

	UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER OCAÑA			
	Documento FORMATO HOJA DE RESUMEN PARA TRABAJO DE GRADO	Código F-AC-DBL-007	Fecha 08-07-2021	Revisión B
	Dependencia DIVISIÓN DE BIBLIOTECA	Aprobado SUBDIRECTOR ACADEMICO		Pág. 1(84)

RESUMEN – TRABAJO DE GRADO

AUTORES	Juan Carlos Guevara Calderón Eusebi Yarima Cruz Tibaguiza		
FACULTAD	Ingenierías		
PLAN DE ESTUDIOS	Ingeniería Civil		
DIRECTOR	Ing. Agustín Armando Macgregor Torrado		
TÍTULO DE LA TESIS	Revisión de la evolución del Aprovechamiento de los recursos hídricos en Colombia.		
TITULO EN INGLES	Use of water resources in Colombia: A review of scientific literature		
RESUMEN			
<p>El objetivo principal de este trabajo de investigación es determinar los principales trabajos de investigación científica, autores, instituciones y países donde se han desarrollado estudios sobre recursos hídricos en Colombia, basado en una metodología de investigación cuantitativa de tipo documental. Para el desarrollo de este trabajo, se consideró la búsqueda de información científica almacenada en la base de datos Scopus, la cual fue analizada considerando el software R-Studio para determinar tendencias en relación con la cantidad y calidad de las publicaciones científicas en las diferentes fuentes. Los resultados del análisis bibliométrico demostraron que los 753 documentos estudiados presentan una tasa de crecimiento exponencial del 6.21% anual, desde 1971 hasta 2023, con documentos publicados en un 92% en inglés. Estos documentos científicos se encuentran publicados en áreas como ciencias ambientales en primer lugar con 271 documentos con un 20% de importancia, seguido de ciencias agroindustriales y biológica, y en tercer lugar ciencias de la tierra y el planeta con un 15.2 y 13.9 %, respectivamente. Finalmente, la institución y el país más importante son la Universidad nacional de Colombia con 65 publicaciones y el país Colombia con 570 apariciones de documentos científicos.</p>			
RESUMEN EN INGLES			
<p>The main objective of this research work is to determine the main scientific research works, authors, institutions, and countries where studies on water resources in Colombia have been developed based on a documentary-type quantitative research methodology. For the development of this work, the search for scientific information stored in the Scopus database was considered, which was analyzed using the R-Studio software to determine trends concerning the quantity and quality of scientific publications in the different sources. The results of the bibliometric analysis showed that the 753 documents studied present an exponential growth rate of 6.21% per year, from 1971 to 2023, with 92% of the documents published in English. These scientific documents are published in areas such as environmental sciences in first place with 271 documents with 20% importance, followed by agro-industrial and biological sciences, and in third place earth and planet sciences with 15.2 and 13.9%, respectively. Finally, the most important institution and country are the National University of Colombia, with 65 publications, and the country Colombia with 570 appearances of scientific documents.</p>			
PALABRAS CLAVES	Recursos hídricos, América, Ríos, Cuerpos de agua.		
PALABRAS CLAVES EN INGLES	Water resources, America, Rivers, Bodies of water.		
CARACTERÍSTICAS			
PÁGINAS: 101	PLANOS: 0	ILUSTRACIONES: 0	CD-ROM: -0-

Revisión de la evolución del Aprovechamiento de los recursos hídricos en Colombia.

Juan Carlos Guevara Calderón

Eusebi Yarima Cruz Tibaguiza

Facultad de Ingenierías, Universidad Francisco De Paula Santander Ocaña

Ingeniería Civil

Ing. Agustín Armando Macgregor Torrado

29 de Mayo del 2023

Índice

Lista de figuras.....	5
Lista de tablas	7
Dedicatoria	8
Agradecimientos	9
Capítulo 1. Revisión de la evolución del Aprovechamiento de los recursos hídricos en Colombia.....	10
1.1 Planteamiento del Problema	10
1.2. Formulación del problema	11
1.3. Justificación	11
1.4. Objetivos	12
1.4.1. Objetivo General.....	12
1.4.2. Objetivos específicos.	12
1.5. Delimitaciones	13
1.5.1. Geográfica.....	13
1.5.2. Conceptual.	13
1.5.3. Operativa.....	14
1.5.4. Temporal.....	14
Capitulo 2. Marco Referencial	15
2.1. Marco Histórico	15
2.2. Antecedentes a nivel nacional e internacional	20
2.2.1. Presa de Jimenoa.....	21
2.2.2. Contra-embalse Tavera	21
2.2.3. Represe de Angostura	22
2.2.4. Otras represas de gran denominación a nivel mundial	23

2.3. Aprovechamiento del recurso hídrico a nivel nacional e internacional.....	25
2.4. Marco Conceptual.....	34
2.5. Marco Teórico.....	36
2.5.1. Análisis bibliométrico (BA) o de Revisión de literatura científica.....	36
2.6. Marco Legal.....	38
Capítulo 3. Metodología de la investigación	39
3.1. Tipo de Investigación.....	39
3.2. Población y muestra.....	40
3.2.1. Población.....	40
3.2.2. Muestra.	40
3.3. Etapas del proyecto de investigación.....	40
3.4. Cronograma de actividades.....	42
Capítulo 4. Desarrollo de la revisión de literatura científica	44
4.1. Recopilar información de los artículos relacionados con la temática de los recursos hídricos en Colombia a través de la base de datos de Scopus, para clasificar de forma adecuada los datos obtenidos.....	44
4.1.1. Impacto medio ambiental en el Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia.....	50
4.1.2. Aprovechamientos de los recursos hídricos en Colombia	50
4.1.3. Uso y Aprovechamientos de recursos hídricos en Colombia	52
4.2. Examinar los datos recopilados utilizando el software VOSviewer para determinar las tendencias actuales en el estudio de los recursos hídricos en Colombia	57
4.2.1. Resultados generales del análisis bibliométrico	57
4.2.2. Recolección de datos e información	58
4.2.3. Resumen de las publicaciones y resultados estadísticos.....	58
4.2.4. Análisis de resultados obtenidos de la revisión de literatura.	59

4.2.5. Resumen de las publicaciones.	61
4.2.6. Evolución del uso de las palabras clave a lo largo de los años.....	62
4.2.7. Instituciones más importantes.....	70
4.3. Establecer los autores, revistas y redes de colaboración más importantes a nivel mundial teniendo en cuenta la información de artículos recopilados sobre el estudio de recursos hídricos.....	73
4.3.1. Autores relevantes.....	73
4.3.2. Importancia de las revistas.....	78
4.3.3. Redes de colaboración más importantes.....	80
4.3.4. Normativas colombianas y la inclusión de la economía verde en el país para el aprovechamiento del recurso hídrico.	83
Conclusiones	89
Recomendaciones	92
Referencias.....	95

Lista de figuras

Figura 1 Aprovechamiento de los recursos hídricos a través de los años.....	16
Figura 2 Aprovechamiento de los recursos hídricos.....	19
Figura 3 Hidroeléctrica del rio Jimenoa.....	21
Figura 4 Represa de angostura.....	23
Figura 5 Represas más importantes a nivel mundial.....	24
Figura 6 Metodología para realizar el análisis bibliométrico.....	37
Figura 7 Ficha técnica del Parque nacional natural Chingaza.....	45
Figura 8 Parque nacional natural Chingaza.....	46
Figura 9 Fauna y flora del Parque nacional natural Chingaza.....	49
Figura 10 Amazonía Colombiana.....	56
Figura 11 Tipos de documentos científicos.....	61
Figura 12 Crecimiento de la cantidad de documentos con los años.....	62
Figura 13 Diagrama de Sankey de la evolución de las principales palabras clave durante cinco periodos de tiempo 971-2011, 2012-2016, 2017-2019, 2020-2021 y 2022-2023.....	63
Figura 14 10 palabras clave más utilizadas en las publicaciones científicas.....	64
Figura 15 Frecuencia porcentual de las palabras clave.....	65
Figura 16 Agrupación de las palabras clave por importancia y aparición.....	66
Figura 17 Interacción entre las palabras claves.....	67
Figura 18 Principales áreas de publicación de las publicaciones científicas.....	68
Figura 19 Mapa de estructura conceptual de grupos de palabras clave.....	69
Figura 20 Las 10 instituciones más relevantes.....	70
Figura 21 Países más importantes por frecuencia de aparición.....	71
Figura 22 Países más relevantes por total y promedio de citas.....	72

Figura 23 a) Evolución de los autores a lo largo de los años, y b) Detalle de los 10 autores más importantes por cantidad de documentos.	74
Figura 24 Co-citaciones entre los autores analizados.	77
Figura 25 Principales redes de colaboración de las publicaciones científicas analizadas.	78
Figura 26 Las 10 revistas más influyentes.	79
Figura 27 Evolución a lo largo del tiempo de las 10 principales revistas.	80
Figura 28 Colaboración entre países.	81
Figura 29 Relación entre los autores, países y las revistas.	82

Lista de tablas

Tabla 1 Cronograma de actividades.....	42
Tabla 2 Propuestas para el uso eficiente del recurso hídrico	51
Tabla 3 Resultados globales de la revisión de literatura científica.	59
Tabla 4 Artículos más citados a la fecha.	75
Tabla 5 Documentos científicos más relevantes en Colombia	76

Dedicatoria

En primer y único lugar agradezco a Dios, por permitirme culminar esta etapa de mi vida; a mi esposa y a mis hijos por ser la fuerza y apoyo que necesitaba para continuar con mis estudios; agradezco a mi madre también, por siempre estar incondicionalmente para así poder cumplir con mis objetivos académicos. Ellos son los que con su cariño y amor me han impulsado siempre a perseguir mis metas.

Juan Carlos Guevara Calderón

Este trabajo se lo dedico principalmente a Dios, por no abandonarme en ningún momento de mi vida; a mis padres por su gran amor, apoyo y paciencia. Gracias por enseñarme a afrontar las dificultades, me han enseñado a ser la persona que soy hoy; a mi esposo Cesar por su comprensión, por su compromiso, por su fuerza, por nunca dejarme sola en este camino; a mi hijo Valentino por ser la luz de mi vida, el impulso más importante para culminar con éxito esta etapa de mi vida.

Eusebi Yarima Cruz Tibaguiza

Agradecimientos

Un agradecimiento a la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña, por acompañarme en este camino; a la facultad de Ingeniería; Ingeniería Civil, a todos los docentes por transmitir los conocimientos necesarios para poder estar aquí donde estoy hoy.

A mi familia que siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional, para la realización de esta monografía.

Juan Carlos Guevara Calderón

A Dios por bendecirme con su infinito amor y haberme acompañado en este transcurso de mi vida permitiéndome compartir este momento de felicidad con mis seres queridos.

A mis padres por su inmenso esfuerzo, por siempre pensar en un mejor futuro para mí; acompañándome y brindándome su apoyo incondicional.

A la Universidad Francisco de Paula Santander Ocaña; facultad de ingenierías, Ingeniería Civil; que a través de sus directivos y profesores impartieron valiosos conocimientos y consejos.

Un agradecimiento al Ing. Agustín Armando Macgregor nuestro director de monografía, por sus recomendaciones para el desarrollo de nuestro trabajo.

Eusebi Yarima Cruz Tibaguiza

Capítulo 1. Revisión de la evolución del Aprovechamiento de los recursos hídricos en Colombia.

1.1. Planteamiento del Problema

El uso y aprovechamiento actual de los recursos hídricos se denominan de uso público a fuentes como: ríos, lagos y causes que desembocan en lagunas, ciénagas, pantanos, entre otros que son además alimentados por aguas lluvias. Por tal razón, el aprovechamiento, uso y optimización del recurso hídrico se puede llevar a cabo de forma adecuada, mediante permisos concedidos por las autoridades ambientales de los departamentos con lo cual se pueda administrar la fuente hídrica bajo las disposiciones establecidas bajo el decreto 1076 de 2015 (MADS 2020).

Considerando lo anterior, diferentes estudios han enfocado sus investigaciones en los recursos de hídricos mediante la optimización, mejora y preservación de las fuentes. Es importante mencionar que la región Noroeste de Colombia, es una de las regiones más avanzada de país en cuanto al desarrollo de estudios relacionados con recursos hídricos, pero cabe recalcar que, su desarrollo hídrico hasta ahora está iniciando. Por otra parte, el análisis funcional del recurso hídrico ha mostrado resultados donde las actividades de riego de cultivos es una de las actividades que más generan ingresos económicos en el país por las actividades agrícolas, y por lo tanto, el mayor desperdicio del recurso hídrico. Según el MADS (2020), el suministro de agua a las poblaciones representa una pequeña parte de los recursos; por otro lado, la recreación y los servicios específicos a la industria son prácticamente son muy bajos. Debido al poco aprovechamiento de las poblaciones pequeñas

en cuanto a los recursos hídricos, se fundamenta también la problemática actual del presente proyecto de conocer estudios que hayan considerado como objeto de estudio los recursos hídricos en Colombia, pues probablemente sea poco aprovechado, dado al desconocimiento que tienen muchas personas acerca de los métodos existentes para darle aprovechamiento, optimización y preservación de los recursos hídricos, con lo cual muchas poblaciones, familias y comunidades, entre otras, podría aprovechar de forma óptima los recursos y de esta manera crear conciencia sobre esta importante fuente para los seres vivos.

Finalmente, es importante mencionar que en la actualidad no existe un trabajo de revisión de literatura donde se utilice un análisis bibliométrico enfocado en los recursos hídricos en Colombia y de esta forma se establezcan tendencias relacionados con este tema importante para los seres vivos, el cual es importante de estudio para optimizar las fuentes de consumo para los diferentes sectores industriales y sociales.

1.2. Formulación del problema

Como parte de la formulación del problema, se plantean las siguientes hipótesis de investigación:

¿Cuáles son las tendencias actuales y artículos más importantes sobre aprovechamiento de los recursos hídricos en Colombia a nivel histórico?

1.3. Justificación

La importancia de desarrollar un análisis bibliométrico sobre los recursos hídricos en Colombia es poder tener una información concisa sobre las tendencias en el estudio de los

acuíferos y como se han proyectado situaciones para la mejora y optimización de este importante recurso a nivel mundial. De esta manera, se conocerá estadísticas detalles sobre los autores, publicaciones, instituciones y países más relevantes en esta área. Además, este proyecto de investigación tendrá un análisis de las diferentes redes de colaboración entre autores y países, y como a partir de esta información de evidencia cuales son las revistas y trabajos de investigación más importantes considerando esta área de estudio para la ingeniería civil.

Por otra parte, este trabajo de revisión aportara de forma directa a investigadores y estudiantes del programa de ingeniería civil que deseen enfocar sus investigaciones en temas relacionados con los recursos hídricos en Colombia considerando que con el desarrollo de este trabajo se obtiene de forma detallada y precisa las tendencias en esta área de interés y estudio como se evidencio a través del análisis de los antecedentes.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Desarrollar una revisión de literatura científica sobre el aprovechamiento de los recursos hídricos en Colombia teniendo en cuenta la base de datos *Scopus* para establecer las tendencias actuales sobre esta temática.

1.4.2. Objetivos específicos.

Recopilar información de los artículos relacionados con la temática de los recursos hídricos en Colombia a través de la base de datos de *Scopus*, para clasificar de forma adecuada los datos obtenidos.

Examinar los datos recopilados utilizando el software *R Studio* y la paquetería *bibliometrix* para determinar las tendencias actuales en el estudio de los recursos hídricos en Colombia.

Establecer los autores, revistas y redes de colaboración a nivel mundial teniendo en cuenta la información de artículos recopilados sobre el estudio de recursos hídricos.

1.5. Delimitaciones

1.5.1. Geográfica.

Este proyecto se desarrollará en la Universidad Francisco de Paula Santander seccional Ocaña, Norte de Santander - Colombia.

1.5.2. Conceptual.

El proyecto está basado bajo los siguientes conceptos: revisión de literatura científica, artículos, bases de datos, fuentes hídricas, recursos hídricos, tendencias, *Scopus* y otros inmersos en el desarrollo del trabajo de investigación.

1.5.3. Operativa.

Para el desarrollo de la presente investigación se tendrá en cuenta el aprovechamiento de los recursos hídricos en Colombia, para lo cual se llevará a cabo una búsqueda de información teniendo en cuenta la base de datos *Scopus*.

1.5.4. Temporal.

El trabajo comprende un periodo de 16 semanas del año en curso a partir de la fecha de aprobación del anteproyecto.

Capítulo 2. Marco Referencial

2.1. Marco Histórico

A nivel mundial según la ONU la eficiencia en el uso del agua aumentó un 12 % entre 2015 y 2019, lo que significa que el mundo cada vez está dándole a los recursos hídricos un mejor uso; y el porcentaje de países con una eficiencia en el uso del agua pasó de 17.4 USD/m³ en 2015 a 19,4 USD/m³ en 2019 (PNUD 2020). Por otra parte, la eficiencia en el uso del agua se relaciona con la utilización eficiente del recurso hídrico (agua), en temas de reciclaje o reutilización entre otros.

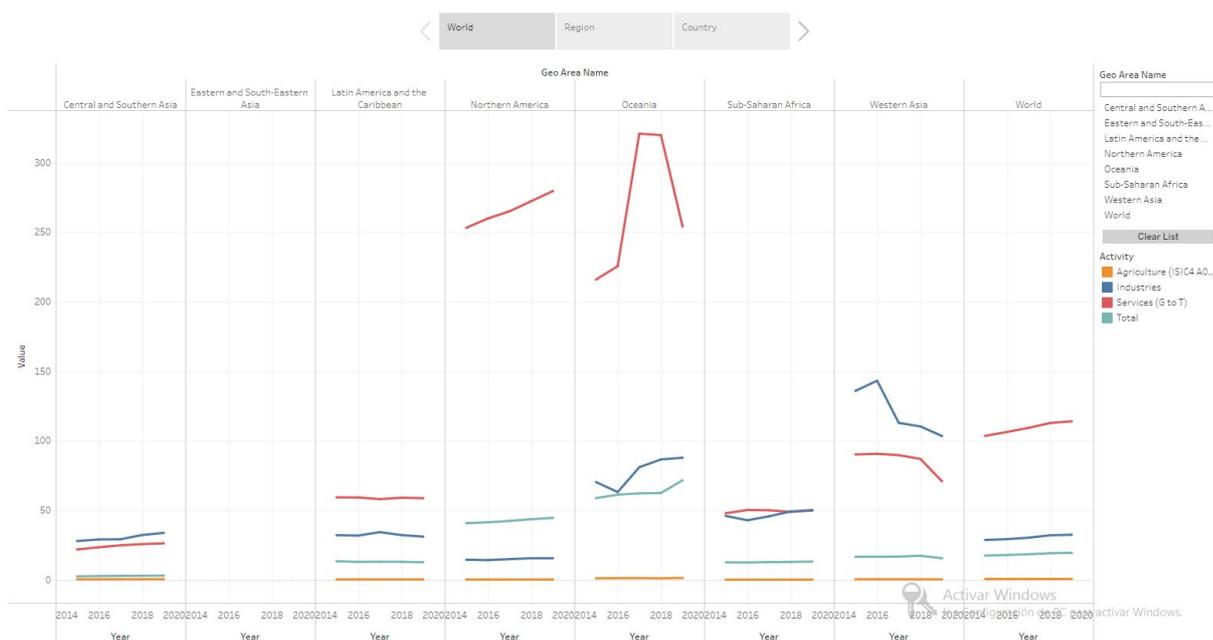
Según la Organización de las Naciones Unidas (ONU), para la alimentación y la agricultura (PNUD 2022), mencionan que los valores globales encierran grandes diferencias a nivel regional. Asia central y meridional y Asia oriental y sudoriental muestran las tasas de crecimiento más elevadas de 2015 a 2019, mientras que América Latina y el Caribe registran un descenso de la eficiencia en el uso del agua” Es decir que en América Latina y el Caribe en realidad, existe un decrecimiento constante en el uso del agua, estos países no han efectuado actividades que incrementen el aprovechamiento de estos recursos hídricos.

Para la eficiencia en el uso del agua es importante el incremento de la productividad en la agricultura, teniendo en cuenta que ambos términos o aspectos se relacionan entre sí. Según la organización de las Naciones Unidas otro aspecto que ayuda a aumentar la eficiencia en el uso de agua es la reducción en las pérdidas de agua: basado en implementar acciones que contribuyan a disminuir el desperdicio del agua, en las diferentes actividades desarrolladas. Por esta razón existen países en donde en base al desarrollo eficiente de la

agricultura, incrementa el uso eficiente de los recursos hídricos. En la siguiente grafica se puede observar el comportamiento del uso eficiente de los recursos hídricos en los diferentes países.

Figura 1

Aprovechamiento de los recursos hídricos a través de los años.



Fuente: (PNUD 2022).

Para conocer más acerca de la gestión y administración de los recursos hídricos, alrededor del mundo, se establece que existe una escasez de agua del 40% de la población, según el Banco-Mundial (2020); esto se debe principalmente al crecimiento de la población que cada vez más acelerado; además que el 70% de la poca agua que se extrae de las diferentes fuente, se destinan netamente a la agricultura. Asimismo, el Banco-Mundial (2020) menciona que para alimentar a 9,000 millones de personas en 2050 será necesario que la producción agrícola aumente en un 60% y la extracción de agua en un 15 %; considerando que es más de la mitad de la población mundial, la cual vive ahora en zonas urbanas. En

2025, alrededor de 1,800 millones de personas habitarán en regiones o países con escasez absoluta de agua, siendo un gran problema para biodiversidad y el medio ambiente. Por tal motivo, es importante cuidar y gestionar de forma adecuada desde ahora los recursos hídricos, debido a que su demanda cada día va en ascenso pero el recurso agua cada vez en peores condiciones, debido a la contaminación existente por las diferentes industrias (Nieto 2011).

