encarga de evaluar la producción científica mediante indicadores numéricos de los artículos y patentes (Spinak, 1998).

La cienciometría emplea técnicas métricas para la evaluación de la ciencia y examina el desarrollo de las publicaciones científicas de países y organizaciones (Araújo & Arencibia, 2002). En la Figura 6 puede observarse los temas de estudio que se incluyen dentro de la cienciometría.

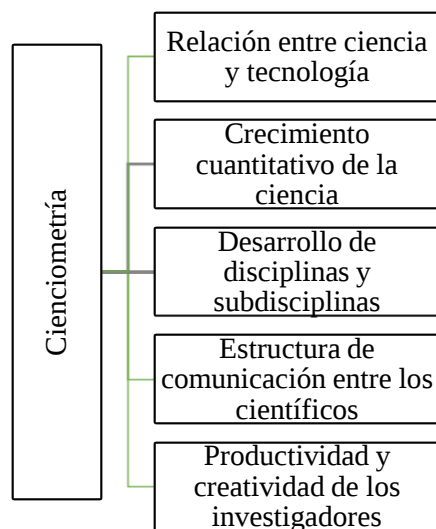


Figura 6. Temas de estudio que incluye la cienciometría. Adaptado de (Araújo & Arencibia, 2002).

En un estudio de (Moreno, Zumaya, & Ceballos, 2016) postulan los usos de la cienciometría para diversos temas, en este caso se hizo uso de técnicas bibliométricas en la investigación en salud ambiental en América Latina 2000-2009 donde evaluaron tanto la actividad científica y tecnológica como las tendencias en producción y comunicación; de esta manera determinaron que no todos los países de América Latina cuentan con producción científica y pocos habían reportado información sobre el tema en estudio.

En la Tabla 2 se presenta el listado de indicadores cienciométricos que se emplean para definir las tendencias en la actividad científica e inventiva en un determinado sector del conocimiento.

Tabla 2. Indicadores cienciométricos para artículos y patentes

Vigilancia tecnológica: Indicadores cienciométricos		
Tipo de revisión	Actividad científica	Actividad inventiva
Tipo de documento	Artículos científicos	Patentes
Bases de datos	Bases de datos tipo referenciales y de texto	Bases de datos de Patentes
Estructurar la ecuación de	Palabras clave, buscar en los	Palabras clave, buscar en el

búsqueda	<i>keywords</i> , título y <i>abstract</i> del artículo, período de consulta	título, <i>abstract</i> , <i>claims</i> del documento de patente
Número de documentos	Número de artículos	Número de patentes
Dinámica de publicaciones	Número de artículos por años	Número de patentes por años
Autores	Investigadores más importantes en el tema	Inventores más importantes
Afiliación por país	Países donde se encuentran trabajando los investigadores	Países donde se registra la invención
Afiliaciones por institución	Organizaciones de tipo académico, privadas, gubernamentales, públicas	Empresas aplicantes de las patentes (usuarios finales de las invenciones)
En qué tema	Área de conocimiento en la cual tiene su aplicación el trabajo de investigación.	Definida por la IPC (Clasificación Internacional de patentes).
Dónde se publica	Revistas científicas	Oficinas de patentes donde se registra la invención

Nota: Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga, Universidad Santo Tomás, Seccional Bucaramanga

2.3 Fuentes de información: Bases de datos referenciales de artículos científicos y patentes.

“Las bases de datos son un conjunto de datos que pertenecen a un mismo contexto y son almacenados de manera sistemática para su posterior uso. Algunos de los datos se encuentran protegidos por las leyes de varios países” (Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid, 2013, p.1).

2.3.1 Patentes. Las patentes son derechos exclusivos que se conceden sobre una invención. Dichos derechos son impedir que la invención sea usada, distribuida o producida por terceros con fines comerciales. La protección concedida por medio de una patente está vigente por 20 años en algunos países a partir de la fecha en que se radica la solicitud.

A nivel internacional, existe la clasificación internacional de patentes (IPC) la cual es un sistema jerárquico que consta de símbolos independientes del idioma, los cuales permiten clasificar las patentes de acuerdo con los distintos sectores de la tecnología a los cuales pertenecen. Este sistema divide la tecnología en ocho secciones y tiene unas 70.000 subdivisiones (World Intellectual Property Organization, 2018). El principal propósito de las IPC es facilitar la identificación de las patentes basado en el estado del arte. En relación con el desarrollo de indicadores, los IPC pueden interpretarse como un protocolo o lenguaje común, a través de cual las oficinas de propiedad intelectual pueden identificar y agrupar el estado de la técnica que se registra (Oldham, 2009). La clasificación IPC agrupa las patentes en ocho secciones, a saber:

Tabla 3. Secciones de Clasificación Internacional de Patentes (IPC)

SECTION A	Human necessities
SECTION B	Performing operations; transporting
SECTION C	Chemistry; metallurgy
SECTION D	Textiles; paper
SECTION E	Fixed constructions
SECTION F	Mechanical engineering; lighting; heating; weapons; blasting
SECTION G	Physics
SECTION H	Electricity

Nota: adaptado de (World Intellectual Property Organization, 2018).

A su vez, cada sección de patentes se ordena de manera jerárquica en Subsecciones, Clases, Subclases, Grupos y Subgrupos.

A continuación, se presentan las características técnicas de las bases de datos referenciales de artículos y patentes empleadas en este trabajo.

2.3.2 SCOPUS

Tabla 4. Información base de datos SCOPUS

Compañía	Elsevier B.V.
Herramienta	Buscador de información científica estructurada
Tipo de Herramienta	Plataformas Integradas de Información vía Web
Scopus incluye:	• Cerca de 71 millones de registros • Más de 64 millones de registros posteriores a 1970, incluidas las referencias • Más de 6,5 millones de registros anteriores a 1970 que se remontan a 1788 • Más de 23,700 revistas revisadas por pares, de las cuales más de 4,000 tienen acceso abierto Gold Open. • Más de 1.4 mil millones de referencias citadas después de 1970 • Más de 166,000 libros • Incluyendo monografías, volúmenes editados, trabajos de referencia principales y libros de texto de nivel de posgrado • Se enfoca en ciencias sociales y artes y humanidades, pero también incluye ciencia, tecnología y medicina (STM) • Más de 600 series de libros • Más de 8.3 millones de artículos de conferencias • Más de 300 publicaciones comerciales • Artículos in Press (artículos que han sido aceptados para publicación) de ceca de 3750 revistas de editores internacionales que incluyen: <i>Cambridge University Press</i>, <i>the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)</i>, <i>Nature Publishing Group</i>, <i>Springer</i>, <i>Wiley-Blackwell</i> y por supuesto, <i>Elsevier</i>.
Interfaz	Web – Online. Acceso Restringido
Utilidad:	Combina contenidos de calidad evaluados con herramientas diversas herramientas que permiten usar, analizar y gestionar dichos contenidos

Página Web	www.scopus.com
-------------------	----------------

Nota: Adaptado de (ELSEVIER, 2018).

2.3.3. DERWENT INNOVATIONS

Tabla 5. Información base de datos de patentes DERWENT INNOVATIONS

Compañía	Clarivate Analytics
Herramienta	Buscador de información científica estructurada
Tipo de Herramienta	Plataformas Integradas de Información vía Web
Características:	- Derwent Innovations es una plataforma que contiene más de 65 millones de patentes y con acceso web a más de 30 millones de invenciones de manera detallada. Permite consultar los enlaces en los cuales las patentes han sido citadas, artículos citados y fuentes de datos de patentes de texto completo. - El Índice de innovaciones de Derwent abre el poder de la búsqueda de patentes a todos los niveles de una organización, lo que le permite navegar por los registros de patentes ingresando consultas de búsqueda simples. La cobertura incluye registros de patentes del Índice de patentes mundiales de Derwent e información de citación de patentes del Índice de citas de patentes de Derwent. - El recurso fusiona el Derwent World Patents Index y el Derwent Patents Citation Index. Está compuesto por 3 series: Química, Ingeniería Eléctrica y Electrónica, e, Ingeniería Mecánica. Contiene más de 10 millones de inventos básicos y 20 millones de patentes. La información incluida inicia con las patentes del año 1983. Se actualiza semanalmente.
Interfaz	Web – Online. Acceso Restringido
Utilidad:	Combina contenidos de calidad evaluados con diversas herramientas que permiten usar, analizar y gestionar dichos contenidos
Página Web	https://clarivate.com/products/derwent-innovation/

Nota: Adaptado de (Clarivate Analytics, 2016).

2.3.4 Software especializado para minería de texto. El software VantagePoint es una herramienta empleada para realizar minería de textos que permite descubrir conocimiento en resultados de búsqueda de bases de datos de patentes y literatura (VantagePoint, 2001). En la Figura 7 puede observarse de manera resumida el funcionamiento del software VantagePoint.

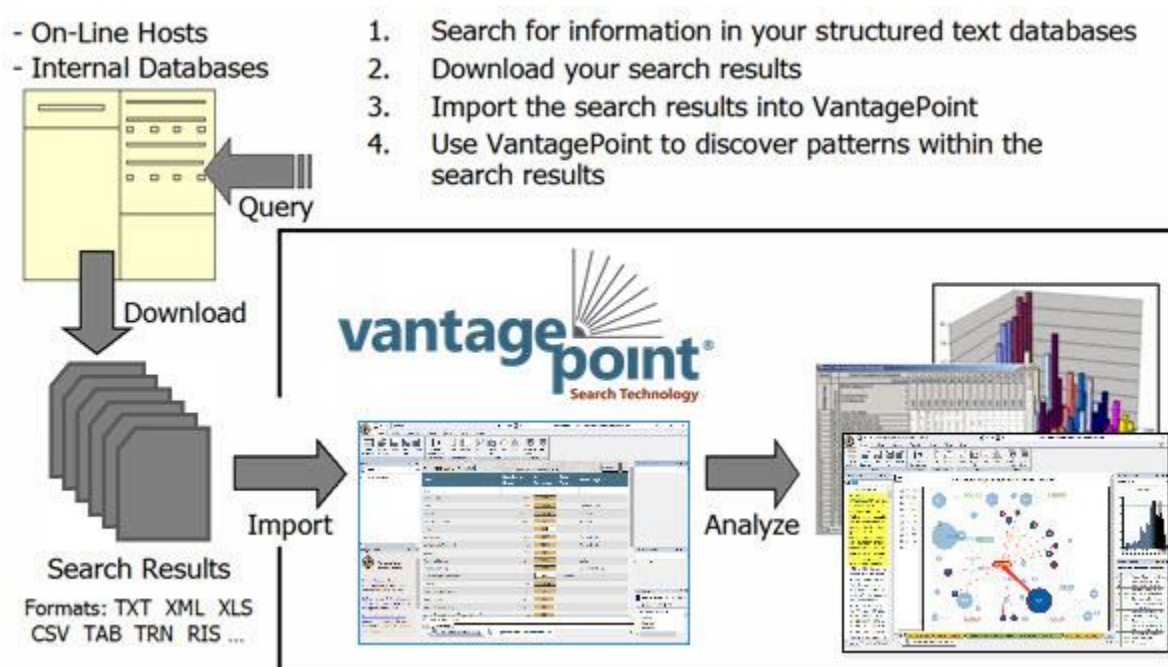


Figura 7. Herramienta de minería de texto software VantagePoint. (VantagePoint, 2001).

Tabla 6. Información software Vantagepoint

Herramienta	VantagePoint, Procesamiento y Análisis de Información – Análisis Cienciométrico
Tipo de Herramienta	Herramienta de Análisis de cienciométrico de información estructurada
Interfaz	Web – Online. Acceso Restringido
Características:	• Es una herramienta de minería de datos que trabaja sobre grandes volúmenes de información estructurada. Entre las funcionalidades se encuentran: Depuración y clasificación de la información, • Análisis y Tratamiento de la información, • Extracción de estadísticas básicas de actividad, • Análisis estadísticos relacionales,

	• Representación gráfica de la información.
Licencia Académica	Unidad de Bibliometría, CRAI – Biblioteca, Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga.
Acceso restringido	http://www.thevantagepoint.com/
Utilidad para el Informe	Permite otorgar respuestas de manera precisa a algunos de los objetivos específicos del informe tales como dinámicas de publicación científica, asociatividad entre autores, relaciones entre temáticas, entre otros.

