



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Análisis bibliométrico sobre las tecnologías de tratamiento de  
contaminantes atmosféricos en el período 2010 - 2021**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Cáceres Pérez, María Elena (ORCID:0000-0002-0566-5197)

Prado Yacolca, Flor Alexandra (ORCID:0000-0002-9587-5584)

**ASESOR:**

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (ORCID:0000-0002-8683-5054)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LIMA – PERÚ

2021

## **Dedicatoria**

Se lo dedicamos en primer lugar a Dios, quien nos guía en cada momento de nuestras vidas, brindándonos sabiduría, perseverancia y dedicación para desarrollar todo lo que nos propongamos.

A mi madre Salomé Pérez Huaytalla, a mi padre Maximiliano Cáceres Huamantoma, hermanos y hermana, a mi cuñada Paola Huamán Machacuay y mi sobrina Lía. Especialmente va dedicado en memoria a quien en vida fue José Luis Cáceres Pérez, mi padre, hermano y apoyo incondicional siempre.

A mi madre Flor Yacolca Martínez, mi padre Nicolas Prado Raprey, mi hermano Manuel Prado y mi abuela Alejandrina Martínez por su apoyo constante.

## **Agradecimiento**

En primera instancia, expresamos nuestro agradecimiento al Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera por su apoyo, tiempo y dedicación que nos brindó en cada asesoría para así culminar con éxito nuestra tesis.

Agradezco a mis padres, hermanos, hermana y cuñada por todo el apoyo incondicional que me vienen brindando a lo largo de mi vida.

Agradezco a mis padres, hermano, abuela y tías por su cariño, solidaridad y apoyo constantes durante los momentos más difíciles.

## Índice de contenido

Índice de tablas .....	vi
Índice de figuras .....	vii
Resumen .....	ix
Abstract .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA.....	10
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
3.2. Variables y operacionalización .....	10
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	11
3.5. Validez y confiabilidad del instrumento.....	12
3.6. Procedimiento.....	13
3.7. Aspectos éticos .....	16
IV. RESULTADOS .....	17
4.1. Procedimiento para la obtención de investigaciones.....	17
4.2. Análisis de los 20 artículos más representativos en la base de datos Scopus y Web of Science .....	18
4.3. Superposición de artículos entre Scopus y Web of Science .....	20
4.4. Análisis según el tipo de documento en Scopus y Web of Science.....	20
4.5. Análisis de las revistas con mayor producción científica .....	22
4.6. Tendencia anual de investigaciones publicadas en Scopus y Web of Science (2010-2021).....	23
4.7. Análisis de la cantidad de investigaciones publicadas por área temática en Scopus y Web of Science .....	24
4.8. Análisis según las palabras claves .....	28

4.9. Análisis del ámbito geográfico con mayor número de investigaciones científicas en las bases de datos Scopus y Web of Science.....	29
4.10. Análisis de los autores más citados.....	33
4.11. Análisis para el tipo de tecnologías y contaminantes en el tratamiento de contaminantes atmosféricos.....	34
4.12. Análisis de las tecnologías más utilizados en Scopus y Web of Science.....	35
4.13. Análisis de los contaminantes más utilizados en Scopus y Web of Science.....	36
4.14. Análisis de tendencia anual de las principales tecnologías aplicadas en la base de datos Scopus y Web of Science.....	37
4.15. Análisis de tendencia anual de los principales contaminantes aplicados en la base de datos Scopus y Web of Science.....	39
V. DISCUSIÓN.....	41
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS.....	47
ANEXOS.....	60

## Índice de tablas

Tabla 1. Tabla de validez .....	12
Tabla 2. Cadena de búsqueda .....	15
Tabla 3. Artículos más representativos en la base de datos Scopus y Web of Science.....	18
Tabla 4. Áreas temáticas de la base de datos Scopus.....	25
Tabla 5. Áreas temáticas de la base de datos Web of Science.....	26

## Índice de figuras

Figura 1. Procedimiento de búsqueda de investigaciones .....	13
Figura 2. Procedimiento para la recolección de investigaciones .....	17
Figura 3. Intersección de artículos entre las bases de datos .....	20
Figura 4. Tipo de documentos en la base de datos Scopus.....	20
Figura 5. Tipo de documentos en la base de datos Web of Science.....	21
Figura 6. Número de investigaciones científicas por revistas en Scopus.....	22
Figura 7. Número de investigaciones científicas por revistas en Web of Science .....	22
Figura 8. Tendencia anual de publicaciones por año en la base de datos Scopus.....	23
Figura 9. Tendencia anual de publicaciones en la base de datos de Web of Science .....	24
Figura 10. Número de investigaciones por área temática en la base de datos Scopus.....	25
Figura 11. Número de investigaciones por área temática en la base de datos de Web of Science.....	27
Figura 12. Mapa de red de palabras clave en coocurrencia de Scopus .....	28
Figura 13. Mapa de red de palabras clave en coocurrencia de Web of Science .....	29
Figura 14. Análisis de investigaciones científicas en función a los países en Scopus.....	30
Figura 15. Visualización de los países con la cantidad de investigaciones en Scopus.....	31
Figura 16. Análisis de investigaciones científicas en función a los países en Web of Science.....	31
Figura 17. Visualización de los países con mayor cantidad de artículos científicos.....	32
Figura 18. Autores más citados en la base de datos Scopus.....	33
Figura 19. Autores más citados en la base de datos Web of Science.....	33

Figura 20. Tipos de tecnologías por año en Scopus y Web of Science .....	34
Figura 21. Tipos de contaminantes por año en Scopus y Web of Science .....	35
Figura 22. Tecnologías más ocurrencia en Scopus .....	35
Figura 23. Tecnologías con mayor ocurrencia en Web of Science .....	36
Figura 24. Contaminantes con mayor ocurrencia en Scopus .....	36
Figura 25. Contaminantes con mayor ocurrencia en Web of Science.....	37
Figura 26. Tendencia anual sobre las principales tecnologías utilizadas en las investigaciones: base de datos Scopus.....	38
Figura 27. Tendencia anual sobre las principales tecnologías utilizadas en las investigaciones: base de datos Web of Science.....	38
Figura 28. Tendencia anual sobre los principales contaminantes utilizados en las investigaciones: base de datos Scopus .....	39
Figura 29. Tendencia anual sobre los principales contaminantes utilizados en las investigaciones: base de datos Web of Science .....	40

## Resumen

La investigación tuvo como objetivo identificar la eficiencia de las tecnologías de contaminantes atmosféricos mediante un análisis bibliométrico. La información fue recopilada de las bases de datos de Scopus y de Web of Science desde el período de enero de 2010 hasta octubre de 2021. El análisis de datos fue llevado a cabo por el software VOSviewer mediante mapas de co-citación y de co-ocurrencia, en el cual se analizaron los principales países, áreas temáticas, autores, tendencias de publicaciones por año, tecnologías y contaminantes. Los resultados obtenidos mostraron 715 investigaciones para Scopus y 144 investigaciones para Web of Science. Para ambas bases de datos, se determinó que el área temática con mayor número de publicaciones fue environmental sciences y los países más sobresalientes fueron China y Estados Unidos. Las tecnologías más utilizadas fueron oxidación y absorción. Asimismo, los contaminantes predominantes fueron dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) para Scopus y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) para Web of Science. Finalmente, se concluye que las tecnologías con mayor eficiencia de remoción en el tratamiento de contaminantes atmosféricos fueron la absorción y la oxidación, obteniendo porcentajes de remoción de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) del 93% y 100% respectivamente.

**Palabras claves:** análisis bibliométrico, tecnologías de tratamientos, contaminantes atmosféricos.

## Abstract

The research aimed to identify the efficiency of air pollutant technologies through a bibliometric analysis. The information was collected from Scopus and Web of Science databases from the period January 2010 to October 2021. The data analysis was carried out by VOSviewer software using co-citation and co-occurrence maps, in which the main countries, subject areas, authors, publication trends by year, technologies and contaminants were analyzed. The results obtained showed 715 researches for Scopus and 144 researches for Web of Science. For both databases, it was determined that the thematic area with the highest number of publications was environmental sciences and the most outstanding countries were China and the United States. The most commonly used technologies were oxidation and absorption. Likewise, the predominant pollutants were carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) for Scopus and sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) for Web of Science. Finally, it was concluded that the technologies with the highest removal efficiency in the treatment of atmospheric pollutants were absorption and oxidation, obtaining sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>) removal percentages of 93% and 100%, respectively.

**Key words:** bibliometric analysis, treatment technologies, atmospheric pollutants.

## I. INTRODUCCIÓN

La contaminación atmosférica se viene incrementando debido al continuo desarrollo no sostenible de las actividades económicas, sociales e industriales a nivel mundial. Estos contaminantes causan millones de muertes alrededor del mundo y una continua degradación de la biodiversidad (Sicard et al. 2021). En la atmósfera se encuentran diferentes contaminantes como partículas sólidas o líquidas que son producto de las emisiones del tráfico vehicular, materiales en construcción, entre otros; los cuales sufren una transformación química (Gallego et al. 2021).

Entre los contaminantes más frecuentes tenemos dióxido de azufre, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de carbono, y material particulado que se encuentran presentes en las industrias cementeras (Zheng, et al. 2021). Algunos son altamente tóxicos a la biodiversidad, entre los cuales tenemos óxido de nitrógeno (NOx) y monóxido de carbono (CO) producido por la alta demanda de transporte vehicular (Shapira, et al. 2021). La exposición directa al material particulado proveniente del humo provocando una alta variabilidad en la frecuencia cardíaca (Tsou, et al. 2021). Así mismo la exposición a partículas finas (PM2.5) presentes en el aire son causas de muertes prematuras en Europa (Tarín, et al. 2021).

El Perú no es ajeno a esta situación, Lima es considerada la segunda ciudad con niveles más altos de contaminación en Latinoamérica (Romero, 2020). Esto se debe al aumento del crecimiento industrial, de la población y del parque automotor (Huang, et al. 2021). Como consecuencia nos da más de 5000 muertes anuales producto de estos contaminantes (Lui et, al. 2016).

La presente investigación estableció como **problema general** ¿Cuál es la eficiencia de las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010-2021?, y como **problemas específicos** se definieron las siguientes interrogantes: ¿Determinar el número de investigaciones que estudiaron la eficiencia sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010-2021? ¿Cuáles son las revistas que contienen una mayor

producción científica sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010-2021? ¿Cuáles son los países que tienen un mayor índice de publicaciones sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010-2021? y ¿Cuáles son las metodologías que se realizaron con mayor frecuencia sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010-2021?

Como **justificación**, el presente análisis bibliométrico busca aportar mayor información sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos. En el **enfoque ambiental**, a través de las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos, se podrá tratar los contaminantes que a diario hay en el aire debido a las industrias, transporte, actividad agrícola, pecuaria, minera, entre otros; perjudicando la salud y el medio ambiente. Para el **enfoque económico**, la aplicación de las tecnologías para el tratamiento de contaminantes atmosféricos tiene una vida útil larga y su aplicación es de bajo costo a diferencia de otras tecnologías. En el **enfoque social**, con la aplicación de la tecnología se reduciría las enfermedades respiratorias como cáncer al pulmón, infecciones respiratorias, entre otras, al aplicar las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos y así tener una mejora para la calidad la vida de las personas. Mediante este estudio se podrá analizar los resultados de diversas investigaciones para poder plasmarlos en nuestra investigación y así quede un trabajo enriquecedor para los futuros lectores.

Según los problemas presentes en la investigación se estableció como **objetivo general** identificar la eficiencia de las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010–2021 y como **objetivos específicos**: identificar el número de investigaciones que estudiaron la eficiencia sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010-2021, identificar las revistas con el mayor número de publicaciones sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010-2021, identificar los países con mayor número de publicaciones sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010-2021, determinar los tipos de contaminantes removidos por cada tecnología de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010-2021.

En la presente investigación se planteó como **hipótesis** que la tecnología con mayor eficiencia de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010-2021 es la oxidación.

## II. MARCO TEÓRICO

Los **contaminantes atmosféricos** son un gran problema a nivel mundial, siendo causantes de millones de enfermedades y muertes. Estos contaminantes existen mayormente en áreas industriales debido a las emisiones propias de sectores industriales y transportes terrestres y aéreos; en áreas rurales debido a incendios esporádicos entre otros (Kim, et al. 2018). Entre los 5 principales contaminantes atmosféricos tenemos al monóxido de carbono, generado por la combustión incompleta producido por el transporte y procesos industriales, óxidos de nitrógeno que son una combinación de óxido nítrico y dióxido de nitrógeno, óxido nitroso, óxido de azufre y material particulado (Kant, 2018). Países como China e India son los principales emisores de contaminantes como dióxido de carbono, metano y óxidos nitrosos (Liu, et al. 2019). Según Yin, et al. (2021) la emisión de material particulado en una industria de cemento puede ser dañina debido a los metales pesados emitidos como arsénico, cadmio, cobre, cromo, hierro, manganeso, níquel, entre otros, emitidos por la chimenea en el proceso industrial.

