

Análisis del proceso de tratamiento de aguas sanitarias en los canales de drenaje con impacto ambiental y salud poblacional. Una revisión de la literatura

Analysis of the sanitary water treatment process in drainage channels with environmental impact and population health. A review of the literature.

DOI: <https://doi.org/10.17981/bilo.4.1.2022.07>

Fecha de Recepción: 23/03/2022. Fecha de Publicación: 26/04/22

Yair Cantillo Cárcamo

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
ycantill23@cuc.edu.co

Karen Eustate Daza

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
keustate@cuc.edu.co

Daniela Gómez Ríos

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
dgomez20@cuc.edu.co

Edilmer Gutiérrez Fernández

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
egutierr24@cuc.edu.co

Alina Torres Mercado

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
atorres68@cuc.edu.co

Nohora Mercado-Caruso

Universidad de la Costa CUC. Barranquilla, (Colombia)
nmercado1@cuc.edu.co

Resumen

El presente artículo efectuó una revisión extensa de la literatura en cuanto a la problemática de los vertimientos de aguas residuales a nivel mundial, nacional y con un enfoque local. La literatura comprendió la fase inicial de estudio a través de la consulta en las bases de datos especializadas arrojando 45410 publicaciones, donde se hizo un análisis cuantitativo y de hallazgos significativos, además de los componentes normativos en materia de vertimientos y calidad del agua con el fin de tener una orientación de las normas aplicables y brindar al mismo tiempo un enfoque analítico comparativo.

Posterior se realizó otra revisión asociada a los métodos utilizados en Colombia para el tratamiento de las aguas residuales, esto brindó conocimiento acerca de la metodología impartida desde las plantas de tratamiento de agua en lo concerniente a los análisis físicoquímicos y microbiológicos.

De la revisión literaria se hizo análisis y conclusión de las bases normativas y metodológicas adecuadas para garantizar una correcta continuidad al proceso de tratamiento de aguas residuales. Teniendo en cuenta la problemática presentada al tratamiento de aguas residuales y el impacto generado a nivel poblacional y de ecosistemas, se brinda una base de los parámetros normativos físicoquímicos y microbiológicos mínimos para dar cumplimiento al marco legal que inicialmente se investigó. Esto aportará a la literatura sobre Análisis del proceso de tratamiento de aguas sanitarias en los canales de

drenaje con impacto ambiental y salud poblacional, donde se podrá tomar como referentes para problemáticas que se presenten en entornos similares a los estudiados en la literatura y generará una conversión efectiva basada en cumplimiento normativo del tipo tanto social como ambiental.

Palabras Claves: Tratamiento de aguas; Calidad del agua; Vertimiento aguas residuales; Impacto ambiental; PTAR.

Abstract.

This article carried out an extensive review of the literature regarding the problem of wastewater discharges at the global, national and local levels. The literature included the initial phase of the study through consultation in specialized databases, yielding 45,410 publications, where a scientometric analysis and significant findings were made, in addition to the normative components regarding discharges and water quality in order to have an orientation of the applicable norms and at the same time provide a comparative analytical approach

Subsequently, another review was carried out associated with the methods used in Colombia for the treatment of wastewater, this provided knowledge about the methodology imparted from the water treatment plants regarding the physicochemical and microbiological analyses.

From the literary review, analysis and conclusion of the adequate normative and methodological bases were made to guarantee a correct continuity to the wastewater treatment process. Taking into account the problems presented to the treatment of wastewater and the impact generated at the population and ecosystem level, a basis of the minimum physicochemical and microbiological regulatory parameters is provided to comply with the legal framework that was initially investigated. This will contribute to the literature on Analysis of the sanitary water treatment process in drainage channels with environmental impact and population health, where it can be taken as references for problems that arise in environments similar to those studied in the literature and will generate a conversion based on regulatory compliance of both social and environmental type.

Key Words: Water treatment; Water quality; Wastewater discharge; Environmental impact; PTAR.

1. INTRODUCCION

La fuente de la efectividad en los procesos viene dada por el punto de partida en materia normativa que se logre impartir a las actividades que se ejecutan. Desde el punto de vista ambiental, social y de la salud existen muchas normas enfocadas a dar cubrimiento a las necesidades que se presentan. Nuestro entorno cambia constantemente a través de los años y por tanto la vida misma se va ajustando a la conversión, de igual manera que las normas, las industrias y las tecnologías.

Haciendo énfasis en las plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR), se puede observar que a través de estas se garantiza la calidad del agua, ya sea para uso doméstico, industrial o comercial. Actualmente las descargas de aguas residuales se han convertido en uno de los problemas más notorios a nivel ambiental en Colombia [1], puesto que al aumentar la tasa de natalidad aumenta también el número de descargas, lo que ocasiona que la PTAR que inicialmente fue diseñada para una población con un número específico de habitantes se queda corta en términos de capacidad. Es por esto que inicialmente se hablaba de ir adaptando los procesos a medida que se presentan conversiones a través de los años, siempre estimando en que la situación poblacional hoy día no será igual en el curso de 10 años. Si no se logra visionar a tal punto en el futuro, por lo menos se debe garantizar que los procesos sean capaces de adaptarse a los cambios y a las necesidades.

Según [1] “los inventarios de agua potable y saneamiento reportan que aproximadamente 300 municipios no realizan desinfección de las aguas que se están consumiendo y 450 no tienen planta de tratamiento”, lo que evidencia la falta de inversión por parte del estado en materia de sanidad.