Nota: Adaptado de (VantagePoint, 2001)

Con el fin de establecer la validez y el impacto de esta metodología de análisis de información como herramienta de apoyo en los proyectos de investigación, se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda en la base de datos de *Scopus* (*TITLE-ABS-KEY (scientometric* OR bibliometr*) AND DOCTYPE (ar)*), mediante la cual se registraron 13,641 documentos (Fecha de consulta: 15 de marzo de 2019).

La dinámica de publicaciones y aplicaciones indexadas en la base de Scopus se presenta a partir de 1970 con 1 artículo registrado. Durante el período 1970 – 2008, aparecen en total 3064 documentos. A partir de los años 90 se percibe un ligero aumento del interés de aplicación de esta metodología, aumentando progresivamente a partir del 2005. En la Figura 8, se presenta la dinámica de publicaciones en este tema a partir del 2008 y se puede apreciar la tendencia creciente, siendo el 2018 el año de mayor actividad en esta área.

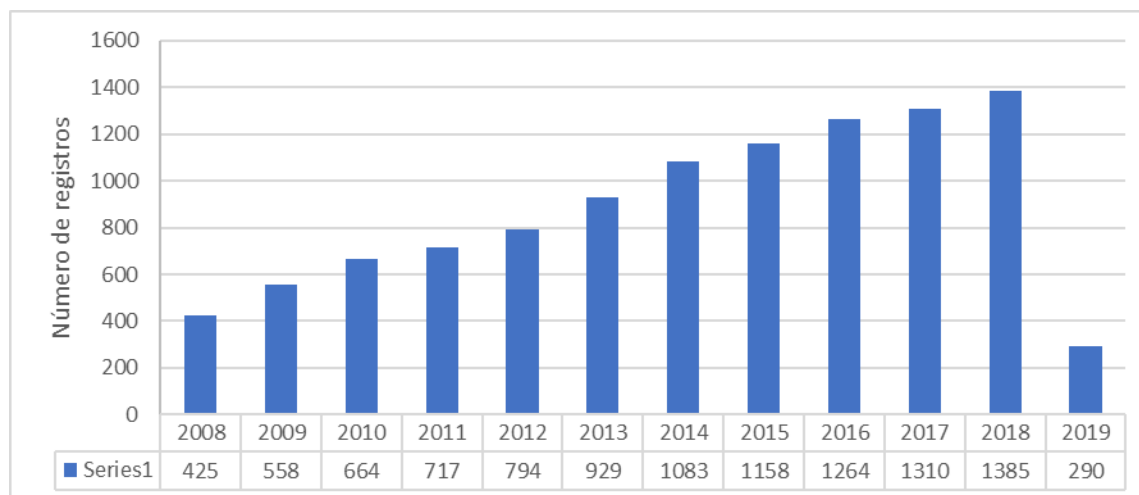


Figura 8. Dinámica científica de publicaciones relacionadas con la aplicación de la cienciometría o bibliometría como herramienta de análisis de datos. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus (Elsevier, 2019).

En cuanto a la distribución por países, en la Figura 9, se puede observar que las mayores publicaciones se originan en Estados Unidos (2647 registros), seguido por España (1506), China (1406), Reino Unido (951). Dentro del grupo de países latinoamericanos, Brasil presenta 864 documentos, México (174), Colombia (164).

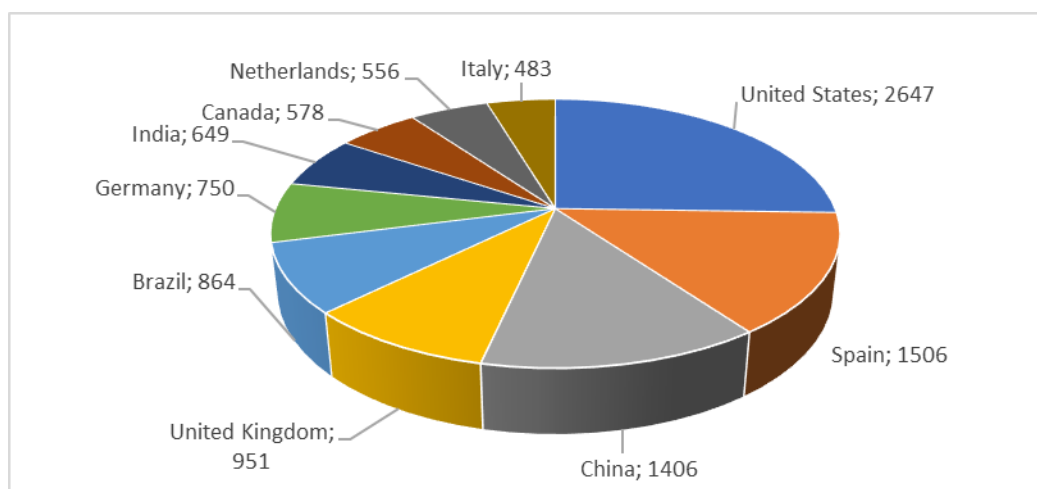


Figura 9. Distribución científica de publicaciones relacionadas con la aplicación de la cienciometría o bibliometría como herramienta de análisis de datos. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus (Elsevier, 2019).

Las áreas de aplicación de esta metodología de análisis de información se presentan en la Figura 10. El mayor número de artículos se presentan en las Ciencias Sociales (5710 documentos), Medicina (4227), Ciencias Computacionales (3694). En el caso de las Ciencias Ambientales se presentan 581 registros que corresponden al 2,6% del total de documentos desarrollados con esta metodología.

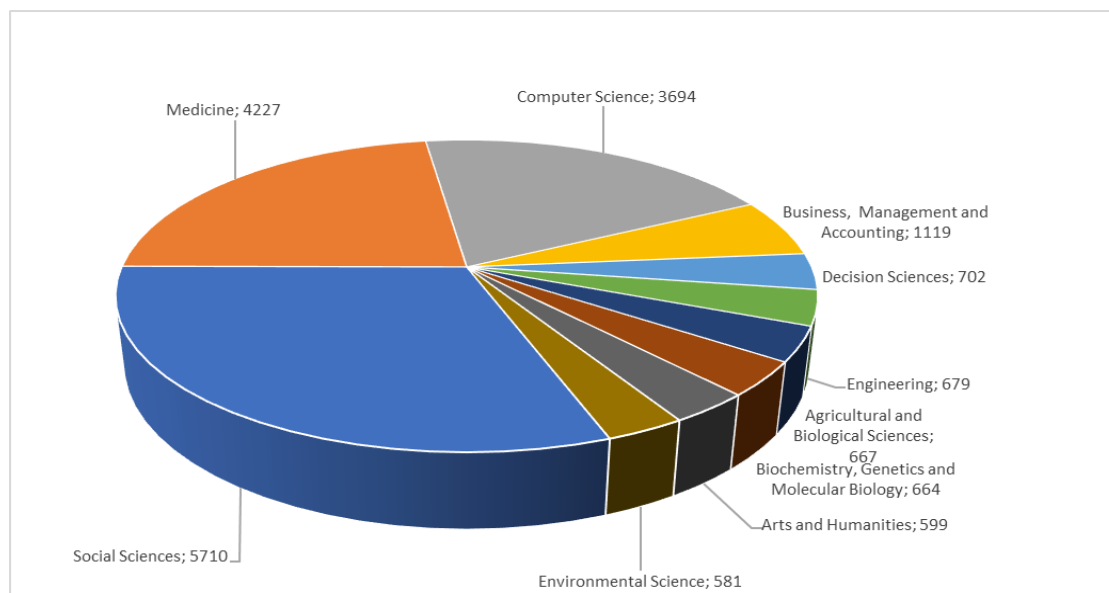


Figura 10. Distribución de publicaciones relacionadas con la aplicación de la cienciometría o bibliometría como herramienta de análisis de datos de acuerdo con el área de aplicación. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus (Elsevier, 2019).

3. METODOLOGÍA.

Este ejercicio de análisis cienciométrico tiene como objetivo determinar la actividad científica y las tendencias de investigación relacionada con los diferentes tipos de contaminantes emergentes presentes en el recurso hídrico, de igual forma los diferentes métodos de análisis y tratamiento

que se emplean. En la Figura 11 se presenta un esquema de las etapas de desarrollo del presente ejercicio.

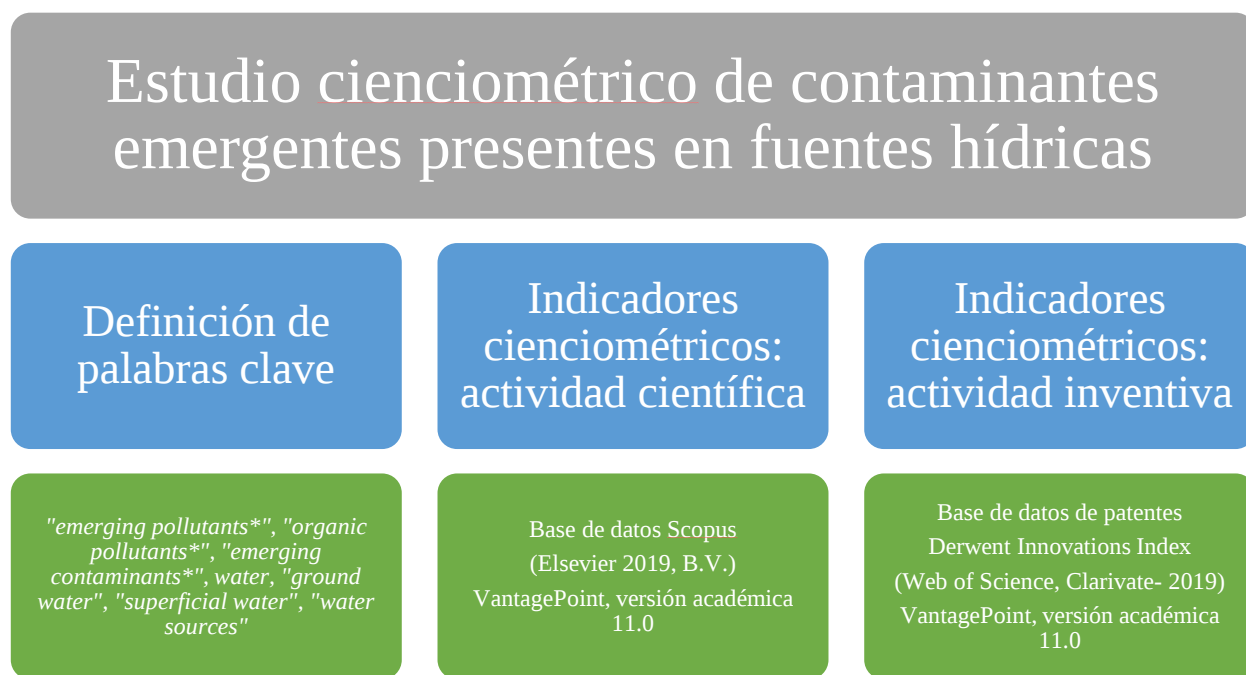


Figura 11. Esquema de las etapas de desarrollo del presente ejercicio.

Se empleó la base de datos referencial de *Scopus* (Elsevier, B.V. 2019) para consulta de artículos. Se consultó adicionalmente la base de datos de patentes *Derwent Innovations* (Clarivate Analytics, 2019), estas bases de datos se encuentran disponibles a través de la Biblioteca Central de la UIS y del CRAI Biblioteca de la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga. También se consultaron diferentes páginas de internet para obtener información general relacionada con el tema de contaminantes emergentes y su impacto ambiental.

Con el fin de obtener los indicadores de actividad científica e inventiva y las matrices relacionales, los registros obtenidos fueron evaluados usando una versión académica de Vantage Point (*Search Technology*, Versión 11.0) facilitada por la Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Las gráficas y tablas fueron elaboradas empleando hojas de cálculo de Microsoft Excel.

Para el desarrollo del ejercicio de cienciometría se empleó la base de datos de Scopus (Elsevier, B.V., 2019) y las palabras claves evaluadas fueron: "*emerging pollutants**", "*organic pollutants**", "*emerging contaminants**", *water*, "*ground water**", "*superficial water**", "*water sources**". El período de consulta se definió entre los años 2008 a la fecha. El tipo de documento a analizar fueron artículos, ya que estos definen los avances de la investigación en el tema. En la Figura 12 se puede observar el proceso que se llevó a cabo en el software VantagePoint una vez se obtuvo la información de la base de datos Scopus (Elsevier, B.V., 2019) y la base de datos para patentes *Derwent Innovations* (Clarivate Analytics, 2019).