Para el año 2030, se prevé que el estrés hídrico incrementará en diferentes zonas del mundo, la cual afectará principalmente a los países pobres, dónde los 1,000 millones de personas que viven en Cuenca amazónica y los 500 millones de personas, que residen en zonas fluviales serán extremadamente vulnerables ante esta situación (Banco-Mundial 2022). El Banco Mundial también menciona que para combatir están probable "sequía" es muy importante que los países del mundo empiecen a gestionar sus recursos hídricos de manera eficiente.

Considerando lo anterior, también es necesario la implementación de herramientas institucionales como Marcos legales y regulatorios, que orienten a regular y conservar los recursos hídricos. Por otra parte, se debe invertir en tecnología innovadora que permiten mejorar la productividad conservar y proteger los recursos hídricos por medio del ciclo de agua de lluvia y el desarrollo de fuentes de agua no convencionales. También es importante buscar oportunidades para mejorar el almacenamiento de agua y la recuperación de acuíferos, tomando como principal objetivo el fortalecimiento de la seguridad hídrica en este contexto de creciente escasez, mayor incertidumbre y desigualdades en la disponibilidad de agua, por

lo que los clientes tendrán que invertir en el fortalecimiento institucional, la gestión de información y el desarrollo de infraestructura (natural y artificial) (Banco-Mundial 2022).

Por otra parte, existen diferentes factores y parámetros que generan inconvenientes al momento de gestionar de forma adecuada los recursos hídricos, uno de ellos es el cambio climático generado por la contaminación de los diferentes sectores industriales, así como también aquellos desechos generados por los seres humanos. Según GreenFacts (2022), la combinación de los parámetros que afectan a los recursos hídricos aumenta con el uso del agua, generando problemas en el suministro y por lo tanto, en la gestión del recurso agua. No obstante, el problema sobre la gestión del recurso agua radica en la visión que tienen las diferentes industrias para realizar actividades y prácticas sostenibles que beneficien la obtención y recuperación de los afluentes hídricos, además este comportamiento se ve influenciado por los altos costos y tiempo que conlleva la gestión hidráulica de recursos ambientales. Para ayudar a este problema, las empresas deberían de gestionar sus recursos hidráulicos a través de mejores prácticas y el uso de tecnologías renovables para desarrollar un plan hidrológico considerando las diferente normatividad para tal efecto. Asimismo, es importante mencionar que muchas veces no se dan a conocer prácticas que puedan contribuir de manera positiva al aprovechamiento de recursos hídricos, pues es más importante para muchas entidades tanto públicas como privadas la búsqueda de beneficios económicos a través del suministro de agua, y que estos no se llevan a cabo prácticas que se centren en el desarrollo sostenible, teniendo en cuenta ideas llevadas a cabo en otros países con gran éxito o el uso de los diferentes avances tecnológicos actuales.

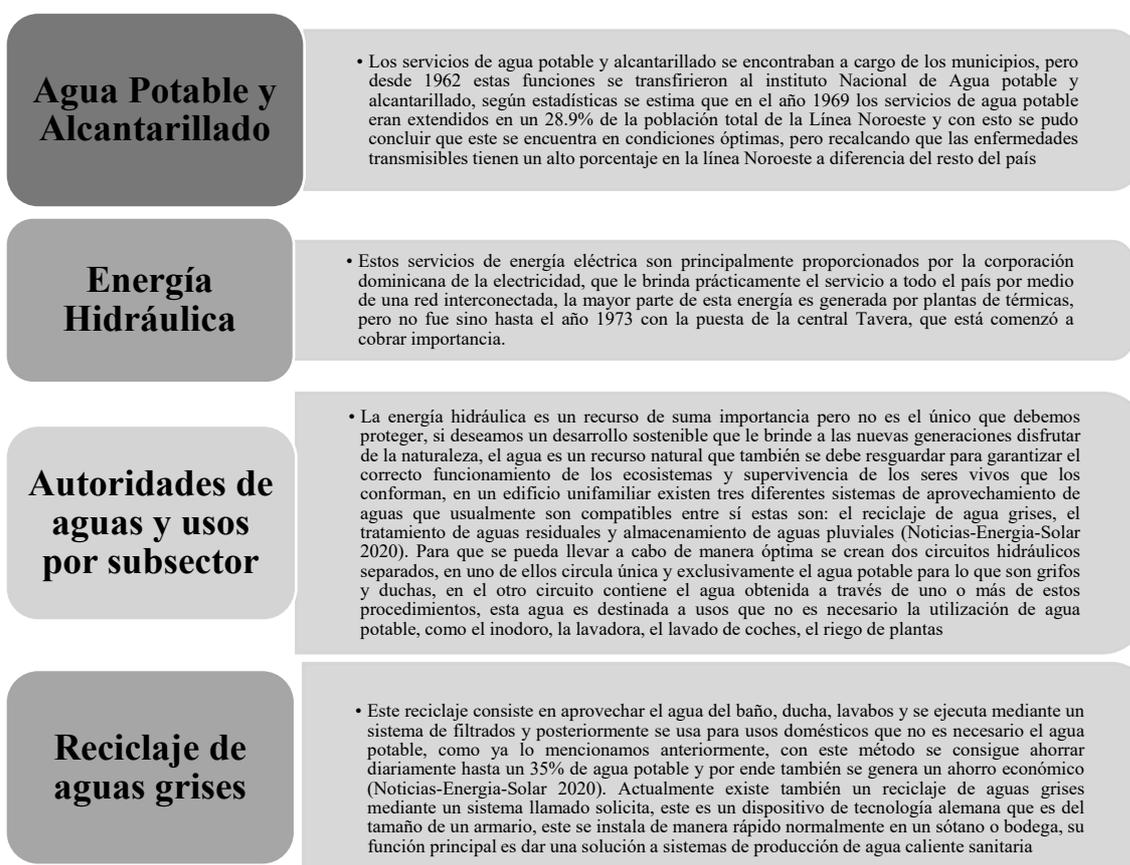
Por lo anterior, es importante el aprovechamiento energético de los recursos hídricos, aportando al crecimiento y la fomentación del desarrollo sostenible en nuestro país, dando a

conocer las diferentes técnicas existentes para llevar a cabo estos procesos que son de gran importancia para el aprovechamiento de estos recursos y al final de cuentas, para el medio ambiente, la naturaleza y la tierra.

Por otra parte, muchos son los aprovechamientos actuales de los recursos hídricos, entre los cuales según UT-DELNO (1977), encontramos los que se muestran en la Figura 2 con su respectiva descripción:

Figura 2

Aprovechamiento de los recursos hídricos



Fuente: Autores, 2023.

Finalmente, para conocer un poco más sobre la energía hidráulica, según Banco-Mundial (2022), este es el tipo de energía que se obtiene del aprovechamiento la energía

cinética del agua en movimiento por su movimiento natural; la forma más común y eficiente de lograr obtenerla es mediante los embalses o represas. En la mayoría de las ocasiones, la corriente de agua es aprovechada por las turbinas de la central hidroeléctrica. Este tipo de energía es renovable debido a que se consideran los mismos recursos ambientales para la generación de electricidad Banco-Mundial (2022).

Considerando lo anterior, el objetivo principal del presente proyecto de investigación es determinar los principales trabajos de investigación científica, autores, instituciones y países donde se han desarrollado estudios sobre recursos hídricos en Colombia, basado en una metodología de investigación cuantitativa de tipo documental. Posteriormente, dentro de la revisión bibliográfica, se plantea identificar los diferentes tipos de aprovechamientos energéticos considerando los recursos hídricos.

2.2. Antecedentes a nivel nacional e internacional

Alrededor del mundo se han desarrollado gran número de investigaciones enfocadas en el aprovechamiento de los recursos hídricos, dichos proyectos son considerados como impactantes y permiten controlar los elementos del medio ambiente en aras del desarrollo y optimización de los recursos. Dichas obras hidráulicas son de gran importancia, dado los efectos que ocasionan en el sistema ambiental, además son proyectos que benefician a la población que habita el medio donde esto se desarrolla. Por tal razón, en esta sección del trabajo de investigación se presentan algunos proyectos desarrollados de gran envergadura donde se lleva a cabo el aprovechamiento de recursos hídricos en los últimos años.

2.2.1. Presa de Jimenoa

También recibe el nombre de hidroeléctrica de Jimonea construida a mediados del año 1954 en República Dominicana, fue la primera en su género que se construyó en el país y se llevó a cabo con el propósito de producir energía eléctrica, mediante el uso de las fuerzas del agua. Aunque es importante mencionar que para la década de los 40 ya se había usado el agua para producir energía, se pueden obtener este resultado mediante ruedas hidráulicas a menor escala en el río Bao en Janico. Para la presa de Jimonea la fuente principal de abastecimiento de la hidroeléctrica es el río de Jimonea como se muestra en la Figura 3, la cual genera alrededor de 8,575 KW por día.

Figura 3

Hidroeléctrica del río Jimenoa



Fuente: Arqhys (2012).

2.2.2. Contra-embalse Tavera

Esta represa está ubicada aproximadamente a 25 km al sur de la central de Tavera en República Dominicana, la cual constituye la última fase del complejo Tavera-Bao. Su función

principal es el almacenamiento de agua, después de pasar por la turbina a en la planta de Tavera, este proceso se lleva a cabo con la finalidad de generar la producción de energía eléctrica en otra hidroeléctrica. Este proyecto se compone de las siguientes características: su embalse cuenta con una capacidad aproximada de 4.4 millones de metros cúbicos y son útiles 3.4 millones. Es importante mencionar que es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para la producción agrícola de los municipios cercanos en república dominicana, donde su estudio y diseño tienen una capacidad de desaguar alrededor de 1,000 m³/s generando aproximadamente 118 MW (Martich Lorenzo, Liranzo Paulino, and Quezada Mateo 2015).

2.2.3. Represe de Angostura

La presa de la angostura su nombre oficial es Central hidroeléctrica Belisario Domínguez, esta presa está ubicada en México y es la presa con el embalse más grande de este país, se ubica en la zona más alta del cauce del río Grijalva, este inicio operaciones el 14 de julio de 1976 con una extensión de más 63 mil hectáreas. Esta presa tiene diferentes usos pero siendo el principal la generación de energía hidroeléctrica, riego agrícola, incluyendo el consumo humano, como la pesca y turismo. Es importante mencionar que como otro de sus usos está el control de casi la mitad de la cuenca y ayuda a controlar los escurrimientos de aguas normales, es considerada la de mayor generación de energía eléctrica en República de México con un total de 900 MW con una capacidad de hasta 12,762 Hm³ (Gomez Esquinca 2012), como se muestra en la Figura 3.

Figura 4*Represa de angostura*

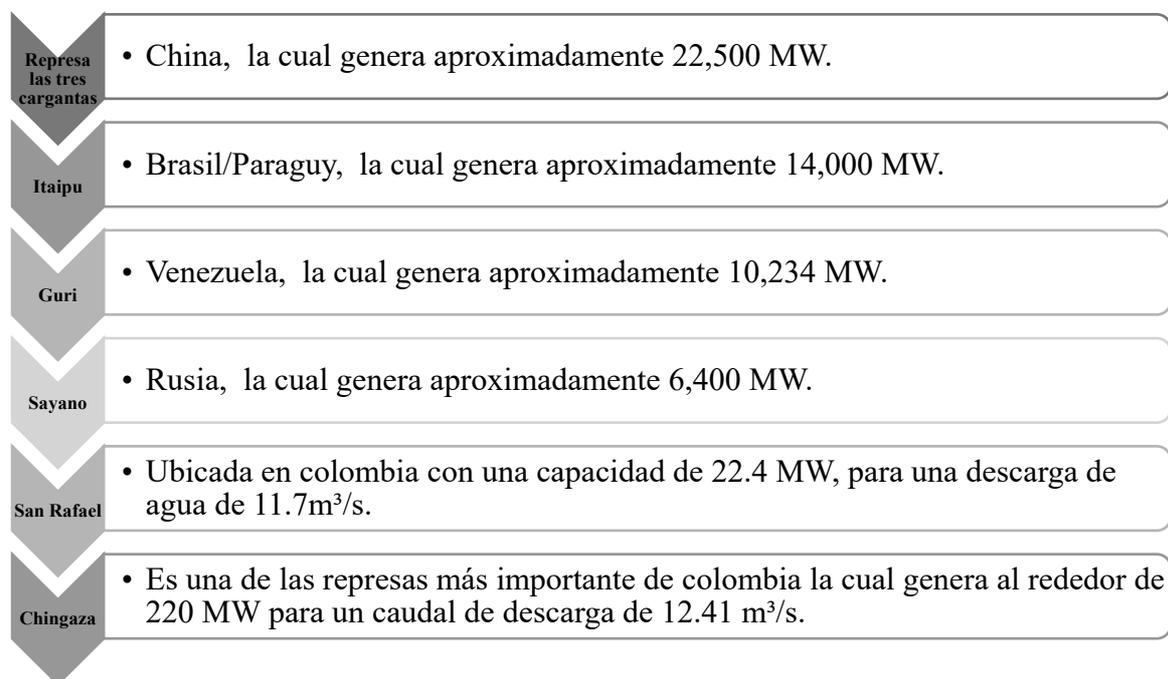
Fuente: Tomado de Gomez Esquinca (2012)

2.2.4. Otras represas de gran denominación a nivel mundial

A continuación la Figura 5 muestra un listado y el principal detalle de unas de las hidroeléctricas más importantes a nivel mundial (Palacios Sierra 2013):

Figura 5

Represas más importantes a nivel mundial



Fuente: Autores, 2023.

Otros autores han enfocado sus investigaciones en el manejo adecuado y de uso sustentable de los recursos hídricos relacionados con el cambio climático y todos los inconvenientes que este genera con el paso de los años. Los proyectos a su vez van encaminados a desarrollar acciones para el desarrollo sustentable de la región de un país en específico considerando las implicaciones ambientales y legales a través de la normatividad vigente que protegen los recursos naturales, basadas en los principios de la participación pública como instrumento de ciudadanía. Con estas acciones, se garantiza la conservación de los ecosistemas, principalmente en los recursos hídricos para la generación de energía eléctrica de manera sostenible.

2.3. Aprovechamiento del recurso hídrico a nivel nacional e internacional

Investigadores a nivel internacional han realizado estudios en Colombia, como por ejemplo el artículo desarrollado por (Bundschuh et al. 2012), examina la exposición al arsénico, un contaminante químico tóxico, en varios países de América Latina, incluyendo Argentina, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua y Perú. El arsénico se encuentra naturalmente en el ambiente, pero también puede ser liberado por actividades humanas, como la minería y la agricultura. Asimismo, revisa la historia de la exposición al arsénico en cada país, desde principios del siglo XX hasta la actualidad. Se identifican fuentes de exposición, como la contaminación del agua potable y la ingestión de alimentos contaminados por arsénico. También se analizan los efectos en la salud asociados con la exposición crónica al arsénico, como enfermedades cardiovasculares, cáncer de piel, enfermedades respiratorias y problemas neurológicos. Los autores destacan que la exposición al arsénico es un problema de salud pública en varios países de América Latina y que se requiere una acción urgente para abordar este problema. Se enfatiza la importancia de implementar programas de monitoreo de la calidad del agua y de establecer límites máximos permitidos de arsénico en el agua potable. Además, se resalta la necesidad de promover el acceso a agua segura y de mejorar la conciencia y educación sobre los riesgos asociados con la exposición al arsénico. En resumen, el artículo destaca la importancia de comprender la historia y la presencia actual de la exposición al arsénico en América Latina, así como la necesidad de implementar medidas para prevenir y reducir esta exposición con el fin de proteger la salud de la población.

Los investigadores (Spencer, Butler, and Aiken 2012), recolectaron muestras de agua de diversos ríos y llevaron a cabo análisis químicos y espectroscópicos para evaluar las propiedades del COD y CDOM. Se investigaron parámetros como la concentración de COD,

la absorbancia de luz, la fluorescencia y la relación entre el COD y el CDOM. Los resultados revelaron diferencias significativas en las propiedades del COD y CDOM entre los ríos estudiados. Se observaron variaciones en la concentración de COD, indicando diferentes niveles de materia orgánica disuelta en el agua. Además, se encontraron diferencias en la composición y características del CDOM, como la presencia de diferentes compuestos orgánicos y la absorción y emisión de luz en diferentes longitudes de onda. Por otra parte, el artículo destaca la importancia de comprender las propiedades del COD y CDOM en los ríos, ya que estas pueden tener implicaciones en la calidad del agua, el ciclo de nutrientes, la productividad biológica y otros procesos ecológicos. Además, se resalta la necesidad de monitorear y estudiar continuamente estas propiedades para evaluar los cambios ambientales y los impactos de las actividades humanas en los ríos. En resumen, el artículo proporciona información sobre las propiedades del COD y CDOM en ríos de Estados Unidos, subrayando la importancia de comprender y monitorear estas características para evaluar la calidad del agua y los procesos ecológicos en los sistemas fluviales.

El estudio desarrollado por (El-Sharkawy 2004), explora los aspectos fundamentales de la biología y la fisiología de la yuca, centrándose en su estructura morfológica, ciclo de vida, reproducción, mecanismos de adaptación y respuesta a factores ambientales. La yuca es una planta perenne que pertenece a la familia de las Euforbiáceas y se cultiva principalmente por sus raíces ricas en almidón. El artículo describe la estructura de la planta, desde sus raíces tuberosas hasta sus hojas, tallos y flores. Se analiza el ciclo de vida de la yuca, incluyendo la germinación de las semillas, el crecimiento vegetativo y la formación de raíces tuberosas. También se explora la reproducción de la yuca, que puede ser sexual a través de semillas o vegetativa a través de esquejes. En cuanto a la fisiología de la yuca, se examinan los procesos

relacionados con la fotosíntesis, la transpiración, la absorción de nutrientes y la respuesta a factores ambientales como la temperatura, la disponibilidad de agua y los niveles de luz. Se destacan los mecanismos de adaptación de la yuca a condiciones de estrés, como la capacidad de tolerar la sequía y su resistencia a plagas y enfermedades. El artículo también aborda el mejoramiento genético de la yuca, destacando los esfuerzos para desarrollar variedades mejoradas con características deseables, como mayor rendimiento, resistencia a enfermedades y calidad nutricional. En resumen, el artículo proporciona una visión general de la biología y fisiología de la yuca, resaltando su estructura, ciclo de vida, reproducción, adaptación a factores ambientales y los avances en el mejoramiento genético de esta importante planta alimentaria. El conocimiento de estos aspectos es fundamental para comprender y mejorar los cultivos de yuca en diferentes regiones del mundo.

Finalmente, como uno de los artículos más importantes se encuentra el estudio desarrollado por (Pierson et al. 1990), examina los impactos de la erupción volcánica en la capa de nieve y hielo presente en las laderas del Nevado del Ruiz. La erupción generó flujos piroclásticos y una columna eruptiva que alcanzó altitudes significativas. Estos eventos provocaron el calentamiento y fusión acelerada de la nieve y el hielo circundantes, lo que resultó en la formación de flujos de lodo y escombros conocidos como lahars. El artículo describe en detalle los procesos físicos y geológicos involucrados en la formación de los lahars. La mezcla de agua proveniente del deshielo con los materiales piroclásticos y otros sedimentos generó flujos densos y de alta velocidad que se movieron rápidamente a lo largo de los cauces de los ríos cercanos. Estos lahars causaron una devastación significativa a su paso, destruyendo puentes, infraestructuras y comunidades a lo largo de su recorrido. Se analizan los factores que contribuyeron a la movilización y flujo de los lahars, como la

topografía del área, la cantidad de agua disponible, la viscosidad de los flujos y la resistencia de los materiales encontrados en el camino. Además, se examinan las características y la deposición de los lahars en diferentes áreas afectadas. El artículo concluye destacando la importancia de comprender los procesos asociados con la interacción entre las erupciones volcánicas y la nieve/hielo en las regiones montañosas, especialmente en áreas densamente pobladas y vulnerables. Se resalta la necesidad de implementar medidas de monitoreo y alerta temprana para mitigar los impactos de los lahars y proteger a las comunidades cercanas a los volcanes activos. En resumen, el artículo examina los efectos de la erupción del Nevado del Ruiz en 1985 en la fusión de la nieve y el hielo, así como la formación y el flujo de lahars en Colombia. Proporciona una comprensión detallada de los procesos involucrados y destaca la importancia de la preparación y la mitigación de desastres en áreas volcánicas propensas a la interacción entre la actividad volcánica y la presencia de nieve/hielo.

Para el caso de Colombia, El estudio desarrollado por (Rojas et al. 2006a), tiene como objetivo investigar la actividad antimicrobiana de diez plantas medicinales utilizadas en la medicina tradicional colombiana, con el fin de evaluar su potencial como alternativa en el tratamiento de infecciones no nosocomiales. Se seleccionaron plantas que se utilizan comúnmente en la medicina tradicional y que han sido reportadas por su actividad medicinal. Los autores realizaron pruebas de laboratorio para evaluar la actividad antimicrobiana de extractos de las plantas contra una variedad de microorganismos, incluyendo bacterias y hongos. Se utilizaron diferentes métodos de evaluación, como el ensayo de difusión en agar y el ensayo de dilución en microplaca, para determinar la inhibición del crecimiento microbiano. Los resultados mostraron que varios de los extractos de plantas presentaban actividad antimicrobiana significativa contra los microorganismos probados. Se observó una

actividad destacada contra bacterias patógenas comunes, como *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, así como contra algunos hongos patógenos. Estos hallazgos respaldan el potencial de las plantas medicinales estudiadas como fuente de compuestos antimicrobianos. El artículo destaca la importancia de la medicina tradicional y la búsqueda de alternativas naturales para el tratamiento de infecciones, especialmente en el contexto de la resistencia antimicrobiana en los patógenos. La utilización de plantas medicinales podría proporcionar nuevas opciones terapéuticas y contribuir a la preservación de los recursos antimicrobianos existentes. En resumen, el estudio investiga la actividad antimicrobiana de diez plantas medicinales utilizadas en la medicina tradicional colombiana. Los resultados muestran que algunos de los extractos de plantas poseen propiedades antimicrobianas significativas, lo que respalda su potencial como alternativas en el tratamiento de infecciones no nosocomiales. Estos hallazgos destacan la importancia de la investigación de plantas medicinales como fuente de compuestos antimicrobianos y su posible aplicación en el campo de la salud.