La problemática de aguas residuales está enmarcada en los objetivos de desarrollo sostenible y por tanto es uno de los pilares a nivel político y social. Constantemente se está en busca de mejorar la calidad de vida de las personas y es claro que a raíz de la problemática asociada al saneamiento se presenta un riesgo a nivel poblacional y ambiental que hoy por hoy es uno de los objetivos de la sociedad. El ser humano por tanto debe interactuar armónicamente con el medio ambiente.

2. METODOLOGÍA

Se realizó revisión en base de datos especializada como Scopus® y Google Trends® asociado a los términos “*Water Treatment*” y “*Environmental impact of wastewater*”; teniendo en cuenta que son palabras claves asociadas a la temática de investigación. A través de Scopus® se hizo consulta sobre las publicaciones en un rango de 10 años; esto resultado

arrojado por la base de datos sería útil para dos cosas: por un lado, para los diferentes análisis asociados a la temática y por otro lado como archivo base para el análisis cuantitativo en herramienta VOSviewer®. Para la revisión de antecedentes asociados a la investigación se estableció entre los años 2012-2022, con el fin de obtener información relevante sobre las tendencias hacia este tipo de investigaciones.

3. REVISION LITERARIA

3.1. Publicaciones por año.

De las palabras claves se puede apreciar un aumento en las publicaciones entre los años desde 2019-2021. Según la base de datos Scopus® el termino *water treatment* para el año 2021 tuvo un total de 45410 publicaciones siendo hasta la fecha el año con mayor afluencia del término. Es notorio que a medida que pasan los años existe un mayor interés por el estudio asociado a la temática teniendo en cuenta el impacto que genera a la calidad de vida de las personas, los recursos ecosistémicos y en materia de salud pública asociado a las enfermedades. Es decir que entre mayor sea la necesidad asociada a un tema mayor será el interés en la búsqueda de conocimiento.

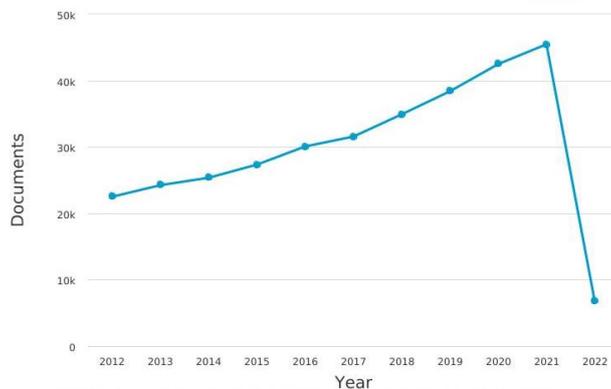


Gráfico 1. Número de publicaciones por año para Water Treatment
Fuente: Scopus®

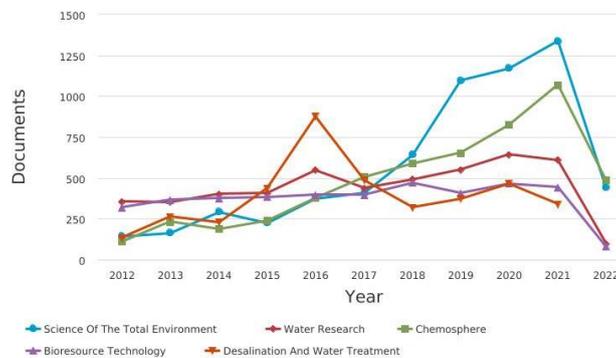


Gráfico 2. Fuentes de publicación en base de datos para Water Treatment.
Fuente: Scopus®

Teniendo en cuenta la gráfica 1 y 2 se puede observar el comportamiento al aumento en las publicaciones. Esto sirve como evidencia de que se ha estado investigando de gran manera a través de los años teniendo en cuenta que a nivel mundial existen muchos problemas asociados a aguas residuales y por tanto a la necesidad de buscar la manera de realizar tratamiento a las mismas.

Luego haciendo revisión en la herramienta de análisis de la base de datos de Scopus® para la palabra *Environmental impact of wastewater*, se demuestra que en un período en el que corresponde a los últimos 10 años; existe un crecimiento exponencial en el número de publicaciones relacionadas con la temática. El gráfico muestra, además, que a partir del año 2016 hasta el 2021 se realizaron el doble de artículos que los que se encontraban ya publicados hasta esa fecha, corroborando así la importancia a nivel mundial sobre el tema en cuestión.

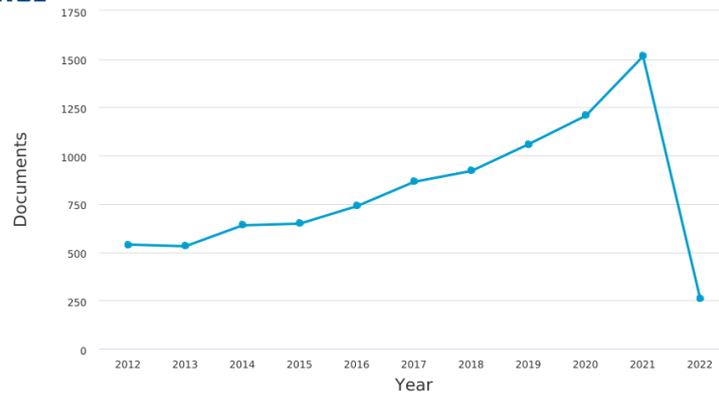


Gráfico 3. Número de publicaciones por año para Environmental impact of wastewater
Fuente: Scopus®

Entre las bases de datos que más artículos científicos son consultados de acuerdo con la temática encontramos cinco, a saber: *Science of the total environment*, *Journal of cleaner production*, *Water research*, *Chemosphere* y *Journal of environmental management* (ELSEVIER).