En América del sur, la contaminación atmosférica es debido a la alta demanda de urbanización. Un estudio realizado a 5 países (Argentina, Brasil, Colombia, Chile y Perú) mostró que el sector transporte es el generador principal de emisiones atmosféricas seguido de las actividades industriales; los contaminantes más emitidos fueron PM 2.5, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO y COV (Huneus, et al. 2020). Así mismo, se estimó que las emisiones de monóxido de carbono en Lima - Perú producida por el transporte terrestre es la fuente más alta con  $5,59 \times 10^4$  toneladas presentes en la atmósfera (Romero, et al. 2020). Estos contaminantes pueden ocasionar desde daños leves al pulmón hasta enfermedades crónicas como asma, problemas cardiovasculares o cerebrovasculares (Dominski, et al. 2021).

Los **compuestos orgánicos volátiles (COV)** son de suma importancia en la química atmosférica porque afectan la calidad del medio ambiente, el clima y la salud humana (Guo, et al. 2017). Las fuentes de COV incluyen emisiones biogénicas y antropogénicas. Los COV biogénicos son emitidos principalmente a partir del fitoplancton marino, bosques y otras fuentes naturales (Dorter, Odabasi y Yeniso-Karakas, 2020). Las emisiones de COV antropogénicos van a depender

del consumo de energía, gases de escape de los vehículos, emisiones industriales, evaporación de combustible, entre otros. Los COV antropogénicos son más complejos que los COV biogénicos. En muchas áreas urbanas de China, las emisiones vehiculares son catalogadas como una de las principales fuentes de COV antropogénicos (Guo et al. 2017).

El **análisis bibliométrico** es utilizado para explorar la estructura intelectual de un dominio en la literatura y descubrir tendencias emergentes en el desempeño de artículos, para ello se utilizan publicaciones de las bases de datos científicas como Web of Science, Scopus y entre otros ya que son reconocidas por su fiabilidad en cada publicación (Donthu, et al. 2021). Para analizar los datos se debe usar el software Gephi o VOSviewer, por el uso de herramientas matemáticas para evaluar las investigaciones (Lui, Li y Wang, 2021).

Entre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos tenemos la **adsorción con carbón activado**, cabe resaltar que es una tecnología de bajo costo económico debido a su alta eficiencia y bajo consumo de energía en la remoción de COV (Hou, et al. 2021). El carbón activado debido a su alta porosidad es utilizado en la remoción de diversos contaminantes, usualmente es impregnado de sales para la rápida absorción de gases tóxicos (Kiani, et al. 2020). Para la adsorción de mercurio, Choi y Lee (2021) evaluaron el uso de ácido clorhídrico, cloruro férrico, y cloruro cúprico impregnado en el carbón activo para aumentar la eficiencia de adsorción. Según Awad, et al. (2021) entre las diferentes formas físicas para aplicar el carbón activado se tiene: polvo, perla, monolito, granulados y fibras; esta última permite un rendimiento alto debido a sus propiedades cinéticas. Para la reducción de metano, etano y propano. Ho, et al. (2021) determinaron el comportamiento de 5 tipos de carbón activado resultando que, el carbón activado con un equilibrio entre los volúmenes microporoso y mesoporoso son más factibles para la remoción de contaminantes.

**Absorción química**, mediante esta tecnología es posible eliminar los COV del flujo de gas antes de ingresar a un biorreactor (Wantz, et al. 2021). Rueda (2016) en su estudio selecciona y pre diseña un tren de separación para la absorción de H<sub>2</sub>S, HCl y NH<sub>3</sub> presentes en una corriente de gases utilizando una

torre de relleno como sistema de contacto gas-líquido; así mismo, el NaOH no es el absorbente apropiado para gases con una alta relación  $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{S}$  ya que la selectividad a  $\text{H}_2\text{S}$  en torres de relleno está muy limitada.

**Foto - oxidación**, los fotocatalizadores se han aplicado en la depuración de los contaminantes orgánicos e inorgánicos. Se utiliza el compuesto tipo scheelita ( $\text{CaWO}_4$ ) para remover el óxido nítrico. Para la aplicación se utilizó un reactor fotocatalítico de 0,8L y como gas de entrada se usó 3 ppm de óxido de nitrógeno (I) (Luévano y Martínez 2017). El mecanismo de oxidación de diversos contaminantes del aire por diferentes materiales fotocatalíticos no es muy conocido, la luz solar mediante la activación fotocatalítica muestra un potencial significativo para degradar contaminantes orgánicos, el fotocatalizador nitruro de carbono gráfico es utilizado eficazmente para reducción de  $\text{CO}_2$  (Tayyab, Liu y Lee 2021).

**Oxidación térmica regenerativa**, es uno de los tratamientos más populares. Srour, et al. (2021) en su estudio comprobaron la eliminación de los COV para una industria farmacéutica, el diseño de la planta de oxidación térmica regenerativa consta de 3 unidades: la unidad de pretratamiento donde se eliminan los contaminantes inorgánicos básicos y ácidos por medio de las columnas de lavado, la unidad de oxidación la cual consta del oxidador térmico regenerativo donde se eliminan los COV presentes en la corriente por medio de oxidación térmica; por último la unidad de quenching y scrubbing donde los gases son enfriados y posteriormente se pasa a eliminar los ácidos inorgánicos generados en la fase de combustión. Se obtuvo como resultado un 100% de eliminación de los compuestos orgánicos volátiles aumentando la temperatura media de cámara. Hao, et al. (2021) por medio de un método de simulación transitoria y un modelo de equilibrio térmico evaluaron las velocidades internas y las distribuciones de temperatura de un oxidante térmico en diversos ciclos, se demostró la eficiencia de eliminación de 98% de los compuestos orgánicos volátiles y la eficiencia térmica alcanzó el 90%.

La **oxidación térmica recuperativa** consta del mismo proceso que la oxidación térmica regenerativa a diferencia que, esta reaprovecha el calor del aire para diferentes procesos industriales. Otra diferencia de la oxidación térmica regenerativa es que cuenta con dos a más cámaras medias y un sistema de direccionamiento mientras que la oxidación térmica recuperativa contiene tubos que son para intercambiar y recuperar el calor. El autor también señala la complejidad de los oxidadores térmicos siendo el regenerativo mucho más complejo que el recuperativo debido a las diversas partes móviles con la que cuenta esta tecnología (Trimpe J, 2021).

**Oxidación Catalítica**, es una tecnología de control prometedora por ser altamente eficiente, ahorra energía en el tratamiento de concentraciones bajas y medias de COV. En un estudio realizado sobre la eliminación de acetona por medio de la oxidación catalítica se utilizaron mecanismos de catalizadores de metales nobles y no nobles, estos mecanismos son preferidos por su capacidad de almacenamiento y movilidad factible del oxígeno; así mismo, determinan la capacidad del modelo oxidación-reducción (Modelo MVC, el cual se usa en la reacción de oxidación de hidrocarburos). Para el desarrollo de oxidación de acetona por medio de catalizadores. En primer lugar, se centra en el manganeso, cobalto, metales a base de cerio y óxidos metálicos; su alta concentración de oxígeno absorbido y su rendimiento de reducción de temperatura baja promueven el excelente rendimiento catalítico del material (Mu, et al. 2021). Talaiekhosani, et al, (2020) señala que es posible remover el 100% de algunos compuestos orgánicos como el percloroetileno, n-decano, acetona, benceno, etanol, acetaldehído y ciclohexano; y en los compuestos inorgánicos el monóxido de carbono y el óxido nítrico.

Existen tecnologías de adsorción que al ser combinadas con técnicas de destrucción se obtienen mejores resultados. Los **Rotoconcentradores de zeolitas** son sistemas con forma de rueda que aumentan la concentración de compuestos orgánicos volátiles en la corriente de gases contaminantes. Las zeolitas son fabricadas de manera sintética, es usada mayormente como una sustancia adsorbente debido a la alteración de sus propiedades físico-químicas y como componente principal de muchos catalizadores (Villaquirán, et al. 2016). La rueda

de zeolita se divide en varios sectores donde en la primera etapa la zeolita atrapa y retiene los COVs contenidos en los gases quedando limpios, luego una parte pequeña de la corriente depurada se hace pasar por segunda vez al rotoconcentrador de tal manera que los COVs atrapados por la rueda se trasladan de nuevo a los gases. Por último, se obtiene una corriente no contaminada con un caudal menor y una concentración de compuestos mayor (Choi y Yi 2000)

Se evaluaron 10 adsorbentes comerciales (zeolita y sílice mesoporosa) con diferentes características para el tratamiento de COV, los experimentos se desarrollaron en un tubo de cuarzo en un micro reactor de lecho fijo de un solo paso, el reactor se calentó mediante un horno eléctrico y la temperatura se controló mediante un termopar tipo K, para controlar el flujo de gas se usaron controladores de flujo másico, en el caso de la zeolita se modificó mediante un tratamiento con álcali obteniendo como producto zeolitas jerárquicas; el estudio demostró el aumento de la capacidad de adsorción de las zeolitas modificadas en más de 25% y una disminución de temperatura en la desorción, la modificación alcalina no solo mejoró la eficiencia de utilización de los sitios de adsorción, sino que también facilitó la desorción, que es crucial para absorber materiales (Liu, et al. 2015).

**Recuperación de NOx**, es un proceso que buscó abordar en la experiencia y el conocimiento para así mejorar la resistencia al azufre del deNOx arrojando luz sobre el diseño de catalizadores más tolerantes al azufre, NSR (NOx almacenamiento y reducción) es el deNOx más prometedor en tecnología, aunque todavía hay problemas con la tolerancia al azufre, particularmente en altas concentraciones (Jo, et al. 2021). Para satisfacer el fortalecimiento del control de emisiones de escape y manejar varios tipos de combustible utilizados en diferentes países, la tolerancia al azufre sobre el catalizador NSR aún debe mejorar mucho. Los cálculos teóricos complementarios pueden ayudar en la investigación de aspectos fundamentales que son difíciles o imposibles de acceder mediante un estudio experimental. Además, se debe desarrollar un nuevo catalizador NSR con alta tolerancia al azufre (Liu, et al. 2010).

**Reducción catalítica selectiva (SCR)**, es un proceso en el cual se utiliza el metanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) para reducir el óxido de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) que se utiliza en varios catalizadores como  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  (óxido de aluminio) y  $\text{TiO}_2$  (dióxido de titanio) de los cuales fueron usados como catalizadores de óxido de metal. De los catalizadores usados como el  $\text{CuO}$  (Óxido de cobre) y  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  (Óxido de aluminio), se determinó la mayor eficiencia de reducción en el proceso de metano-SCR. Los resultados indicaron que el catalizador puede eliminar el 93.9% de  $\text{NO}_x$  sin una desactivación del catalizador por varias horas. (Chunmiao, et al. 2021).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

La investigación fue de enfoque cuantitativo debido a que hubo un conjunto de procesos en el cual se utilizó la recolección de datos para demostrar las hipótesis en base al análisis estadístico y la referencia numérica, con la finalidad de probar o rechazar las hipótesis planteadas (Baena, 2014).

La investigación fue de tipo aplicada y retrospectiva dado que se analizó las respuestas a diferentes problemas planteados, obteniendo resultados y hallando así una solución eficiente (Wu, et al. 2021).

El diseño de la investigación fue no experimental de tipo transversal. El diseño es no experimental ya que no hubo manipulación de variables, solo se realiza el análisis o descripción de cada variable (Baena, 2014). La recopilación se dio mediante artículos ya existentes lo cual no son manipulados porque ya fueron establecidos. La investigación transversal se utiliza para observar y analizar datos en un momento exacto de la investigación abarcando así diferentes grupos o muestras de estudio (Sampieri, et al. 2014).

La investigación fue de nivel descriptivo, el cual especifica propiedades importantes de personas, grupos, comunidades u otro el cual estará sujeto a un análisis. Se seleccionó una serie de cuestiones y medirá independientemente cada una de ellas para así especificar lo que se va a investigar (Ñaupas, et al. 2014).

#### **3.2. Variables y operacionalización**

En la operacionalización se trabajó una sola variable, la cual es tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos. Dicha operacionalización de la variable se muestra en el Anexo 1.

#### **3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

La población es un grupo el cual se puede englobar objetos, medidas o individuos que contienen características parecidas al ser observados, también es un referente para la muestra, cumpliéndose así criterios predeterminados (Arias,

Villasis y Miranda, 2016). La población fue de 1586 investigaciones relacionadas a las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos.