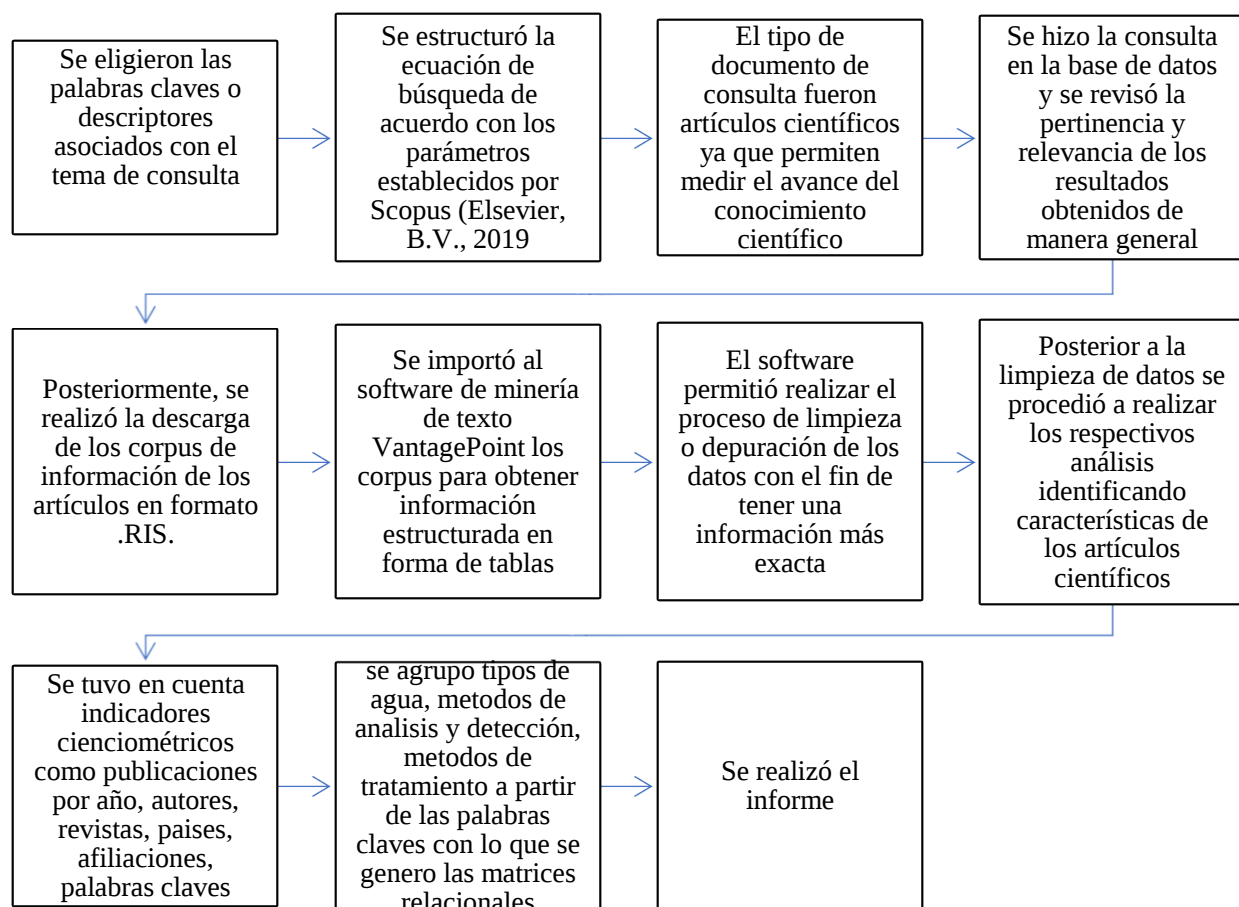


Figura 12. Descripción del proceso realizado en el software VantagePoint

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Actividad científica

Se empleó la base de datos de Scopus (Elsevier, B.V, 2019) para realizar un estudio cuantitativo con el fin de identificar los principales contaminantes emergentes más investigados presentes en el recurso hídrico, como también los diferentes métodos analíticos para su determinación y las técnicas de recuperación o tratamiento de estos. Con esta finalidad se estructuró la siguiente ecuación de búsqueda: (*TITLE-ABS-KEY ("emerging pollutants*" OR "organic pollutants*" OR "emerging contaminants*") AND TITLE-ABS-KEY (water OR "ground water" OR "superficial water" OR "water sources")) AND DOCTYPE (ar) AND PUBYEAR > 2007*, Fecha de consulta: 18 de enero de 2019. Se obtuvieron 9842 registros que corresponden a artículos científicos indexados en la base de datos de Scopus.

Esta información se evaluó empleando la versión académica del software *Vantagepoint* (versión 11.0; *Search Technology*, <http://www.thevantagepoint.com/>), disponible en la Unidad de Bibliometría del CRAI Biblioteca de la Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga.

Este programa es especializado para realizar minería de textos (*Text mining*)² y permite identificar dinámicas o tendencias como la evolución en el tiempo de las publicaciones, quiénes son los autores principales, los países e instituciones que mayor interés presentan por este tema y cuáles son las aplicaciones más importantes a las que se orientan los trabajos de investigación.

A continuación, se presentan los principales indicadores cuantitativos del tema de investigación, estos datos están relacionados con las palabras clave empleadas, la ecuación de

²Aunque podría emplearse minería de datos, en estos caso la unidad de tratamiento no es en si el dato, sino "el texto" tomado como dato. En la minería de textos los términos del texto son tratados como valores o datos posibilitando su análisis estadístico o cuantitativo.

búsqueda estructurada, el tipo de documento, el período. Se debe considerar que las bases de datos se actualizan cada 7 días, por lo que estos resultados varían según la fecha de consulta.

4.2 Dinámica científica

La dinámica científica muestra la distribución de los registros por año. En la Figura 13 se puede observar el comportamiento de las publicaciones en los 10 últimos años (2008 – 2018). En general se aprecia una tendencia creciente en el interés de los investigadores en este tema. Los años de mayor actividad se presentan entre el 2017 y 2018. Esta tendencia por años además muestra que las investigaciones de contaminantes relacionados a las fuentes hídricas van en aumento pues el agua es un recurso natural indispensable para el planeta y hoy día existen una infinidad de contaminantes que llegan al agua de manera indiscriminada hecho que limita gradualmente el uso de dicho recurso.

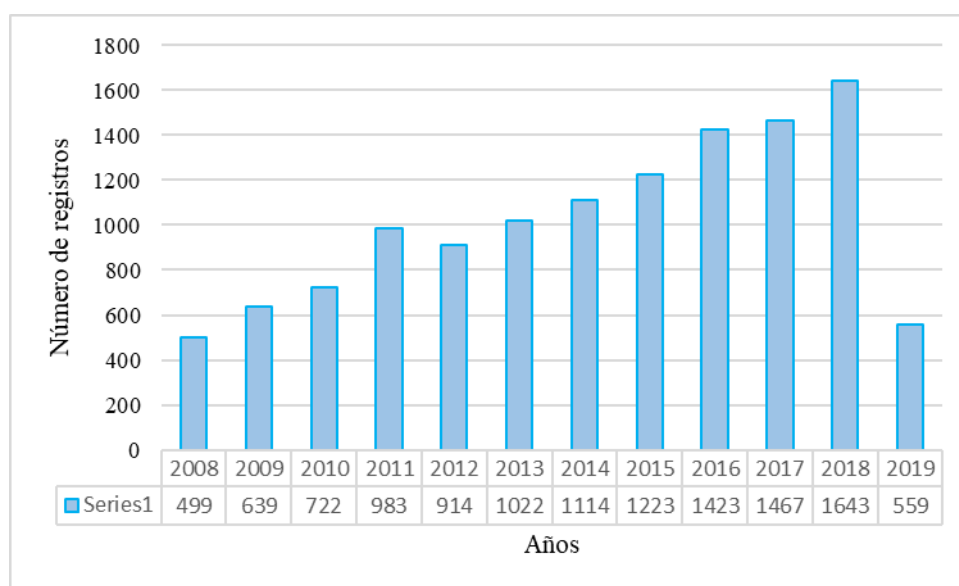


Figura 13. Reporte de artículos por año. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus (Elsevier, 2019) y procesados con el software especializado de VantagePoint (versión académica 11.0, Search Technology).

4.3 Distribución de publicaciones por países

En la Figura 14 y Figura 15, se presenta la lista de países con sus respectivos números de publicaciones realizadas hasta el momento; a nivel mundial China encabeza la lista de países que más han estado investigando sobre este tipo de contaminantes presentes en las fuentes hídricas pues al ser uno de los países sobrepoblados en el mundo la contaminación que genera es mucho mayor además según reportes realizados por (Arbeláez, 2016) en las estaciones de depuradoras de aguas residuales han encontrado presencia de metilparabenos y propilparabenos a concentraciones de 407 $\mu\text{g/kg}$ y 27 $\mu\text{g/kg}$ por lo cual se encuentran en estudios e investigaciones sobre tratamientos fisicoquímicos, biológicos e incluso nanomateriales que de alguna manera puedan contribuir con la remediación al medio ambiente.

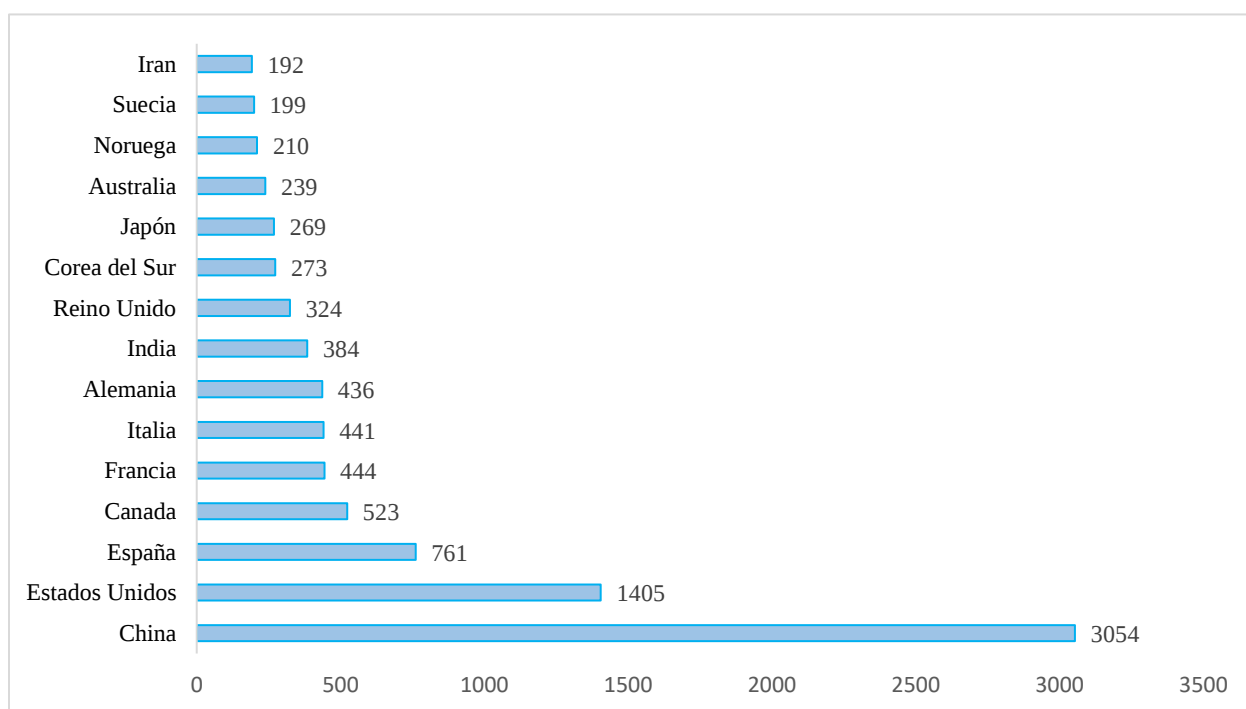


Figura 14. Distribución de publicaciones por países a nivel mundial, relacionadas con la presencia de contaminantes emergentes en fuentes hídricas. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus

(Elsevier, 2019) y procesados con el software especializado de VantagePoint (versión académica 11.0, *Search Technology*).