(Marrugo-Negrete, Benitez, and Olivero-Verbel 2008) desarrollaron un estudio el cual examina la presencia y distribución del mercurio en varios compartimentos ambientales, incluyendo agua, sedimentos y organismos acuáticos, en un ecosistema afectado por la minería de oro. La minería de oro a menudo implica el uso de mercurio para la extracción del metal, lo que puede generar liberación y contaminación del mercurio en el medio ambiente. Se recolectaron muestras de agua, sedimentos y organismos acuáticos en diferentes sitios dentro del ecosistema impactado por la minería de oro. Estas muestras fueron analizadas para determinar las concentraciones de mercurio presentes. Se utilizaron técnicas analíticas para evaluar la distribución del mercurio en los diferentes compartimentos y comprender su movilidad y bioacumulación en la cadena alimentaria acuática. Los resultados revelaron altas

concentraciones de mercurio en el agua y los sedimentos de las áreas afectadas por la minería de oro. Se encontró una correlación entre la presencia de mercurio en los sedimentos y su acumulación en los organismos acuáticos, lo que indica la transferencia del metal a través de la cadena alimentaria. Se identificó una acumulación significativa de mercurio en peces y otros organismos acuáticos. El artículo resalta la preocupación por los efectos adversos del mercurio en la salud humana y el medio ambiente. El mercurio es un metal tóxico que puede tener impactos negativos en los sistemas biológicos, especialmente cuando se acumula en niveles altos en los organismos. La exposición al mercurio puede tener consecuencias graves para la salud, incluyendo daños al sistema nervioso central. En resumen, el artículo muestra la distribución del mercurio en diferentes compartimentos ambientales de un ecosistema acuático impactado por la minería de oro en Colombia. Los hallazgos resaltan la contaminación por mercurio en el agua, los sedimentos y los organismos acuáticos, lo que subraya la importancia de tomar medidas para reducir la liberación de mercurio en la minería y mitigar sus efectos perjudiciales en el medio ambiente y la salud humana.

El estudio realizado por (Goodman et al. 1996b), se llevó a cabo en los Andes colombianos, una región donde la infección por *Helicobacter pylori* es común. El objetivo del estudio fue investigar las vías de transmisión de esta bacteria, que es un importante patógeno asociado con enfermedades del sistema digestivo, como la gastritis y las úlceras pépticas. Se llevó a cabo un estudio de base poblacional en el que se recopiló información demográfica y se tomaron muestras de sangre de una muestra representativa de la población andina. Se realizaron pruebas serológicas para detectar anticuerpos contra *Helicobacter pylori* y se recopilaron datos sobre factores de riesgo potenciales, como la edad, el género, el nivel socioeconómico y las prácticas de higiene. Los resultados mostraron una alta prevalencia de

infección por *Helicobacter pylori* en la población andina estudiada. Además, se identificaron diferentes vías de transmisión de la bacteria. Se observó una mayor prevalencia de infección en personas de mayor edad y de niveles socioeconómicos más bajos. También se encontró una asociación entre la infección por *Helicobacter pylori* y el hacinamiento, la falta de acceso a agua potable y la falta de higiene. El trabajo destaca la importancia de comprender las vías de transmisión de *Helicobacter pylori* para implementar estrategias de prevención y control de la infección. Se sugiere que mejorar las condiciones de vida, el acceso a agua potable y promover prácticas de higiene adecuadas pueden ayudar a reducir la transmisión de la bacteria. En resumen, el trabajo muestra los resultados de un estudio basado en la población sobre la infección por *Helicobacter pylori* en los Andes colombianos. Se identificaron diferentes vías de transmisión de la bacteria, y se resalta la importancia de mejorar las condiciones socioeconómicas y promover prácticas de higiene adecuadas como estrategias de prevención y control de la infección.

Finalmente, como otro de los artículos más relevantes, se encuentra el desarrollado por (Colin et al. 2007) el cual investiga la viabilidad del tratamiento anaeróbico de las aguas residuales generadas durante el proceso de extracción de almidón de yuca. Estas aguas residuales suelen contener una alta carga orgánica y representan un desafío en términos de tratamiento y eliminación adecuados. Los autores diseñaron y construyeron un filtro de flujo horizontal utilizando bambú como material de soporte para el crecimiento de una biopelícula microbiana. Se realizaron pruebas de laboratorio para evaluar la eficiencia del filtro en la remoción de materia orgánica y la reducción de la carga contaminante en las aguas residuales de extracción de almidón de yuca. Los resultados del estudio mostraron que el filtro de flujo horizontal con bambú como soporte fue eficaz en la remoción de materia orgánica y la

reducción de la carga contaminante en las aguas residuales. Se observó una alta eficiencia de remoción de contaminantes, incluyendo demanda química de oxígeno (DQO), sólidos suspendidos y grasas, aceites y grasas (GAG). Además, se encontró que el sistema de tratamiento anaeróbico con el filtro de flujo horizontal presentaba una alta estabilidad y resistencia a los cambios de carga y condiciones de operación. Esto indica que el sistema es robusto y adecuado para el tratamiento de las aguas residuales generadas durante la extracción de almidón de yuca. El artículo destaca la viabilidad y eficacia del tratamiento anaeróbico utilizando un filtro de flujo horizontal con bambú como soporte para el tratamiento de las aguas residuales de extracción de almidón de yuca. Se sugiere que esta tecnología puede ser una opción sostenible y rentable para el tratamiento de aguas residuales industriales en la industria del almidón de yuca. En resumen, el artículo demuestra que el uso de un filtro de flujo horizontal con bambú como soporte es una solución eficiente y viable para el tratamiento anaeróbico de las aguas residuales de extracción de almidón de yuca. Esta tecnología tiene el potencial de ser implementada en la industria del almidón de yuca como una opción sostenible para el manejo de aguas residuales.

Como parte de las contribuciones importantes sobre el aprovechamiento del recurso hídrico en los páramos de Colombia, a continuación, se mencionan algunos artículos relacionados:

1. "Hydrological functioning of tropical alpine wetlands: Implications for water resources management in the Colombian Andes" de Mejia-Dugand S. et al. (2015). Este artículo analiza el funcionamiento hidrológico de los humedales alpinos tropicales en los páramos de los Andes colombianos y su relevancia para la gestión de los recursos hídricos.

2. "Hydrological functioning of páramo ecosystems in the Colombian Andes: A review" de Céleri R. et al. (2013). El estudio revisa el funcionamiento hidrológico de los ecosistemas de páramo en los Andes colombianos, destacando su importancia para la regulación del agua y la provisión de servicios ecosistémicos.
3. "Water storage dynamics and streamflow response in a tropical Andean catchment" de Muñoz-Villers L.E. et al. (2016). Este artículo examina la dinámica de almacenamiento de agua y la respuesta del caudal en una cuenca tropical andina de los páramos colombianos, proporcionando información valiosa para la gestión de los recursos hídricos.
4. "Assessing the impact of land use changes on hydrological processes in a páramo basin of the Colombian Andes" de Molina A. et al. (2017). El estudio evalúa el impacto de los cambios en el uso del suelo en los procesos hidrológicos de una cuenca de páramo en los Andes colombianos, resaltando la importancia de la conservación de estos ecosistemas para la regulación del agua.
5. "Quantifying the hydrological services provided by tropical alpine wetlands in the Colombian Andes" de Rangel-Buitrago N. et al. (2020) Este artículo cuantifica los servicios hidrológicos proporcionados por los humedales alpinos tropicales en los páramos colombianos, demostrando su papel crucial en la regulación del agua y la provisión de recursos hídricos.

Estos artículos representan una muestra de la investigación científica relevante sobre el aprovechamiento del recurso hídrico en los páramos de Colombia. Sin embargo, es importante tener en cuenta que existen numerosos estudios adicionales que abordan diferentes aspectos de este tema y que podrían ser de interés según los objetivos específicos de investigación o gestión.

2.4. Marco Conceptual

Es importante conocer ciertos conceptos para interpretar de una mejor manera dicho proyecto de investigación, los cuales presentaremos a continuación:

Revisión de literatura: Es una búsqueda exhaustiva de fuentes bibliográficas sobre un tema de investigación específico. Asimismo, provee una descripción general del conocimiento actual, lo que le permite identificar teorías, métodos y brechas relevantes en la investigación sobre un tema objeto de investigación (McCombes 2023).

Cuerpos de agua: Una masa de agua es una cierta parte claramente distinguible de las aguas superficiales, como un lago, un arroyo, un río o una parte de un arroyo o un río. Una masa de agua subterránea es un cierto volumen de agua debajo de la superficie, una parte del llamado acuífero (Manteghi, Limit, and Remaz 2015).

Recursos hídricos: Se define como cualquiera de toda la gama de aguas naturales que se encuentran en la Tierra, independientemente de su estado (es decir, vapor, líquido o sólido) y que son de uso potencial para los humanos (Razavi, Tolson, and Burn 2012).

Composición química de cuerpos de agua: La composición química de los cuerpos de agua es variable, pero todos contienen gases disueltos (principalmente oxígeno y dióxido de

carbono), iones inorgánicos (obtenidos de rocas y minerales) y compuestos orgánicos. La composición del agua de mar es más uniforme que la del agua dulce. Los componentes principales son el sodio y el cloruro (Baknshi 2019).

Mares y océanos: Un océano representa un cuerpo de agua abierta mucho más grande que un mar. Los océanos son vastos cuerpos de agua sobre la superficie de la tierra que cubren más del 70% que logran alcanzar en promedio una profundidad de hasta 3.800 metros. De esta manera, un mar es una parte del océano pero más pequeña contenido en forma parcial de un área de tierra (Dempsey 2023).

Represa: Una barrera de hormigón se construye a través de un río para crear un cuerpo de agua para una central hidroeléctrica, suministro de agua doméstico, etc., considerado a su vez como un depósito de agua creado por tal barrera con la finalidad de obtener energía eléctrica sostenible (Collins 2023).

Calidad del agua: Considera las características químicas, físicas y biológicas del agua basadas en las normas actuales vigentes para sus diferentes usos y aplicaciones en la industria y como el agua debe ser tratada. Las normas o estándares más utilizados consideran el monitoreo y la propiedad de que tan acta es para el consumo de los seres vivos, dado a todas las implicaciones medioambientales de donde se obtiene el agua (Boyd 2020).

Monitoreo ambiental: Se refiere a las herramientas y técnicas diseñadas para observar un ambiente, caracterizar su calidad y establecer parámetros ambientales, con el fin de

cuantificar con precisión el impacto que tiene una actividad en un ambiente. Los resultados se recopilan, analizan estadísticamente y luego se publican en un informe de evaluación de riesgos y monitoreo ambiental y evaluación de impacto (Boyd 2020).

2.5. Marco Teórico

Para el desarrollo del trabajo de investigación, se tendrán en cuenta la metodología de revisión de literatura científica y conceptos de análisis bibliométrico como se describe a continuación:

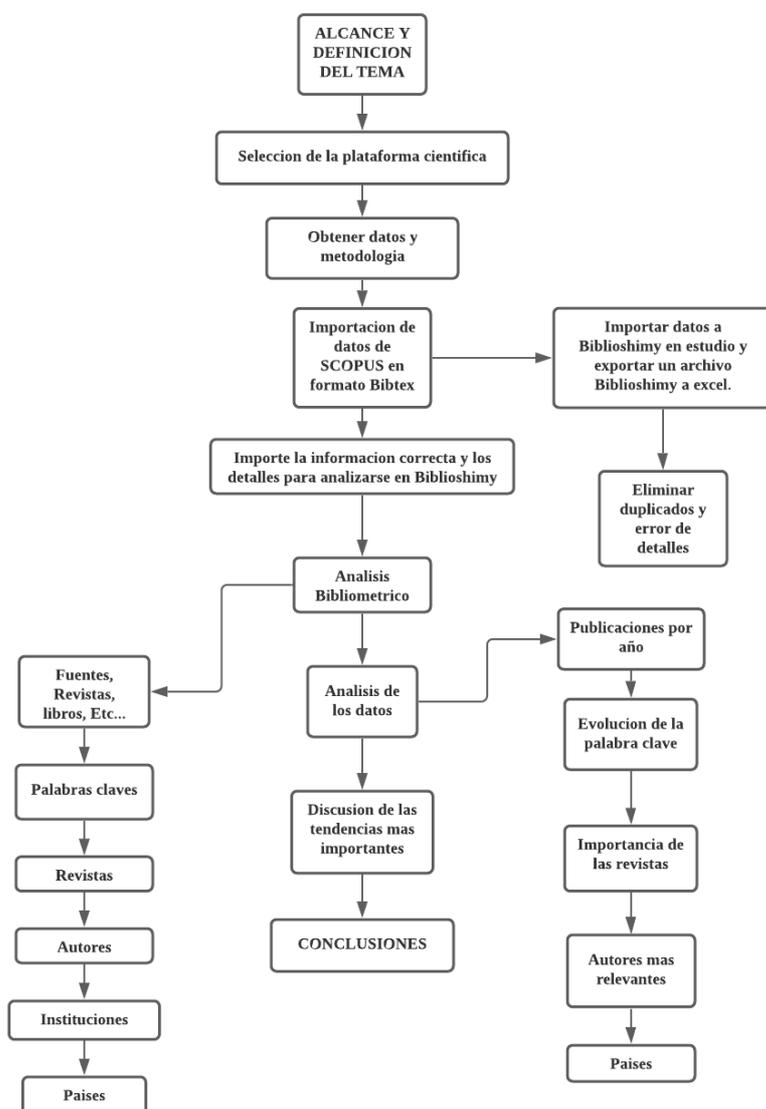
2.5.1. Análisis bibliométrico (BA) o de Revisión de literatura científica.

De acuerdo con Escorcía (2008), la bibliometría es la ciencia que permite el análisis cuantitativo de la producción científica a través de la literatura, estudiando la naturaleza y el curso de una disciplina científica. Por otra parte, se le llama bibliografía estadística por su necesidad al efectuar un recuento o resumen de publicaciones existentes, su principal función es la cuantificación de los libros y hacer un estudio cuantitativo de unidades publicadas, unidades bibliográficas y sustitutos. También se puede definir como análisis estadístico por su función en el estudio de las características de uso y creación de documentos (Solano et al. 2009).

Para realizar análisis bibliométricos o de revisión de literatura científica, generalmente se utiliza el procedimiento descrito en la Figura 6.

Figura 6

Metodología para realizar el análisis bibliométrico



Fuente: Tomado de (García-León, Martínez-Trinidad, and Campos-Silva 2021).

Por otra parte, es importante mencionar que el mismo software R-Studio en función de las repeticiones y detalles de los artículos, considerando la base de datos extraída genera las diferentes agrupaciones en colores de forma aleatoria entre la frecuencia de aparición de autores, cantidad de artículos, países más relevantes y redes de colaboración entre otras.

2.6. Marco Legal

Para el caso de este trabajo de investigación en modalidad de monografía, se tendrán en cuenta especificaciones relacionadas con los derechos de autores, citación y referenciación de forma correcta, teniendo así una base de datos e información científica sólida que permita establecer las tendencias en el área del aprovechamiento de los recursos hídricos siendo un tema investigativo importante a nivel nacional e internacional (Li 2013; Yeo 2007).

Capítulo 3. Metodología de la investigación

3.1. Tipo de Investigación

Para el desarrollo de esta investigación se tendrá en cuenta el tipo de Investigación científica debido a que es aquella que consiste en un proceso metódico y sistemático con la finalidad de solucionar problemas mediante la obtención de nueva información basado en los datos experimentales que se obtengan a través de un diseño de experimentos en el área de mejoramiento de propiedades mecánicas del concreto (Hernández-Sampieri, Fernández-Collado, and Baptista-Lucio 2006). Teniendo en cuenta lo anterior, se consideran los siguientes aspectos de investigación: El tipo de monografía que se desarrollara es de compilación, teniendo en cuenta el tema del proyecto, se consultara información precedente sobre el aprovechamiento energético de los recursos hídricos.

Este tipo de monografía es el resultado final de una investigación documental ya finalizada, en esta se analiza e integra los resultados de investigaciones anteriores publicadas, sobre una temática determinada en cualquier campo específico como, científico, tecnológico o humanístico (Corona Lisboa 2015). Además, que este tipo de monografías tiene como objetivo principal, determinar y presentar cuales son los avances, tendencias o comportamiento de un tema específico y el área al que pertenece este. Realizando de manera cuidadosa, una revisión bibliográfica de artículos de investigación, tesis y publicaciones científicas, entre otras, aplicando también técnicas de investigación previamente definidas.

3.2. Población y muestra

3.2.1. Población.

Debido a que este estudio se basa en la revisión de literatura científica de trabajos de investigación relacionados con recursos hídricos.

3.2.2. Muestra.

La muestra se considerará teniendo en cuenta los artículos e investigaciones almacenadas en la base de datos *Scopus*.

3.3. Etapas del proyecto de investigación.

Teniendo en cuenta cada uno de los objetivos específicos y la metodología planteada para este trabajo en modalidad de monografía, se establecieron cada una de las siguientes fases con sus respectivas actividades para alcanzar el objetivo general propuesto.

FASE I: Recopilar información de los artículos relacionados con la temática de los recursos hídricos en Colombia a través de la base de datos de *Scopus*, para clasificar de forma adecuada los datos obtenidos.

Actividad 1. Consultar información relacionada con el proyecto usando la base de dato *Scopus*.

Actividad 2. Compilar los artículos obtenidos de las bases de datos.

Actividad 3. Filtrar la información más relevante de los artículos encontrados en las bases de datos.

Actividad 4. Establecer los autores mayormente citados a nivel mundial y cuál ha sido su contribución en las diferentes investigaciones.

FASE II: Examinar los datos recopilados utilizando el software *R Studio* y la paquetería bibliometrix para determinar las tendencias actuales en el estudio de los recursos hídricos en Colombia.

Actividad 1. Utilizar el software *R Studio* para obtener información de los artículos recopilados.

Actividad 2. Analizar tendencias relacionadas con los temas de investigación en el aprovechamiento de fuentes hídricas en Colombia.

FASE III: Establecer los autores, revistas y redes de colaboración más importantes a nivel mundial teniendo en cuenta la información de artículos recopilados sobre el estudio de recursos hídricos.

Actividad 1. Relacionar la información obtenida con los autores y documentos más importantes.

Actividad 2. Analizar tendencias en palabras clave y países, como también los autores más relevantes en el aprovechamiento de fuentes hídricas en Colombia.

Actividad 3. Buscar las referencias más importantes sobre el estudio y análisis de recursos hídricos en Colombia.

Actividad 4. Establecer los autores mayormente citados a nivel mundial y cuál ha sido su contribución en las diferentes citas bibliográficas.

3.4. Cronograma de actividades

De forma general, la Tabla 1 resume las fases y actividades propuestas en este trabajo de investigación y los plazos en los cuales se van a ejecutar.

Tabla 1

Cronograma de actividades.

Actividades	Mes 1			Mes 2			Mes 3			Mes 4		
Fase 1. Recopilar información de los artículos relacionados con la temática de los recursos hídricos en Colombia a través de la base de datos de <i>Scopus</i>, para clasificar de forma adecuada los datos obtenidos.												
Actividad 1. Consultar información relacionada con el proyecto usando la base de datos <i>Scopus</i> .												
Actividad 2. Compilar los artículos obtenidos de las bases de datos												
Actividad 3. Filtrar la información más relevante de los artículos encontrados en BD												
Actividad 4. Establecer los autores mayormente citados a nivel mundial y cuál ha sido su contribución en las diferentes investigaciones.												
Fase 2. Examinar los datos recopilados utilizando el software <i>R Studio</i> y la paquetería <i>bibliometrix</i> para determinar las tendencias actuales en el estudio de los recursos hídricos en Colombia.												

Actividades	Mes			Mes			Mes			Mes				
	1			2			3			4				
Actividad 1. Utilizar el software <i>R Studio</i> para obtener información de los artículos recopilados.														
Actividad 2. Analizar tendencias relacionadas con los temas de investigación en el aprovechamiento de fuentes hídricas en Colombia.														
Fase 3. Establecer los autores, revistas y redes de colaboración más importantes a nivel mundial teniendo en cuenta la información de artículos recopilados sobre el estudio de recursos hídricos.														
Actividad 1. Relacionar la información obtenida con los autores y documentos.														
Actividad 2. Analizar tendencias en palabras clave y países, como también los autores más relevantes en el aprovechamiento de fuentes hídricas en Colombia.														
Actividad 3. Buscar las referencias más importantes sobre el estudio y análisis de recursos hídricos en Colombia.														
Actividad 4. Establecer los autores mayormente citados a nivel mundial y cuál ha sido su contribución en las diferentes citas bibliográficas.														

Fuente: Elaboración propia.

Capítulo 4. Desarrollo de la revisión de literatura científica

4.1. Recopilar información de los artículos relacionados con la temática de los recursos hídricos en Colombia a través de la base de datos de Scopus, para clasificar de forma adecuada los datos obtenidos.

El Parque Nacional Natural Chingaza (PNNC), se encuentra ubicado en la cordillera oriental en la región andina de Colombia, parte de su superficie se extiende y conecta con Cundinamarca y Meta que hacen parte de dos departamentos, la ciudad más cercana a este es Bogotá. El parque fue creado en mayo de 1977, pero fue aprobado el 6 de junio de este mismo año, bajo la resolución N. 154. Este parque cuenta con una extensión aproximadamente de 76.600 hectáreas y alturas entre 800 y 4,050, según estudios realizados, su altura máxima se encuentra En la serranía de Los Órganos, que se encuentra en el cerro San Luis y hace parte de una frontera entre varios municipios.