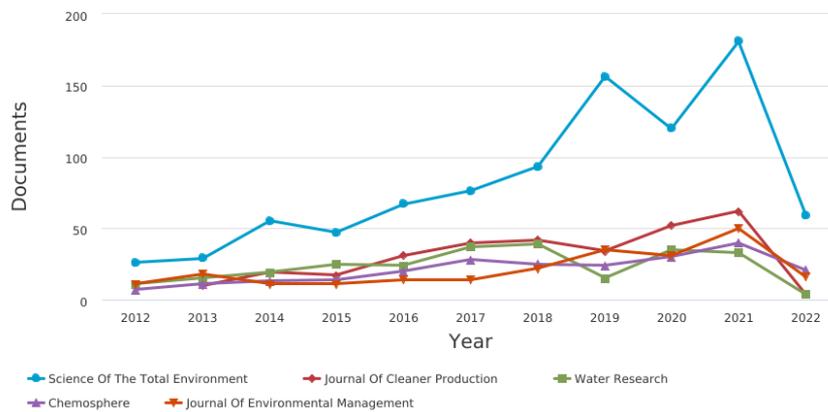


Gráfico 4. Fuentes de publicación en base de datos para Environmental impact of wastewater
Fuente: Scopus®

La gráfica 3 y 4 de igual manera demuestran el crecimiento y mantenimiento en las publicaciones asociadas al termino *Environmental impact of wastewater*. Actualmente el interés por los riesgos asociados al medio ambiente ha despertado gran interés en la sociedad debido al impacto potencial hacia las personas. Es decir que los riesgos inherentes al medio ambiente impactan proporcionalmente a los seres humanos.

En el uso de la base de datos de Google Trends® se puede apreciar la tendencia en la búsqueda en el rango de 10 años (2012-2022) para el año 2012 y 2017 para las palabras claves.

En el caso del término Water Treatment tuvo hasta un valor de 100, representando una máxima popularidad; pero en términos generales el concepto se mantiene en popularidad por encima de la media, es decir por encima de 50, notándose el interés de las personas hacia esto; como se había mencionado antes la popularidad va enmarcada a la problemática que tiende a presentar la población ya que aumenta entonces el interés.

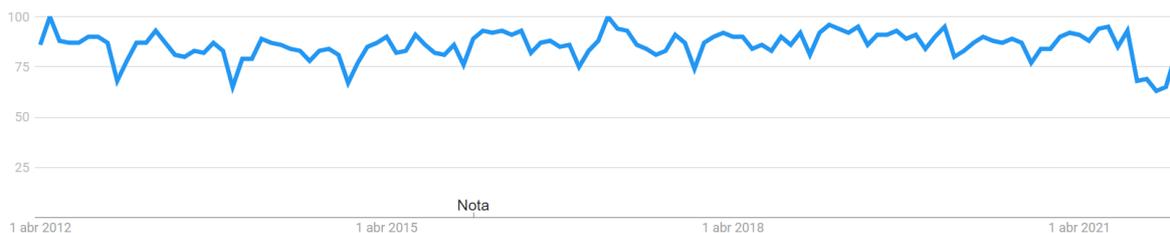


Gráfico 5. Interés a lo largo del tiempo para Water Treatment (Búsquedas en Google)
Fuente: Google Trends®

El país con mayor interés hacia el termino es Etiopia y la región Lagos; hay que tener en cuenta la población con mayor afluencia ya que probablemente sea una de las zonas con mayor problemática asociada a la necesidad del tratamiento de las aguas, es decir que representan la hipótesis de entre mayor sea la necesidad de la población, mayor será el interés por investigar hacia algo.

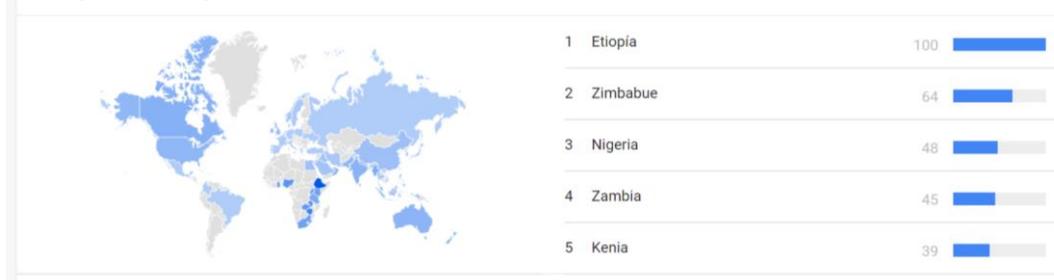


Gráfico 6. Interés por región para Water Treatment (Búsquedas en Google)

Fuente: Google Trends®

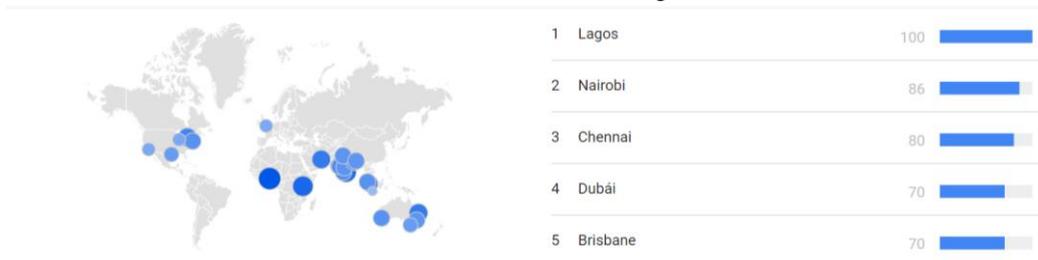


Gráfico 7. Interés por región para Water Treatment (Búsquedas en Google)

Fuente: Google Trends®

La herramienta es de gran utilidad teniendo en cuenta la posibilidad de ver las tendencias a nivel distributivo por diferentes zonas y poder apreciar que tan importante es para las personas consulta sobre un término en este caso para *Water Treatment*. En términos generales se consulta mucho sobre esto. La herramienta Google Trends® (tendencias de búsqueda en Google), muestra en los siguientes gráficos la evidencia que el interés por la temática del impacto ambiental generado por aguas residuales en los últimos 10 años se ha mantenido por encima de un 50%; además que los países que más búsquedas realizan con respecto al tema en particular son Etiopía, Mauricio, Zimbabue, Nueva Zelanda, Trinidad y Tobago, cabe resaltar que en su mayoría son países africanos y que las últimas tres regiones son islas.