La muestra es una parte importante con el objetivo de poder obtener información acerca de la población (Farsani, et al. 2021). La muestra fue 859 investigaciones en total, 715 pertenecientes a la base de datos Scopus y 144 a la base de datos de Web of Science.

El muestreo fue no probabilístico, dado que la selección dependió de ciertas características, criterios, entre otros. La muestra es por conveniencia ya que permite seleccionar aquellos elementos incluidos por su conveniente accesibilidad y proximidad de las investigaciones (Otzen y Manterola 2017).

La unidad de análisis se refiere a personas u objetos del cual se recopilaron datos y es una parte importante en el proceso de investigación del problema (Kumar 2020). Por lo tanto, la unidad de análisis de la presente investigación estuvo conformada por cada investigación relacionada a las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnica utilizada en el proyecto de investigación fue el análisis bibliométrico, ya que es un proceso donde se recopilaron y sintetizaron diversas investigaciones, el cual permite dar respuesta a las interrogantes planteadas en problema general y específico.

En la recolección de datos se utilizaron 3 formatos que se muestran, los cuales quedarán anexados, esto son:

- **Ficha 1:** Características de las investigaciones seleccionadas para tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos del análisis bibliométrico
- **Ficha 2:** Eficiencia de las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos
- **Ficha 3:** Tipos de contaminantes removidos

### 3.5. Validez y confiabilidad del instrumento

Para la validación de instrumentos se solicitó la participación de 3 especialistas en el tema, los cuales son mencionados en la Tabla 1. La confiabilidad está orientada al acuerdo de otros evaluadores con la investigación, es confiable cuando se alcanza un 70% a más (Ñaupás, et al. 2014).

Tabla 1. Tabla de validez

Especialistas	Porcentaje de validación (%)		
	Ficha 1	Ficha 2	Ficha 3
Dr. Carlos Castañeda Olivera	90%	90%	90%
Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar	90%	90%	90%
Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez	90%	90%	90%
Promedio	90%	90%	90%

### 3.6. Procedimiento

El proceso para la búsqueda de información del presente análisis bibliométrico se muestra a continuación en la Figura 1.

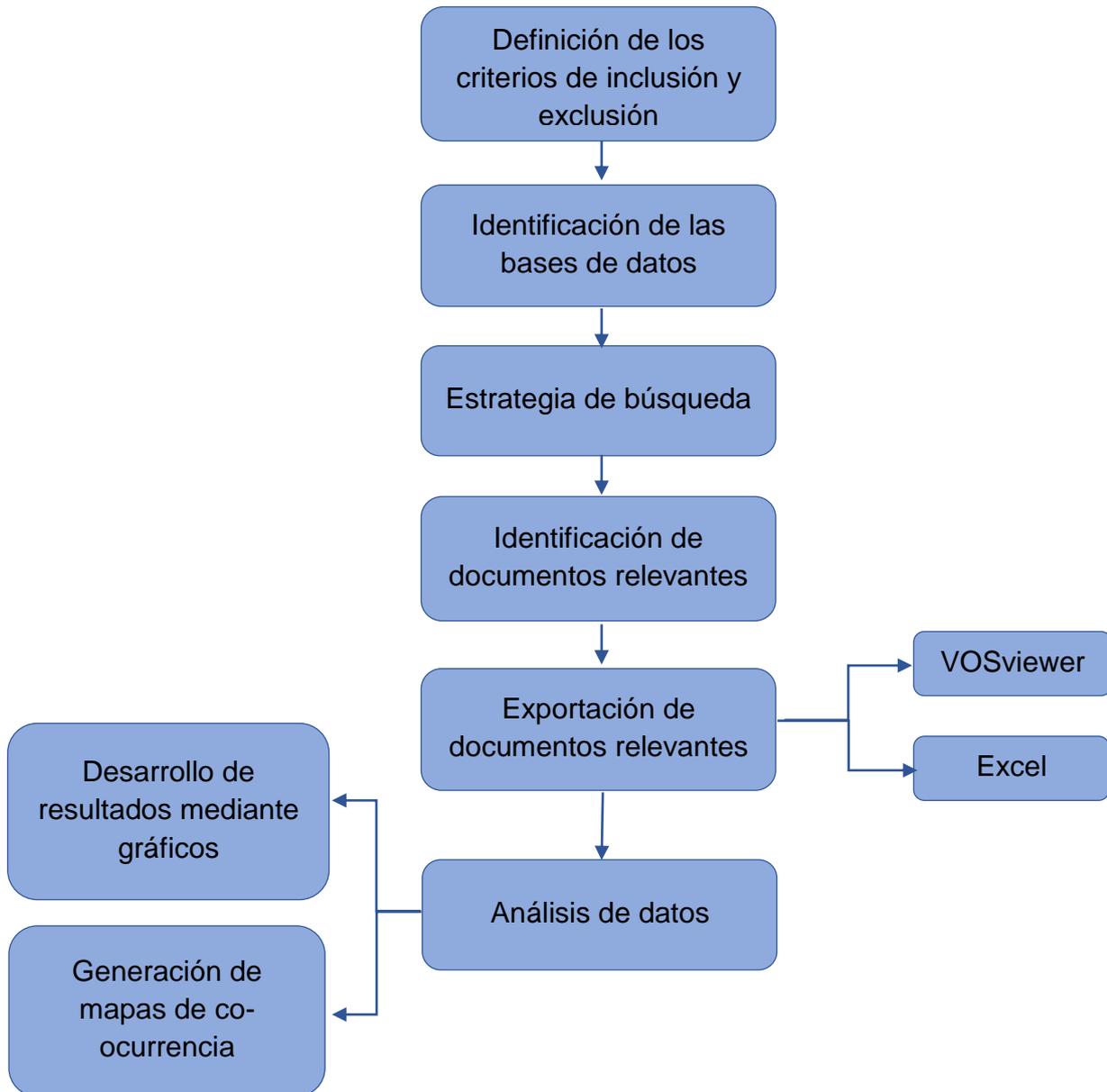


Figura 1. Procedimiento de búsqueda de investigaciones

## **Etapa 1: Criterios de inclusión y exclusión**

Para realizar el presente proyecto de investigación sobre análisis bibliométrico se tuvo en cuenta estudios sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos.

Se tomaron en cuenta aquellas investigaciones que contengan información sobre las tecnologías para tratamiento de contaminantes atmosféricos, para ello se consideraron algunos contaminantes como CO<sub>2</sub>, NO<sub>X</sub>, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> Y NO<sub>2</sub>. Se excluyeron aquellas investigaciones relacionadas al campo de la veterinaria. Asimismo, se excluyen investigaciones del idioma inglés.

Las investigaciones consideradas fueron de diversos ámbitos geográficos y diversas metodologías empleadas. Así mismo, se consideraron los artículos y revisiones cuya antigüedad no sobrepasa los 11 años.

## **Etapa 2: Identificación de las bases de datos**

Para la identificación de las investigaciones se tuvieron en cuenta las bases de datos Web of Science y Scopus. Según Franceschini, Maisano y Mastrogiacomo (2011) se puede decir que la base de datos Scopus cubre un mayor índice de revistas y la base de datos Web of Science detalla mucho mejor los análisis, es por ello que ambas bases de datos son complementarias.

## **Etapa 3: Estrategia de búsqueda**

Para la búsqueda de información se establecieron las palabras claves como atmospheric contaminant, air pollutant, atmospheric emissions, atmospheric pollution, treatment, decontamination y depollution; las palabras utilizadas se pueden ubicar en el título y resumen de las investigaciones. Posterior a ello, se excluyeron las investigaciones que no se encontraban entre el periodo de enero de 2010 a octubre de 2021. En la Tabla 2 se visualiza la cadena de búsqueda utilizada para ambas bases de datos, así mismo se muestra el periodo de publicaciones, tipos de documentos e idioma.

Tabla 2. Cadena de búsqueda

Base de datos	Scopus	Web of Science
Cadena de búsqueda	TITLE-ABS-KEY ( ( "atmospheric contaminant" OR "air pollutant" OR "atmospheric emissions" OR "atmospheric pollution" ) AND ( treatment OR decontamination OR depollution ) AND ( co2 OR nox OR o3 OR so2 OR ch4 OR no2 ) )	
Palabras claves	atmospheric contaminant, air pollutant, atmospheric emissions, atmospheric pollution, treatment, decontamination, depollution	
Periodo de publicación	Enero de 2010 a octubre de 2021	Enero de 2010 a octubre de 2021
Tipo de documento	Artículos y review	
Idioma	Inglés	

#### **Etapa 4: Identificación de documento relevantes**

En esta etapa se identificaron las investigaciones utilizando los criterios de inclusión y exclusión mediante el título y resumen de la investigación. Dicha actividad se realizó en conjunto por parte de los autores de la presente investigación.

#### **Etapa 5: Importación de documentos y análisis de datos**

Los datos recolectados de la base de Web of Science fueron exportados en formato .csv, luego son convertidos a formato excel para obtener los gráficos. Mientras que los datos obtenidos de Scopus se exportarán directamente en formato de Microsoft Excel.

Para la generación de gráficos y tablas se utilizó el programa Microsoft Excel y para la creación de las redes bibliométricas se utilizó el software VOSviewer.

### **3.6. Método de análisis de datos**

El presente estudio bibliométrico se basó en un análisis referente a las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos por esa razón se realizó la búsqueda de información en base a los tipos de tecnologías existentes sobre contaminantes atmosféricos.

Se extrajo los datos de Scopus y Web of Science en formatos .csv y .txt, respectivamente. Para la elaboración de gráficos y tablas se utilizó el programa Microsoft Excel y para realizar los mapas de co-citación y de co-ocurrencia se utilizó el software VOSviewer (Versión 1.6.17).

El software VOSviewer permitió la visualización de las redes bibliométricas de los artículos y reviews que se utilizaron en el proyecto. Después se procesaron en el software Microsoft Excel para la generación de los gráficos y tablas. Este método es importante y eficaz ya que da una mayor perspectiva del crecimiento y distribución de las investigaciones científicas.

### **3.7. Aspectos éticos**

La investigación es verídica, ya que fue evaluado por el asesor y especialistas, quienes se encargaron de monitorear cada avance en el desarrollo de la investigación. Se estructuró de acuerdo a la guía de productos de investigación, bajo la resolución del vicerrectorado de investigación N°117-2020-VI-UCV. Se siguió los principios de ética aprobados por la RCU N°0262-2020 y se utilizó el programa Turnitin para determinar el nivel de originalidad del producto de investigación. En cuanto al derecho de autenticidad de los autores, se sigue la normativa de citación y referencias ISO-690.

## IV. RESULTADOS

### 4.1. Procedimiento para la obtención de investigaciones

A continuación, en la Figura 2 se observa el diagrama de flujo del procedimiento para la identificación de investigaciones sobre las tecnologías para el tratamiento de contaminantes atmosféricos utilizando las bases de datos Scopus y Web of Science en el periodo 2010-2021.