Incluyendo que el parque Chingaza cuenta con una gran extensión de flora y fauna, ya que se aproxima que posee más de 383 especies de solamente plantas y por estudios se estima que la flora total puede hasta llegar a sobrepasar las 2,000 especies. Y algunas de éstas son de suma importancia debido a que juegan un gran papel en la conservación de la humedad del medio ambiente. Además, en este PNNC se construyó el Embalse de Chuza capturando en el páramo aguas de alto río, que pertenecen a la cuenca del Orinoco, para después enviarlas hacia el

Magdalena. La Figura 7 muestra la ficha técnica del PPNC, la cual considera sus principales características.

Figura 7

Ficha técnica del Parque nacional natural Chingaza.



Fuente: (Quiroga-Martinez 2007)

El PNNC se ubica en las Cordillera Oriental de los Andes Colombianos, al Nororiente de Bogotá, entre los 73°30' y 73°55' de longitud oeste y los 4°20' y 4°50' de latitud norte, en Jurisdicción de los departamentos Cundinamarca y Meta (Ver Figura 8). Asimismo, está limitado al norte con los municipios de Guasca, Junín y Gachalá, al oriente con el municipio de Medina, al sur con los municipios de Restrepo, Cumaral, El Calvario y San Juanito y por el occidente con los municipios de Fómeque, Choachí y La Calera. Las consideraciones ambientales implican que es páramo semihúmedo, húmedo y muy húmedo; en relación con la temperatura, presenta variaciones entre 12 y 14 °C alcanzando valores de -2°C. La humedad relativa se mantiene

generalmente en el año entre el 85 y 90%. En noviembre y febrero son los meses más cálidos y, de junio a julio los meses más nublados; los vientos no son tan intensos en páramo varían Generalmente entre 1 y 2 m/s, se pueden alcanzar velocidades de 16 m/s en las cuchillas (Vargas Ríos and Pedraza 2004).

Figura 8

Parque nacional natural Chingaza.



Fuente: (Google Maps 2016; PNC 2023)

El PNNC se desprende de un ramal ubicado en el páramo guasca, esta corresponde a dos grandes cadenas montañosas las cuales nutre con sus aguas a dos importantes cuencas hidrográficas, estas son un territorio con un único drenaje natural, es decir que sus aguas dan al mar a través de un río. Estas cuencas hidrográficas corresponden a la del río negro y río Guavio. En este parque se encuentra algunas de las especies más únicas y limitadas de la flora colombiana y una de las lagunas más misteriosas de la región andina, llamada la laguna de Siecha, la localización de estas se encuentra entre el departamento de Cundinamarca y Meta y

abarca sectores de diez municipios incluyendo las cuencas del río Negro, Gualtiquia y Guavio. La población más cercana al Parque Nacional Chingaza es Bogotá y la Calera. El PNNC hace parte del sistema de Parques Nacionales Naturales, está en una entidad netamente gubernamental que tiene como propósito y principal objetivo proteger y conservar la gran biodiversidad que guarda cientos de territorios en Colombia (PNC 2023).

Los meses más secos es entre diciembre y marzo y los meses más lluviosos son entre abril y noviembre, la vía de acceso más sencilla para los usuarios es la carretera la cual conduce al parque Toma dos kilómetros después de la Calera por la vía a Guasca, desde este aproximadamente 35 km. Se encuentra una carretera que conduce la entrada al parque y al sector de las lagunas, el parque es una zona con alta biodiversidad, pero también presenta un alto grado de vulnerabilidad no sólo por su ecosistema frágil, sino por la serie de problemas socioeconómicos del país, hay una serie de especies que son las que más frágiles se encuentran como; el puma, el oso de anteojos, el cóndor de los Andes, el jaguar entre otros. Su clima se define como montaña tropical.

Por otra parte, su flora y fauna es de suma importancia ya que según se ha registrado el parque cuenta con aproximadamente 383 y 2,000 especies de plantas y flora, respectivamente. La región de Chingaza fue parte del territorio de los Chibchas o Muiscas, las lagunas que mencionamos anteriormente fueron dos lagunas de las montañas de Cundinamarca que eran santuarios o sitios en los que los indígenas usaban como devoción y realizaban sus festejos y ofrendas, estas es la gran importancia historia del Parque. Estudios arrojaron y sugieren que el nombre "Chingaza" proviene de la lengua únicamente muisca, lo que significa "Serranía del Dios

de la Noche" y esto se supone ya que allí habitaron comunidades indígenas muiscas, aunque también se dice que los guayules, ya que las grandes montañas, lagunas y formaciones rocosas fueron gran centro de reunión para estas comunidades de que una u otra manera cultivaron allí cada uno de sus saberes, como también su cultura y energía, por ende la relación del agua con estas comunidades es de gran importancia, ya que se dice que las Lagunas de Siecha están muy ligadas a la leyenda del Dorado y que en estos lugares se guardan tesoros indígenas, por lo que antes de su conservación llegaban muchas personas a investigar hasta las profundidades de la laguna, además que a esto se le añaden mitos que su cultura estaba relacionada con la fertilidad y la vida (PNC 2023).

Aproximadamente cerca de 77,000 de hectáreas componen el parque Natural Chingaza, al que en la actualidad solo se puede acceder en compañía de guías que estén certificados y avalados que puedan hacer un acompañamiento seguro y responsable en el recorrido de los senderos habilitados, ya que este requiere de una protección del páramo, esto es porque el páramo de Chingaza es el principal proveedor de agua para toda Bogotá y algunos municipios cercanos, suministra de agua a millones de habitantes en la ciudad más importante siendo la capital y la más poblada de Colombia, estudios que se han realizado de manera reciente arrojan que factores como el consumo desproporcionado del agua, la afectación del territorio a causa del calentamiento global y la emisión de gases hará que en el año 2050, los recursos del Páramo de Chingaza sean insuficientes para seguir abasteciendo a la ciudad, añadiendo los grandes daños que se le haría a los recursos naturales que conforman este excelente lugar (PNC 2023). Flora y Fauna en el páramo de Chingaza: Aunque esté cuenta con una gran cantidad de agua, no solo el agua es importante el páramo es un lugar rico en biodiversidad, incluyendo que es un hogar para

cientos de especies nativas, los ecosistemas que existen en el páramo y bosque alto andino son hogar para plantas que tienen la capacidad de absorber hasta 40 veces su peso en agua, un claro ejemplo de esto es el musgo de pantano, especies de páramo como los frailejones, los senicos y los Pajonales habitan allí, especies características del bosque alto andinos, cerca de mil especies de plantas hacen parte del paisaje.

Contado que también es el hábitat de diferentes especies de animales, el parque nacional Chingaza es un lugar ideal para la observación de aves, han sido reportadas cerca de 44 diferentes especies, desde anfibios y mamíferos también habitan allí, es importante mencionar que hay especies en peligro de extinción que se refugian en este parque, como el oso andino (Ver Figura 9), el venado de cola blanca, entre otros la mayoría de estos suelen esconderse pues la especie humana representa un gran peligro para ellos (PNC 2023).

Figura 9

Fauna y flora del Parque nacional natural Chingaza.



Fuente: (PNC 2023; García and Ríos 1991).

4.1.1. Impacto medio ambiental en el Parque Nacional Natural Chingaza, Colombia

Pese a que todos estos ecosistemas están protegidos por la ley, hay áreas que se enfrentan a incalculables amenazas incluyendo las especies invasoras, cambios de uso de suelo, extracción ilegal de recursos, cultivos ilícitos y cambios climáticos, un claro ejemplo de esto es la amenaza del cambio climático en los parques de la amazonia, una importante consecuencia que hay que tener en cuenta es que el cambio climático incrementa los impactos de la deforestación que en ella ocurre, en el caso de las aves también sufren de diferentes consecuencias debido a este proceso ya que sus hábitats se ven altamente fragmentadas que afectan su distribución, debido a todo esto que mencionamos el cambio climático es otra amenaza que afecta a las especies y estos mismos son considerados como los principales indicadores de la composición, estructura y función de los ecosistemas, en el año 2013 se realizó una evaluación en referencia a la vulnerabilidad de las aves.

Basada a los parámetros del cambio climático y en relación con la sensibilidad y la capacidad de adaptación, este demostró que entre el 50% de las aves son altamente vulnerables al cambio climático, ya que si el clima cambia de manera rápida la localidad para las especies se puede ver afectada, por ejemplo, Vásquez Tibata dice que el número de especies en Colombia se verá afectado, como consecuencia al cambio climático porque la composición de especies en cada parque cambiaría.

4.1.2. Aprovechamientos de los recursos hídricos en Colombia

La sociedad Nacional de agricultura de Chile (SNA), redactó un documento el cual se titula como “Propuestas para una eficiente gestión del recurso hídrico” el documento fue

elaborado con el fin de educar a la población, para aprovechar al máximo los recursos hídricos del país en medición, dichas actividades se pueden implementar en nuestro país; los 10 consejos desarrollados en dicha propuesta se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2

Propuestas para el uso eficiente del recurso hídrico

Numero de consejo	Descripción
1	Amplia Participación: Discusión y generación de acuerdos.
2	Pequeñas obras: Construcción de pequeñas reservas ambientales
3	Aspecto legal: Conservar el derecho del agua.
4	Ilegales: Regularización de extracciones sin previa otorgación de una entidad del estado.
5	Aguas subterráneas: Aprovechamiento de este tipo de acuíferos para garantizar su calidad.
6	Embalses: Construcción en fuentes donde hay escases del recurso hídrico.
7	Recarga artificial: Considerar los recursos medioambientales y los periodos del año.
8	Organizaciones: Apoyo en grupos que protejan las fuentes hídricas para que no sean deterioradas.
9	Regularización: Normalizar el uso del agua a pequeños productores, para optimizar los recursos hídricos disponibles.
10	Traspaso de obras: Considerar los diferentes aspectos de contaminación medio ambiental sin que se vean mayormente afectados.

Fuente: Obtenido de Montes (2022):

Cada una de las actividades antes descritas, es propuesta en aras de erradicar con todas aquellas problemáticas que se presentan a la hora de establecer acciones para el aprovechamiento de recursos hídricos, según expertos es una propuesta concreta y eficiente que de implementarse correctamente podría traer consigo beneficios excelentes.

4.1.3. Uso y Aprovechamientos de recursos hídricos en Colombia

Sobre este tema también el Ministerio de Ambiente menciona, “Las Aguas de dominio público comprenden los ríos, las aguas que corren por cauces artificiales derivadas de uno natural, los lagos, lagunas, las ciénagas, los pantanos, las aguas de la atmósfera, las aguas lluvias” (PNC 2023). Aunque son públicas, toda persona o entidad que pretenda dar uso a dichas aguas debe solicitar permiso previo, como lo menciona el decreto 1076 del año 2015.

También es importante mencionar que existen aguas de dominio público y de dominio privado según el PNC (2023), las aguas de dominio público comprenden los ríos, las aguas que corren por cauces artificiales derivadas de uno natural, los lagos, lagunas, las ciénagas, los pantanos, las aguas de la atmósfera, las aguas lluvias.

Aguas de dominio privado: son aquellas que brotan naturalmente y que desaparecen por infiltración o evaporación dentro de una misma heredad (nacen y mueren en el mismo predio), lo cual difícilmente sucede, por lo que la mayoría de las aguas o sistema hidrológico son de dominio público. Se deben adquirir estos permisos de cuatro maneras: Ministerio de ley, por concesión, por permiso y por asociación. Lo anterior con unos fines específicos establecidos; los cuales cito, según PNUD (2020). Es importante mencionar, que se pueden considerar los aspectos generales por concepción y por permiso especial siempre y cuando se consideren las respectivas acciones necesarias para el cumplimiento de los objetivos del desarrollo sostenible y la integridad de los recursos naturales (De Lucas et al. 2012).

La gestión de los recursos hídricos, hoy en día la escasez de agua afecta aproximadamente a más del 40% de la población a nivel mundial, el banco mundial ayuda y brinda la oportunidad de que los países puedan garantizar la sostenibilidad del uso del agua, como también ayudar a un mejor desarrollo de la resiliencia climática y además de fortalecer de manera óptima la gestión integrada de los recursos hídricos (Banco-Mundial 2022).

Cómo lo mencionamos en la actualidad, la mayoría de los países a nivel mundial ejerce una presión sin precedentes sobre los recursos hídricos, la población va creciendo con rapidez y los estudios han estimado que con las prácticas actuales, para 2030 la diferencia entre la demanda prevista y el suministro de agua disponible en todo el mundo será del 40% de esta manera, se puede decir que la escasez crónica de agua, la incertidumbre hidrológica que existe y los fenómenos meteorológicos extremos como lo son las inundaciones y sequías, se encuentran entre las principales amenazas a la estabilidad, dicha y prosperidad a nivel mundial, por otro lado se reconoce cada vez más ampliamente que la escasez de agua y la sequía son una de las principales causas que intensifican la fragilidad y los conflictos (Banco-Mundial 2022).

Pero no solo esto, sino que también para alimentar a 10,000 millones de personas en el año 2050 es necesario aumentar aproximadamente el 50% la producción agrícola, que hoy en día está consume el 70% de los recursos lo que produce que se incremente la extracción de agua en un 15%. Más allá de la demanda creciente, aunque hoy en día los recursos hídricos ya son bastantes escasos en muchas partes del mundo. Los porcentajes y según evaluaciones indican que más del 40% de la población mundial vive en zonas donde el agua es un recurso escasea y

aproximadamente una cuarta parte del producto interno bruto mundial está expuesta lastimosamente a este problema, se estima que para 2040 uno de cada cuatro niños vivirá en zonas con escasez de agua en manera extrema, en la actualidad, la seguridad hídrica constituye un desafío importante, y a menudo creciente para muchos de los países (Banco-Mundial 2022).

El cambio climático hace que la situación se empeore, ya que este altera los ciclos hidrológicos, hará más indispensables la disponibilidad de agua y aumentará la frecuencia y la intensidad de las inundaciones y sequías. Los aproximadamente 1000 millones de personas viven en zonas que son especialmente vulnerables, como las inundaciones provocan daños por un valor estimado en unos USD 120.000 millones al año (solo en daños a la propiedad) y las sequías imponen muchos daños, como también limitaciones a los problemas rurales entre otros.

Colombia es un país que es rico en agua, pero bastante carente de inversiones. Ya que es un país con vastos recursos hídricos, pero no cuentan con inversiones robustas e innovadoras y al no contar con estos factores tan importantes se corre el peligro de perder ese capital natural (Banco-Mundial 2022).

Aunque Colombia es rica en agua, desafortunadamente esta riqueza no llega a todos y cada uno de los colombianos que habitan allí, este país se considera como uno de los nueve territorios a nivel mundial que cuenta con mayores recursos de agua, pero una gran cantidad de población urbana se encuentran afectados por estrés hídrico. A raíz de los graves cambios climáticos incluyendo la disponibilidad de agua ha venido disminuyendo de sobre manera durante las últimas dos décadas, ocasionando desde sequías extremas hasta inundaciones graves, Colombia ya está presentado síntomas de inseguridad hídrica en todo su territorio, que reflejan

sus problemas que son tan notorios de exceso, escasez y contaminación del agua (Banco-Mundial 2022).

En un informe muy reciente titulado "cambiar el rumbo" se busca mejorar la seguridad hídrica para facilitar la recuperación y el crecimiento sostenible de Colombia, actualmente se analizan medidas para disminuir los impactos negativos de éstas vinculadas al agua, como también se hace la recomendación que se realicen inversiones de manera prioritaria para mejorar el desempeño del sector del agua y catalizar su potencial para impulsar el crecimiento y la recuperación después de la pandemia vivida (Banco-Mundial 2022).

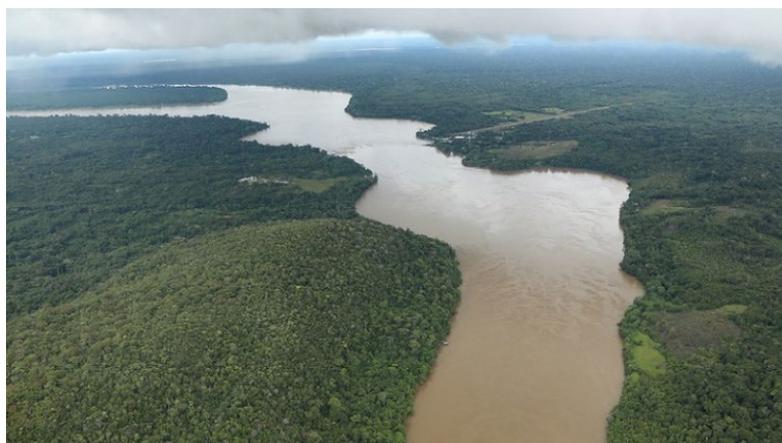
Los desafíos hídricos que enfrenta Colombia: Según los estudios realizados por el instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, este manifestó que aproximadamente 391 municipios ya están expuesto al riesgo de escasez de agua y si las cosas siguen así a largo plazo muchos más municipios van a correr con la misma suerte, el cambio climático está incrementado las anomalías pluviales lo que ocasiona que las temperaturas van a ir aumentando hacia el final del siglo y por último el resultado más probable será un mayor número de sequías e inundaciones, aumentado la intensidad de los fenómenos el niño y la niña, como también la perdida rápida y constante de glaciares. La contaminación del agua es otro gran problema que no se le presta la suficiente atención, ya que este provoca que se degrade cada vez más la calidad de los recursos hídricos del país y como consecuencia se van dañando los ecosistemas. En muchas regiones, el agua está tan contaminada que el contacto directo es peligroso. Esto también pone cargas sanitarias que impone la contaminación del agua crean ciclos viciosos de pobreza, Desigualdad y movilidad forzada (Banco-Mundial 2022).

Colombia se considera uno de los países donde la tasa de desplazamiento interno es una de las más altas a nivel mundial, la incertidumbre pluvial y el aumento de la contaminación del agua están acelerando de manera oportuna los desplazamientos, lo que ocasiona dificultades al gobierno al momento de elaborar planes de desarrollo territorial y políticas inclusivas en todas las zonas rurales. Cabe recalcar que el gobierno ha buscado algunas soluciones y medidas fundamentales para mejorar el marco institucional del agua, el sector en la actualidad aún está regido por numerosos intereses, leyes y fuentes de financiamiento lo que provoca que no se sigan de las políticas y las inversiones (Banco-Mundial 2022).

En la Figura 10 se presenta el tesoro hídrico principal con el que cuenta Colombia que es el río Amazonas.

Figura 10

Amazonía Colombiana



Fuente: (Banco-Mundial 2022).

4.2. Examinar los datos recopilados utilizando el software VOSviewer para determinar las tendencias actuales en el estudio de los recursos hídricos en Colombia

La finalidad de este trabajo de investigación es suministrar una visión general de la revisión histórica sobre el aprovechamiento de los recursos hídricos en Colombia, disponiendo para esto una revisión de literatura de información científica publicada en la base de datos *Scopus*. A partir de la búsqueda de información en la base de datos, se estudiaron 753 documentos en la base de datos de *Scopus*, en donde se han utilizado las palabras claves “(water AND resources OR water AND sources) AND (colombia OR colombian)” que traduce al español “(agua Y recursos O agua Y fuentes) Y (colombia O colombiano)”. Es importante mencionar que la ecuación de búsqueda no contenía más palabras claves debido a que aparecía muy poca información relacionada con la publicación de documentos científicos en la base de datos *Scopus*, y que a su vez, esta ecuación de búsqueda se planteó en inglés debido a que la mayoría de las publicaciones científicas de impacto se encuentran publicadas en el idioma inglés.

4.2.1. Resultados generales del análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico se llevó a cabo empleando directamente la base de datos *Scopus* y su analizador de información (Aria and Cuccurullo 2017). En la Figura 4, presentada en la sección anterior, se describieron las etapas claves del flujo de trabajo para realizar la búsqueda y recopilación de datos de los documentos científicos desde la base de datos de *Scopus* (García-León et al. 2021).

4.2.2. Recolección de datos e información

Los datos fueron acumulados el 22 de enero de 2023, teniendo en cuenta las publicaciones científicas de la base de datos *Scopus* sobre investigaciones relacionadas con los recursos hídricos en Colombia para documentos publicados a partir de 1971 hasta el 2023 con la siguiente ecuación de búsqueda: TITLE-ABS-KEY ((water AND resources OR water AND sources) AND (colombia OR colombian)). Es importante mencionar, que se enfocó la información solo para estudios que contenían la palabra Colombia y de esta manera delimitar el trabajo de revisión de literatura en la región de Cundinamarca para el Parque Nacional Natural Chingaza como objeto de estudio.

4.2.3. Resumen de las publicaciones y resultados estadísticos

En la Tabla 3, se presenta la base de datos global sobre el análisis bibliométrico relacionado la revisión de literatura científica en el área de recursos hídricos, considerando 753 tipos de documentos diferentes en idioma inglés principalmente, debido a que es el idioma en el que se publica la mayoría de los documentos científicos. Los resultados estadísticos de los datos analizados teniendo en cuenta la discretización de la información se llevó a cabo directamente con el uso del software R de uso gratuito y teniendo en cuenta la metodología propuesta en la Figura 7 (Aria and Cuccurullo 2017).

Tabla 3

Resultados globales de la revisión de literatura científica.