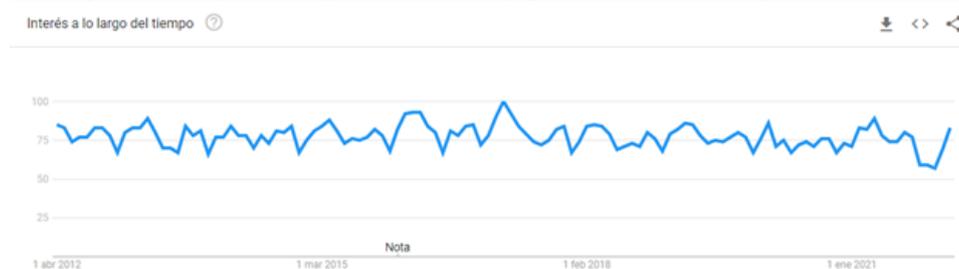


Gráfico 8. Interés a lo largo del tiempo para Environmental impact of wastewater (Búsquedas en Google)

Fuente: Google Trends®



Gráfico 9. Interés por región para Environmental impact of wastewater (Búsquedas en Google)

Fuente: Google Trends®

3.1.1. Autores, número de publicaciones e impacto.

En el periodo de los últimos 10 años se encuentra el aporte de autores como Zeng, G con 240 publicaciones acerca de *Water Treatment*, Dionysiou, D.D. con 234 publicaciones, Ngo, H.H. con 225 publicaciones y Ismail, A.F. con 221. En el gráfico se puede apreciar la cantidad de autores que han escrito sobre el tema de tratamiento de agua.

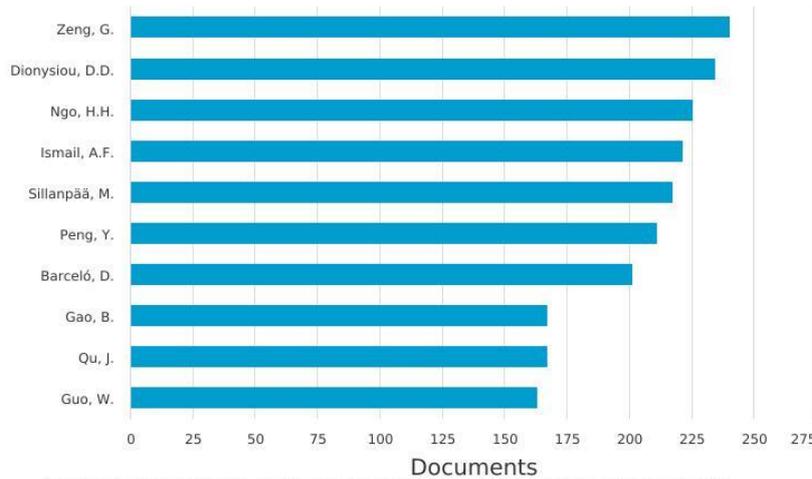


Gráfico 8. Número de publicaciones por autor para *Water Treatment*
Fuente: Scopus®

Entre los autores que más artículos han publicado con respecto al tema del impacto ambiental generado por aguas residuales encontramos a Barceló con más de 35 artículos, Ngo y Moreira más de 20; en el siguiente gráfico se muestran los 10 autores que más han escrito acerca de la temática presentada.

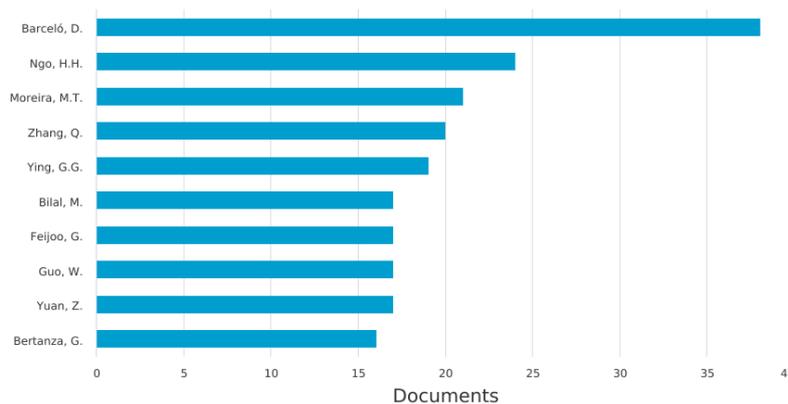


Gráfico 9. Número de publicaciones por autor para *Environmental impact of wastewater*
Fuente: Scopus®

3.1.2. Áreas de conocimiento

Para el caso de las áreas de conocimiento para el término *Water Treatment*, está ligado en gran medida a la ciencia ambiental con un 19.8% y luego hay un grupo de otras áreas relacionadas con un 14.8% como es el caso de ciencias de la tierra y planetarias, farmacología, toxicología, inmunología, entre otras.