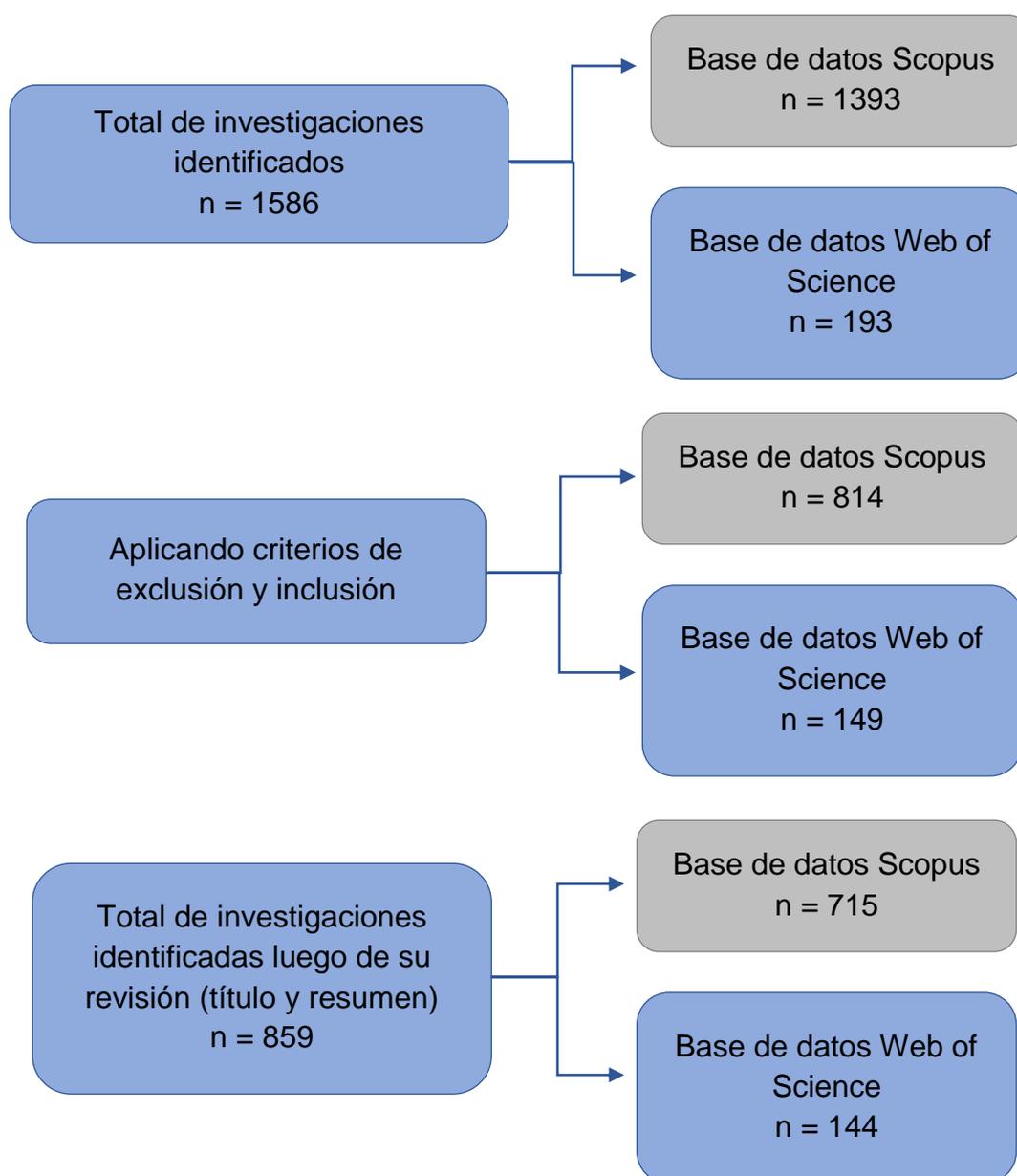


Figura 2. Procedimiento para la recolección de investigaciones

En la Figura 2 se identificó las investigaciones, como primera etapa se muestran 1586 artículos identificados en las bases de datos Scopus y Web Of Science. Posteriormente empleando los criterios de inclusión como el año, tipo de documento, idioma y áreas, podemos observar un total de 963 investigaciones seleccionadas para su evaluación de acuerdo al resumen y título. Finalmente, se obtuvo un total de 859 investigaciones para realizar el análisis bibliométrico.

#### 4.2. Análisis de los 20 artículos más representativos en la base de datos Scopus y Web of Science

En la Tabla 3 se identifica el porcentaje de remoción de las 10 principales investigaciones en la base de datos Scopus y Web of Science. Así mismo, se observa el tipo de tecnología y los contaminantes removidos en cada publicación.

Tabla 3. Artículos más representativos en la base de datos Scopus y Web of Science

Ítem	Base de datos	Tecnología	Contaminantes removidos	Porcentaje de remoción	Autor(es)
1	Scopus	Oxidación catalítica	compuestos orgánicos volátiles (COV)	100%	(Xin y Shirai 2021)
2		Oxidación de O3	SO <sub>2</sub> y NOx	80%	(Liu et al. 2021)
3		Oxidación sin llama	NOx y PM	30,9% y 79,2%	(Lin et al. 2021)
4		Oxidación microbiana	CH <sub>4</sub>	58%	(Fjelsted et al. 2020)
5		Oxidación	CO y emisiones de hidrocarburos	81% y 73%	(Zhang et al. 2019)
6		Oxidación	CH <sub>4</sub>	98%	(Thomassen; Scheutz y Kjeldsen, 2019)
7		Oxidación	CH <sub>4</sub>	81%	(Scheutz et al. 2017)
8		Oxidación de NO	NO y SO <sub>2</sub>	94,4% y 100%	(Park, Choi y Park, 2015)
9		Catalizadores de oxidación diésel (DOC)	Hidrocarburos totales y CO	90% y 98%	(Westphal et al. 2012)
10		Oxidación térmica	Carbono y azufre	95% y 98%	(Giroud, Dorge y Trouvé 2010)

11	Web of Science	Absorción	NOx y compuestos orgánicos volátiles (COV)	90%	(Yanamoto et al. 2011)
12		Absorción con adsorbentes poliméricos orgánicos e inorgánicos	CO <sub>2</sub>	91%	(Sattari et al. 2011)
13		Adsorción con formaldehído	NOx	65%	(Kivanova et al. 2012)
14		Absorción con persulfato de sodio (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub> )	NO y SO <sub>2</sub>	97.8% y 100%	(Xi et al. 2020)
15		Absorción de infrarrojos	CO <sub>2</sub>	90%	(Ahmed et al. 2020)
16		Absorción con Na <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> y (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> como absorbentes	NOx y SO <sub>2</sub>	93%	(Shi et al. 2021)
17		Absorción inducida por colisión	CO <sub>2</sub>	5% en el proceso	(Fakhardji et al. 2021)
18		Absorción reactiva	NOx	98%	(Yildirim et al. 2012)
19		Absorción en un análisis termodinámico	NOx	4% en cada proceso	(Novella et al. 2016)
20		Absorción fotovoltaica	O <sub>3</sub>	62,17%	(Chen et al. 2021)

A partir de la Tabla 3 se observó para la base de datos Scopus la eficiencia de remoción de metano por oxidación en un 98%, la remoción de los compuestos orgánicos volátiles por oxidación catalítica en un 100% y la remoción de SO<sub>2</sub> y NOx por oxidación de O<sub>3</sub> en un 80% para ambos contaminantes. Así mismo para la base de datos Web of Science se observó que la aplicación de absorción con persulfato de sodio (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>8</sub>) tiene el mayor índice de porcentaje de remoción llegando a 97,8% para NO y 100% para SO<sub>2</sub>, la absorción con Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> y (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> como absorbentes tiene un porcentaje de remoción del 93% para NOx y SO<sub>2</sub> y la absorción con adsorbentes poliméricos orgánicos e inorgánicos tiene un porcentaje de remoción del 91% para CO<sub>2</sub>.

### 4.3. Superposición de artículos entre Scopus y Web of Science

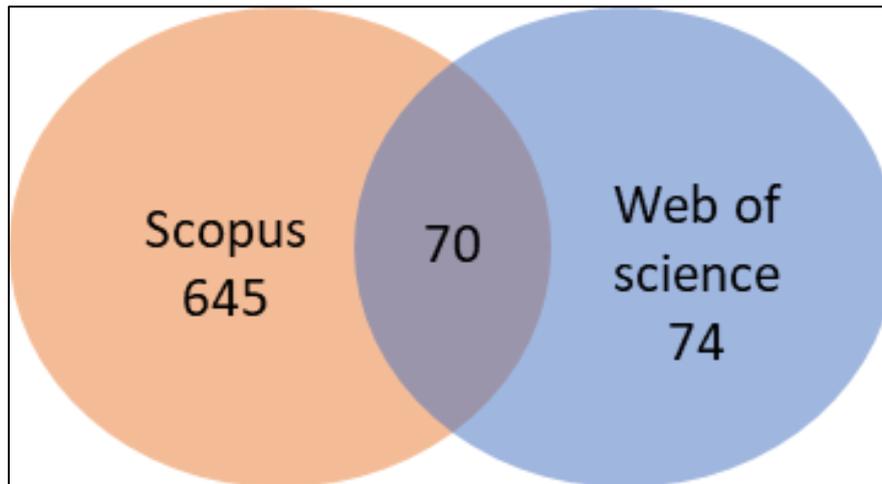


Figura 3. Intersección de artículos entre las bases de datos

En la Figura 3 se apreció la intersección de los artículos entre las bases de datos Scopus y Web of Science, siendo un total de 70 artículos que se repiten entre ambas bases de datos.

### 4.4. Análisis según el tipo de documento en Scopus y Web of Science

En la Figura 4 y Figura 5 se observan los tipos de documento presentes en las bases de datos Scopus y Web of Science respectivamente.

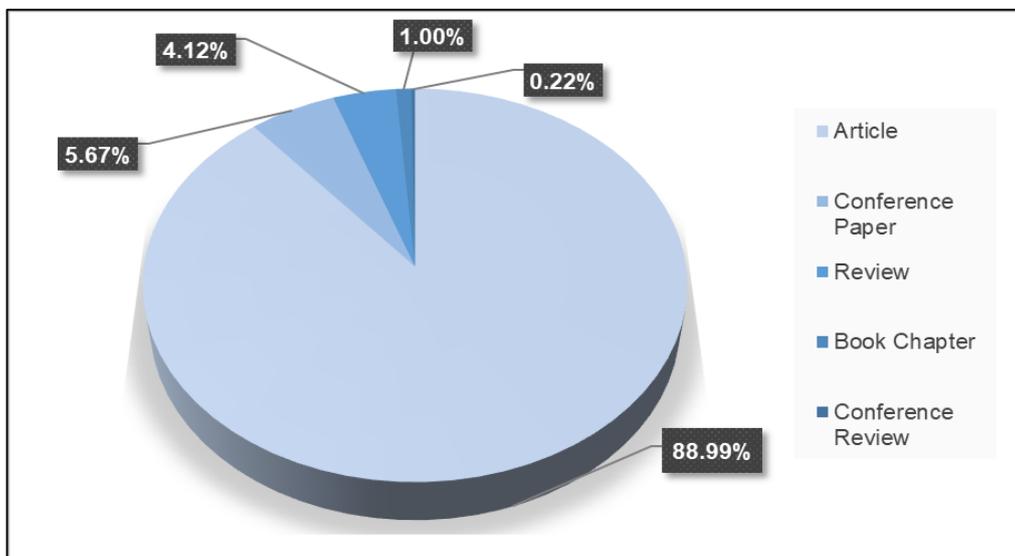


Figura 4. Tipo de documentos en la base de datos Scopus

En la Figura 4 se observó que 88.99% de publicaciones son artículos, seguido de 5.67% documento de conferencias, 4.12% referentes a review y 1% capítulos de libros.

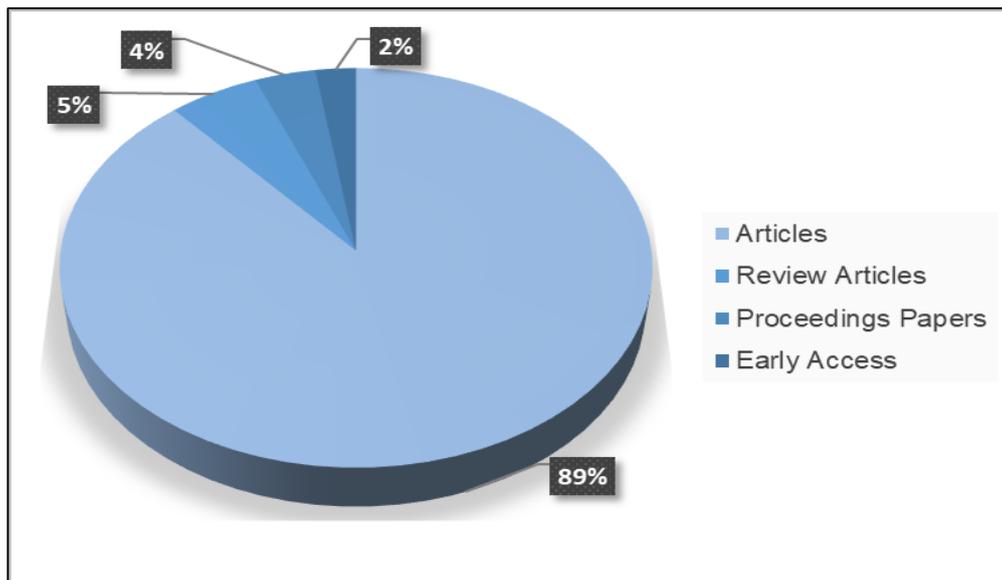


Figura 5. Tipo de documentos en la base de datos Web of Science

En la Figura 5 se mostró que 89% son artículos, seguido de 5% que son review y 4% son documentos de trabajo.

#### 4.5. Análisis de las revistas con mayor producción científica

En la Figura 6 y Figura 7 se identifican las revistas con mayores investigaciones científicas para las bases de datos Scopus y Web of Science respectivamente.