A nivel de Latinoamérica, Brasil es el país con mayor número de publicaciones realizadas hasta el momento; según (Montagner, Vidal, & Acayaba, 2017) las investigaciones sobre este tipo de contaminantes en este país iniciaron hacia el año 1995 cuando en una corriente de agua de la región de Ribeirão Preto encontraron pesticidas de la clase de las triazinas; para el año siguiente empezaron el estudio para la remoción de fármacos y hormonas en estaciones de tratamiento de aguas residuales y en la cuenca del río Paraíba del sur en el Estado de Río de Janeiro, desde entonces han estudiado la presencia de contaminantes emergentes en varios tipos de aguas; además Brasil se encuentra entre las diez mayores economías del mundo, presentando un alto grado de consumo de tal manera que a la vez eleva los problemas ambientales.

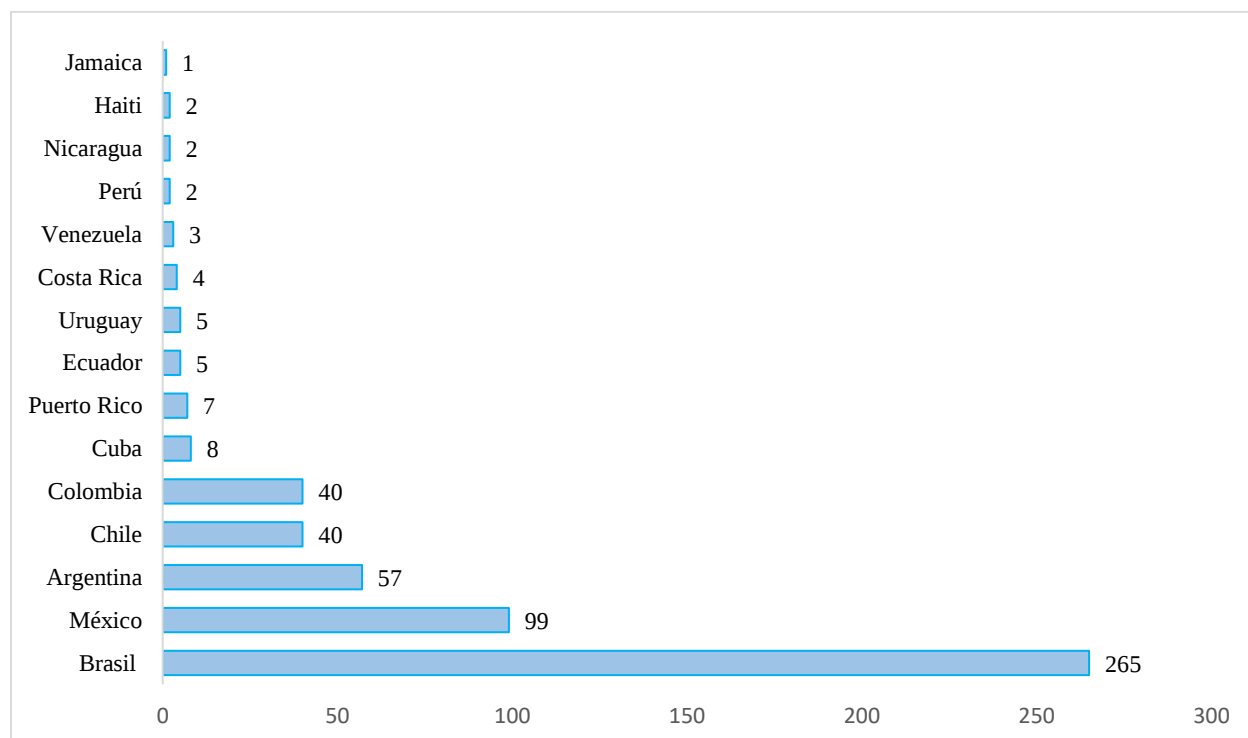


Figura 15. Top 15 de países latinoamericanos. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus (Elsevier, 2019) y procesados con el software especializado de VantagePoint (versión académica 11.0, *Search Technology*).

En cuanto a Colombia, hasta el momento reporta un número de 40 publicaciones sobre este tema. Un reporte realizado por (Rubiano, 2018) para el periódico El Espectador cuenta que el grupo de Biología Aplicada, Química de Materiales y Ambiental de la Universidad Antonio Nariño en colaboración con la Universidad Jaime I (España) hacia el año 2013 realizaron un análisis de agua en 12 puntos de la cuenca del río Bogotá y dos años más tarde realizaron el primer artículo reconociendo la presencia de 1.000 fármacos en el río, incluso a la salida de la planta de tratamiento de aguas residuales Salitre. El problema en el país con este tipo de contaminantes es que las normas exigen remover aquellos que estén a concentraciones de microgramos por litro y estos contaminantes aparecen incluso en partes por trillón.

4.4 Distribución por revistas científicas

En la figura 16 de acuerdo con los datos de consulta realizados en la base de datos, se muestran las revistas científicas que más han reportado artículos acerca de contaminantes emergentes en fuentes hídricas, siendo la revista científica *Chemosphere* la que más artículos hasta la fecha tiene con un total de 753. Esta es una revista científica multidisciplinaria la cual difunde numerosas investigaciones relacionadas con la ciencia y la ingeniería ambiental.

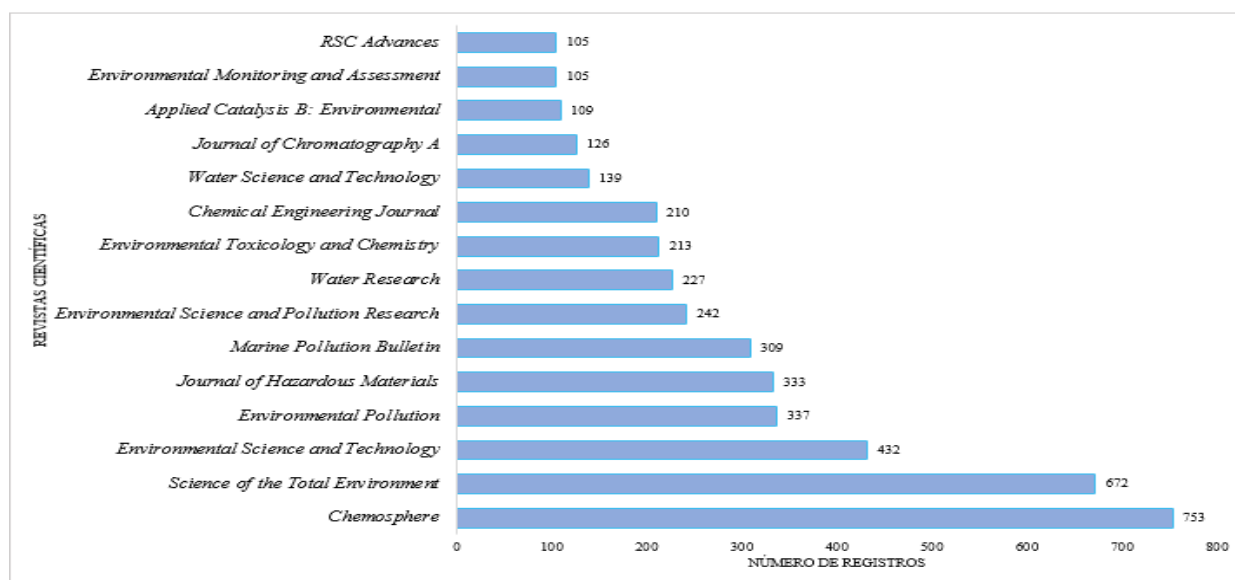


Figura 16. Distribución de revistas científicas por número de registros sobre contaminantes emergentes en fuentes hídricas. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus (Elsevier, 2019) y procesados con el software especializado de VantagePoint (versión académica 11.0, *Search Technology*).

4.5 Distribución por instituciones

En la Tabla 7 se presenta el top 15 de las instituciones que más investigaciones han realizado con el tema en estudio. A nivel mundial, China es el país que lidera las investigaciones científicas en cuanto a contaminantes emergentes presentes en fuentes hídricas, en el caso de la *Chinese Academy of Sciences* es la institución que más investigaciones ha realizado hasta el momento con un total de 702 artículos. Esta institución se destaca por explorar y aprovechar las ciencias naturales y la alta tecnología en beneficio de China y del mundo. En cuanto a la Unión Europea, se encontró el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España con un total de 95 artículos; también es una institución encargada de la investigación, contribución y gestión de la actividad científica.

Tabla 7. Top 15 de instituciones.

INSTITUCIONES	Número de registros
<i>Chinese Academy of Sciences</i>	702
<i>Ministry of Education China</i>	498
<i>University of Chinese Academy of Sciences</i>	193
<i>CSIC - Instituto de Diagnostico Ambiental y Estudios del Agua IDAEA</i>	172
<i>Research Center for Eco-Environmental Sciences Chinese Academy of Sciences</i>	170
<i>Guangzhou Institute of Geochemistry Chinese Academy of Sciences</i>	153
<i>Tsinghua University</i>	148
<i>Tongji University</i>	143
<i>Environment Canada</i>	136
<i>CNRS Centre National de la Recherche Scientifique</i>	128
<i>Nanjing University</i>	127
<i>Zhejiang University</i>	123
<i>Harbin Institute of Technology</i>	116
<i>City University of Hong Kong</i>	103
<i>Consejo Superior de Investigaciones Científicas</i>	95

Nota: Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus (Elsevier, 2019) y procesados con el software especializado de VantagePoint (versión académica 11.0, Search Technology).

4.6 Áreas de aplicación

En la Figura 17 se presenta las principales áreas de conocimiento en las cuales se aplica el estudio de los contaminantes emergentes, siendo las más importantes las ciencias ambientales con cerca de 6983 registros, seguido por Química con 3465, Ingeniería Química con 1710 artículos. Las ciencias ambientales tienen como pilar fundamental estudiar las relaciones que mantiene el hombre consigo mismo y con la naturaleza de allí se entiende porque es una de las áreas con mayor estudio en los contaminantes emergentes pues estos, afectan el entorno en general y las últimas investigaciones muestran su preocupación por los efectos adversos que están causando estos contaminantes en las fuentes hídricas. De esta manera es que se ven involucradas disciplinas como la química y la ingeniería química en la búsqueda nuevos

procesos y maneras de remediación que permitan eliminar parte o en su totalidad este tipo de sustancias.

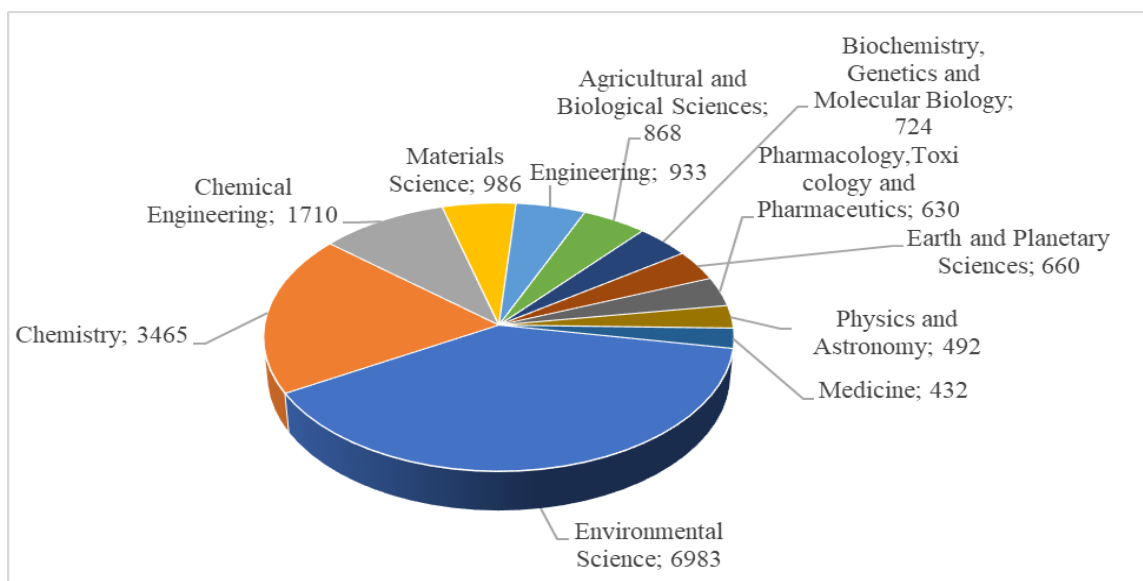


Figura 17. Areas de aplicación. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus (Elsevier, 2019) y procesados con el software especializado de VantagePoint (versión académica 11.0, *Search Technology*).