El tratamiento del agua se efectúa desde diferentes áreas de conocimiento teniendo en cuenta el interés por la practica ya sea desde los análisis fisicoquímicos y microbiológicos como técnicas de purificación. Por eso las áreas de mayor interés están asociadas a ámbitos ambientales, de salud y científicos: Ciencias Ambientales con 123048 publicaciones, Ciencias Agrícolas y Biológicas 66356, Química 60308, Ingeniería 56114 e Ingeniería Química 50493.

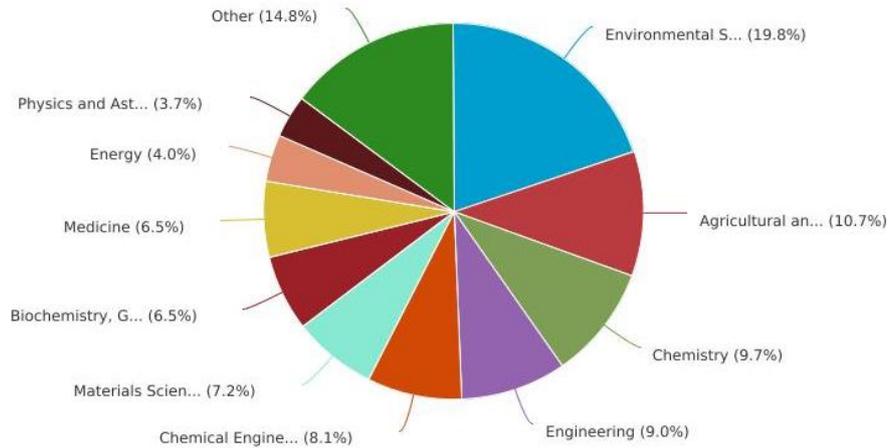


Gráfico 10. Número de publicaciones por área de conocimiento para Water Treatment
Fuente: Scopus®

Como el concepto está asociado a algo que tiene impacto en la población y el medio ambiente por eso las áreas de conocimiento que más impacta son de interés poblacional y de flora y fauna.

De acuerdo con el siguiente gráfico se puede observar que para el término impacto ambiental por aguas residuales el 41% de estas publicaciones va encaminada hacia la ciencia ambiental, seguida de otras áreas con un 13.1% y la ingeniería con un 8,8%.

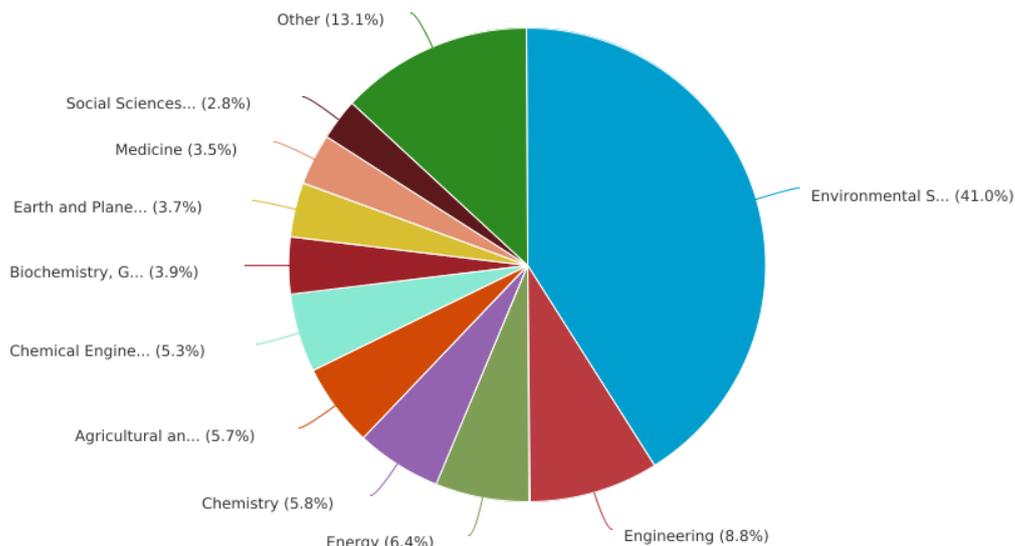


Gráfico 11. Número de publicaciones por área de conocimiento para Environmental impact of wastewater
Fuente: Scopus®

A través de los gráficos de las áreas de conocimiento para ambas palabras clave se puede observar el área de mayor auge es la ciencia ambiental. Es notorio entonces la cantidad de publicaciones en torno a la problemática del proyecto de investigación teniendo en cuenta los riesgos asociados y la necesidad de buscar conocimientos que permita obtener soluciones efectivas para atacar las causas raíz y eliminar o mitigar los riesgos inherentes al impacto ambiental y poblacional que trae consigo por un lado un incorrecto tratamiento de agua y por otro lado el impacto producido por las aguas residuales que son mal tratadas.

3.1.3. Instituciones y países

Las principales instituciones que están relacionadas con el tema de tratamiento de agua son: El Ministerio de Educación China con 10886 publicaciones, Academia de Ciencias China 9835, Universidad de la academia China de ciencias 3760, Instituto de Tecnología Harbin 2733 y Universidad de Tsinghua con 2540.