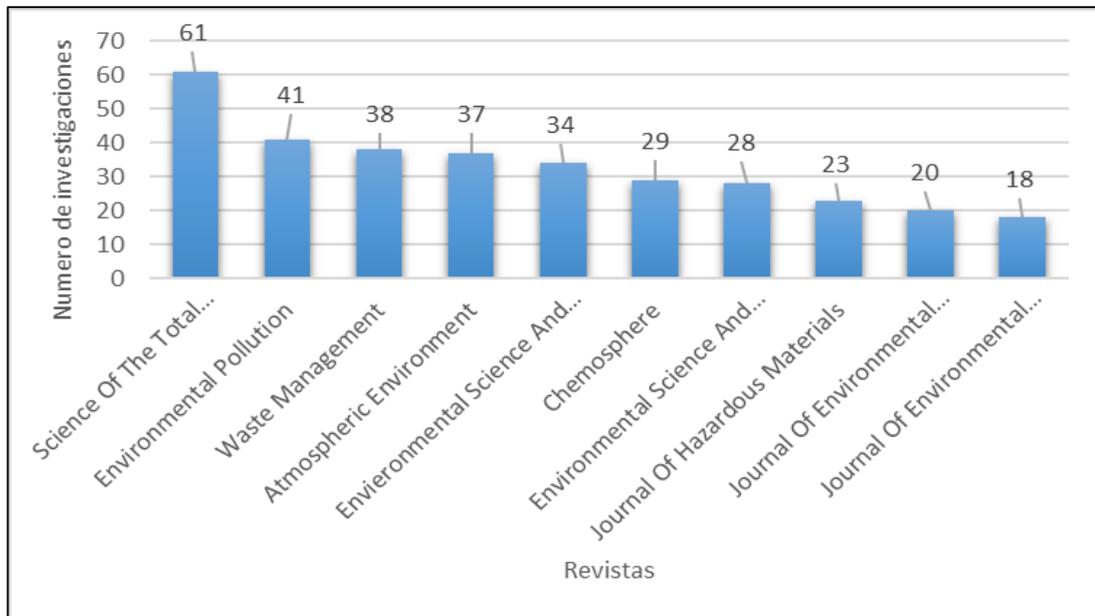


Figura 6. Número de investigaciones científicas por revistas en Scopus

En la Figura 6 se observó como principal revista científica a “Science Of The Total Environment” con 61 publicaciones, seguido de “Environmental Pollution” con 41 investigaciones y por último a “Waste Management” con 38 investigaciones.

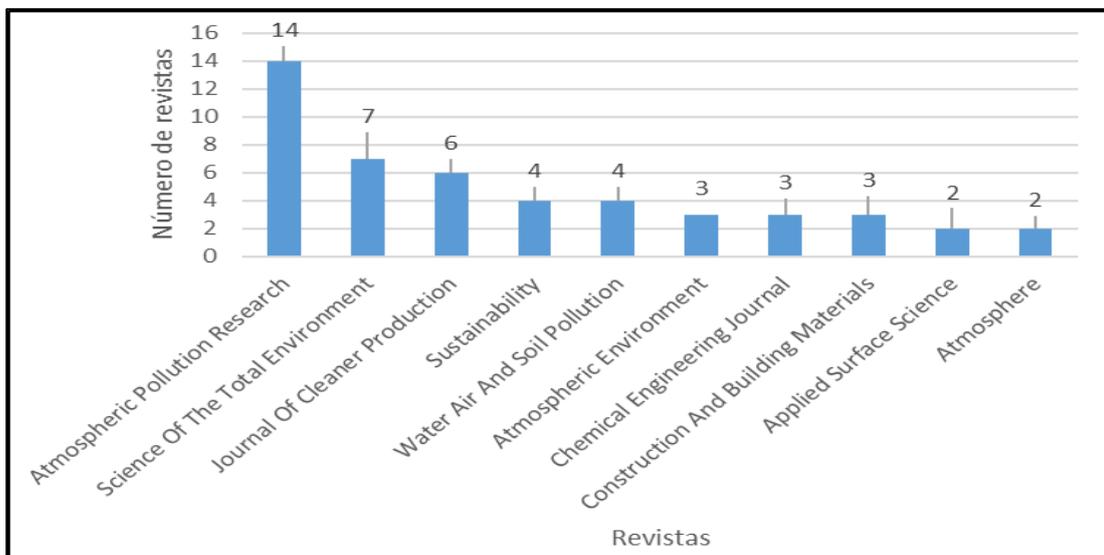


Figura 7. Número de investigaciones científicas por revistas en Web of Science

En la Figura 7 se observó como principal revista científica a “Atmospheric Pollution Research” con 14 publicaciones, seguido de “Science of the Total Environment” con 7 publicaciones y “Journal of Cleaner Production” con 6 publicaciones.

#### 4.6. Tendencia anual de investigaciones publicadas en Scopus y Web of Science (2010-2021)

En la Figura 8 y Figura 9 se observan las investigaciones publicadas desde enero de 2010 a octubre de 2021 para ambas bases de datos.

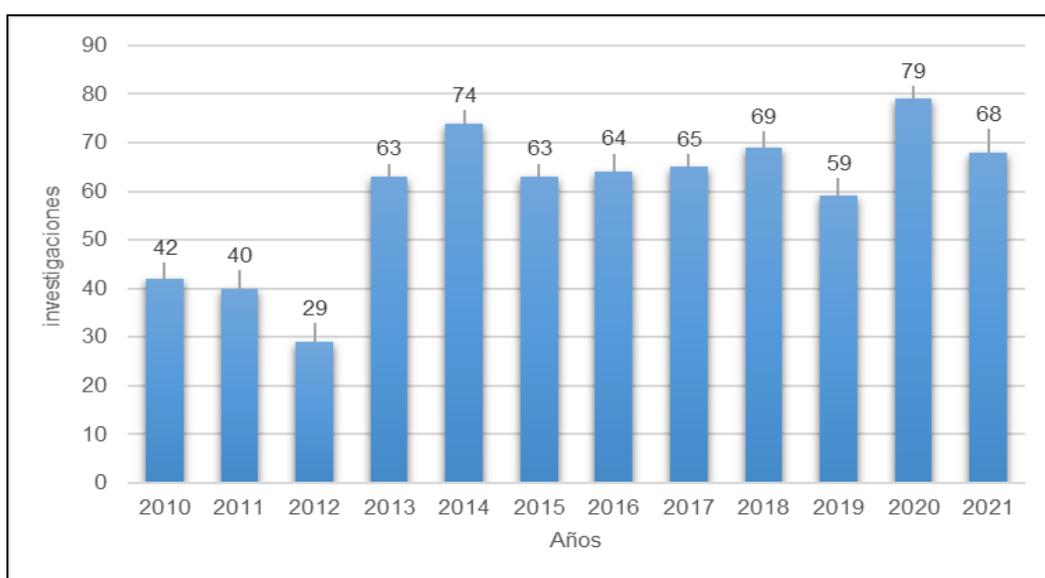


Figura 8. Tendencia anual de publicaciones por año en la base de datos Scopus

En la Figura 8 se observó una disminución de publicaciones entre los años 2010, 2011 y 2012, pero a partir del año 2013 al 2020 hubo incremento, llegando a 79 publicaciones relacionadas al tema de investigación.

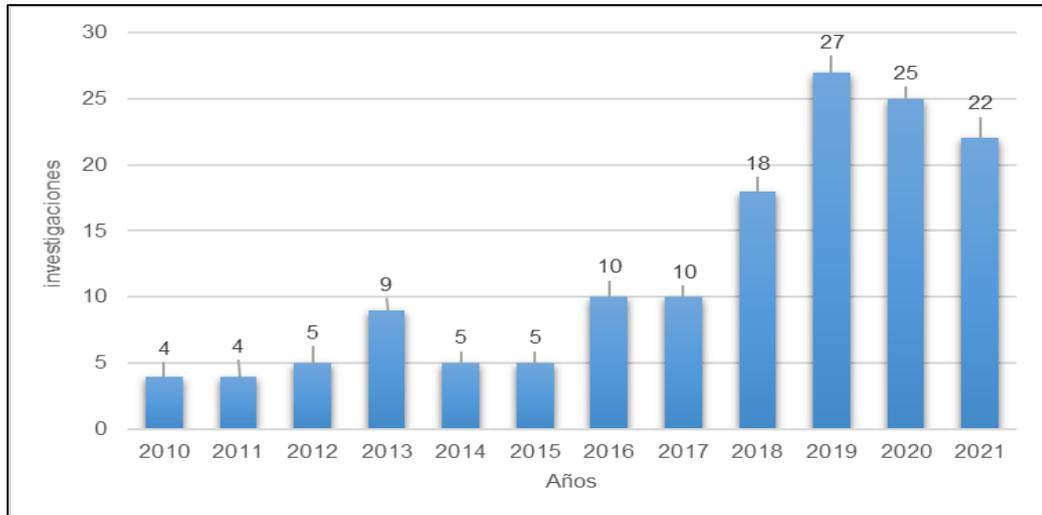


Figura 9. Tendencia anual de publicaciones en la base de datos de Web of Science

Así mismo, se observó en la Figura 9 una disminución de publicaciones entre los años 2010 y 2011, pero en el año 2019 hay un incremento considerable de publicaciones en la base de datos de Web of Science.

#### 4.7. Análisis de la cantidad de investigaciones publicadas por área temática en Scopus y Web of Science

En la Tabla 4 se muestra el recopilado de las 10 primeras áreas temáticas correspondiente a los artículos científicos. El área con un número mayor de investigaciones es “Environmental Science” con 555 publicaciones, seguido por “Chemistry” con 89 publicaciones y “Earth and Planetary Sciences” con 80 investigaciones recopiladas de la base de datos Scopus.

Tabla 4. Áreas temáticas de la base de datos Scopus

Área Temática	Número de investigaciones
Environmental Science	555
Chemistry	89
Earth and Planetary Sciences	80
Agricultural and Biological Sciences	78
Engineering	57
Pharmacology, Toxicology and Pharmaceutics	55
Energy	52
Biochemistry, Genetics and Molecular Biology	43
Chemical Engineering	41
Materials Science	24

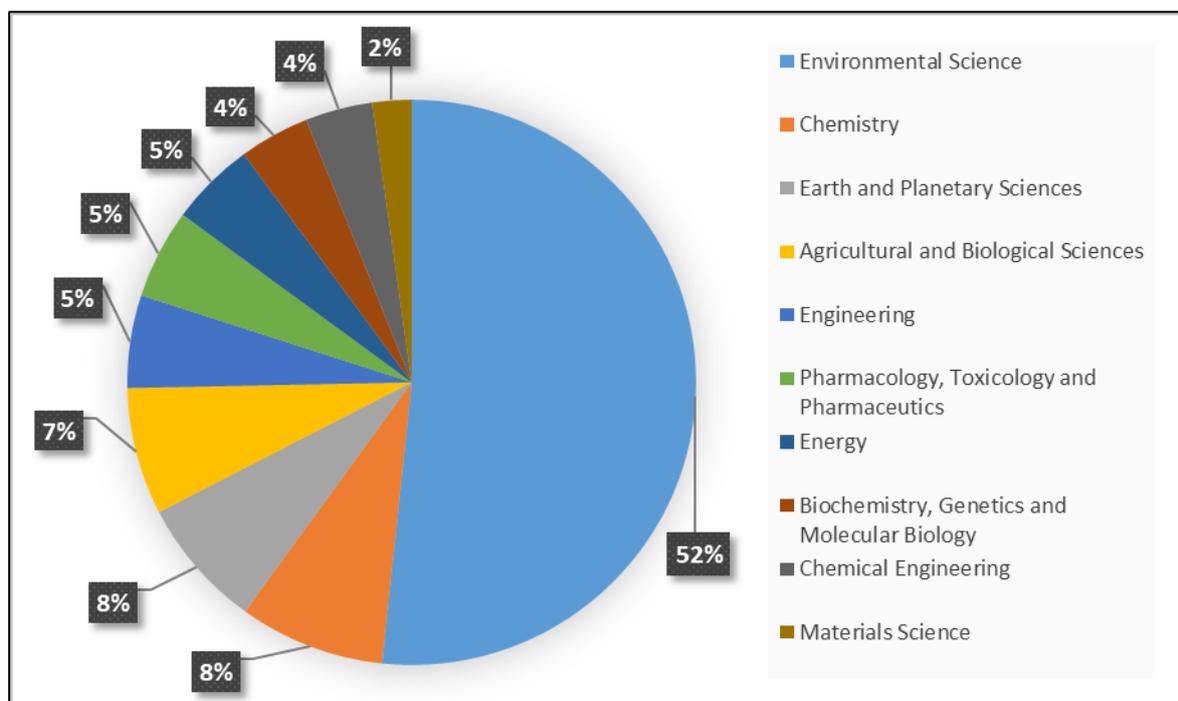


Figura 10. Número de investigaciones por área temática en la base de datos Scopus

A partir de la Figura 10 se visualizó que el 52% de las publicaciones pertenecen al área “Environmental Science”, el 8% pertenece a “Chemistry” y “Earth and Planetary Sciences”.