4.7 Análisis relacionales

Si bien los indicadores cuantitativos nos pueden mostrar la importancia de este tipo de investigaciones en cuanto a la actividad científica para definir si es un tema de interés creciente o que ya va de salida, los países, instituciones más importantes y que lideran este tipo de estudios, las revistas y el área de aplicación, es necesario establecer relaciones entre las diferentes temáticas y aspectos en los cuales se desarrolla este tema.

Mediante el uso del programa de minería de textos Vantage Point (VP), la gran cantidad de datos que se obtienen durante una consulta bibliográfica, pueden agruparse por términos, empleando las palabras claves que se reportan dentro de los artículos. En este caso, se formaron grupos teniendo en cuenta su afinidad por tipos de aguas, contaminantes emergentes, técnicas de

análisis y métodos de tratamiento de los contaminantes identificados. Esto con el fin de obtener las matrices que permitan determinar las relaciones existentes, por ejemplo, contaminantes emergentes presentes en los diferentes tipos de agua estudiados, métodos de análisis – contaminantes emergentes, entre algunos casos de interés que pueden analizarse.

4.7.1 Relación tipos de agua- contaminantes emergentes. En la figura 18 de acuerdo con la ecuación de búsqueda estructurada y la base de datos consultada, los resultados muestran las numerosas investigaciones realizadas hasta la fecha acerca de aguas residuales, contaminantes orgánicos persistentes, bifenilos policlorados y metales pesados, así como también existen estudios de aguas superficiales, aguas subterráneas, agua potable entre otros. Al relacionar los estudios más reiterativos junto con los contaminantes emergentes que se abordaron en este proyecto se puede identificar la estrecha relación que existe entre los farmacéuticos, los retardantes de llama, la plata, el mercurio, el aluminio, los productos de cuidado personal, y los halógenos especialmente con las aguas residuales.

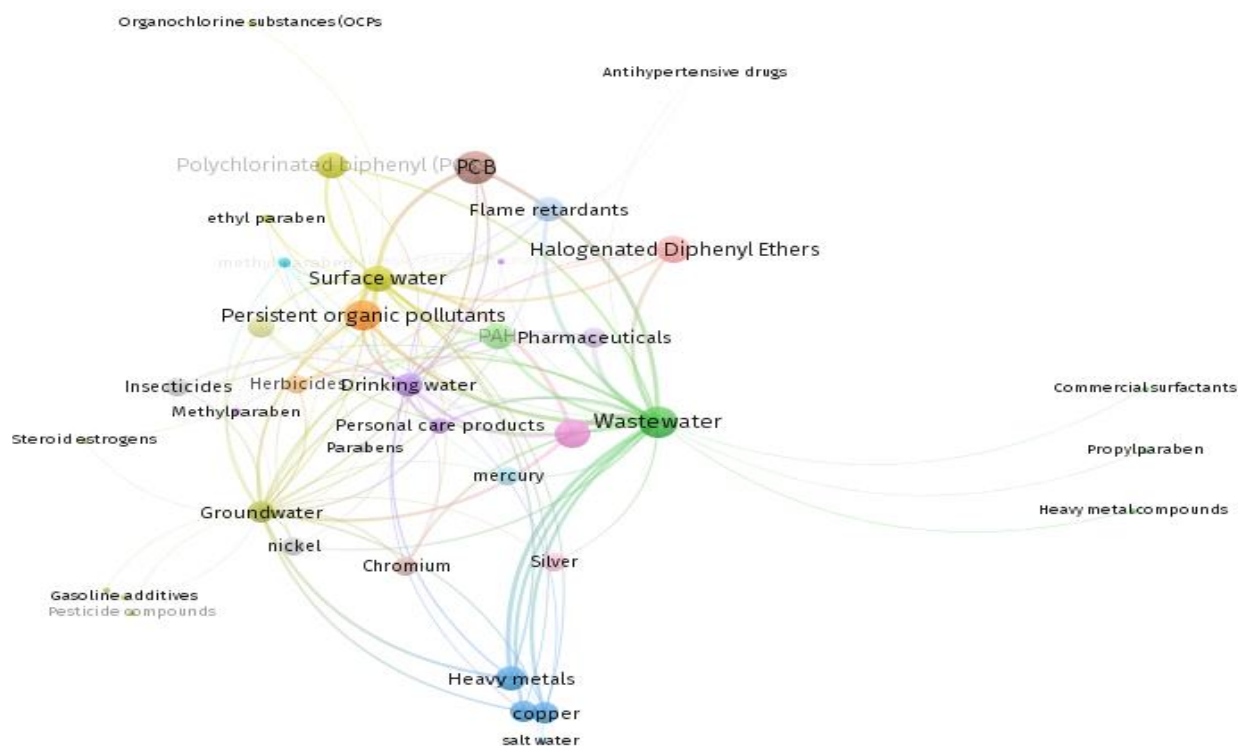


Figura 18. Relación tipos de agua- contaminantes emergentes. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus (Elsevier, 2019) y procesados con el software especializado de VantagePoint (versión académica 11.0, *Search Technology*) y (VOSviewer, 2019).

Este resultado indica que la mayoría de los contaminantes emergentes se relacionan con las aguas residuales, pues brinda un claro panorama de la situación actual. Las plantas de tratamiento de estas aguas no cuentan con la tecnología suficiente para depurar los contaminantes emergentes presentes, lo cual permite que la contaminación llegue en grandes proporciones a los afluentes hídricos donde lamentablemente se da el contacto con fauna, flora y el ser humano quienes se convierten en parte del ciclo de vida de estos contaminantes.

4.7.2 Relación métodos de análisis – contaminantes emergentes. En la Figura 19 se presenta la relación de los métodos de análisis y detección de contaminantes emergentes obtenidos a partir de la base de datos consultada; para este tipo de contaminantes se requiere de métodos que sean sensibles, selectivos y precisos. En este caso como se habla de fuentes hídricas, al ser muestras acuosas se requieren de métodos de extracción antes de pasar por el proceso de detección y el más utilizado es la extracción líquido- líquido el cual según (Molina, 2014) está basado en la solubilidad del analito en dos fases inmiscibles y la relación entre cada una de las concentraciones de analito presente en las fases en condiciones de equilibrio. Los límites de detección de este tipo de contaminantes presentes en fuentes hídricas van en unidades de microgramos a nanogramos siendo estos obtenidos de acuerdo con los estudios e investigaciones que realicen cada país.

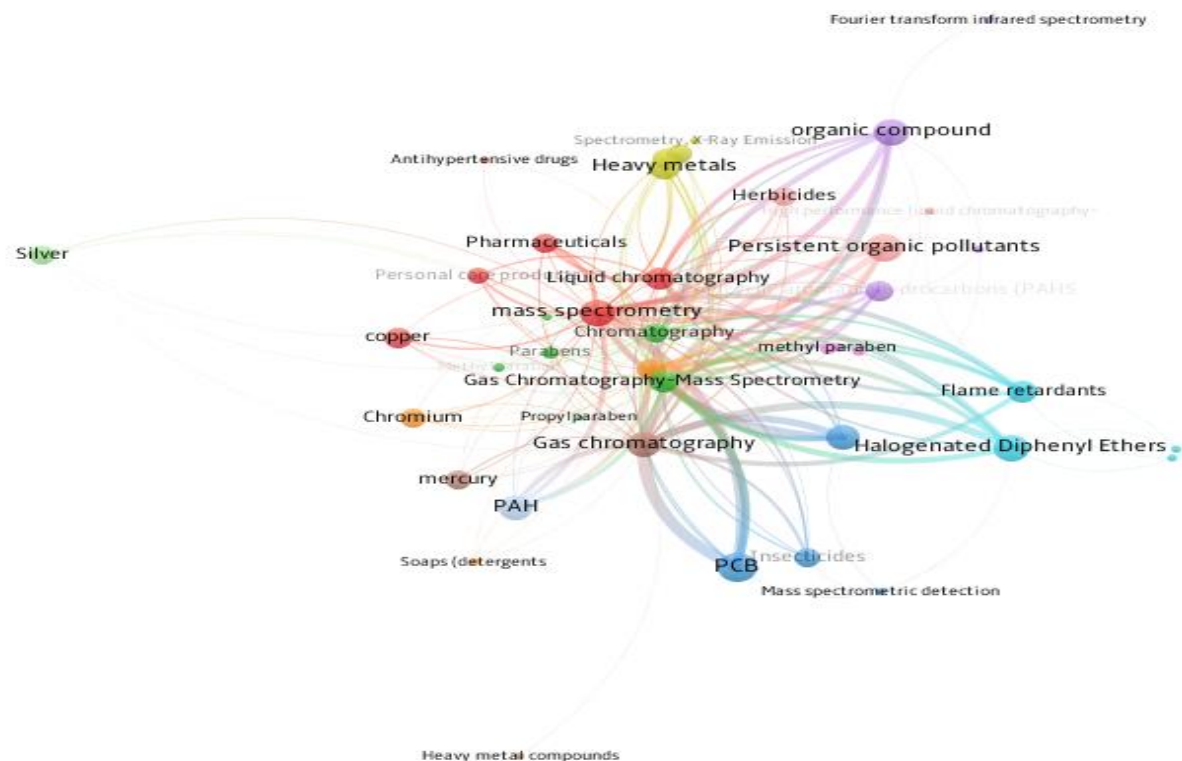


Figura 19. Relación métodos de análisis- contaminantes emergentes. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus (Elsevier, 2019) y procesados con el software especializado de VantagePoint (versión académica 11.0, Search Technology) y (VOSviewer, 2019).

Una vez las muestras han pasado por el proceso de extracción, se prepara para su análisis y detección; tal como se puede observar en la Figura 19, las técnicas que han sido más estudiadas son la que se presentan en nodos grandes y con más líneas de relación a contaminantes emergentes; entre estas técnicas se puede observar espectrometría de masas, cromatografía de gases acoplada a espectrometría de masas, cromatografía de gases y cromatografía líquida. Estas son técnicas analíticas avanzadas con las cuales se pueden analizar muestras complejas, poseen gran sensibilidad además pueden proporcionar información acerca de la estructura de un compuesto. La cromatografía en general es una técnica que permite separar compuestos dependiendo en la fase en que encuentren ya sea gas o líquida. Para mejorar la eficiencia de esta

técnica es acoplada a otras tecnologías con el fin de obtener resultados más precisos a la hora de la detección y cuantificación de contaminantes.

4.7.3 Relación tratamientos-contaminantes emergentes. La Figura 20, presenta la relación de los tratamientos que más se han venido investigando para la remediación y eliminación de contaminantes emergentes en fuentes hídricas.