Descripción	Resultados
Tiempo de análisis	1971-2023
Fuentes (Revistas, Libros, etc)	160
Documentos	753
Promedio de citas por documento	1.59
Tipos de documentos	
Artículo	611
Libro	4
Capítulos de libro	21
Artículos de congresos	77
Artículos de revisión en congresos	1
Reportes	1
Revisión	38
Contenido del documento	
Palabras claves	984
Total de citas	11,511
Autores	
Autores	162
Autores de documentos de un solo autor	2
Índice de colaboración	4.23

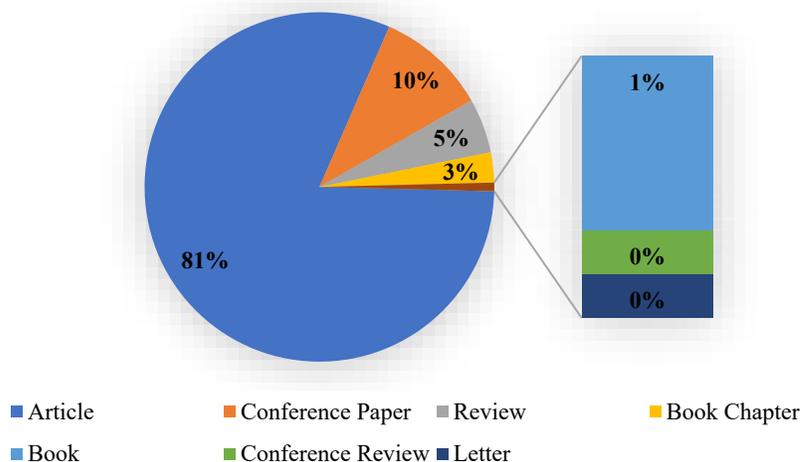
Fuente: Autores, 2023.

4.2.4. Análisis de resultados obtenidos de la revisión de literatura.

En este trabajo de revisión de literatura científica se llevó a cabo por medio de la recopilación de datos de las publicaciones científicas existentes sobre recursos hídricos en Colombia en la base de datos de *Scopus*, con la finalidad de visualizar de forma global el crecimiento a lo largo del tiempo de este tema de investigación. El desarrollo de esta investigación se llevó a cabo cuantificando las participaciones de diferentes autores, revistas y países en diferentes investigaciones a lo largo del tiempo relacionadas con el uso de adecuado y aprovechamiento de las fuentes hídricas colombianas. Este análisis se llevó a cabo con la

finalidad de establecer las revistas más importantes, los principales autores y su relación con la calidad y cantidad de la investigación científica publicadas. Por otra parte, se realizó una verificación histórica de las publicaciones vinculadas con la investigación, que se compilaron empleando herramientas de software especializadas y avanzadas para determinar tendencias y el futuro de un área de investigación en específico.

Como se muestra en la Figura 11, la mayor cantidad de publicaciones científicas son los artículos con un 81% seguido de los artículos publicados en congresos con un 10%. En una menor proporción se encuentran los artículos de congresos, capítulos de libros, artículos de revisión y libros de investigación, los cuales son consideradas como fuentes primarias de publicaciones científicas. Además este tipo de documentos, hacen parte de la mayoría de búsqueda de bibliografía donde se almacena información verificable y comprobable para futuros estudios, considerando una metodología clara y precisa basada en solución a problemas de la sociedad principalmente (Gómez-Luna et al. 2014).

Figura 11*Tipos de documentos científicos*

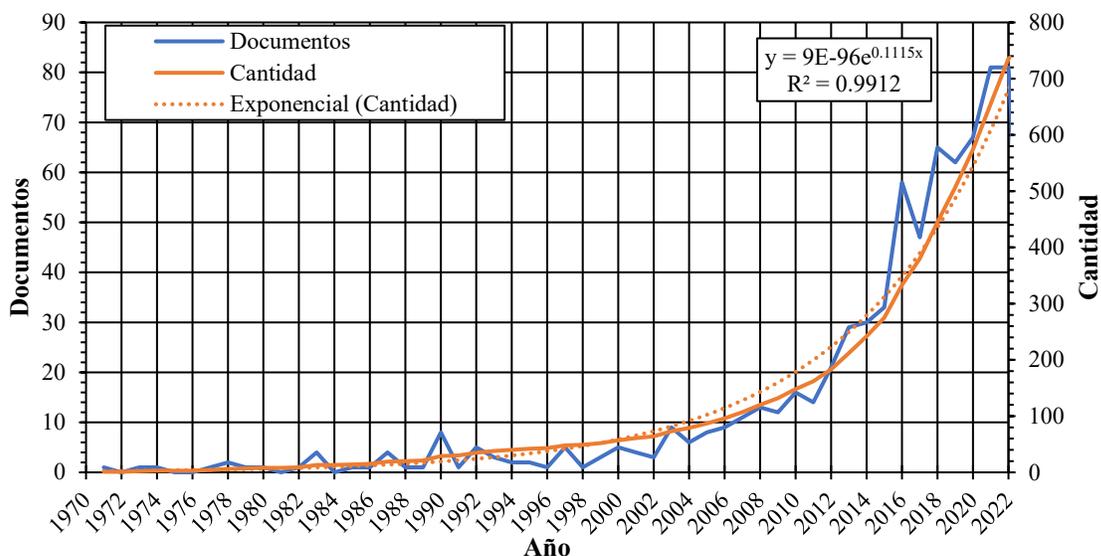
Fuente: Autores, 2023.

4.2.5. Resumen de las publicaciones.

El análisis estadístico de los 753 documentos estudiados, presentan una tasa de crecimiento exponencial del 6.21% anual, desde 1971 hasta 2023. Como se evidencia en la Figura 12, se puede observar las publicaciones científicas presentaron un incremento significativo desde el 2005 hasta la actualidad, donde se puede apreciar que en el 2005 fueron 8 publicaciones, mientras en el 2020 fueron 79 siendo altamente significativo para el estudio de la temática de recursos hídricos en particular. Es importante mencionar, que Colombia por ser un país de habla hispana, se encontraron 38 documentos publicados en español pero con el título, el resumen y las palabras clave en inglés, y los restantes documentos escritos en inglés en su totalidad.

Figura 12

Crecimiento de la cantidad de documentos con los años.



Fuente: Autores, 2023.

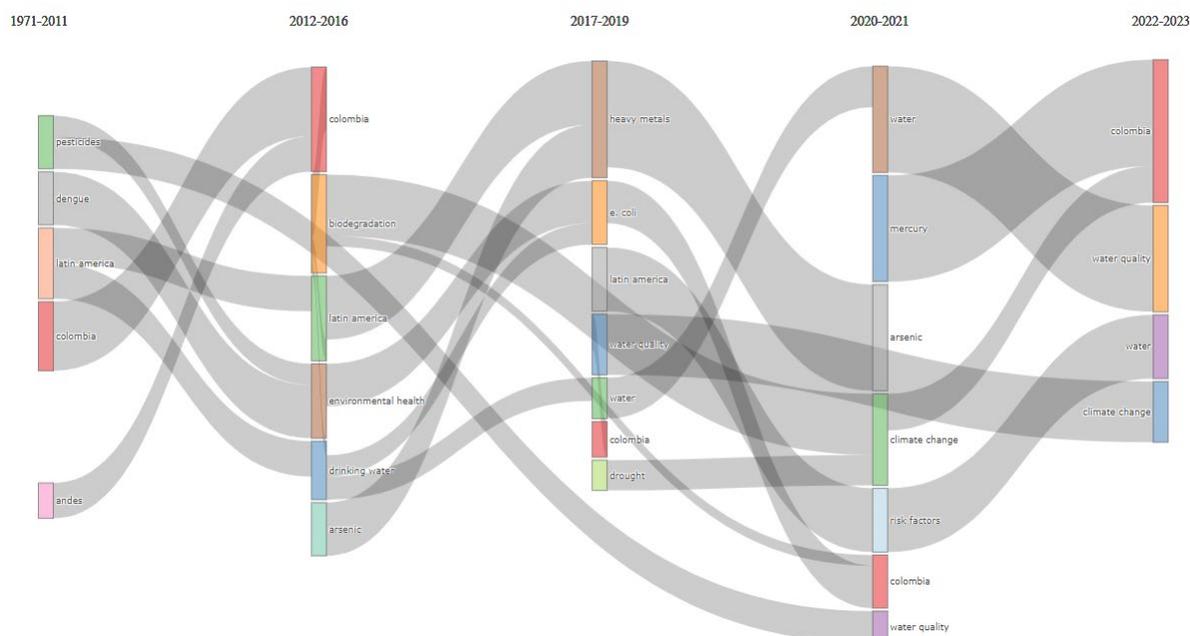
4.2.6. Evolución del uso de las palabras clave a lo largo de los años

Las palabras clave (Keywords), fueron obtenidas directamente de la base de datos *Scopus*, la cual examina la continuidad de aparición de cada palabra clave en los documentos, estas palabras clave proporcionan un indicador de frecuencia considerando las publicaciones en las revistas científicas. Para este análisis, fueron empleadas las palabras clave de los autores, esto debido a que son más exactas que las palabras clave plus, que son originarias espontáneamente de los títulos de los artículos que son citados, como fuente de análisis e información extraída directamente de la base de datos *Scopus*. Estas palabras clave, fueron analizadas por medio del desarrollo de las más representativas, a lo largo de los años en cuatro periodos de tiempo, como se muestra en la Figura 13. Como se observó, para los diferentes periodos de tiempo se puede observar que prevalecen palabras clave como Colombia, américa latina y salud ambiental

considerando el recurso hídrico como lo es el agua como fuente de análisis. Por otra parte, las investigaciones consideran evaluar así en los últimos periodos de tiempo (2017 a 2023) la calidad del agua y como se encuentra influenciada por el cambio climático y metales pesados que el agua actualmente contiene, siendo perjudicial en la salud humana.

Figura 13

Diagrama de Sankey de la evolución de las principales palabras clave durante cinco periodos de tiempo 1971-2011, 2012-2016, 2017-2019, 2020-2021 y 2022-2023.



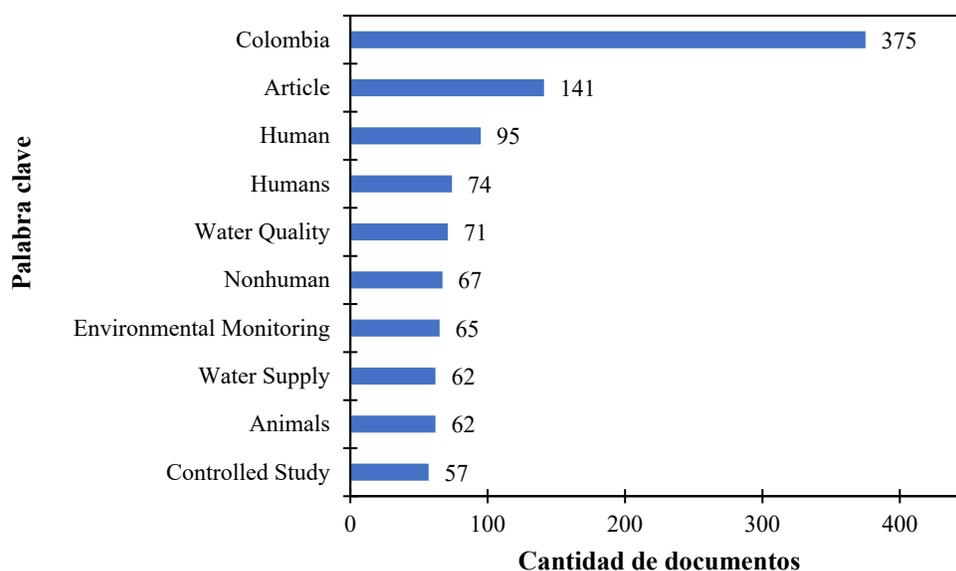
Fuente: Autores, 2023.

Por otra parte, la Figura 14 muestra las 10 palabras clave más utilizadas en función del análisis de los resultados de los documentos obtenidos. Las palabras clave más utilizadas son Colombia, seguida de Artículo y Humanos, teniendo en cuenta que ha sido de gran interés la evaluación y como las fuentes hídricas influyen directamente a los humanos dado a que todos los seres vivos hacemos uso del recurso hídrico (agua) para sobrevivir, y por lo tanto, la

importancia de evaluar las condiciones de calidad del agua y las patologías que pueden surgir debido al cambio climático que actualmente aqueja al mundo entero.

Figura 14

10 palabras clave más utilizadas en las publicaciones científicas.

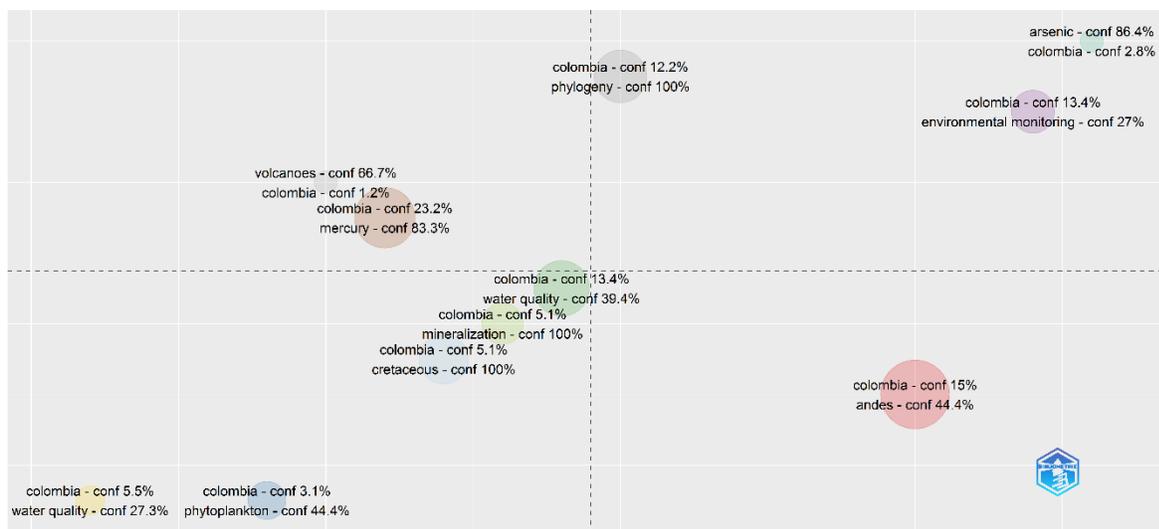


Fuente: Autores, 2023.

El uso y frecuencia de aparición porcentual entre las palabras clave se muestra en la Figura 15, como era de esperarse la palabra clave Colombia representa el 26% de las apariciones en los documentos científicos, seguido de artículo, monitoreo ambiental, humanos, calidad de agua y suministro de agua con el 6, 5, y 4 %, respectivamente; las restantes palabras clave representan un porcentaje menor al 4% basadas en ecosistemas, medio ambiente y otros relacionados con temas químicos.

Figura 16

Agrupación de las palabras clave por importancia y aparición.



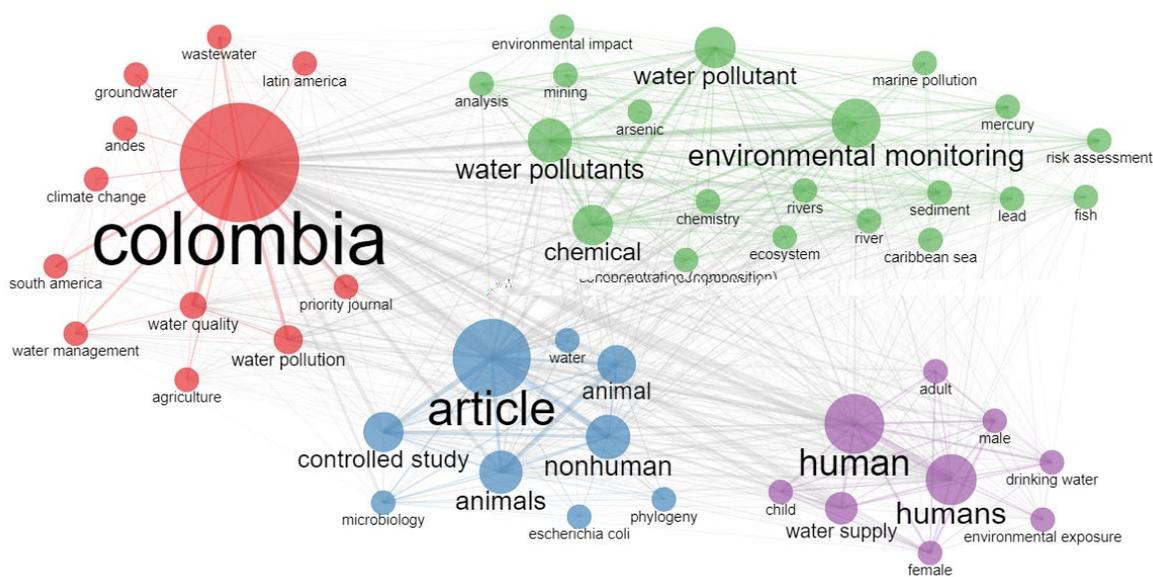
Fuente: Autores, 2023.

La interacción entre las palabras clave, agrupa diferentes áreas de estudio como se observó en la Figura 17. Además, se pudo identificar que la evaluación de estudios enfocados a los recursos hídricos considera todas las implicaciones medio ambientales que estos tiene, y como a través de simulaciones se pueden obtener conclusiones y proyecciones sobre el comportamiento del recurso hidráulico. La mayoría de las investigaciones obtenidas, evidencian a través de las palabras clave que estas se han desarrollado para los sedimentos del caribe colombiano y casos de estudios en Cundinamarca (Bogotá) y Antioquia, debido a que son unas de las regiones del país con más habitantes y problemas con el manejo de los recursos hídricos. Esta interacción entre las palabras clave por áreas se representa en círculos, donde cuanto más grande es el círculo, más apariciones tiene dentro de los documentos analizados, y a su vez, la asociación que tiene con otras palabras clave, como se puede apreciar por ejemplo Colombia, asociado con desechos del agua, cambio climático, calidad del agua, entre otros de forma directa.

Asimismo, se observan círculos verdes de cómo se relaciona con estudios relacionados con el monitoreo e impacto medioambiental, ecosistemas, contaminación del agua y sus derivados componentes químicos.

Figura 17

Interacción entre las palabras claves.

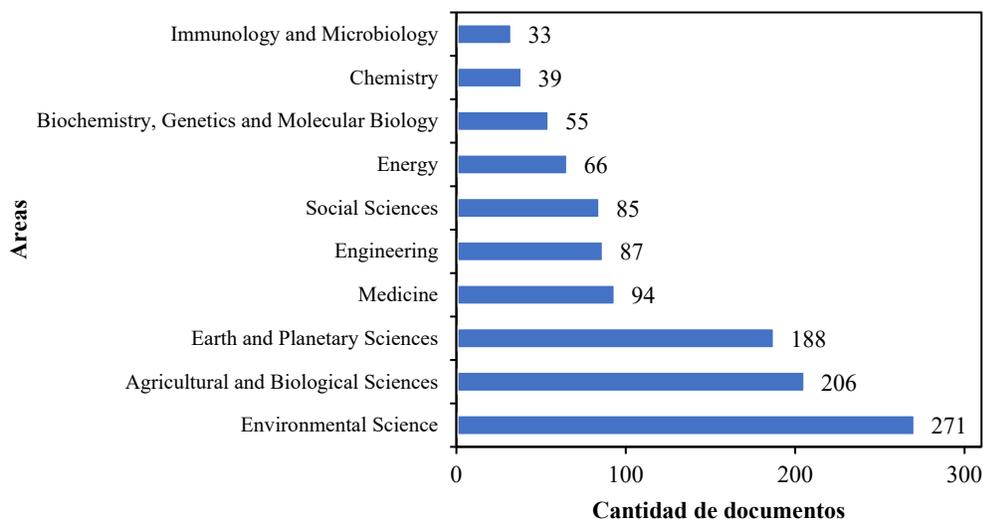


Fuente: Autores, 2023.

Las 10 principales áreas de publicación de los documentos científicos se relacionan como se muestra en la Figura 18, siendo las ciencias ambientales la que aparece en primer lugar con 271 documentos con un 20% de importancia, seguido de ciencias agroindustriales y biológica, y en tercer lugar ciencias de la tierra y el planeta con un 15.2 y 13.9 %, respectivamente. Siendo relevantes tal y como se observó en la Figura 16 para las áreas de estudio por palabras clave.

Figura 18

Principales áreas de publicación de las publicaciones científicas



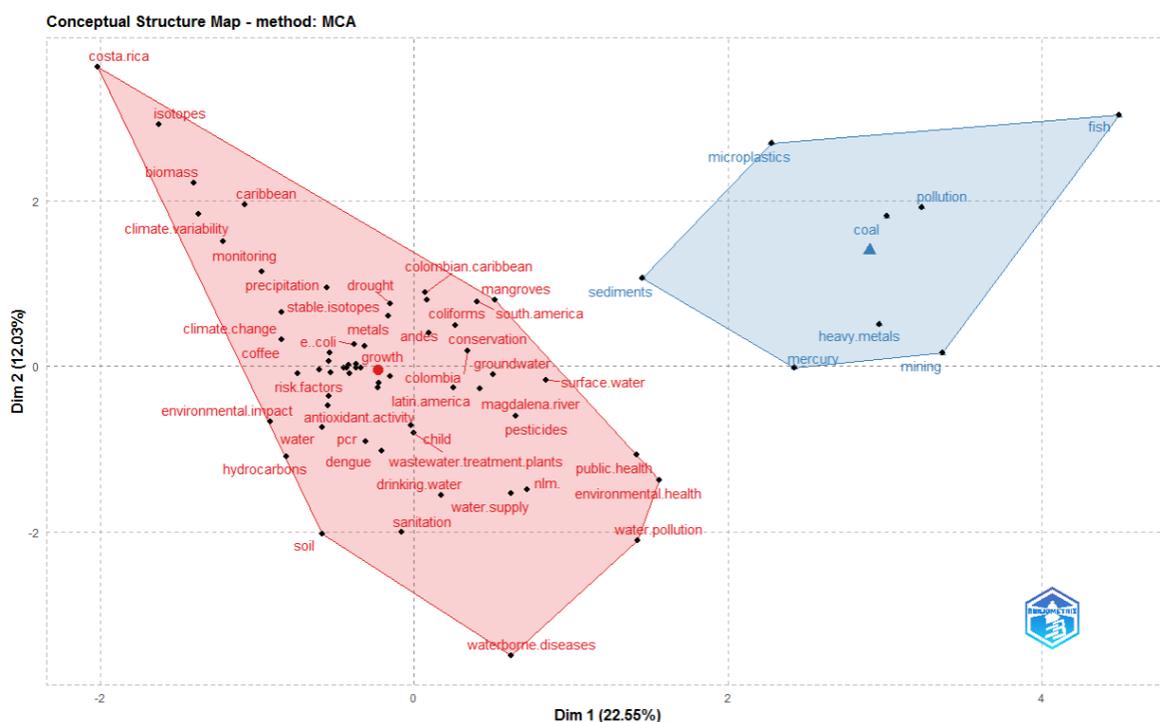
Fuente: Autores, 2023.