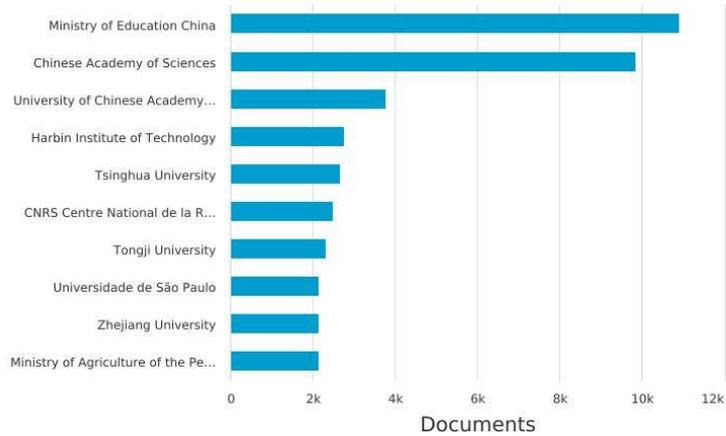


Gráfico 12. Número de publicaciones por institución para Water Treatment.
Fuente: Scopus®

Lo anterior junto con el gráfico de publicaciones por países se ve claramente la ventaja en estudios de China, siendo casi el doble que Estados Unidos que es el segundo con más investigaciones. Hay que tener en cuenta que estos países tienen publicaciones recientes de finales del 2021. Luego vienen países como India y Brasil.

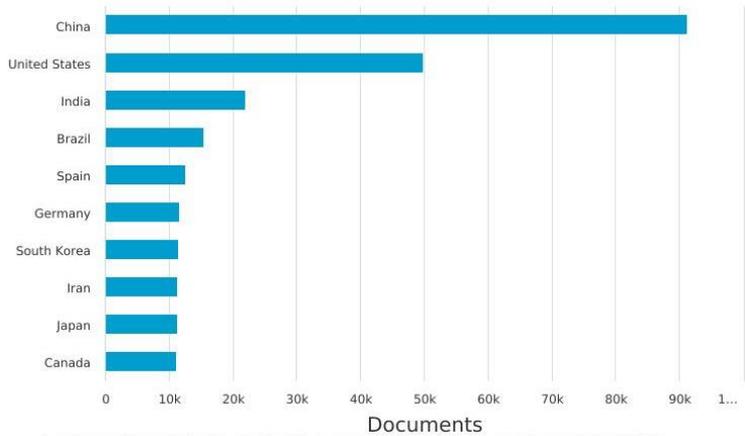


Gráfico 13. Número de publicaciones por país para Water Treatment.
Fuente: Scopus®

En el caso de las instituciones que más documentos han publicado sobre el impacto ambiental por aguas residuales se encuentran como principales la Academia de ciencias de China con más de 350, el ministerio de educación chino con más de 200 y la Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos con más de 100 publicaciones.

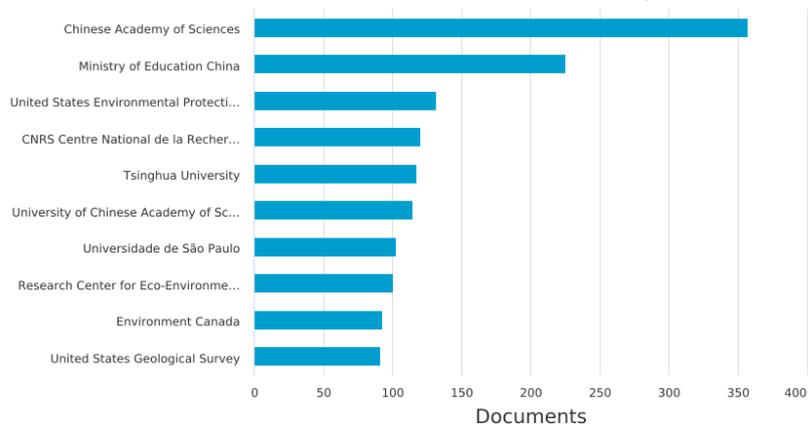


Gráfico 14. Número de publicaciones por institución para Enviromental impact of wastewater
Fuente: Scopus®

Y se puede confirmar mediante el siguiente gráfico que entre los países con más documentos publicados se encuentran los Estados Unidos y China.

4. Referente a nivel internacional

La función de las plantas de tratamiento de aguas residuales es limpiar las aguas usadas domésticas y/o industriales que generalmente están contaminadas con materia orgánica y todo tipo de sólidos que impactan negativamente el medio ambiente, además, de tener patógenos generadores de enfermedades.[2].

Autor	Método	Aporte
[3]	Se evaluaron cinco alternativas tecnológicas frente al rendimiento actual de la PTAR convencional.	Brindar bases científicas para aplicar tecnologías en el tratamiento de aguas residuales, además de poner en consideración la recuperación de los recursos hídricos y energéticos y como esto impacta positivamente a nivel ambiental-económico.
[4]	Realiza un análisis de los diferentes sistemas de tratamiento de aguas residuales doméstica empleados en Colombia.	Describe las diferentes alternativas de tratamientos de agua residuales domésticas utilizadas en Colombia, evaluando la eficiencia y costos de estas según el estudio de diferentes autores.
[5]	Se describe el marco político, institucional y las normas que han se han venido desarrollando históricamente para dar solución a problemas complejos asociados a estos servicios de agua potable y saneamiento básico.	Otorga a la comunidad el conocimiento sobre las normas, políticas e institucionalidad sobre el acceso al agua potable y el saneamiento básico como un derecho de todo el territorio colombiano, también explica mediante un esquema los principales actores que intervienen para que ese derecho sea una realidad.
[6]	Se comparó el ciclo de vida de una PTAR convencional con un esquema planteado a través de información cualitativa.	Implementar un esquema que contribuya a la recuperación total de recursos hídrico/energético y conocer el impacto ambiental.
[1]	Realización de una revisión del estado del	Uso de revisión del estado del arte para poner en evidencia la poca inversión que