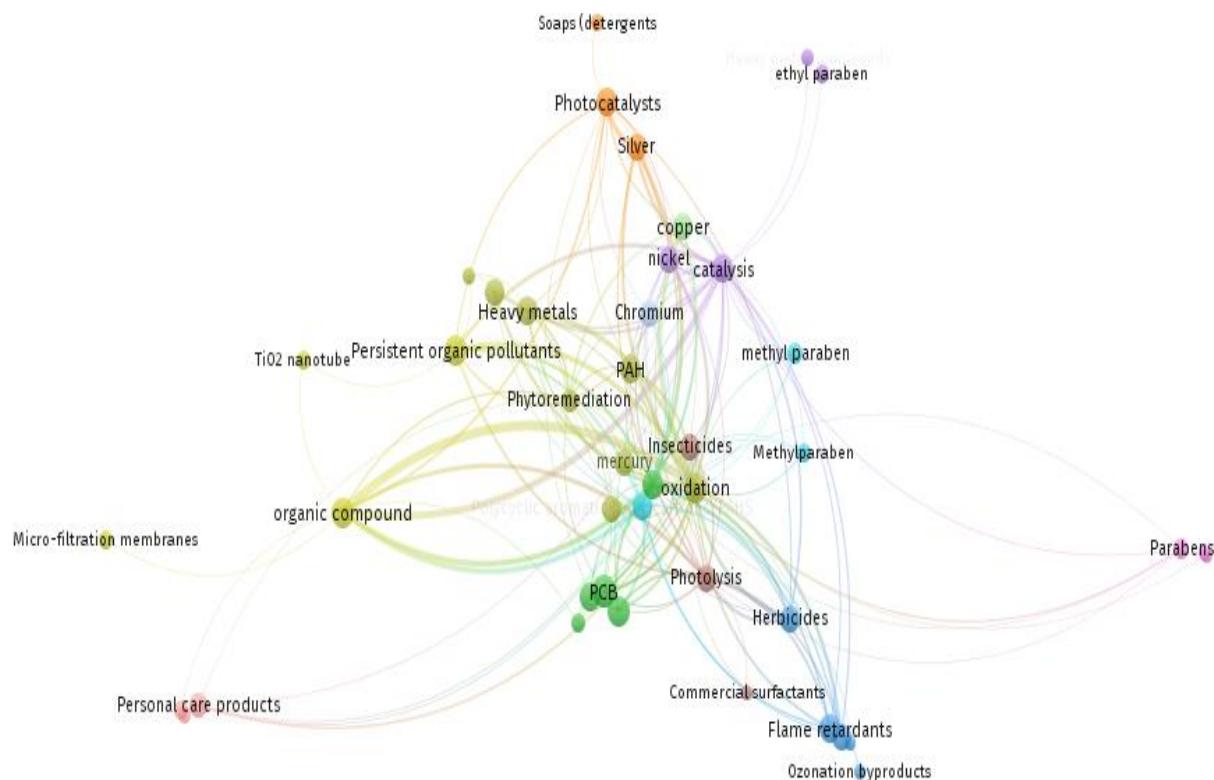


Figura 20. Relaciones tratamientos-contaminantes emergentes. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Scopus (Elsevier, 2019) y procesados con el software especializado de VantagePoint (versión académica 11.0, Search Technology). Y (VOSviewer, 2019).

Los tratamientos fisicoquímicos más utilizados son oxidación, catálisis, fotocátalisis y fotólisis; estas técnicas son eficientes porque generan especies muy oxidantes, se dan reacciones químicas en presencia de catalizadores, hay materiales semiconductores que aceleran la velocidad de una reacción y se dan reacciones tanto de oxidación como de reducción u ocurren

reacciones de descomposición. Estos procesos que se dan en esas técnicas ayudan a la degradación total o parcial de este tipo de compuestos. En cuanto al tratamiento biológico que más ha sido estudiado según los refleja la Figura 20 es la fitorremediación, la cual es una tecnología basada en la capacidad de las plantas para transformar o degradar en compuestos menos tóxicos una variedad de contaminantes. Es sustentable y amigable con el medio ambiente ya que no produce contaminantes secundarios, es de bajo costo, permite tratar una diversidad de contaminantes diferentes a los contaminantes emergentes. Aunque los tratamientos fisicoquímicos son procesos relativamente más rápidos, en muchos casos generan compuestos secundarios ya que sus procesos requieren de compuestos químicos por lo que podrían producir otro tipo de contaminación; es por esto por lo que se realiza el estudio de tratamientos biológicos que, aunque son procesos lentos se garantiza una eficiencia más sostenible.

4.8 Actividad inventiva. Patentes

Una vez realizada toda la cienciometría para contaminantes emergentes, se realizó la consulta en la base de datos de patentes *Derwent Innovations* (Clarivate Analytics, 2019) con el fin de obtener una dinámica científica acerca de las invenciones que se han realizado hasta la fecha en este tema, así como también, los países y las instituciones.

4.8.1 Dinámica inventiva de patentes. La dinámica científica permite observar el comportamiento en cuanto a invención en contaminantes emergentes por años. En la Figura 21 se presentan las patentes registradas durante los últimos 13 años (2007-2019); siendo el año 2018 en el que más patentes se registraron con un total de 1337. De lo cual se concluye el interés en actividades de investigación y desarrollo de tecnologías útiles para tratar estos contaminantes que afectan al medio ambiente y los seres humanos.

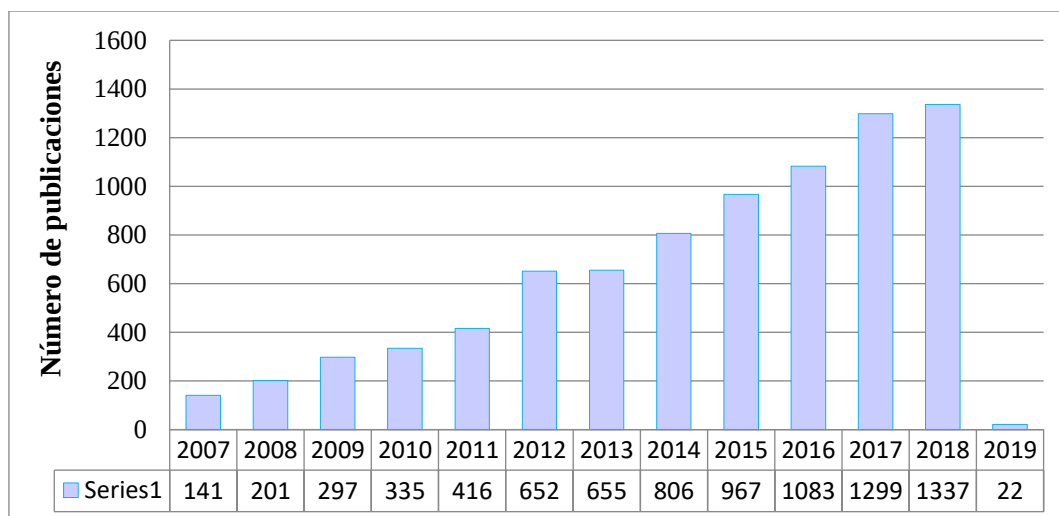
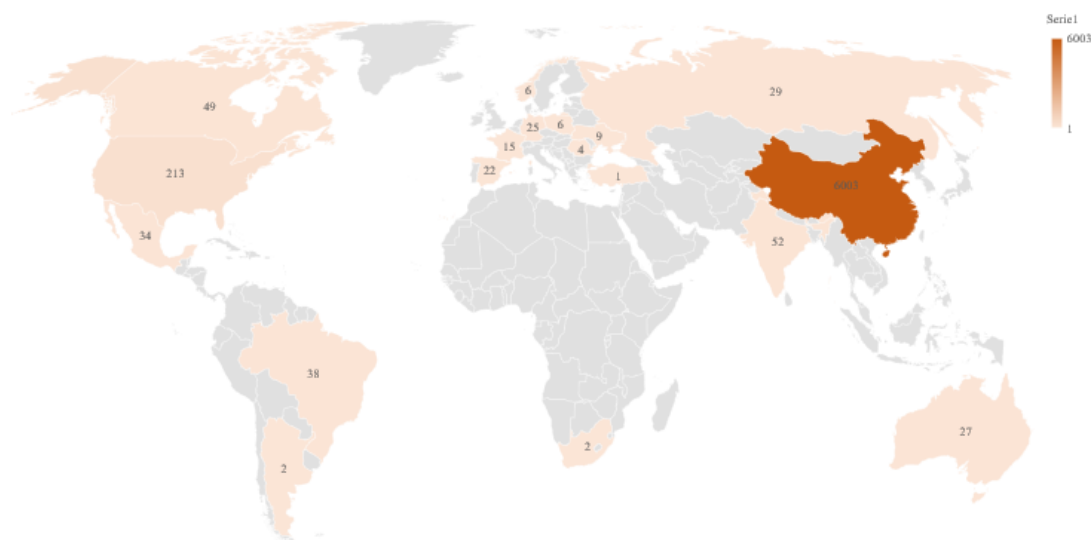


Figura 21. Reporte de patentes por año. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en Derwent Innovations (Clarivate Analytics, 2019).

4.8.2 Distribución de patentes por países. La Figura 22 presenta la lista de países con el respectivo número de patentes registradas acerca de los contaminantes emergentes. China, como se ha venido mencionando a lo largo de los resultados, es el país que reporta mayor cantidad de publicaciones en el tema en estudio; de igual manera es el país que más patentes tiene registradas lo que muestra que está trabajando constantemente en la manera de poder remediar u eliminar este tipo de contaminantes que día a día se van involucrando en el medio ambiente. A nivel del continente americano, se observa que países como Estados Unidos, Brasil, México y Argentina son los que encabezan la lista de registro de patentes. En cuanto a Colombia, no tiene registro de patentes en este tema.



China	Estados Unidos	India	Canadá	Brasil	México	Rusia	Australia	Alemania
6003	213	52	49	38	34	29	27	25

España	Francia	Ucrania	Polonia	Noruega	Rumania	Argentina	Sudáfrica	Turquía
22	15	9	6	6	4	2	2	1

Figura 22. Listado de países por patentes. Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en *Derwent Innovations* (Clarivate Analytics, 2019).

4.8.3 Distribución de patentes por instituciones. De la base de datos para patentes consultada, *Derwent Innovations* (Clarivate Analytics, 2019) se obtuvo una lista de organizaciones titulares de patentes las cuales se presentan en la Tabla 8 con sus respectivos números de registros.

Tabla 8. Listado de patentes por instituciones

Instituciones	Número de registros
Center for Marine Environmental Studies (CMES), Ehime University, Bunkyo-cho 2-5, Matsuyama 790-8577, Japan	12
College of Environmental Science and Engineering, Hunan University, Changsha, 410082, China	13
State Key Laboratory of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, P.O. Box 2871, Beijing 100085, China	15

Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China	16
Key Laboratory of Industrial Ecology and Environmental Engineering (MOE), School of Environmental Science and Technology, Dalian University of Technology, Dalian, 116024, China	17
State Key Laboratory of Environmental Chemistry and Ecotoxicology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100085, China	18
Shanghai Institute of Pollution Control and Ecological Security, Shanghai, 200092, China	19
State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing, 100012, China	21
School of Environment, Tsinghua University, Beijing, 100084, China	22
Department of Environmental Sciences, University of California, Riverside, CA 92521, United States	24
State Key Laboratory of Organic Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, 510640, China	42
University of Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100049, China	90

Nota: Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en *Derwent Innovations* (Clarivate Analytics, 2019).

La mayoría de las instituciones que ha registrado patentes en el tema, se encuentran en China; por otra parte, Japón también está contribuyendo con invención en el tema, al igual que Estado Unidos, país que también se ha destacado por contribuir en el estudio de tratar los contaminantes emergentes.

4.8.4 Distribución de patentes de acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (IPC). En la Tabla 9 se encuentran una serie de patentes que se han registrado en los últimos años; estas patentes están relacionadas con algunos compuestos que hacen parte de los contaminantes emergentes además se presentan nuevas técnicas para tratar estos contaminantes como fotocatalizadores de excelente rendimiento y bajo costo, nanobiocatalizadores capaces de eliminar pesticidas, surfactantes industriales, productos farmacéuticos, degradación fotocatalítica de antibióticos en aguas residuales, dispositivos que emiten luz UV donde a partir

de la primera y segunda longitud de onda producen ozono a partir de oxígeno o producen radicales hidroxilos a partir de un oxidante para degradar contaminantes; también síntesis de nanopartículas polimetálicas para el tratamiento de efluentes contaminados con productos textiles, pesticidas y productos farmacéuticos.

Por otra parte, de acuerdo con la clasificación internacional de patentes (IPC) en la Tabla 9 se presentan cada uno de los IPC relacionados con las patentes destacadas; en general estas patentes están relacionadas con las secciones B y C que corresponden a temas de diversas técnicas industriales, la química y la metalúrgica; estas secciones agrupan estudios de una variedad de compuestos incluyendo métodos de análisis y tratamiento; es por esto que cada patente pose una serie de IPC los cuales relacionan las patentes con diversos temas.