La estructura conceptual trata de explicar los principales temas y tendencias del mundo científico en un área específica, es decir, de lo que habla la ciencia. En el análisis, la Figura 19 muestra dos grupos conceptuales (o temas) que fueron definidos por las palabras clave utilizadas por los autores (AK, author keyword). Se puede denotar que la dimensión 2 tiene un mayor porcentaje del 22.55% y que la dimensión 1 posee el 12.03%. En la región roja se puede observar que sus palabras son principalmente relacionadas a los Colombia, cambio climático y salud humana; mientras que, en la región azul, se habla de materiales pesados, contaminación ambiental y micro plásticos; siendo temas que han venido afectando en gran medida los recursos hídricos tal y como lo comenta Xiang et al. (2022) y Alimba and Faggio (2019), un número creciente de microplásticos se liberan al medio ambiente debido al uso extensivo y al manejo inadecuado de los productos plásticos, teniendo en cuenta la cantidad actual de contaminación y los peligros de

los plásticos emitidos al medio ambiente; los microplásticos han llamado la atención de los gobiernos y la comunidad científica. Además, la producción mundial de plásticos aumentó de 1,5 millones de toneladas en la década de 1950 a 335 millones de toneladas en 2016, con plásticos descargados en prácticamente todos los componentes del medio ambiente. Los plásticos rara vez se biodegradan, pero a través de diferentes procesos se fragmentan en microplásticos y nanoplásticos, que se han reportado como contaminantes ubicuos en todos los ambientes marinos del mundo.

Figura 19

Mapa de estructura conceptual de grupos de palabras clave.



Fuente: Autores, 2021.

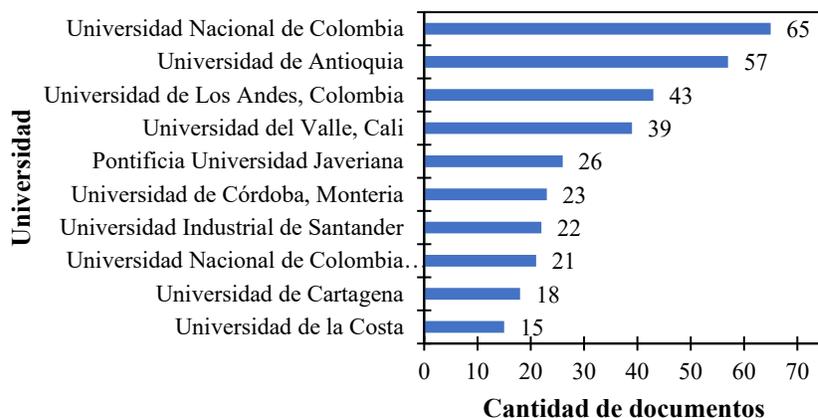
4.2.7. Instituciones más importantes

Las 10 instituciones más relevantes se muestran en la Figura 20, teniendo en cuenta el número de publicaciones desde 1971. Estas instituciones, se vinculan con la cantidad de publicaciones por autor y la regularidad por filiación; de este modo, la Universidad Nacional de Colombia como era de esperarse es la institución donde más se ha avanzado en investigaciones asociadas con los recursos hídricos en Colombia y sus áreas asociadas, con un total de 65 publicaciones. Igualmente, la Universidad de Antioquia está en el segundo puesto con un absoluto de 57 publicaciones. En tercer y cuarto lugar, están la Universidad de los Andes y la Universidad del Valle con 43 y 39 publicaciones, respectivamente.

La cantidad de documentos relacionados con la Universidad Nacional radica en gran medida en la calidad y cantidad de laboratorios e infraestructura dedicada a este tipo de investigaciones, como también los proyectos financiados por el gobierno y las redes de colaboración como se mostrará más adelante.

Figura 20

Las 10 instituciones más relevantes.



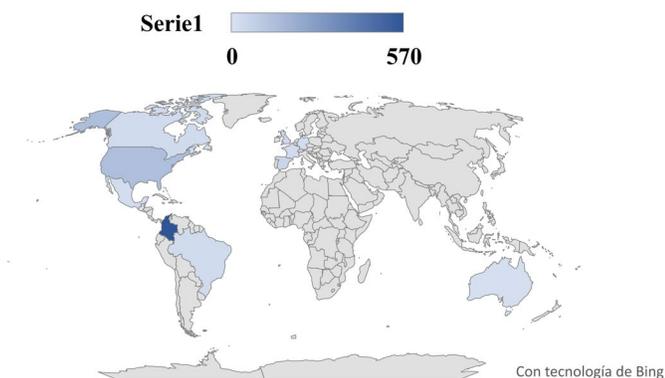
Fuente: Autores, 2023.

Considerando la participación entre los autores y las instituciones, la Figura 21 evidencia los países más sobresalientes del mundo basándose a la reiteración de aparición (frecuencia). En este caso, Colombia tiene el número más importante de autores con 550, el siguiente es China con 505 autores, sucesivo de India con 303 autores. Esto se debe al incremento de la infraestructura de estos países, considerando que estos países se encuentran aumentando a diario su densidad poblacional y por consiguiente deben de investigar a diario sobre el comportamiento de dicho material concreto.

Es importante mencionar que Colombia presenta la mayor cantidad de documentos publicados con 570, seguido de Estados Unidos 145 y en tercer lugar España con 51. Países como Reino Unido, Brasil, y Canadá presentan una cantidad de 37, 34 y 33, respectivamente. Principalmente atribuido a colaboraciones con investigadores en Colombia. Otros países como Francia, México, Alemania y Australia presentan menos de 30 documentos publicados en la base de datos *Scopus* como se pudo observar en el análisis realizado y en la Figura 21.

Figura 21

Países más importantes por frecuencia de aparición.

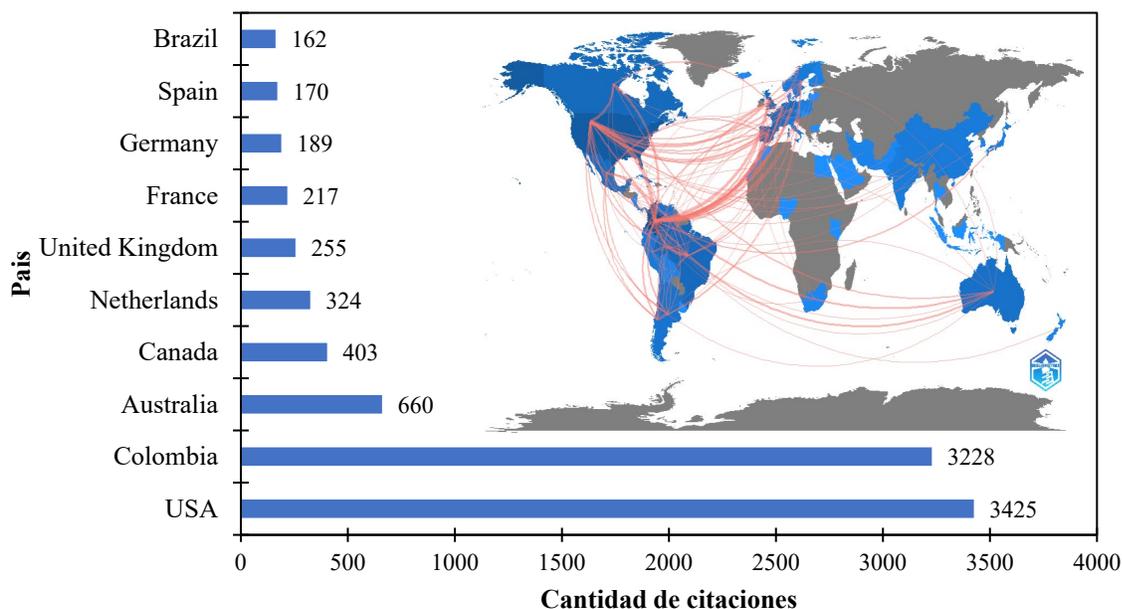


Fuente: Autores, 2023.

De la Figura 22 se puede apreciar que los países con mayores citaciones no son precisamente los que tienen mayor promedio de citaciones en los diferentes artículos donde se les mencionan, y dicha frecuencia no tiene una tendencia. Este análisis se puede distinguir con Estados Unidos, con un total de citaciones de 3,425, seguido de Colombia con 3,228, y en tercer lugar Australia con 660 citaciones, siendo esta temática del recurso hidráulico de gran interés en la comunidad científica. Es importante mencionar que existen muchas colaboraciones con Colombia debido a que es el país de influencia relacionado con el tema de investigación, es importante mencionar que Colombia es un país rico en diferentes recursos naturales considerando el hídrico dado a que Colombia está en contacto con dos océanos, ríos y cordilleras que lo hacen un país objeto de estudio.

Figura 22

Países más relevantes por total y promedio de citaciones.



Fuente: Autores, 2023.

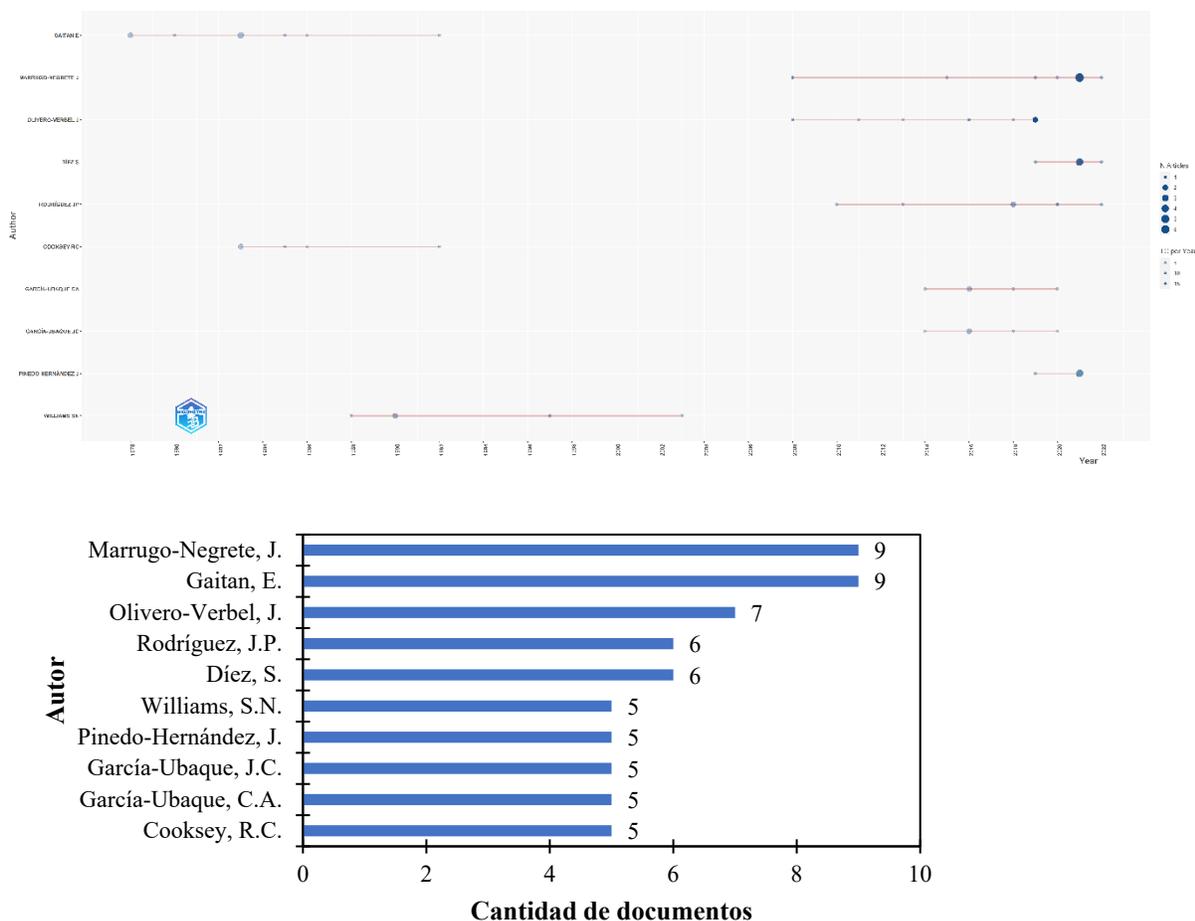
4.3. Establecer los autores, revistas y redes de colaboración más importantes a nivel mundial teniendo en cuenta la información de artículos recopilados sobre el estudio de recursos hídricos.

4.3.1. Autores relevantes

La Figura 23 muestra la evolución a través de los años de los 10 autores más sobresalientes en la temática sobre el estudio de los recursos hídricos a nivel mundial. Así mismo, se puede observar el crecimiento de documentos por autor apreciando que existen más autores en el año 2010 hasta el 2023 que han trabajado esta temática, considerando que uno de los autores. Como se evidencia en la Figura 23b, el autor Marrugo-Negrete, J y Gaitan E, tienen la mayor cantidad de publicaciones científicas (9 en total hasta el 2023), seguido de Olivero-Verbel, J, Rodríguez, JP y Diez, presentan 7, 6 y 6, publicaciones respectivamente. Hasta el 2010, se puede apreciar que el estudio los recursos hídricos en Colombia no era tan demandado, y a partir de este año tuvo un crecimiento exponencial como se observó en la Figura 10.

Figura 23

a) Evolución de los autores a lo largo de los años, y b) Detalle de los 10 autores más importantes por cantidad de documentos.



Fuente: Autores, 2023.

En la Tabla 5, se pueden apreciar los autores más citados en artículos relacionados con el estudio de los recursos hídricos en Colombia, considerando desde la calidad del agua hasta los micro plásticos que pueden contener las fuentes hídricas, considerando la salud humana y la sustentabilidad (PNUD 2020). Se puede apreciar que el autor más citado es Bundschuh et al. (2012), por la revista Science of the Total Environment, en el año 2012, con un total de 386

citaciones, nótese que existen artículos con diferentes fechas de publicación, considerando que este para tener 11 años en la base de datos Scopus presenta un alto índice de citaciones, y otros que han sido altamente citados considerando el año del crecimiento exponencial de las publicaciones desde el 2010.

Tabla 4

Artículos más citados a la fecha.

Título	Revista	Total citaciones	Referencia
One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries	Science of the Total Environment	386	(Bundschuh et al. 2012)
Dissolved organic carbon and chromophoric dissolved organic matter properties of rivers in the USA	Journal of Geophysical Research: Biogeosciences	318	(Spencer, Butler, and Aiken 2012)
Cassava biology and physiology.	Plant molecular biology	299	(El-Sharkawy 2004)
Perturbation and melting of snow and ice by the 13 November 1985 eruption of Nevado del Ruiz, Colombia, and consequent mobilization, flow and deposition of lahars	Journal of Volcanology and Geothermal Research	298	(Pierson et al. 1990)
Screening for antimicrobial activity of ten medicinal plants used in Colombian folkloric medicine: A possible alternative in the treatment of non-nosocomial infections	BMC Complementary and Alternative Medicine	296	(Rojas et al. 2006a)
Comparative mtDNA phylogeography of neotropical freshwater fishes: Testing shared history to infer the evolutionary landscape of lower Central America	Molecular Ecology	280	(Bermingham and Moritz 1998)
Helicobacter pylori infection in the Colombian Andes: A population- based study of transmission pathways	American Journal of Epidemiology	277	(Goodman et al. 1996a)
Climate extremes and climate change: The Russian heat wave and other climate extremes of 2010	Journal of Geophysical Research Atmospheres	263	(Trenberth and Fasullo 2012)
The water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands	Ecological Economics	222	(Chapagain and Hoekstra 2007)
River plumes as a source of large-amplitude internal waves in the coastal ocean	Nature	205	(Nash and Moum 2005)

Fuente: Autores, 2023.

Para el caso específico de investigaciones relacionadas con fuentes hídricas y autores colombianos, la Tabla 6 muestra las 5 investigaciones más relevantes sobre el tema. Tenga en

cuenta que aproximadamente son 753 publicaciones que se enfocan en investigaciones colombianas del total general analizado para estudios relacionados con recursos hídricos en Colombia. Resultado de este análisis, Rojas et al. (2006) presenta un total de citaciones de 296 considerando su trabajo de investigación titulado “Screening for antimicrobial activity of ten medicinal plants used in Colombian folkloric medicine: A possible alternative in the treatment of non-nosocomial infections” publicado en una revista de gran impacto a nivel internacional en esta área de estudio.

Tabla 5

Documentos científicos más relevantes en Colombia

Título	Revista	Total citaciones	Referencia
Screening for antimicrobial activity of ten medicinal plants used in Colombian folkloric medicine: A possible alternative in the treatment of non-nosocomial infections	BMC Complementary and Alternative Medicine	296	(Rojas et al. 2006b)
Helicobacter pylori infection in the Colombian Andes: A population- based study of transmission pathways	American Journal of Epidemiology	277	(Goodman et al. 1996b)
Distribution of mercury in several environmental compartments in an aquatic ecosystem impacted by gold mining in northern Colombia	Archives of Environmental Contamination and Toxicology	100	(Marrugo-Negrete, Benitez, and Olivero-Verbel 2008)
Anaerobic treatment of cassava starch extraction wastewater using a horizontal flow filter with bamboo as support	Bioresource Technology	93	(Colin et al. 2007)
Isolation and characterization of Cryptococcus neoformans varieties recovered from natural sources in Bogotá, Colombia, and study of ecological conditions in the area	Microbial Ecology	76	(Granados and Castañeda 2005)

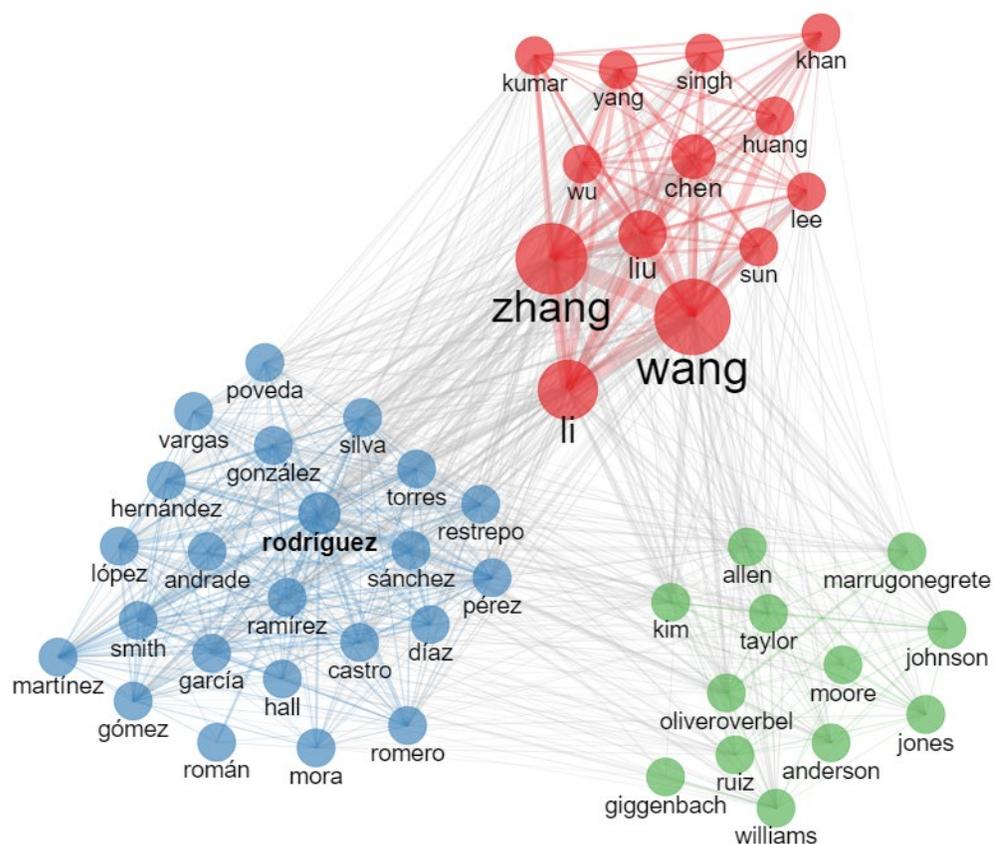
Fuente: Autores, 2023.

La Figura 24 muestra las Co-citaciones entre autores, evidenciando tres grandes grupos, como lo son el rojo, el verde y el azul, mostrando mayor flujo de co-citaciones entre autores del

grupo rojo (chinos principalmente) y del grupo verde (colombianos), de los cuales se derivan la mayor cantidad de citas de los documentos científicos publicados en las diferentes categorías.

Figura 24

Co-citaciones entre los autores analizados.