	arte a partir del cumplimiento de la normatividad colombiana frente al impacto ambiental que han provocado las PTAR.	tienen las plantas de tratamiento en Colombia y las grandes falencias en cuanto al incumplimiento de la normatividad ambiental vigente.
[7]	Investigación analítica del agua bajo los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Realidad sobre el deterioro creciente en la calidad del agua a medida que es afectado por las diversas actividades socioeconómicas desarrolladas en alrededor de su cauce; presentando en general calidad entre “mala” y “muy mala”.
[8]	A partir de un proceso analítico se identificó la realidad en cuanto a los vertimientos líquidos, explicando los componentes asociados al problema.	Brindar claridad acerca de la implementación de sistemas de tratamiento altamente eficientes, que garanticen la protección del recurso hídrico teniendo en cuenta la normatividad ambiental vigente y la sostenibilidad ambiental.
[9]	A través de la investigación cualitativa contemplada por 3 fases se evaluó y analizó las condiciones de contaminación del agua.	Generación de conocimiento de la realidad del deterioro de la calidad del agua relacionado con la materia orgánica aportada por los vertimientos domésticos e incumplimiento de objetivos de la política nacional para la gestión integral del recurso hídrico.
[10]	analizar el estado situacional y la problemática del abastecimiento del agua y el tratamiento de aguas residuales en el Perú, desde una perspectiva de	Se determinaron unas recomendaciones para mitigar los problemas de contaminación a través de un diseño de un sistema de monitoreo de las aguas residuales domésticas.

	revisión de literatura, vinculándolo con las políticas de saneamiento urbano y rural, a fin de proponer posibles lineamientos de política de agua saludable en el país.	
[11]	Se propuso sistema de monitoreo que consta de unas series de sensores que se utilizan para medir varios parámetros de calidad como la turbidez, el valor del pH, el nivel del agua en el tanque, la humedad del entorno contiguo y la temperatura del agua.	mejorar la calidad del agua a través de una tecnología que permite medir la calidad del agua, basándose en sensores IoT y que son utilizado para monitorear el grado de contaminación. A través de este sistema se logró monitorear la calidad del agua y así impedir la contaminación de esta.

Tabla. Artículos relevantes para la temática de estudio.

Fuente: Scopus®

Según lo descrito en la tabla anterior se puede evidenciar que muchos autores basan sus estudios en la recuperación de los recursos naturales los cuales se ven afectados directamente por estos procesos de vertimiento; además se observa en la literatura que no es un problema que se da solo a nivel local, sino que es de relevancia mundial [6] [12][1].

Existen muchas investigaciones asociadas a la problemática de contaminación del recurso hídrico por vertimiento de aguas residuales que trae consigo afectaciones a nivel social y ambiental. La vía más práctica para solucionar el problema de contaminación está asociada al tratamiento de las aguas; según las investigaciones actualmente existen varios sistemas de tratamiento de agua, unos más eficientes que otros; en Colombia el más utilizado de estos sistemas es el de lodos activados; este cumple con los requisitos normativos ambientales colombianos en materia de vertimientos y es a la luz de la problemática una alternativa práctica de tratamiento de aguas[13].

En otras investigaciones se puede notar el interés hacia la problemática de la contaminación por vertimientos de agua residuales urbanas y que esta como consecuencia está generando problemas en la biodiversidad y el medio ambiente. Existen muchas maneras de plantear soluciones que permitan eliminar la problemática de contaminación de aguas residuales; en Perú uno del método utilizado es un equipo llamado TRICANTER, que se utiliza con separadores de fases, y que tiene como función la separación del agua residual de las grasas, aceites y los sólidos, luego con el tratamiento adecuado de uso de lámpara de radiación UV o con Ozonizadores, se mitiga la contaminación [14].

De acuerdo a la literatura es claro que la problemática de vertimientos de agua residuales genera gran riesgo al recurso hídrico ya que impacta gradualmente a la calidad del agua aumentando la carga microbiana y la alteración de sus propiedades fisicoquímicas [15] [7].

La mayoría de las investigaciones llegan a la conclusión que la solución más práctica para dar respuesta a la problemática es desde el tratamiento del agua; teniendo en cuenta la importancia desde el desarrollo sostenible e inmerso en la política nacional para la gestión del recurso hídrico [15], por tanto, se puede decir que en materia de requerimiento normativo no se está realizando un manejo adecuado a los vertimientos a nivel nacional, por la ausencia de sistemas de tratamientos de aguas residuales tanto en las zonas rurales como en urbanas lo que afecta la calidad de vida de las poblaciones y los ecosistemas [7][1].

El impacto ambiental generado por la inoperancia de las PTAR en Colombia es significativo [1], es así como [6] proponen la implementación de un esquema en el que se fortalezca la recuperación de los recursos y compense las contaminaciones atmosféricas. De igual manera [3] deja por sentado bases para la aplicación de tecnologías que mejoren las condiciones ambientales, a través del control de N₂O en tiempo real, mejoramiento biológico de biogás junto con conversión de

energía a hidrógeno, recuperación de fósforo, recolección de carbono de prefiltración y eliminación mejorada de nitrógeno.

En términos generales se puede ver que muchos autores centran su investigación en la contaminación ambiental; debido en gran manera al vertimiento de aguas residuales a nivel mundial; por lo que las investigaciones se orientan hacia el compromiso en recuperar los recursos naturales y el ecosistema que son los principales que se han visto afectados por toda esta problemática. [10] afirma que se puede mitigar o disminuir esta problemática diseñando un Sistema de Monitoreo de la Aguas Residuales Domésticas con el fin de monitorear las aguas para así prevenir la contaminación ambiental.