Tabla 9. Lista de patentes

Código de patente	compuesto	título	IPC	Autores	Fecha
CN109174149-A	Rodamina B	Visible-light-responsive ternary composite photocatalyst used for, e.g. decomposing rhodamine B, comprises molybdenum disulfide/graphene oxide binary composite and graphitic carbon nitride composite	<u>B01J-027/24</u> ; <u>B01J-037/34</u> ; <u>C02F-001/30</u> ; <u>C02F-101/34</u> ; <u>C02F-101/38</u>	Yan, J. Song, Z. Li, H. Xu H. Yuan, S. Wang, X. Pu, W.	2019-01-11
CN109133257-A	Antibióticos	Photocatalytic degradation of antibiotics in livestock and poultry wastewater using molybdenum disulfide and graphitic carbon nitride visible light involves adjusting pH of wastewater, adding molybdenum disulfide, reacting and adjusting pH	<u>C02F-001/30</u> ; <u>B01J-027/24</u> ; <u>C02F-103/20</u> ; <u>C02F-101/30</u>	Xia, X. Liu, Y. Gao S. Wang, L. Xiang, B. Zhu, J. Liang, L. Cheng, C.	2019-01-04
BR102016030179-A2	Pesticidas Textiles Farmacéuticos	Polymetallic nanoparticles synthesis used in environmental decontamination for treating effluents from different industries such as pharmaceuticals, textiles and pesticide producers, involves adding electronic circuit boards	<u>C01G-003/00</u> ; <u>C01G-009/00</u> ; <u>C01G-049/00</u> ; <u>C01G-053/00</u> ; <u>B81C-001/00</u> ; <u>C02F-001/00</u> ; <u>C02F-101/10</u> ; <u>C02F-101/30</u>	Pereira, R. Aparecida, M. Castro, J. Damasce, I. De Oliveira, F. Ferreira, L. Reis, E.	2018-08-17
CN108906055-A	Sulfonamida	Preparing magnetic sludge biochar used for catalyzing persulfate for degrading sulfonamide organic	<u>B01J-023/745</u> ; <u>C02F-001/72</u> ; <u>C02F-011/10</u> ; <u>C02F-011/12</u> ; <u>C02F-101/38</u>	He, S. Chen, Y. Li, R. Zhang, J. Ren, N.	2018-11-30

		contaminant, involves dehydrating sludge using zero-valent iron and persulfate, pyrolyzing dehydrated sludge and sieving			
CN107837806-A	Sulfametoxazol, Carbamazepina	New powder catalytic material useful in degrading sulfamethoxazole, carbamazepine and xlenol orange organic pollutants in wastewater	<u>B01J-023/30</u> ; <u>B01J-037/08</u> ; <u>B82Y-030/00</u> ; <u>B82Y-040/00</u> ; <u>C02F-001/30</u> ; <u>C02F-001/72</u> ; <u>C02F-101/30</u> ; <u>C02F-101/34</u> ; <u>C02F-101/38</u>	Luan, J. Chen, Y.	2018-03-27
BR102017005907-A2	Fosfato, Antimonio, Iones metálicos	Method for preparing iron oxyhydroxide based magnetic nanocomposites for removing traces of contaminants, involves mixing water and salt containing iron ions followed by adding iron oxyhydroxide particles, separating solid and drying	<u>C01G-049/02</u> ; <u>B82Y-030/00</u> ; <u>C02F-001/78</u> ; <u>C02F-001/62</u>	De Mello Ferreira, A. Silva, G. Rocha, R.	2018-10-30
RO131271-A0	Compuestos orgánicos	Integrated process for chemical degradation and separation on semipermeable membranes for purification of waste water containing emerging pollutants	<u>C02F-009/04</u>	Barjoveanu, G. Teodosiu, C. Catrinescu, C. Fighir, D. Gavrilesu, D. Musteret, C.	2016-07-26
CN107585922-A	detergentes	Treating water comprises collecting components and content of pollutants in polluted water adjusting the pH value, adding a coagulant aid chemical and adding a positive or negative polymeric polyelectrolyte	<u>C02F-009/04</u>	Wang, J.	2018-01-16

Nota: Unidad de Bibliometría – CRAI-USTA Bucaramanga. Datos basados en *Derwent Innovations* (Clarivate Analytics, 2019).

4.9 Contaminantes emergentes en Colombia

De acuerdo con la ecuación de búsqueda estructurada para la revisión de contaminantes emergentes en fuentes hídricas: (*TITLE-ABS-KEY ("emerging pollutants*" OR "organic pollutants*" OR "emerging contaminants*") AND TITLE-ABS-KEY (water OR "ground water" OR "superficial water" OR "water sources")) AND DOCTYPE (ar) AND*

PUBYEAR > 2007 AND (LIMIT-TO (AFFILCOUNTRY , "Colombia")), se registraron 47 documentos.

Los artículos se distribuyen en los 10 años del período de consulta, siendo el 2017 y 2018 los años de mayor actividad con 8 y 9 artículos respectivamente. Como se puede apreciar la investigación en Colombia en el tema de los contaminantes emergentes en fuentes hídricas es muy incipiente.

En cuanto a la distribución de los documentos por afiliación se tiene que la Universidad de Antioquía presenta el mayor número de registros (23 documentos), la Universidad del Valle (9), la Universidad del Cauca y la Universidad Nacional de Colombia (4), entre las instituciones más importantes.

Dentro de las publicaciones que sobresalen, se tiene un trabajo desarrollado en el Grupo de Investigación en Remediación Ambiental y Biocatálisis (GIRAB) de la Universidad de Antioquia UdeA y el Grupo de Investigación en Ciencias Biológicas y Químicas de la Universidad Antonio Nariño (UAN), Bogotá, en el cual estudiaron la degradación por medio de ultrasonido de diecisiete contaminantes correspondientes a compuestos farmacéuticos en los que se incluyen analgésicos, antibióticos, antiparasitarios, entre otros, presenten en los efluentes de aguas residuales municipales (Serna et al., 2019). El Grupo INAM de la Universidad Santo Tomás de Bogotá y Grupo de Terapéutica Basada en la Evidencia, Farmacología Clínica, Universidad de La Sabana, realizaron el artículo contaminantes emergentes en el ciclo urbano del agua en América Latina: una revisión de la literatura actual (Peña et al., 2019). En la Universidad del Quindío, la Universidad Industrial de Santander y la Universidad Tecnológica de Pereira desarrollaron el artículo Productos farmacéuticos y de cuidado personal en aguas

residuales domésticas y su eliminación en sistemas de tratamiento anaeróbico: fosa séptica – filtro anaeróbico de flujo ascendente (Arrubla et al., 2016).

Estos reportes evidencian que en el país ya existe una preocupación y por ende va en crecimiento el investigar y generar metodologías de tratamiento que eliminen los contaminantes emergentes que están afectando las fuentes hídricas.

5. CONCLUSIONES

Los contaminantes emergentes se han convertido en una problemática mundial en la que no solo las industrias son generadoras de estos contaminantes. El problema en la mayor parte de los casos se está produciendo desde los hogares por el alto consumo de productos que utilizamos para satisfacer nuestras necesidades. Debido a esto es que se debe tomar conciencia del uso sostenible de productos generadores de este tipo de compuestos y aún más del manejo que debe darse cuando estén vencidos o no se necesiten más porque está claro que su destino final no es descartarlos en el vertedero esto con el fin de contribuir a la reducción de este tipo de compuestos en las fuentes hídricas.

A través del estudio cuantitativo, se evidenció que existe una problemática con las aguas residuales, pues es la fuente hídrica en la que se encuentran más reportes acerca de la presencia de contaminantes emergentes siendo esto una preocupación para las plantas de tratamiento de aguas residuales ya que con la tecnología que cuentan no están detectando ni removiendo este

tipo de contaminantes. Por ello, se precisa de manera urgente de tecnologías avanzadas que permitan evaluar correctamente que tipo de compuestos están presentes en el agua y cuáles deben ser eliminados para evitar problemas a futuro tanto en el ambiente como en los seres humanos.

Los métodos de análisis y detección de contaminantes emergentes en fuentes hídricas cada día apuntan a que sean más selectivos y precisos; en el estudio cienciométrico realizado se tiene la extracción líquido-líquido como una de las técnicas más utilizadas para la preparación de la muestra y aunque es una técnica que demanda un alto consumo de disolvente orgánico, ha resultado ser efectiva para la preparación de matrices ambientales acuosas; por otra parte las técnicas de detección consultadas, tales como la cromatografía, cada día se van estudiando junto con acople de otras técnicas como espectrometría de masas para mejorar la detección de contaminantes emergentes presentes en fuentes hídricas.

Los países a nivel mundial en los últimos años han intensificado la investigación de contaminantes emergentes en fuentes hídricas, en el caso de China, país que más ha realizado artículos de investigación en este tema, se encuentra en la búsqueda de métodos de remediación que eliminen estos compuestos del agua; pues es un país con una alta densidad poblacional por ende requieren de la utilización de más productos para su diario vivir pero a la vez quieren retribuirle al mundo generando tratamientos para remediar la contaminación que causan.

Los compuestos farmacéuticos son los que más se han encontrado como contaminantes emergentes en fuentes hídricas; en el mundo existe un uso desmedido de medicamentos que no

solo están creando resistencia a una serie de virus y bacterias, sino que también están contaminando las fuentes hídricas y que cada vez se requiere de nuevas técnicas y tratamientos que estudien la eliminación de estos.

Diferentes áreas del conocimiento se han visto incluidas en el estudio de contaminantes emergentes presentes en fuentes hídricas pues este tipo de contaminantes abarcan compuestos que hacen parte de áreas como la medicina, la química, la agricultura, la bioquímica, la ingeniería, entre otras y por esto se unen al aporte de investigaciones en las cuales se puedan detectar y generar nuevas tecnologías que permitan eliminar estos contaminantes que pueden generar problemas a futuro.

Colombia por medio de los grupos de investigación de diferentes universidades ha venido realizando estudios para determinar la presencia de contaminantes emergentes en las plantas de tratamiento de aguas residuales y han encontrado principalmente compuestos de tipo farmacéuticos en dichas aguas. Aunque no es un país con un elevado número de publicaciones en este tema, se han reportado tratamientos fisicoquímicos que permitan eliminar estos contaminantes de las aguas residuales.

El estudio cienciométrico de patentes en el tema de contaminantes emergentes presentes en fuentes hídricas evidencia la importancia de generar nuevas invenciones que permitan eliminar estos contaminantes. China, también es el país que más registros de patentes tiene en este tema, de tal manera se concluye que los estudios en este país no solo apuntan a investigar sino también a realizar invenciones que generen un alto aporte ambiental.

La minería de textos utilizando software especializados permiten tener un análisis acerca del tema que se estudia; en este caso permitió analizar cómo ha ido creciendo desde el año 2008 las investigaciones relacionadas con los contaminantes emergentes, esto muestra la preocupación que tienen diferentes países e instituciones por generar nuevos tratamientos que contribuyan a la remediación de este tipo de contaminantes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AINIA. (2015). Contaminantes emergentes en aguas: Cómo eliminarlos con tecnologías de oxidación avanzada. Retrieved from <https://www.ainia.es/tecnoalimentalia/tecnologia/contaminantes-emergentes-en-aguas-como-eliminarlos-con-tecnologias-de-oxidacion-avanzada/>
- Araújo, J., & Arencibia, R. (2002). Informetría, bibliometría y cienciometría: aspectos teórico-prácticos. *Revista ACIMED*, 10(4), 5–6. Retrieved from http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol10_4_02/aci040402.htm
- Arbeláez, P. (2016). Contaminantes emergentes en aguas residuales y de río y fangos de depuradora. UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI. Retrieved from https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/334397/Tesi_Paula.pdf?sequence=1
- Armijo, J. (2008). Absorción, distribución y eliminación de los fármacos. In MASSON (Ed.), *Farmacología Humana* (pp. 57–86). España. Retrieved from <http://www.pdcorynthia.sld.cu/Documentos/estudiantes/Absorci%F3n%20distribuci%F3n%20y%20eliminaci%F3n%20de%20los%20f%20E1rmacos.PDF>
- Arrubla, J. P., Cubillos, J. A., Ramirez, C. A., Arredond, J. A., Arias, C. A., & Paredes, D. (2016). Pharmaceutical and personal care products in domestic wastewater and their removal in anaerobic treatment systems: Septic tank – up flow anaerobic filter. *Ingeniería e Investigación*, 36(1), 70–78. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v36n1.53076>
- Astudillo, S. (2006). Contaminantes Orgánicos Persistentes. *La Granja: Revista de Ciencias de La Vida.*, 2(1), 16–17. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