En la Tabla 5 se muestra la recopilación de áreas temáticas con el número de investigaciones correspondientes a la base de datos Web of Science, el área “Environmental Sciences Ecology” tiene 78 investigaciones siendo el mayor número de investigaciones. El área “Engineering” cuenta con 36 investigaciones, seguido del área temática “Science Technology Other Topics” con 21 investigaciones.

Tabla 5. Áreas temáticas de la base de datos Web of Science

Área Temática	Número de investigaciones
Environmental Sciences Ecology	78
Engineering	36
Science Technology Other Topics	21
Chemistry	14
Meteorology Atmospheric Sciences	14
Energy Fuels	7
Materials Science	7
Physics	7
Public Environmental Occupational Health	6
Water resources	6
Otros	38

A continuación, se observa en el gráfico el porcentaje de las principales áreas temáticas pertenecientes a la base de datos Web of Science

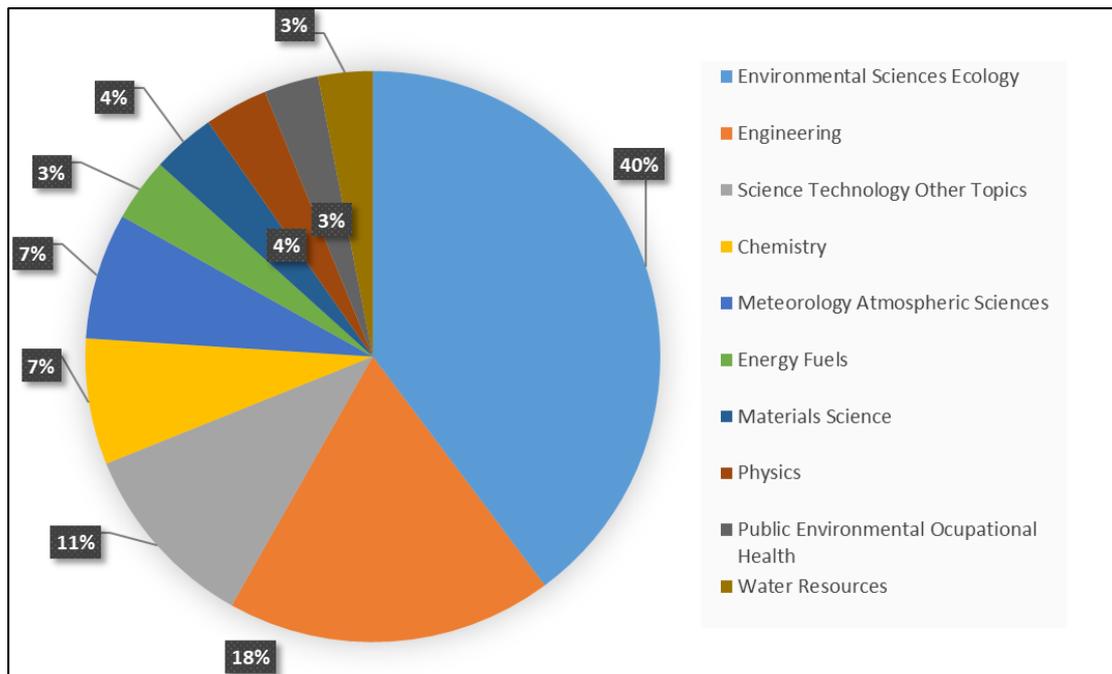


Figura 11. Número de investigaciones por área temática en la base de datos de Web of Science

En la Figura 11 el área con mayor porcentaje es “Environmental Sciences Ecology” con 40% de publicaciones seguido del área de “Engineering” con 18% y “Science Technology Other Topics” con 11% de publicaciones.



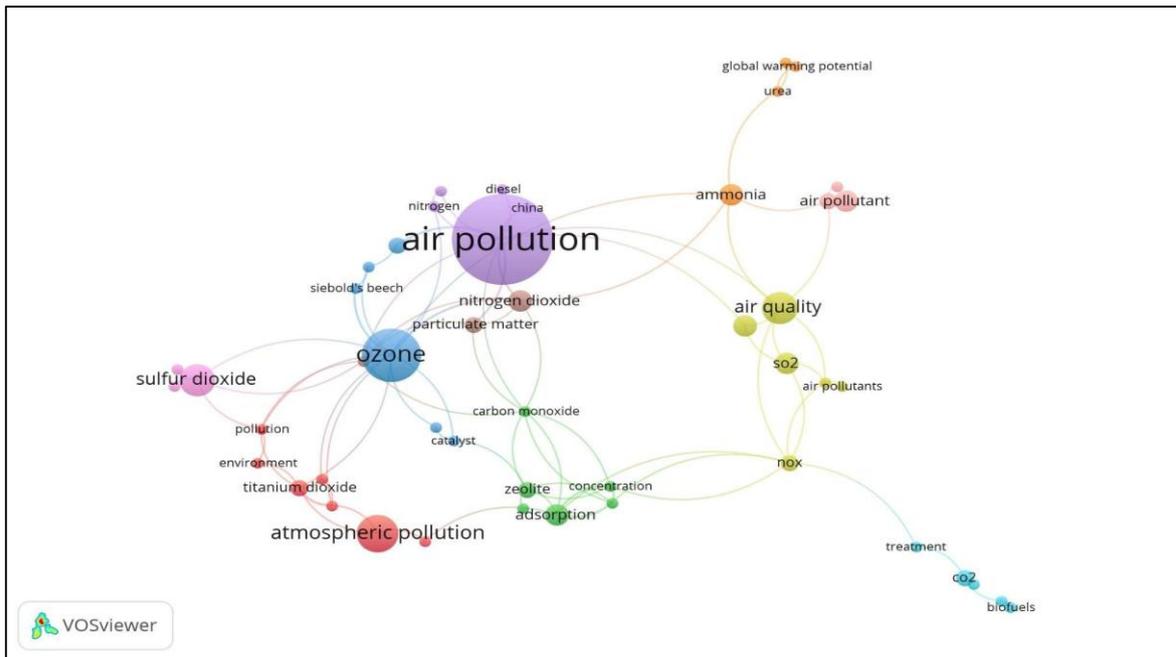


Figura 13. Mapa de red de palabras clave en coocurrencia de Web of Science

En la Figura 13 se observó que “air pollution” representado con el color morado es la palabra con mayor ocurrencia entre las investigaciones, seguido de “ozone” en color azul, “atmospheric pollution” en color rojo y “air quality” en color amarillo cuenta con menor relevancia.

#### 4.9. Análisis del ámbito geográfico con mayor número de investigaciones científicas en las bases de datos Scopus y Web of Science

En la Figura 14 y Figura 16, se aprecian los países con el mayor número de investigaciones en la base de datos Scopus y Web of Science y en la Figura 15 y Figura 17, se observan las redes bibliométricas de los países con mayores publicaciones para ambas bases de datos.



Figura 14. Análisis de investigaciones científicas en función a los países en Scopus

En la Figura 14 se observó que China cuenta con 234 investigaciones publicadas siendo el país que ocupa el primer lugar, seguido de Estados Unidos que cuenta con 144 investigaciones y Reino Unido con 48 investigaciones. Por último, tenemos a Alemania y Francia con 33 investigaciones respectivamente.

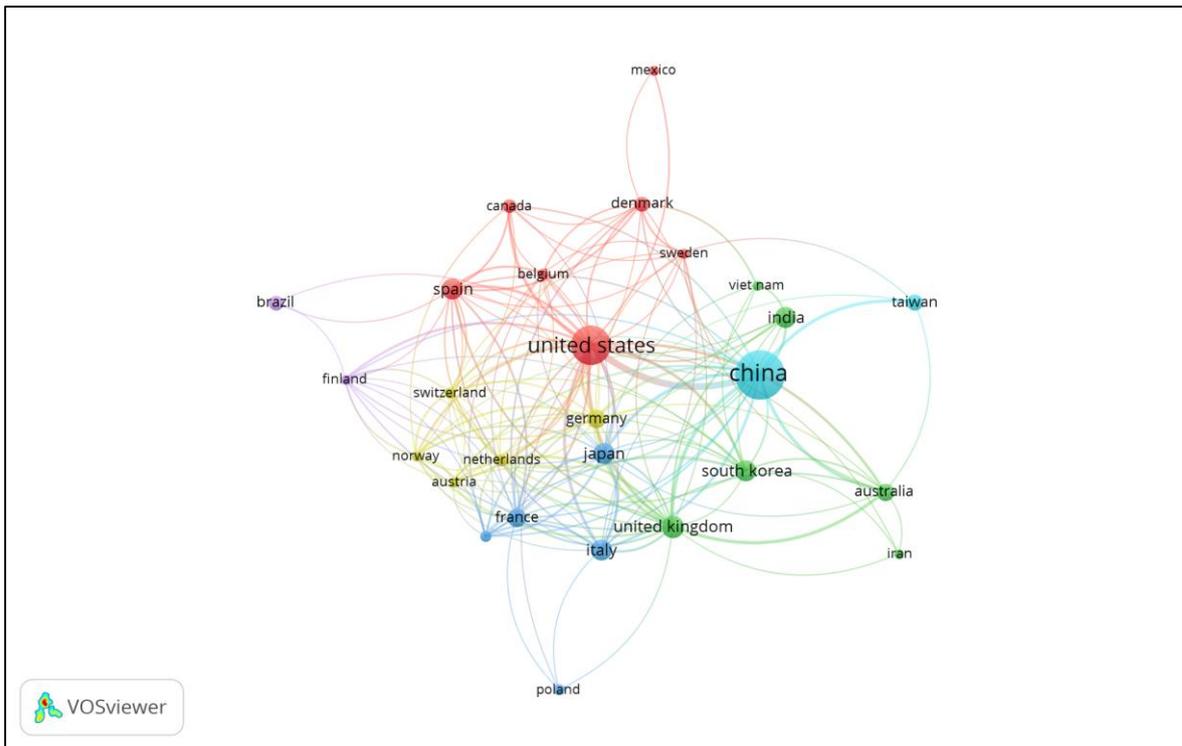


Figura 15. Visualización de los países con la cantidad de investigaciones en Scopus

En la Figura 15 se observó que tanto China como Estados Unidos son los países con mayores publicaciones, seguidos de Corea del Sur, Australia, Japón, Francia y España.

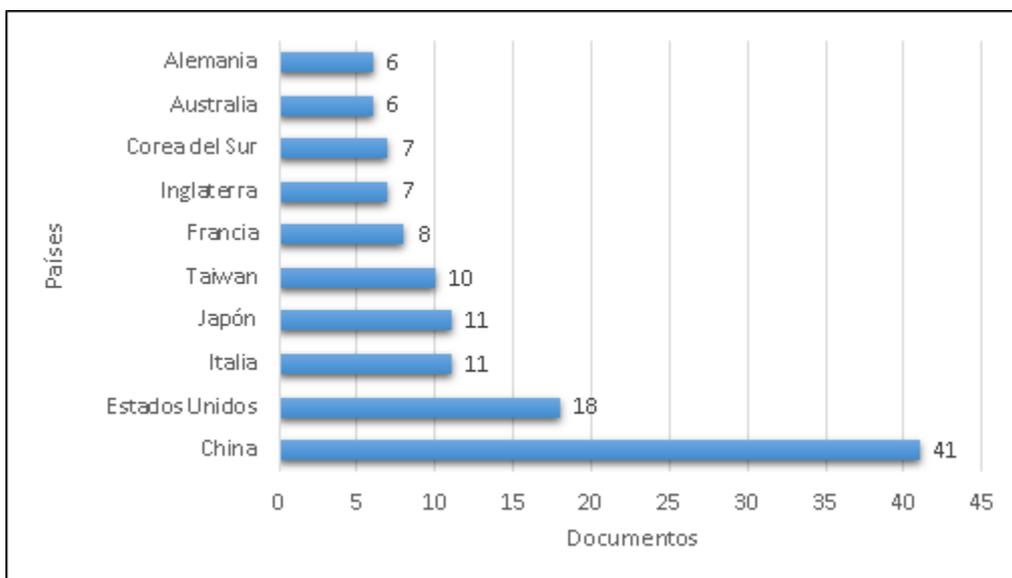


Figura 16. Análisis de investigaciones científicas en función a los países en Web of Science

En la Figura 16 se mostró que 41 investigaciones son procedentes de China, siendo el país con el mayor número de publicaciones, seguido de Estados Unidos que cuenta con 18 investigaciones e Italia con 11 investigaciones. Por último, tenemos a Australia y Alemania con 6 investigaciones respectivamente.