Además, existen investigaciones que basan su búsqueda en la prevención de la contaminación del agua, a través de la implementación sistemas inteligentes que permiten monitorear la calidad del agua e impedir la contaminación de esta, además de cuidar la salud de los seres humanos y de los animales como la afirma [11].

5. CONCLUSIONES

Tener agua limpia y sanidad es uno de los objetivos de desarrollo sostenible en los que Colombia necesita hacer énfasis, esto se puede corroborar al hacer una revisión literaria en la cual se resalta la importancia del tratamiento del preciado líquido para los ecosistemas, poblaciones y todos los actores que se ven afectados a raíz de la ineficiencia de los procesos efectuados en el país.

A través de la revisión de la literatura se pueden encontrar diversas técnicas empleadas a nivel mundial que van encaminadas hacia la excelencia de las plantas de tratamiento, en la que se espera que el impacto ambiental generado por estas sea totalmente cero. Colombia siendo un país emergente dista del escenario internacional, y se identifican muchas zonas vulnerables que no cuentan con sistemas de tratamiento de agua, la condición en la que se encuentra el proceso de tratamiento de aguas residuales demuestra la poca atención que le dan las partes interesadas a este tipo de problemáticas ambientales que perjudican al sector urbano y agropecuario.

Esta revisión puede contribuir a otras poblaciones que tengan dificultades ambientales y sanitarias a causa de los tratamientos de las aguas residuales, y no cuenten con plantas de tratamientos para purificar estas aguas.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. E. Alférez Rivas and N. Nieves Pimiento, “Plantas de tratamiento de aguas residuales (PTAR): impacto ambiental esperado e impacto ambiental provocado,” *Caribeña Ciencias Soc.*, no. junio, Jun. 2019.
- [2] S. Arora and A. A. Kazmi, “The effect of seasonal temperature on pathogen removal efficacy of vermifilter for wastewater treatment,” 2015, doi: 10.1016/j.watres.2015.02.001.
- [3] M. Faragò *et al.*, “From wastewater treatment to water resource recovery: Environmental and economic impacts of full-scale implementation,” *Water Res.*, vol. 204, p. 117554, Oct. 2021, doi: 10.1016/J.WATRES.2021.117554.
- [4] A. K. N. Vargas, J. Calderón, D. Velásquez, M. Castro, and D. A. Núñez, “Biological system analysis for domestic wastewater treatment in Colombia,” *Rev. Chil. Ing.*, vol. 28, no. 2, pp. 315–322, 2020.
- [5] javier orlando Moreno Méndez, “LOS RETOS DEL ACCESO A AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO DE LAS ZONAS RURALES EN COLOMBIA,” <https://doi.org/10.16924/revinge.49.5>, no. 49, pp. 28–37, Jul. 2020, doi: 10.16924/REVINGE.49.5.
- [6] X. Hao, X. Wang, R. Liu, S. Li, M. C. M. van Loosdrecht, and H. Jiang, “Environmental impacts of resource recovery from wastewater treatment plants,” *Water Res.*, vol. 160, pp. 268–277, Sep. 2019, doi: 10.1016/J.WATRES.2019.05.068.
- [7] D. Santacruz, “Evaluación de la calidad del agua por vertimientos de aguas residuales en la zona media y baja de la quebrada Miraflores de Pasto-Nariño DALILA SANTACRUZ BASTIDAS,” 2019.
- [8] M. Duarte Guerrero and M. A. Galindo Galvis, “Descripción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas más utilizados en Colombia y análisis de la situación actual de los vertimientos directos de los efluentes líquidos producidos por la red del alcantarillado urbano del municipio de Silvania (Cundinamarca),” 2018. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/21083>.
- [9] S. AGUILAR MARTÍNEZ and G. A. SOLANO PARDO, “EVALUACIÓN DEL IMPACTO POR VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN (ICOMO) EN CAÑO GRANDE, LOCALIZADO EN VILLAVICENCIO-META,” 2018, <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/14218/2018aguilarsantiago.pdf>.
- [10] L. fernando Larios Meoño, C. González Taranco, and Y. Morales Olivares, “LAS AGUAS RESIDUALES y SUS CONSECUENCIAS EN EL PERÚ,” 2015.
- [11] V. Lakshmikantha, A. Hiriyannagowda, A. Manjunath, A. Patted, J. Basavaiah, and A. A. Anthony, “IoT based

- smart water quality monitoring system,” *Glob. Transitions Proc.*, vol. 2, no. 2, pp. 181–186, Nov. 2021, doi: 10.1016/J.GLTP.2021.08.062.
- [12] L. S. Quiroz Fernández, E. Izquierdo Kulich, and C. Menéndez Gutiérrez, “Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador,” 2018. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612018000100008 (accessed Feb. 14, 2022).
- [13] M. Duarte, “Descripción de los sistemas de tratamiento de aguas residuales domésticas más utilizados en Colombia y análisis de la situación actual de los vertimientos directos de los efluentes líquidos producidos por la red del alcantarillado urbano del municipio de ,” 2018. .
- [14] M. I. N. Inga, A. C. V. Garcia, Y. A. H. Niquen, and R. W. S. Tinedo, “Vertimiento de aguas residuales de la ciudad de Tumbes y disminución de la biodiversidad florística,” *RECIAMUC*, vol. 5, no. 3, pp. 196–207, Sep. 2021, doi: 10.26820/RECIAMUC/5.(3).AGOSTO.2021.196-207.
- [15] S. Aguilar and G. Solano, “EVALUACIÓN DEL IMPACTO POR VERTIMIENTOS DE AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS, MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE CONTAMINACIÓN (ICOMO) EN CAÑO GRANDE, LOCALIZADO EN VILLAVICENCIO-META.,” 2018. .