- Barceló, D., & Lopez, M. J. (2002). Contaminación y calidad química del agua: el problema de los contaminantes emergentes. Barcelona. Retrieved from https://fnca.eu/phocadownload/P.CIENTIFICO/inf_contaminacion.pdf
- Basheer, A. A. (2018). New generation nano-adsorbents for the removal of emerging contaminants in water. *Journal of Molecular Liquids*, 261, 583–593. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.04.021>
- Becerril, J. (2009). Contaminantes emergentes en el agua. *Revista Digital Universitaria*, 10(8), 1–7. Retrieved from <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num8/art54/int54.htm>
- Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid. (2013). Curso especializado bases de datos. Retrieved March 15, 2019, from <https://biblioteca.ucm.es/data/cont/docs/379-2013-10-22-Curso%20especializado%20de%20bases%20de%20datos-2013-14.pdf>
- Bolong, N., Ismail, A. F., Salim, M. R., & Matsuura, T. (2009). A review of the effects of emerging contaminants in wastewater and options for their removal. *Desalination*, 239(1–3), 229–246. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2008.03.020>
- Carrasco, Marco., G. E. (2001). Efectos ambientales del uso del metil terc butil eter (MTBE) como oxigenante en la formulación de gasolinas. *Revista INGENIERÍA UC*, 8(1), 1–11. Retrieved from <https://www.redalyc.org/pdf/707/70780102.pdf>
- Caviedes, D., Delgado, D., & Olaya, A. (2017). Normatividad ambiental dirigida a regular la presencia de los productos farmacéuticos residuales en ambientes acuáticos. *Revista Jurídica Piélagus*, 16(1), 121–130. <https://doi.org/https://doi.org/10.25054/16576799.1445>
- Clarivate Analytics. (2016). Lo que hacemos - Clarivate. Retrieved March 15, 2019, from <https://clarivate.com/about-us/what-we-do/>
- Cruz, J. X. (2016). Análisis y destino de los nuevos contaminantes emergentes en el agua (Tesis

- de especialización). Retrieved from <http://tangara.uis.edu.co/biblioweb/tesis/2016/164923.pdf>
- Delgado, H. (2016). Análisis de la exposición de compuestos emergentes en varios escenarios de usos del agua. Universidad Politécnica de Cataluña. Retrieved from <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/84968/TFM.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- EcuRed. (2014). Cienciometría. Retrieved March 18, 2019, from <https://www.ecured.cu/index.php?title=Especial:Citar&page=Cienciometría&id=2275609>
- ELSEVIER. (2018). Independent Content Selection. Retrieved from https://www.elsevier.com/__data/assets/pdf_file/0008/208772/ACAD_R_SC_FS.pdf
- Gil, M., Soto, M., Usma, J., & Gutiérrez, O. (2012). Contaminantes emergentes en aguas. *Producción + Limpia*, 7(2), 52–73. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/pml/v7n2/v7n2a05.pdf>
- Henriquez, D. (2012). Presencia de contaminantes emergentes en aguas y su impacto en el ecosistema. estudio de caso: productos farmacéuticos en la cuenca del rio BioBío, region del BioBío, Chile. Universidad de Chile. Retrieved from http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/102748/cf-henriquez_dv.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Herrero, O., Pérez, J., Fernández, P., Carvajal, L., Peropadre, A., & Hazen, M. (2012). Toxicological evaluation of three contaminants of emerging concern by use of the *Allium cepa* test. *Mutation Research*, 743, 20–24. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2011.12.028>
- Ho, L. T. T. (2000). Formulating detergents and personal care products : a [complete] guide to product development. Champaign, Ill:AOCS Press. Retrieved from

<https://www.worldcat.org/title/formulating-detergents-and-personal-care-products-a-complete-guide-to-product-development/oclc/760887568?referer=di&ht=edition>

- Jeevanantham, S., Saravanan, A., Hemavathy, R. V., Kumar, P. S., Yaashikaa, P. R., & Yuvaraj, D. (2019). Removal of toxic pollutants from water environment by phytoremediation: A survey on application and future prospects. *Environmental Technology and Innovation*, 13, 264–276. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.12.007>
- Kolpin, D. (2006). Contribuciones urbanas de glifosato y AMPA a sustancias degradadas corrientes en los Estados Unidos. *Sci Total de Medio Ambiente*, 354, 191–197. Retrieved from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&ref=000178&pid=S1909-0455201200020000500029&lng=en
- López, J., Fornés, J., Ramos, G., & Villarroja, F. (2009). *Las aguas subterráneas Un recurso natural del subsuelo*. (Instituto Geológico y Minero de España, Ed.). España. Retrieved from www.igme.es
- Michán, L., & Muñoz, I. (2013). Cienciometría para ciencias médicas: definiciones, aplicaciones y perspectivas. *Investigación En Educación Médica*, 2(6), 100–106. [https://doi.org/10.1016/S2007-5057\(13\)72694-2](https://doi.org/10.1016/S2007-5057(13)72694-2)
- Ministerio de Medio Ambiente. (2006). Cuestionario trienal de la directiva 91/692/CEE relativo a las directivas europeas sobre calidad de las aguas. España. Retrieved from https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/INFORME_TRIENIO_tcm30-214099.pdf
- Molina, J. (2014). Desarrollo de metodologías analíticas mediante cromatografía/espectrometría de masas para el control de contaminantes orgánicos prioritarios y emergentes en aguas residuales y superficiales. UNIVERSIDAD DE JAÉN. Retrieved from <http://ruja.ujaen.es/bitstream/10953/647/1/9788484398813.pdf>

- Montagner, C., Vidal, C., & Acayaba, R. (2017). Contaminantes emergentes em matrizes aquáticas do Brasil: cenário atual e aspectos analíticos, ecotoxicológicos e regulatórios. *Revista Química Nova*, 40(9), 1094–1110. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21577/0100-4042.20170091>
- Moreno, F., Zumaya, M. del R., & Ceballos, M. (2016). Uso de técnicas bibliométricas en la investigación en salud ambiental en América Latina 2000-2009. *Revista Interamericana de Bibliotecología*, 41(1), 71–79. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rib/v41n1/0120-0976-rib-41-01-00071.pdf>
- Murray, K. E., Thomas, S. M., & Bodour, A. A. (2010). Prioritizing research for trace pollutants and emerging contaminants in the freshwater environment. *Environmental Pollution*, 158(12), 3462–3471. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2010.08.009>
- Oldham, P. D. (2009). Biodiversity and the Patent System: An Introduction to Research Methods. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1331490>
- Pal, A., He, Y., Jekel, M., Reinhard, M., & Gin, K. Y.-H. (2014). Emerging contaminants of public health significance as water quality indicator compounds in the urban water cycle. *Environment International*, 71, 46–62. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.05.025>
- Parsons, S., Boxall, A., Sinclair, C., & Ramwell, C. (2008). Pesticide Degradates of Concern to the Drinking Water Community. Denver. Retrieved from <https://wwwtest.waterrf.org/PublicReportLibrary/2938.pdf>
- Peña, C., Ulloa, S., Mora, K., Helena, R., Lopez, E., Alvarez, J., & Rodriguez, M. (2019). Emerging pollutants in the urban water cycle in Latin America: A review of the current literature. *Journal of Environmental Management*, 237, 408–423. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.02.100>

- Petrović, M., Gonzalez, S., & Barceló, D. (2003). Analysis and removal of emerging contaminants in wastewater and drinking water. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 22(10), 685–696. [https://doi.org/10.1016/S0165-9936\(03\)01105-1](https://doi.org/10.1016/S0165-9936(03)01105-1)
- Plata, L., Duarte, R., Madriñán, R., Valbuena, G., Ordoñez, M. del P., & Marcenaro, G. (2008). *Patente de Invención y Patente de Modelo de Utilidad*. Colombia. Retrieved from <https://www.ucc.edu.co/investigacion/Documents/Doc-Interes-guia-de-patentes.pdf>
- Possenti, C. D., Poma, G., Defossé, S., Caprioli, M., De Felice, B., Romano, A., ... Parolini, M. (2019). Embryotoxic effects of in-ovo triclosan injection to the yellow-legged gull. *Chemosphere*, 218, 827–835. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.11.187>
- Purswani, J. (2011). Desarrollo y estudio biológico de un sistema de bajo costo para el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con compuestos oxigenantes de gasolinas: MTBE, ETBE y TAME. Universidad de Granada. Retrieved from <https://hera.ugr.es/tesisugr/20057696.pdf>
- Rasheed, T., Bilal, M., Nabeel, F., Adeel, M., & Iqbal, H. M. (2019). Contaminantes ambientales de alta preocupación: fuentes potenciales y modalidades analíticas para la detección, cuantificación y tratamiento. *Environment International*, 122, 52–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.038>
- Reinoso, C., Yamilet, C., Delgado, S., Fernando, D., & Cobos, O. (2017). Contaminantes emergentes y su impacto en la salud. *Revista Facultad de Ciencias Médicas*, 35(2), 55–59.
- Rodriguez, O. M., Peralta, J. M., Goonetilleke, A., & Bandala, E. R. (2017). Treatment technologies for emerging contaminants in water: A review. *Chemical Engineering Journal*, 323, 361–380. <https://doi.org/10.1016/J.CEJ.2017.04.106>
- Rubiano, M. (2018). Los enemigos silenciosos de los ríos colombianos. Retrieved from

<https://www.elespectador.com/noticias/medio-ambiente/los-enemigos-silenciosos-de-los-rios-colombianos-articulo-806745>

Rubio, Ainhoa; Chica, E., & Peñuela, G. (2013). Procesos de tratamiento de aguas residuales para la eliminación de contaminantes orgánicos emergentes. *Revista Ambiente & Agua*, 8(3), 1–11. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/ambiagua/v8n3/v8n3a08.pdf>

Sabater, S., Guasch, H., Moreno, R., Romaní, A., & Muñoz, I. (2008). Calidad y cantidad de agua: el estado ecológico de los sistemas acuáticos continentales. Aguas continentales: gestión de recursos hídricos, tratamiento y calidad del agua. Madrid. Retrieved from http://s9c21adfc2988c5cf.jimcontent.com/download/version/1445896795/module/7866296786/name/aguas continentales csic.book_109_com.pdf

Serna, E., Botero, A. M., Martínez, D., Moncayo, A., Ibáñez, M., Hernández, F., & Torres, R. (2019). Degradation of seventeen contaminants of emerging concern in municipal wastewater effluents by sonochemical advanced oxidation processes. *Water Research*, 154, 349–360. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.01.045>

Spinak, E. (1998). Indicadores cienciométricos. *Revista Ciencia de La Información*, 27(2), 42–49. Retrieved from <http://eprints.rclis.org/5163/1/sci07100.pdf>

Ternes, T., Bonerz, M., & Schmidt, T. (2001). Determination of neutral pharmaceuticals in wastewater and rivers by liquid chromatography-electrospray tandem mass spectrometry. *Journal of Chromatography. A*, 938(1–2), 175–185. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11771837>

Undiano, E., Arroyo, N., & Ayala, M. (2017). Contaminantes emergentes , ¿ qué son y cómo nos afectan ? *Instituto de Biotecnología, UNAM*, 27–28. Retrieved from http://www.acmor.org.mx/descargas/17_feb_27_emergentes.pdf

- Valladares, M., Valerio, C., Burelo, P. de la cruz, & Melgoza, R. (2017). Adsorbentes no-convencionales, alternativas sustentables para el tratamiento de aguas residuales. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(31), 55–73. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v16n31/1692-3324-rium-16-31-00055.pdf>
- VantagePoint. (2001). VantagePoint. Retrieved from <https://www.thevantagepoint.com/products/4-products/vantagepoint.html>
- Velicu, M., & Suri, R. (2009). Presence of steroid hormones and antibiotics in surface water of agricultural, suburban and mixed-use areas. *Environmental Monitoring and Assessment*, 154(1–4), 349–359. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0402-7>
- VOSviewer. (2019). Visualizing Scientific Landscapes. Paises bajos. Retrieved from <http://www.vosviewer.com>
- World Intellectual Property Organization. (2018). Patentes. Retrieved from https://www.wipo.int/patents/es/faq_patents.html
- Zwiener, C., & Frimmel, F. H. (2000). Oxidative treatment of pharmaceuticals in water. *Water Research*, 34(6), 1881–1885. [https://doi.org/10.1016 / s0043-1354 \(99\) 00338-3](https://doi.org/10.1016 / s0043-1354 (99) 00338-3)