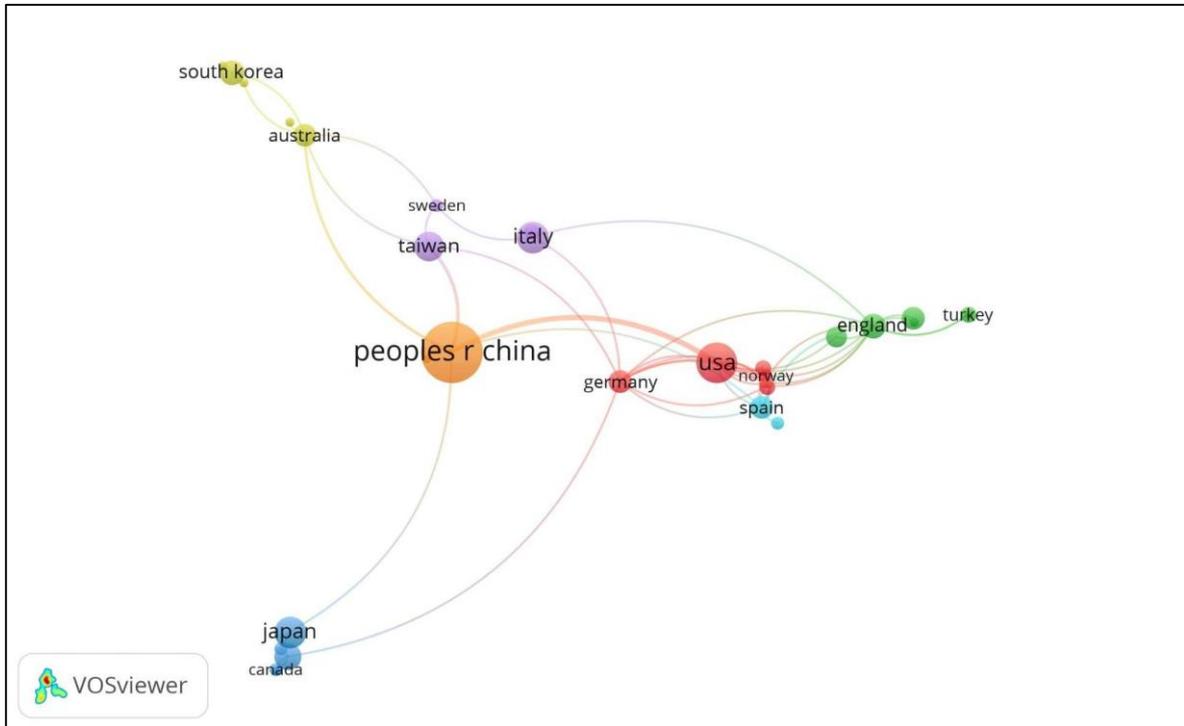


Figura 17. Visualización de los países con mayor cantidad de artículos científicos

En la Figura 17 se observó que para la base de datos Web of Science los países como China y Estados Unidos son los que tienen una mayor cantidad de artículos científicos, mientras que países como Japón y Canadá en color azul o Corea del Sur y Australia en color amarillo no tienen mucha relevancia.

#### 4.10. Análisis de los autores más citados

En la Figura 18 y Figura 19 se observan el análisis sobre los autores más citados para Scopus y Web of Science

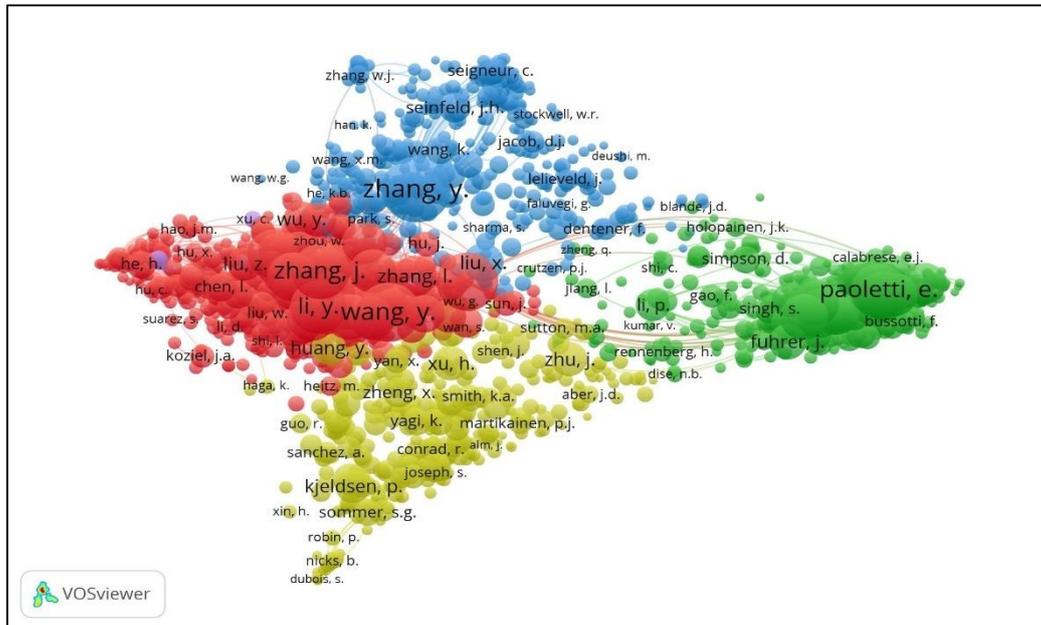


Figura 18. Autores más citados en la base de datos Scopus

En la Figura 18 se observó que Wang, Y. en el clúster rojo, Zhang, Y. en el clúster azul, Paoletti, E. en el clúster verde y finalmente Kjeldsen, P. en el clúster amarillo los autores con mayor citación.

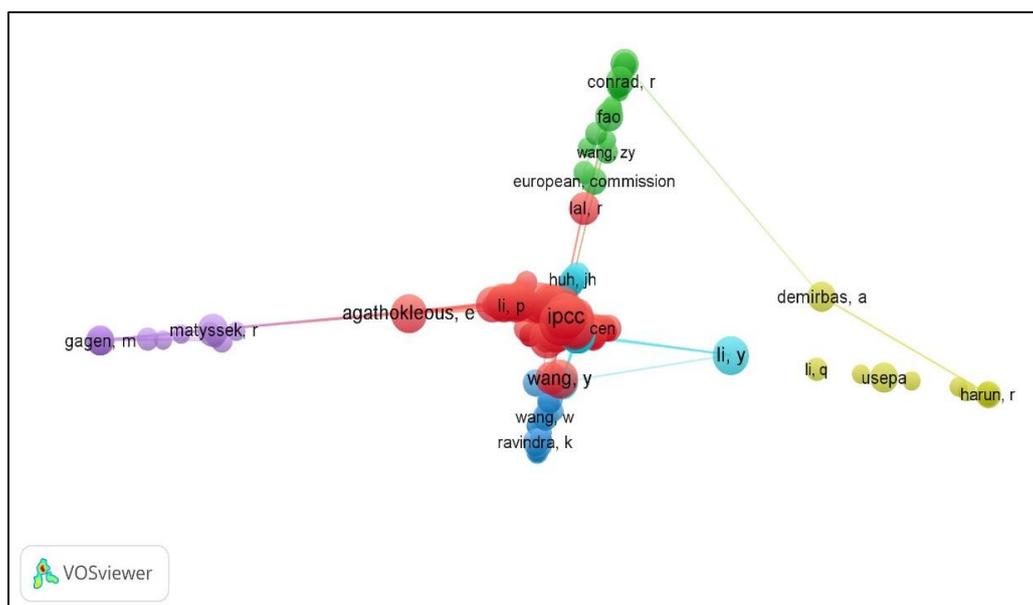


Figura 19. Autores más citados en la base de datos Web of Science

En la Figura 19 se observó en el clúster rojo a Wang, Y. como el autor más citado, seguido de Conrad, R. en el clúster de color verde y en el clúster de color celeste es Li, Y. con menor rango de citación.

#### 4.11. Análisis para el tipo de tecnologías y contaminantes en el tratamiento de contaminantes atmosféricos

En la Figura 20 y Figura 21 se presentan los tipos de tecnologías y tipos de contaminantes respectivamente para ambas bases de datos.

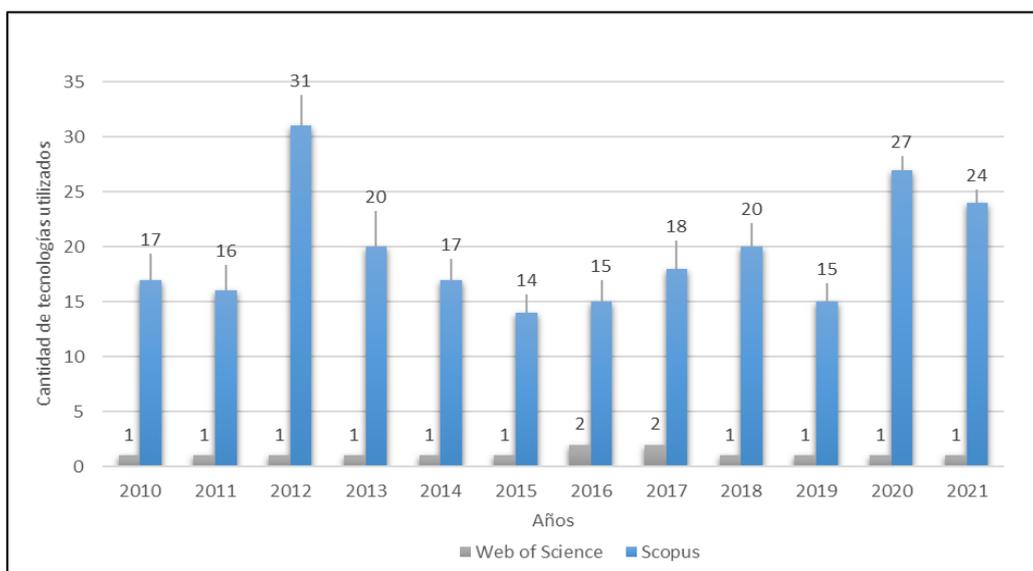


Figura 20. Tipos de tecnologías por año en Scopus y Web of Science

A partir de la Figura 20 se observó que para el año 2010 al 2012 hubo un incremento de publicaciones llegando a 31 tipos de tecnologías, a diferencia de la base de datos Web of Science donde se identificó que en el año 2016 y 2017 solo se estudiaron 2 tipos de tecnologías.

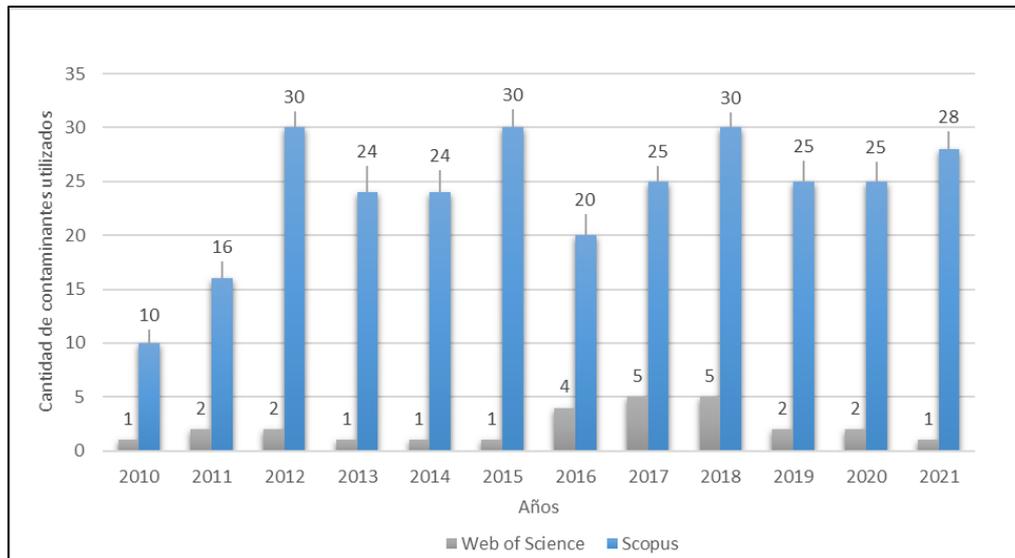


Figura 21. Tipos de contaminantes por año en Scopus y Web of Science

En la Figura 21 se identificó un incremento desde el año 2016 al año 2018 en la base de datos Scopus. Así mismo, se observó en el año 2013, 2016 y 2019 a 30 tipos de contaminantes a diferencia del año 2010 donde se evidencia 10 tipos de contaminantes. Mientras que en la base de datos Web of Science hubo un incremento para el año 2015 a 2018 con 5 tipos de contaminantes estudiados en las investigaciones.