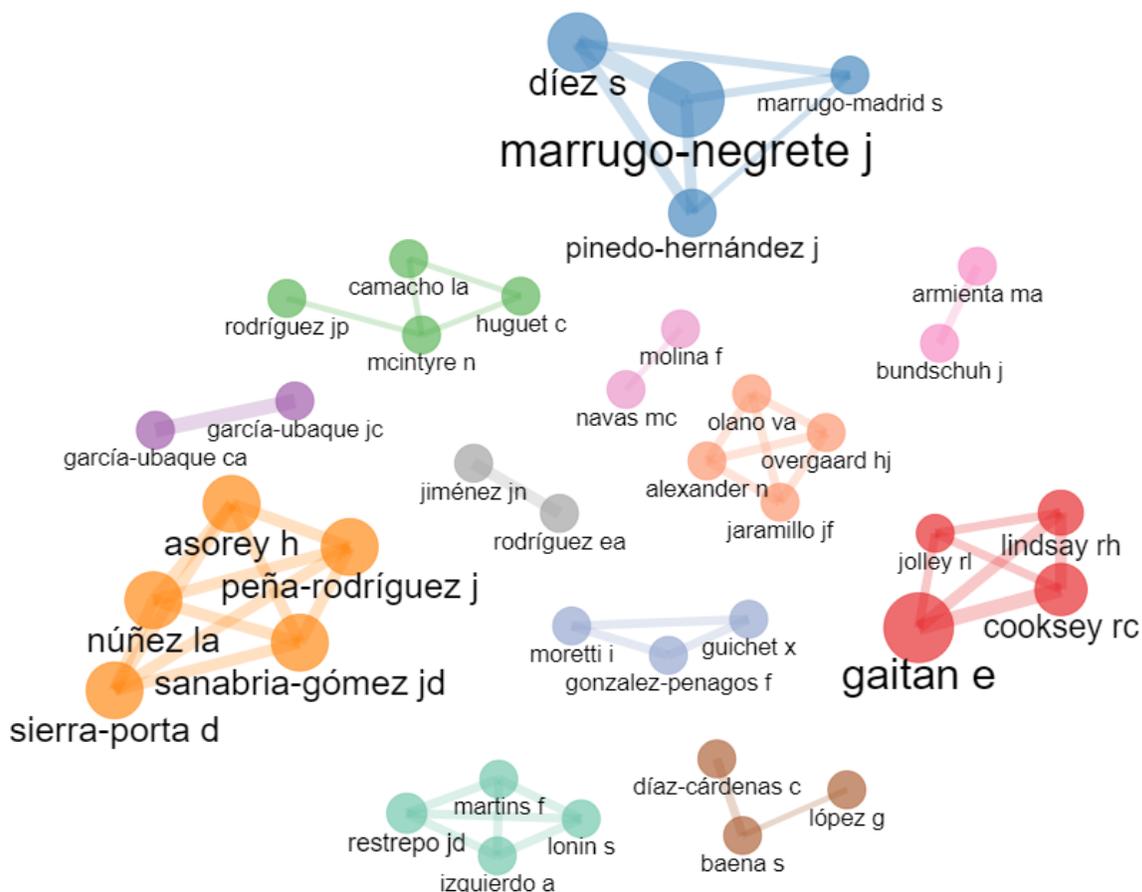
Fuente: Autores, 2023.

El comportamiento de las diferentes redes de colaboración se muestra en la Figura 25, donde se puede observar que la red de colaboración más fuerte y con mayor presencia en los documentos científicos analizados, se encuentra la azul desarrollada por Marrugo-Negrete, J, en conjunto con Diez, S, Marrugo-Madrid, S y Pinedo-Hernández, J, siendo autores colombianos;

seguido de la red de colaboración naranja y roja, encabezada por Peña-Rodríguez, J y Gaitán E, mismos autores que aparecieron en el análisis de los autores más citados (Ver Figura 23).

Figura 25

Principales redes de colaboración de las publicaciones científicas analizadas



Fuente: Autores, 2023.

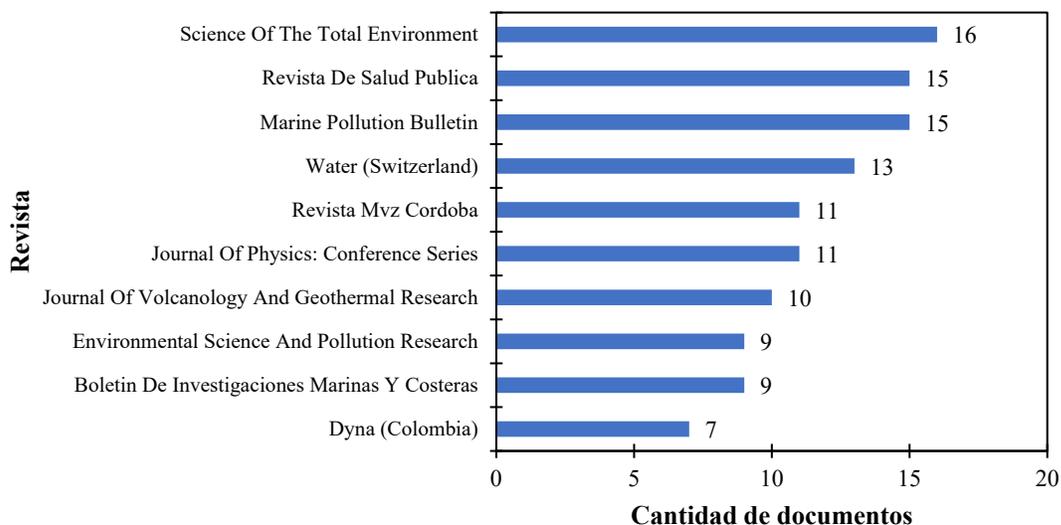
4.3.2. Importancia de las revistas

Actualmente, las revistas más importantes que agrupan la mayor cantidad de artículos en el área de recursos hídricos en Colombia son las revistas Science of the total environment la cual tiene un puntaje de citación de 14.1 e impacto de 10.754, pero para el análisis bibliométrico

realizado esta revista tiene publicados 16 artículos. Desde la Figura 26, se puede observar que otras revistas como Revista de Salud Pública y Marine Pollution Bulletin, presentan cada una con 15 publicaciones científicas, siendo revistas también de alto impacto a nivel internacional, lo que muestra la calidad de las publicaciones que se encuentran en la base de datos Scopus relacionado con el tema de investigación estudiado. De esta manera, existen otras revistas con gran factor de impacto con menos de 13 publicaciones científicas. Es importante mencionar que dentro de esta lista se encuentra la revista Dyna (Colombia) editada en la Universidad Nacional de Colombia, donde se albergan alrededor de 7 publicaciones sobre la temática.

Figura 26

Las 10 revistas más influyentes



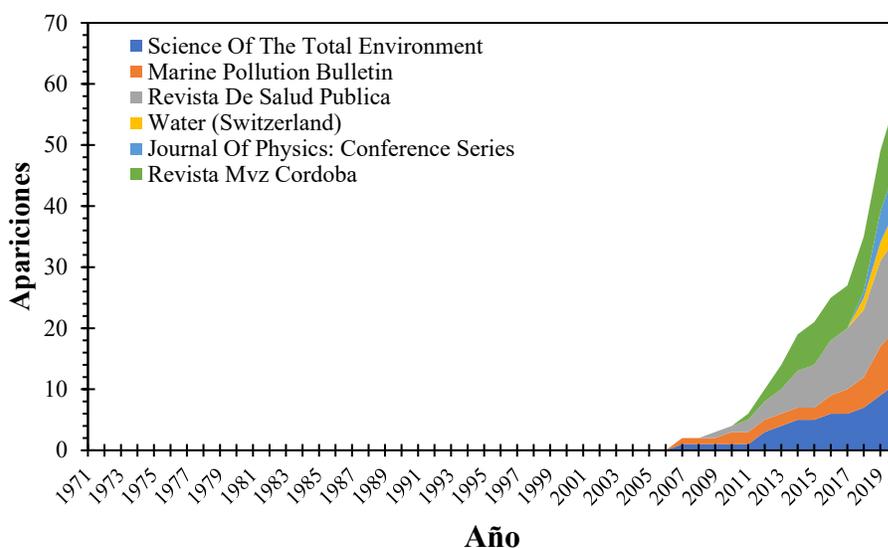
Fuente: Autores, 2023.

Por otra parte, la Figura 27 muestra el crecimiento de las revistas a lo largo de los años considerando la cantidad de documentos científicos publicados. Se observa que la revista más

importante continúa siendo Science of the total environment con un aproximado de 60 apariciones hasta el momento que se realizó el análisis bibliométrico para el año 2023, mostrando un crecimiento acelerado desde el año 2010, como además de observo para las otras revistas analizadas. Asimismo, la revista Journal of Physics: Conference Series es la segunda más importante revista considerando que ha obtenido gran cantidad de apariciones (~60) y estas relacionada con la cantidad de publicaciones científicas como artículos de congresos principalmente.

Figura 27

Evolución a lo largo del tiempo de las 10 principales revistas.



Fuente: Autores, 2023.

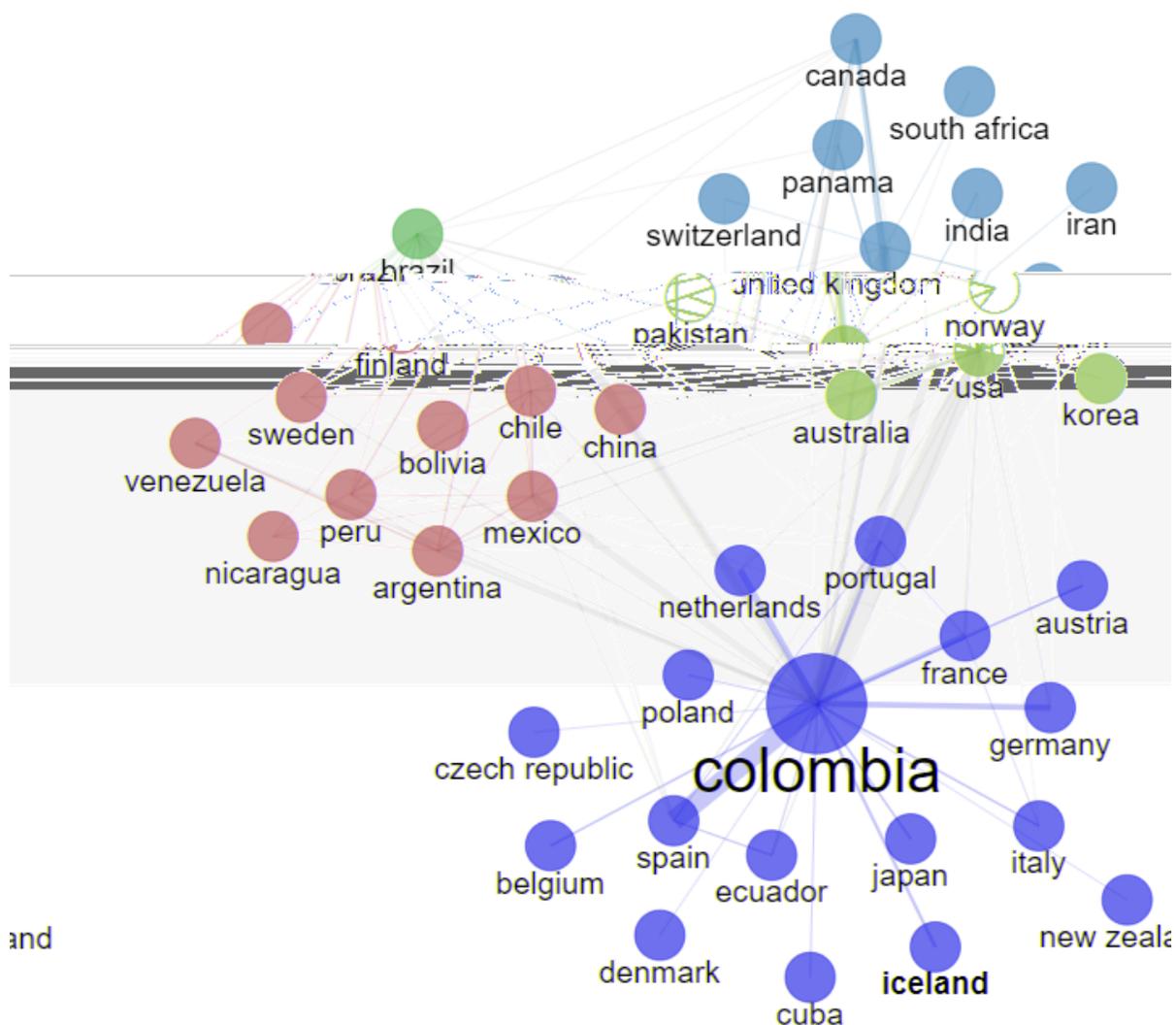
4.3.3. Redes de colaboración más importantes.

La colaboración entre los países se puede apreciar en la Figura 28, donde la relación entre Colombia con Estados Unidos, España y Brasil se observa de manera fuerte, por el grosor de las líneas de interacción entre estos países, nótese además que, el tamaño de los círculos infiere

directamente con la cantidad de citas relacionadas a través del tiempo para las afiliaciones de los autores por país donde se desarrollaron las investigaciones relacionadas con los recursos hídricos en Colombia. De la misma manera, existen otros países con gran interacción relacionada con Colombia y otros. Este análisis está relacionado también con la frecuencia de aparición de los países y las publicaciones desarrolladas como se muestran en la Figura 23.

Figura 28

Colaboración entre países.

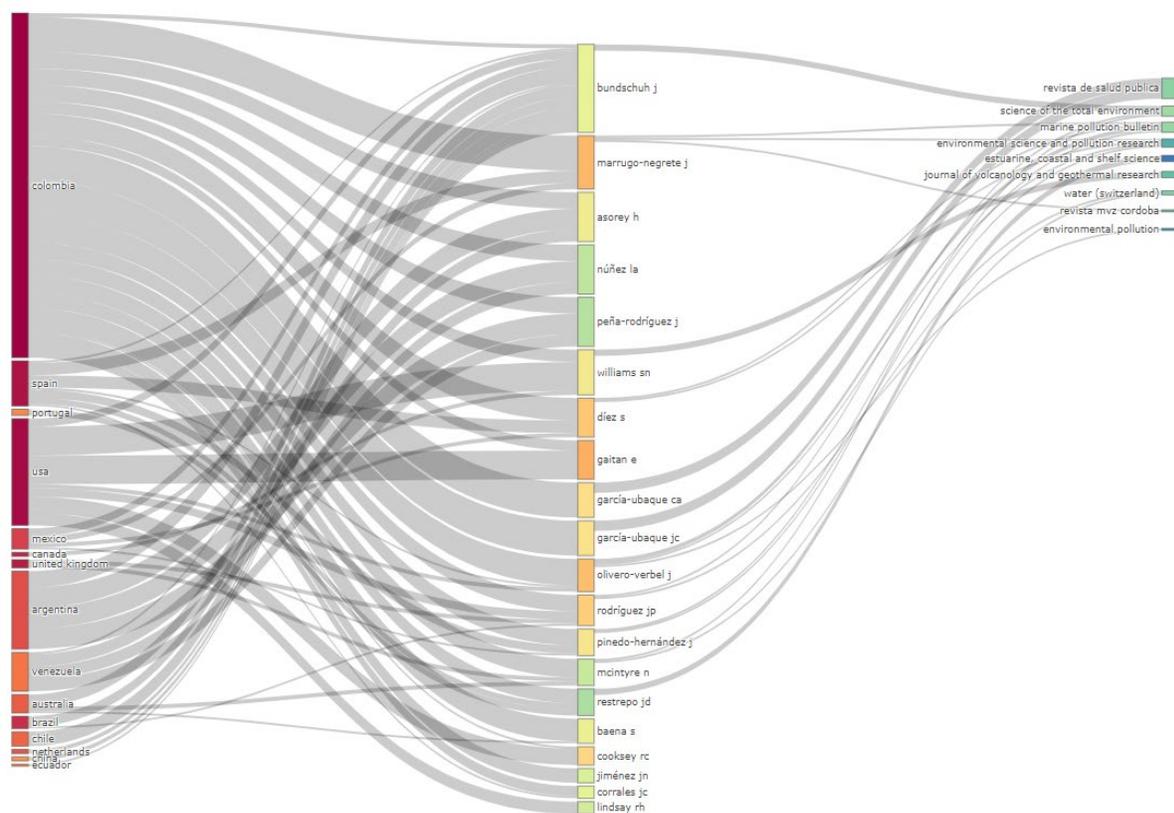


Fuente: Autores, 2023.

Finalmente, se presenta la relación entre los autores, países y las revistas. Como se muestra en la Figura 29, el país donde se han desarrollado en gran medida las investigaciones es Colombia en relación con los autores Marrugo-Negrete, J y a su vez con los grupos de colaboraciones de autores, los cuales han publicado sus investigaciones en la revista de salud pública y Science of the total environment principalmente.

Figura 29

Relación entre los autores, países y las revistas.



Fuente: Autores, 2023.

4.3.4. Normativas colombianas y la inclusión de la economía verde en el país para el aprovechamiento del recurso hídrico.

En Colombia, existen normativas y políticas que promueven la inclusión de la economía verde y el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico. A continuación, se hace referencia a algunas de las más importantes:

1. Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico (PNGIRH): Esta política tiene como objetivo principal garantizar la disponibilidad y el acceso equitativo al agua, promoviendo su uso sostenible y la protección de los ecosistemas acuáticos. Establece lineamientos para la gestión integrada del recurso hídrico en diferentes sectores, incluyendo la promoción de la economía verde.

2. Ley 99 de 1993: Esta ley establece el marco general para la gestión ambiental en Colombia. En ella se reconoce el agua como un recurso natural estratégico y se promueve su uso sostenible y equitativo. También establece la obligación de implementar políticas y programas que fomenten la conservación y protección de los recursos naturales, incluyendo el agua.

3. Ley 373 de 1997: Esta ley establece las disposiciones para la gestión integral de residuos sólidos en Colombia. Promueve la implementación de programas de reducción, reutilización y reciclaje de residuos, lo cual contribuye a la protección del recurso hídrico al disminuir la contaminación de los cuerpos de agua.

4. Ley 1715 de 2014: Esta ley promueve el uso eficiente y sostenible de los recursos hídricos en Colombia. Establece medidas para la conservación y uso racional del agua, incluyendo la promoción de tecnologías limpias y la implementación de prácticas que favorezcan la economía verde.

5. Decreto 1076 de 2015: Este decreto reglamenta el sector ambiente y desarrollo sostenible en Colombia. Contiene disposiciones para la gestión del recurso hídrico, incluyendo la promoción de la economía verde y la adopción de medidas de eficiencia y conservación del agua.

Además de estas normativas, existen otras políticas y programas implementados por entidades como el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales, que buscan fomentar la economía verde y el uso sostenible del recurso hídrico en el país. Es importante tener en cuenta que la implementación y el cumplimiento de estas normativas son fundamentales para lograr una gestión adecuada del recurso hídrico y promover la economía verde en Colombia.

El Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS) y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) en Colombia han implementado diversas políticas y programas relacionados con la protección ambiental y el desarrollo sostenible. A continuación, se describen las más relevantes:

1. Programa de Pagos por Servicios Ambientales (PSA): El MADS ha impulsado el programa de PSA, el cual busca reconocer y retribuir económicamente a los propietarios y poseedores de ecosistemas estratégicos que brindan servicios ambientales. Estos servicios incluyen la conservación de cuencas hidrográficas y la protección de fuentes de agua.

2. Programa Nacional para la Conservación de Ecosistemas Estratégicos (PNC): Este programa tiene como objetivo la protección y conservación de los ecosistemas estratégicos del país, entre ellos, los páramos, humedales, manglares y bosques. El MADS promueve la conservación de estos ecosistemas como una forma de garantizar la provisión de servicios ambientales, incluyendo el recurso hídrico.

3. Programa Nacional de Humedales: El MADS ha implementado el Programa Nacional de Humedales, el cual busca la conservación y uso sostenible de los humedales en Colombia. Este programa incluye acciones para la protección de humedales de importancia internacional, la restauración de humedales degradados y la promoción de su valoración económica y social.

4. Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SINAP): El MADS, a través del SINAP, promueve la creación y manejo de áreas protegidas en el país. Estas áreas incluyen ecosistemas acuáticos como parques naturales, reservas forestales y áreas de manejo especial. La conservación de estas áreas contribuye a la protección de fuentes de agua y a la promoción de la biodiversidad.

5. Proceso de Evaluación y Seguimiento Ambiental (PESA): La ANLA, como entidad encargada de otorgar las licencias ambientales en Colombia, ha implementado el PESA. Este proceso busca evaluar y hacer seguimiento a los proyectos, obras o actividades que puedan generar impactos ambientales significativos, incluyendo aquellos relacionados con el recurso hídrico. A través de este proceso, se busca garantizar que los proyectos se desarrollen de manera sostenible y cumplan con las normativas ambientales vigentes.

Estos son solo algunos ejemplos de políticas y programas implementados por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales en Colombia. Estas entidades trabajan de manera integral para promover la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible en el país.

Finalmente, la economía verde busca promover el desarrollo económico sostenible, minimizando los impactos ambientales y maximizando el uso eficiente de los recursos naturales, incluyendo el recurso hídrico. En el caso de Colombia, existen varias iniciativas y oportunidades para el aprovechamiento de la economía verde en relación con el recurso hídrico. Algunas de ellas son:

1. Eficiencia hídrica y tecnologías limpias: Promover el uso eficiente del agua en los diferentes sectores económicos, como la agricultura, la industria y el uso doméstico. Esto puede incluir la implementación de tecnologías limpias y prácticas de gestión sostenible del agua, como

sistemas de riego eficientes, tecnologías de tratamiento y reutilización de aguas residuales, y el fomento de buenas prácticas de consumo responsable del agua.

2. Energías renovables y aprovechamiento de recursos hídricos: La generación de energía hidroeléctrica es una fuente importante en Colombia. Promover el desarrollo de proyectos de energías renovables, como la energía hidroeléctrica, solar y eólica, contribuye a una economía baja en carbono y sostenible, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles y disminuyendo las emisiones de gases de efecto invernadero.

3. Conservación y restauración de ecosistemas acuáticos: La conservación y restauración de ecosistemas acuáticos, como ríos, humedales y manglares, es esencial para la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con el agua. Esto incluye la protección de cuencas hidrográficas, la restauración de ecosistemas degradados y la promoción de prácticas sostenibles de manejo del agua en las áreas naturales.

4. Turismo sostenible vinculado al agua: El turismo sostenible relacionado con el agua, como el turismo de naturaleza, el ecoturismo y el turismo costero, puede generar ingresos económicos y promover la conservación de los recursos hídricos. Esto implica el desarrollo de infraestructuras turísticas sostenibles, la promoción de buenas prácticas ambientales y el fortalecimiento de la participación comunitaria en la gestión del turismo.

5. Innovación y emprendimiento en tecnologías y servicios relacionados con el agua:

Promover la innovación y el emprendimiento en tecnologías y servicios relacionados con el agua puede generar oportunidades económicas y contribuir a la sostenibilidad del recurso. Esto incluye el desarrollo de tecnologías de monitoreo y gestión del agua, la creación de empresas dedicadas al tratamiento y reutilización de aguas residuales, y la implementación de soluciones innovadoras para la gestión del agua en áreas urbanas y rurales.

Estas son solo algunas de las oportunidades que la economía verde puede ofrecer para el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico en Colombia. La promoción de estas iniciativas requiere la colaboración entre el gobierno, el sector privado, la sociedad civil y la comunidad en general, con el objetivo de lograr un equilibrio entre el desarrollo económico y la protección del medio ambiente.

Conclusiones

El análisis estadístico de los 753 documentos estudiados, presentan una tasa de crecimiento exponencial del 6.21% anual, desde 1971 hasta 2023. Donde el 92% de los artículos se encuentran publicados en inglés, el 5 % en español y el restante 3% en otros idiomas como el portugués y chino. Estos documentos científicos se encuentran publicados en áreas como ciencias ambientales en primer lugar con 271 documentos con un 20% de importancia, seguido de ciencias agroindustriales y biológica, y en tercer lugar ciencias de la tierra y el planeta con un 15.2 y 13.9 %, respectivamente. La Universidad Nacional de Colombia como era de esperarse es la institución donde más se ha avanzado en investigaciones asociadas con los recursos hídricos en Colombia y sus áreas asociadas, con un total de 65 publicaciones. Igualmente, la Universidad de Antioquia está en el segundo puesto con un absoluto de 57 publicaciones. En tercer y cuarto lugar, están la Universidad de los Andes y la Universidad del Valle con 43 y 39 publicaciones, respectivamente. Es importante mencionar que Colombia presenta la mayor cantidad de documentos publicados con 570, seguido de Estados Unidos 145 y en tercer lugar España con 51. Países como Reino Unido, Brasil, y Canadá presentan una cantidad de 37, 34 y 33 respectivamente.

En cuanto autores, Marrugo-Negrete, J es el autor más relevante en el desarrollo de investigaciones científicas relacionadas con recursos hídricos en Colombia; pero Bundschich, 2012 es el artículo de investigación más citado publicado a nivel mundial en la revista Science of the total environment con 386 citaciones. Para el caso de investigaciones enfocadas en Colombia con el uso de palabras clave se encuentra el autor Rojas 2006 con su artículo publicado en la revista BMC con 296 citaciones.

Las palabras clave más utilizadas son Colombia, seguida de Artículo y Humanos, teniendo en cuenta que ha sido de gran interés la evaluación y como las fuentes hídricas influyen directamente a los humanos dado a que todos los seres vivos hacemos uso del recurso hídrico (agua) para sobrevivir.

El análisis bibliométrico debe desarrollarse creando un cronograma de actividades bien definido con el objetivo de realizar una buena revisión de literatura científica. Es importante tener conocimientos necesarios sobre la temática a desarrollar y de esta forma investigar sobre los autores que han enfocado sus investigaciones en tópicos importantes de investigación científica. Para el caso del parque nacional Chingaza y las diferentes maneras existentes para el aprovechamiento de recursos hídricos basados en referentes internacionales y nacionales, se puede concluir parcialmente que la forma más eficiente que se puede utilizar en Colombia para el aprovechamiento de recursos hídricos tiene que ver con estipulación de Marcos legales y regulatorios, que prioricen actividades enfocada a al cuidado y preservación de los recursos hídricos, en dónde más el deber moral esto sea un deber legal. Es importante mencionar que la fecha no se han realizado investigaciones científicas que estén publicadas en la base de datos *Scopus* sobre este importante recurso ambiental en Colombia.

El desarrollo de un análisis bibliométrico depende en gran medida de una adecuada clasificación, calidad y distribución de los datos recolectados; además, debido a la restricción de operadores lógicos (uso de acentuación en los nombres de los autores) que no son reconocidos por el software. Sin embargo, se tuvo en cuenta el mínimo margen de error, con la edición y

revisión de algunos errores durante la importación de los datos en Excel y aquellos obtenidos por *Scopus*.

Actualmente, la tendencia del aprovechamiento y estudio de los recursos hídricos en Colombia y a nivel mundial cada día incrementa más, debido a la sobrepoblación que tenemos, y al ser este, la principal fuente de sobrevivencia, que es ampliamente utilizado por todos los seres humanos del planeta, tal y como se observó con el análisis de las palabras claves y su relación por áreas relacionadas con la temática.

Se deben establecer acciones precedentes que garanticen el buen uso y aprovechamiento de los recursos hídricos en Colombia, y que además sean priorizados el desarrollo de los objetivos sustentables. Estas actividades deben estar enfocadas en las principales reservas naturales de Colombia, una de ellas la reserva natural Chingaza; parque natural con una gran cantidad de flora fauna, casi única en el mundo entero. Otras acciones priman en ctividades pueden estar enfocadas al aprovechamiento de aguas lluvia, el reciclaje de agua limpia y la implementación de tecnología innovadoras, qué permitan la reutilización del agua en aras de recuperar aquella que, por una razón u otra, se desperdicia de manera predeterminada. Finalmente, se propone el establecimiento de un marco regulatorio y normas legales que prioricen el cumplimiento de actividades orientadas a la preservación, aprovechamiento y cuidado del agua en las principales reservas naturales del país, en especial el parque natural Chingaza

Recomendaciones

Para realizar el análisis bibliométrico se debe contar con herramientas adecuadas, puesto que este programa, aunque no consume mucha memoria RAM, son muchas las gráficas a trabajar y mucha información por recopilar, y si esta información llegase a perderse se perdería todo el trabajo.

A la hora de referenciar los autores, es importante conocer de qué país son y de qué institución, puesto que algunos tienen nombres muy conocidos y sabiendo dicha información se puede conseguir un informe más contundente y preciso.

La información obtenida debe ser comparada con algunos conceptos teóricos y fuentes obtenidas en diferentes bases de datos. Asimismo, las citaciones de los autores con mayor visibilidad representan una verdadera fuente de estudios relacionados con la temática de investigación en recursos hídricos en Colombia.

Promover la gestión integrada del agua, que considere tanto los aspectos cuantitativos como los cualitativos del recurso. Esto implica adoptar enfoques de planificación y gestión que consideren la interacción entre diferentes sectores, como la agricultura, la industria, el abastecimiento urbano y el ambiente, y fomenten la participación de diferentes actores involucrados.

Fortalecer la conservación de las cuencas hidrográficas a través de la protección de los ecosistemas naturales, como bosques, páramos y humedales. Estas áreas desempeñan un papel fundamental en la regulación y provisión de agua de calidad. Es importante implementar medidas para prevenir la deforestación, promover la restauración de áreas degradadas y fomentar prácticas sostenibles en la agricultura y ganadería.

Fomentar el uso eficiente del agua en todos los sectores. Esto incluye promover la implementación de tecnologías y prácticas que reduzcan las pérdidas y optimicen el consumo de agua, como sistemas de riego eficientes, tecnologías de tratamiento de aguas residuales y la adopción de medidas de conservación del agua en hogares y empresas.

Promover la reutilización y el reciclaje del agua tratada en actividades que no requieran agua potable, como la agricultura, la industria y el riego de áreas verdes. Esto contribuye a maximizar el uso del recurso hídrico y reducir la demanda sobre las fuentes de agua dulce.

Fortalecer los sistemas de monitoreo y control de la calidad del agua, tanto en fuentes superficiales como subterráneas. Esto implica implementar programas de seguimiento regular, establecer normas de calidad del agua y promover la participación ciudadana en la vigilancia del recurso.

Educación y concienciación: Promover la educación y la concienciación sobre la importancia del agua y la necesidad de su uso responsable. Esto incluye programas de educación

ambiental en escuelas y comunidades, campañas de sensibilización y difusión de buenas prácticas de uso del agua.

Cooperación y gobernanza del agua: Fomentar la cooperación y la gobernanza del agua a nivel regional y local, involucrando a diferentes actores, como instituciones gubernamentales, organizaciones civiles, sector privado y comunidades locales. Esto incluye la promoción de la participación ciudadana en la toma de decisiones relacionadas con la gestión del agua y la implementación de mecanismos de coordinación y colaboración entre las entidades responsables.

Referencias

- Alimba, Chibuisi Gideon, and Caterina Faggio. 2019. "Microplastics in the Marine Environment: Current Trends in Environmental Pollution and Mechanisms of Toxicological Profile." *Environmental Toxicology and Pharmacology* 68:61–74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.03.001>.
- Aria, Massimo, and Corrado Cuccurullo. 2017. "Bibliometrix : An R-Tool for Comprehensive Science Mapping Analysis." *Journal of Informetrics* 11(4):959–75. doi: [10.1016/j.joi.2017.08.007](https://doi.org/10.1016/j.joi.2017.08.007).
- Arqhys. 2012. "Hidroelectrica de Jimenoa." *WebPage* 1. Retrieved (<https://www.arqhys.com/construccion/hidroelectrica-jimenoa.html>).
- Baknshi, A. 2019. *Chemistry: Paper 4, Environmental Chemistry*. Delhi.
- Banco-Mundial. 2020. "Gestión de Los Recursos Hídricos." *WebPage* 1. Retrieved (<https://www.bancomundial.org/es/topic/waterresourcesmanagement#1>).
- Banco-Mundial. 2022. "Colombia: Rica En Agua, Pero Con Sed de Inversiones." *WebPage* 1. Retrieved (<https://climate.selectra.com/es/que-es/energia-hidraulica>).
- Bermingham, E., and C. Moritz. 1998. "Comparative MtDNA Phylogeography of Neotropical Freshwater Fishes: Testing Shared History to Infer the Evolutionary Landscape of Lower Central America." *Molecular Ecology* 7(4):499–517. doi: [10.1046/j.1365-294x.1998.00358.x](https://doi.org/10.1046/j.1365-294x.1998.00358.x).
- Boyd, Claude E. 2020. "An Introduction." in *Water Quality*. USA: Springer Cham.
- Bundschuh, J., M. I. Litter, F. Parvez, G. Román-Ross, H. B. Nicolli, J. S. Jean, C. W. Liu, D. López, M. A. Armienta, L. R. G. Guilherme, A. G. Cuevas, L. Cornejo, L. Cumbal, and R. Toujaguez. 2012. "One Century of Arsenic Exposure in Latin America: A Review of History

- and Occurrence from 14 Countries.” *Science of the Total Environment* 429:2–35. doi: 10.1016/j.scitotenv.2011.06.024.
- Chapagain, A. K., and A. Y. Hoekstra. 2007. “The Water Footprint of Coffee and Tea Consumption in the Netherlands.” *Ecological Economics* 64(1):109–18. doi: 10.1016/j.ecolecon.2007.02.022.
- Colin, X., J. L. Farinet, O. Rojas, and D. Alazard. 2007. “Anaerobic Treatment of Cassava Starch Extraction Wastewater Using a Horizontal Flow Filter with Bamboo as Support.” *Bioresource Technology* 98(8):1602–7. doi: 10.1016/j.biortech.2006.06.020.
- Collins, W. 2023. “Collins Dictionary.” <https://www.Dictionary.Com/> 1. Retrieved ([https://www.dictionary.com/browse/damming#:~:text=%2F\(dæm\)%2F-,noun,created by such a barrier](https://www.dictionary.com/browse/damming#:~:text=%2F(d%C3%A4m)%2F-,noun,created%20by%20such%20a%20barrier)).
- Corona Lisboa, José Luis. 2015. “Uso e Importancia de Las Monografías .” *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas* 34:64–68.
- Dempsey, Caitlin. 2023. “What Is the Difference Between a Sea and an Ocean?” *Geography Realm* 1. Retrieved (<https://www.geographyrealm.com/what-is-the-difference-between-a-sea-and-an-ocean/>).
- El-Sharkawy, M. A. 2004. “Cassava Biology and Physiology.” *Plant Molecular Biology* 56(4):481–501. doi: 10.1007/s11103-005-2270-7.
- Escorcía, Tatiana Alexandra. 2008. “El Análisis Bibliométrico Como Herramienta Para El Seguimiento de Publicaciones Científicas, Tesis y Trabajos de Grado [Tesis]. Pontificia Universidad Javeriana.” *Director* 1–61.
- García-León, R. A., J. Martínez-Trinidad, and I. Campos-Silva. 2021. “Historical Review on the Boriding Process Using Bibliometric Analysis.” *Transactions of the Indian Institute of*

Metals 74(March):541–57. doi: 10.1007/s12666-020-02174-6.

García, Germán Amat, and Orlando Vargas Ríos. 1991. “Caracterización de Microhabitats de La Artrópoda En Paramos Del Parque Nacional Chingaza Cundinamarca, Colombia.” *Caldasia* 16(79):539–50.

Gómez-Luna, Eduardo, Diego Fernando Navas, Guillermo Aponte-Mayor, and Luis Andrés Betancourt-Buitrago. 2014. “Metodología Para La Revisión Bibliográfica y La Gestión de Información de Temas Científicos, a Través de Su Estructuración y Sistematización.” *DYNA* 81(184 SE-Artículos):158–63. doi: 10.15446/dyna.v81n184.37066.

Gomez Esquinca, L. A. 2012. *Calculo de La Capacidad de Bombeo Del Sistema de Achique Del Carcamo de La Casa de Maquina de La Central Hidroelectrica Belisario Domingues*. Mexico.

Goodman, K. J., P. Correa, H. J. Tenganá Aux, H. Ramirez, J. P. DeLany, O. G. Pepinosa, M. L. Quiñones, and T. C. Parra. 1996a. “Helicobacter Pylori Infection in the Colombian Andes: A Population- Based Study of Transmission Pathways.” *American Journal of Epidemiology* 144(3):290–99. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a008924.

Goodman, K. J., P. Correa, H. J. Tenganá Aux, H. Ramirez, J. P. DeLany, O. G. Pepinosa, M. L. Quiñones, and T. C. Parra. 1996b. “Helicobacter Pylori Infection in the Colombian Andes: A Population- Based Study of Transmission Pathways.” *American Journal of Epidemiology* 144(3):290–99. doi: 10.1093/oxfordjournals.aje.a008924.

Google Maps. 2016. “Maps of World.” Retrieved (<https://www.google.com.co/maps/@8.2366978,-73.3015168,14z>).

Granados, D. P., and E. Castañeda. 2005. “Isolation and Characterization of Cryptococcus Neoformans Varieties Recovered from Natural Sources in Bogotá, Colombia, and Study of

- Ecological Conditions in the Area.” *Microbial Ecology* 49(2):282–90. doi: 10.1007/s00248-004-0236-y.
- GreenFacts. 2022. “¿Cómo Se Podrían Gestionar Los Recursos Hídricos de Forma Sostenible?” *WebPage* 1. Retrieved (<https://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/1-2/6-sostenible-gestion.htm#:~:text=Existen una serie de factores,provocadas por las actividades humanas.>).
- Hernández-Sampieri, Roberto, Carlos Fernández-Collado, and Pilar Baptista-Lucio. 2006. *Análisis de Los Datos Cuantitativos*.
- Li, Yongyan. 2013. “Text-Based Plagiarism in Scientific Publishing: Issues, Developments and Education.” *Science and Engineering Ethics* 19(3):1241–54. doi: 10.1007/s11948-012-9367-6.
- De Lucas, Ana, Carlos Taranco, Encarna Rodríguez, and Prado Paniagua. 2012. *Biomasa, Biocombustibles Y Sostenibilidad*. Vol. 13. edited by C. T. A. y A. ITAGRA.CT.
- MADS. 2020. “Uso y Aprovechamiento. Administración Del Recurso Hídrico.” *WebPage* 1. Retrieved (<https://www.minambiente.gov.co/gestion-integral-del-recurso-hidrico/uso-y-aprovechamiento/>).
- Manteghi, Golnoosh, Hasanuddin Limit, and Dilshan Remaz. 2015. “Water Bodies an Urban Microclimate: A Review.” *Modern Applied Science* 9(6).
- Marrugo-Negrete, J., L. N. Benitez, and J. Olivero-Verbel. 2008. “Distribution of Mercury in Several Environmental Compartments in an Aquatic Ecosystem Impacted by Gold Mining in Northern Colombia.” *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 55(2):305–16. doi: 10.1007/s00244-007-9129-7.
- Martich Lorenzo, D. A., C. Liranzo Paulino, and F. M. Quezada Mateo. 2015. “Propuesta de Adecuación Sobre La Remuneración de Potencia Firma de Las Centrales Hidroeléctricas En

- El Mercado de La República Dominicana.” Universidad APEC.
- McCombes, S. 2023. “How to Write a Literature Review | Guide, Examples, & Templates.” *WebPage* 1. Retrieved (<https://www.scribbr.com/methodology/literature-review/>).
- Montes, L. 2022. “10 Consejos Para Aprovechar Los Recursos Hídricos.” *Creadess* 1.
- Nash, J. D., and J. N. Moum. 2005. “River Plumes as a Source of Large-Amplitude Internal Waves in the Coastal Ocean.” *Nature* 437(7057):400–403. doi: 10.1038/nature03936.
- Nieto, Nubia. 2011. “La Gestión Del Agua: Tensiones Globales y Latinoamericanas.” *Politica y Cultura* 36(1):157–76.
- Palacios Sierra, R. A. 2013. “Inventario Documentado de Represas En Colombia.” Universidad Militar Nueva Granada.
- Pierson, T. C., R. J. Janda, J. C. Thouret, and C. A. Borrero. 1990. “Perturbation and Melting of Snow and Ice by the 13 November 1985 Eruption of Nevado Del Ruiz, Colombia, and Consequent Mobilization, Flow and Deposition of Lahars.” *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 41(1–4):17–66. doi: 10.1016/0377-0273(90)90082-Q.
- PNC. 2023. “Parques Nacionales de Colombia - Parque Nacional Natural Chingaza.” *WebPage* 1.
- PNUD. 2020. “Objetivos Del Desarrollo Sostenible.” *Web* 1. Retrieved (<http://www.latinamerica.undp.org/content/rblac/es/home/sustainable-development-goals.html>).
- PNUD. 2022. “Organización de Las Naciones Unidas Para La Alimentación y La Agricultura.” *WebPage* 1. Retrieved (<https://www.fao.org/sustainable-development-goals/indicators/641/es/>).
- Quiroga-Martinez, R. 2007. *Indicadores Ambientales y de Desarrollo Sostenible: Avances y*

Perspectivas Para América Latina y El Caribe. Cjile.

Razavi, Saman, Bryan A. Tolson, and Donald H. Burn. 2012. "Review of Surrogate Modeling in Water Resources." *Water Resources Research* 48(7). doi:

<https://doi.org/10.1029/2011WR011527>.

Rojas, J. J., V. J. Ochoa, S. A. Ocampo, and J. F. Muñoz. 2006a. "Screening for Antimicrobial Activity of Ten Medicinal Plants Used in Colombian Folkloric Medicine: A Possible Alternative in the Treatment of Non-Nosocomial Infections." *BMC Complementary and Alternative Medicine* 6. doi: 10.1186/1472-6882-6-2.

Rojas, J. J., V. J. Ochoa, S. A. Ocampo, and J. F. Muñoz. 2006b. "Screening for Antimicrobial Activity of Ten Medicinal Plants Used in Colombian Folkloric Medicine: A Possible Alternative in the Treatment of Non-Nosocomial Infections." *BMC Complementary and Alternative Medicine* 6. doi: 10.1186/1472-6882-6-2.

Solano, E., S. Castellanos, M. López, and J. Hernández. 2009. "Bibliometry, an Efficient to Assess the Postgraduate Scientific Activity." *Revista Electrónica de Las Ciencias Médicas En Cienfuegos* 7(4):59–62.

Spencer, R. G. M., K. D. Butler, and G. R. Aiken. 2012. "Dissolved Organic Carbon and Chromophoric Dissolved Organic Matter Properties of Rivers in the USA." *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences* 117(3). doi: 10.1029/2011JG001928.

Trenberth, K. E., and J. T. Fasullo. 2012. "Climate Extremes and Climate Change: The Russian Heat Wave and Other Climate Extremes of 2010." *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 117(17). doi: 10.1029/2012JD018020.

UT-DELNO. 1977. *Plan de Acción Para El Desarrollo Regional de La Línea Noroeste*. Unidad Téc. edited by O. de los E. Americanos. Republica Dominicana: OAS.

Vargas Ríos, Orlando, and Paola Pedraza. 2004. *Parque Nacional Natural Chingaza*. Universida. Bogota, Colombia.

Xiang, Yujia, Li Jiang, Yaoyu Zhou, Zirui Luo, Dan Zhi, Jian Yang, and Su Shiung Lam. 2022.

“Microplastics and Environmental Pollutants: Key Interaction and Toxicology in Aquatic and Soil Environments.” *Journal of Hazardous Materials* 422:126843. doi:

<https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126843>.

Yeo, Shelley. 2007. “First-year University Science and Engineering Students’ Understanding of Plagiarism.” *Higher Education Research & Development* 26(2):199–216. doi:

10.1080/07294360701310813.