#### 4.12. Análisis de las tecnologías más utilizados en Scopus y Web of Science

En las Figura 22 y Figura 23 se analizaron los tipos de tecnologías más estudiados en las bases de datos Scopus y Web of Science respectivamente.

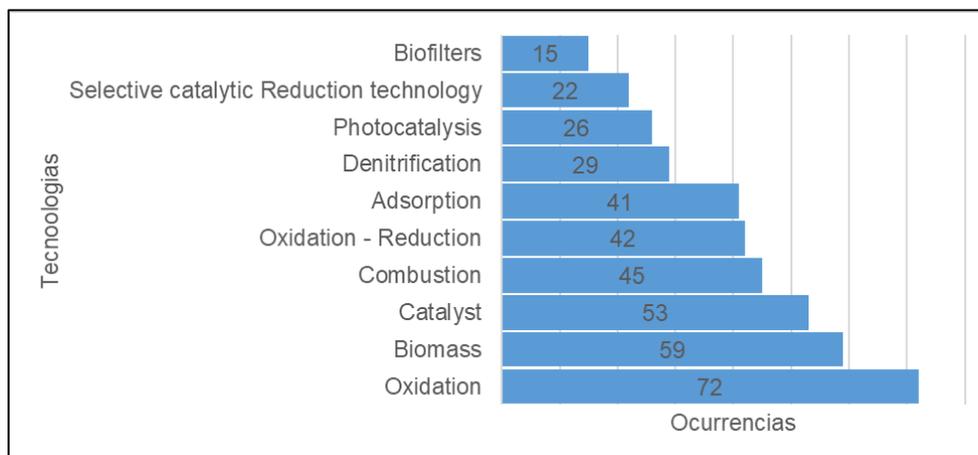


Figura 22. Tecnologías más ocurrencia en Scopus

En la Figura 22 se observó que el tratamiento por “oxidation” cuenta con 72 ocurrencias, seguido de “biomass” con 59 ocurrencias y “catalyst” con 41 ocurrencias.

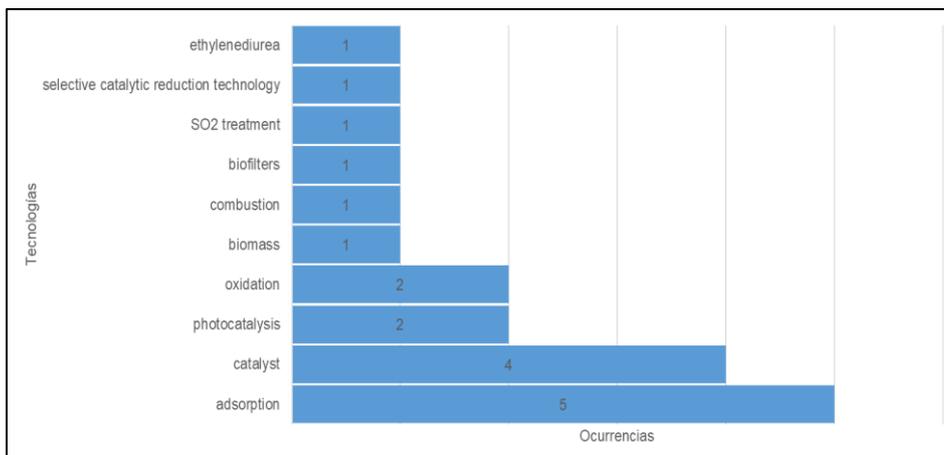


Figura 23. Tecnologías con mayor ocurrencia en Web of Science

A partir de la Figura 23 se observó que el tratamiento por “adsorption” cuenta con 5 ocurrencias, seguido de “catalyst” con 4 ocurrencias y “photocatalysis” con 2 ocurrencias.

#### 4.13. Análisis de los contaminantes más utilizados en Scopus y Web of Science

En la Figura 24 y Figura 25 se observan los tipos de contaminantes con mayor ocurrencia en las bases de datos Scopus y Web of Science respectivamente.

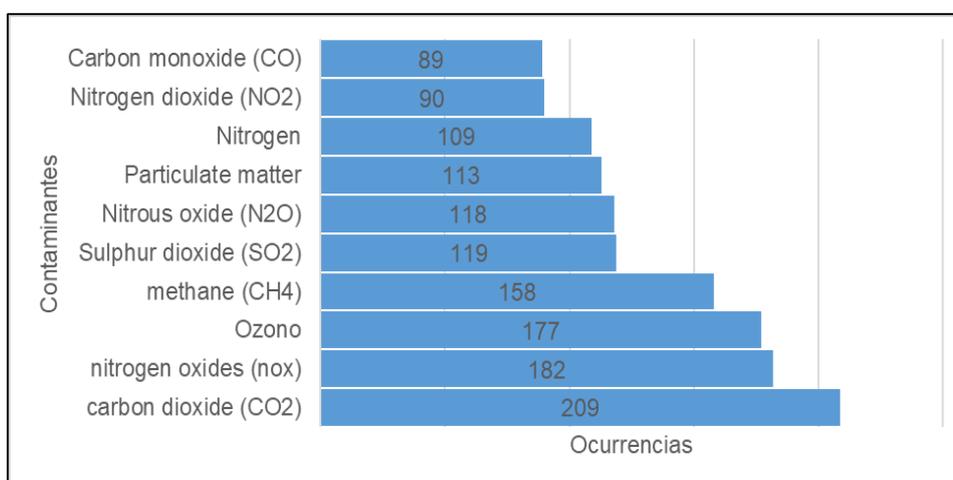


Figura 24. Contaminantes con mayor ocurrencia en Scopus

En la Figura 24 se observó entre los contaminantes con mayor ocurrencia al “carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)” con 209 ocurrencias, seguido de “nitrogen oxides (nox)” con 182 ocurrencias, “ozono” con 177, “methane (CH<sub>4</sub>)” con 158 ocurrencias, y “sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>)” con 119 ocurrencias en la base de datos Scopus.

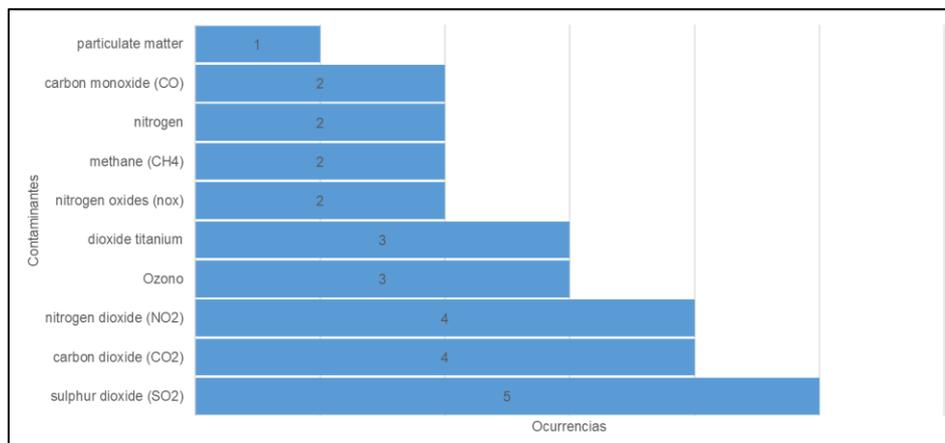


Figura 25. Contaminantes con mayor ocurrencia en Web of Science

Según la Figura 25 entre los contaminantes más comunes tenemos el “sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>)” con 5 ocurrencias, el “carbon dioxide (CO<sub>2</sub>)” y “nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>)” con 4 ocurrencias y “ozono” con 3 ocurrencias.

#### 4.14. Análisis de tendencia anual de las principales tecnologías aplicadas en la base de datos Scopus y Web of Science.

En la Figura 26 y Figura 27 se observan las principales tecnologías tanto en la base de datos Scopus como también en Web of Science aplicadas para el tratamiento de contaminantes atmosféricos.

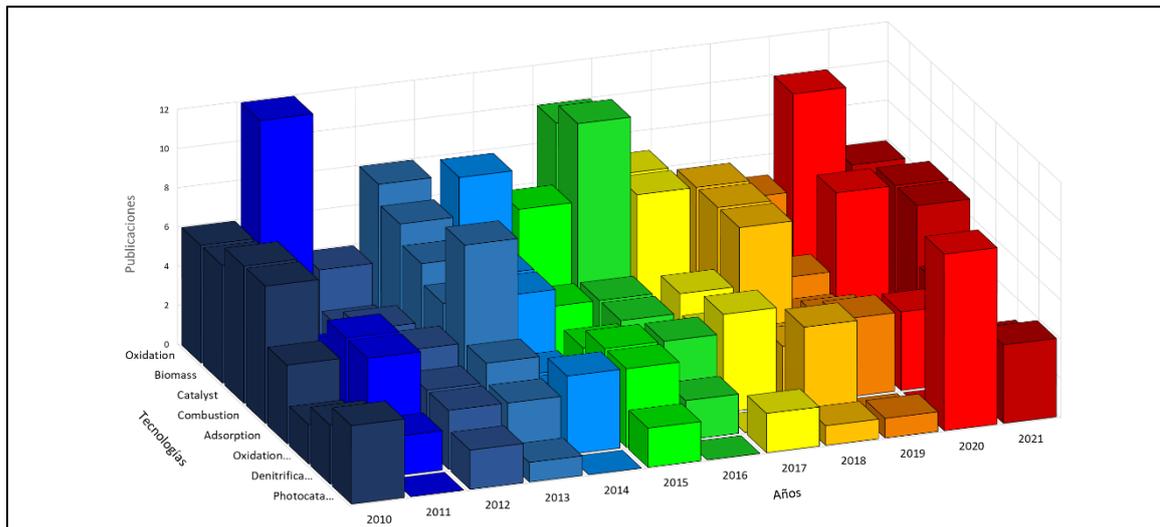


Figura 26. Tendencia anual sobre las principales tecnologías utilizadas en las investigaciones: base de datos Scopus

En la Figura 26 se observó un incremento de investigaciones en el año 2014 y 2019. La tecnología con mayor cantidad de publicaciones es la oxidación llegando a 12 investigaciones en el año 2011 como punto máximo, seguido de la biomasa y catálisis.

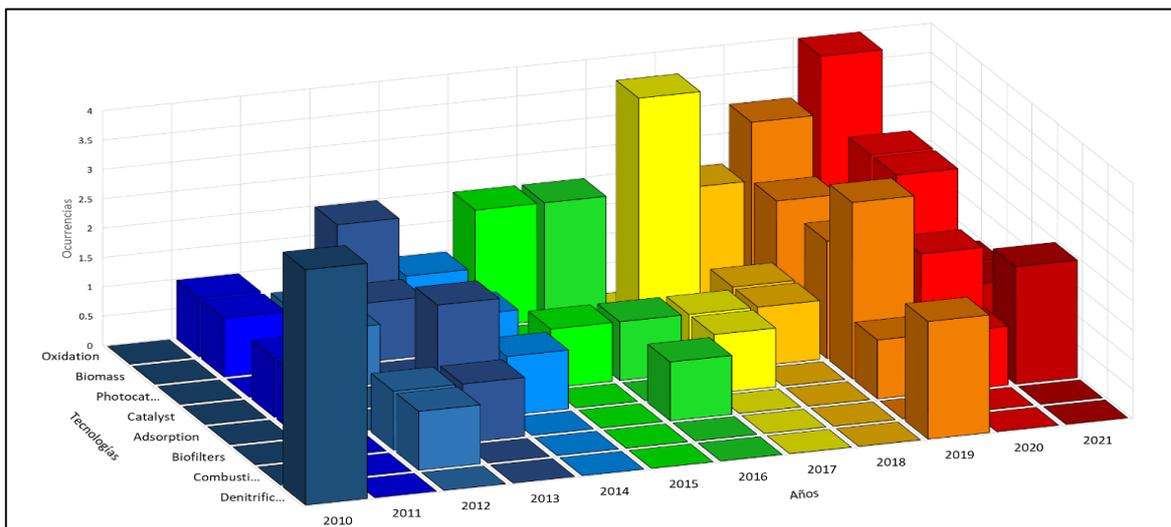


Figura 27. Tendencia anual sobre las principales tecnologías utilizadas en las investigaciones: base de datos Web of Science

En la Figura 27 se visualizó que a partir del año 2011 hubo un incremento de publicaciones. Así mismo se refleja que, en los años 2019, 2020 y 2021 las investigaciones sobre las tecnologías aumentan considerablemente.

#### 4.15. Análisis de tendencia anual de los principales contaminantes aplicados en la base de datos Scopus y Web of Science

En la Figura 28 y Figura 29 se observan la tendencia anual de los principales contaminantes en Scopus y Web of Science.

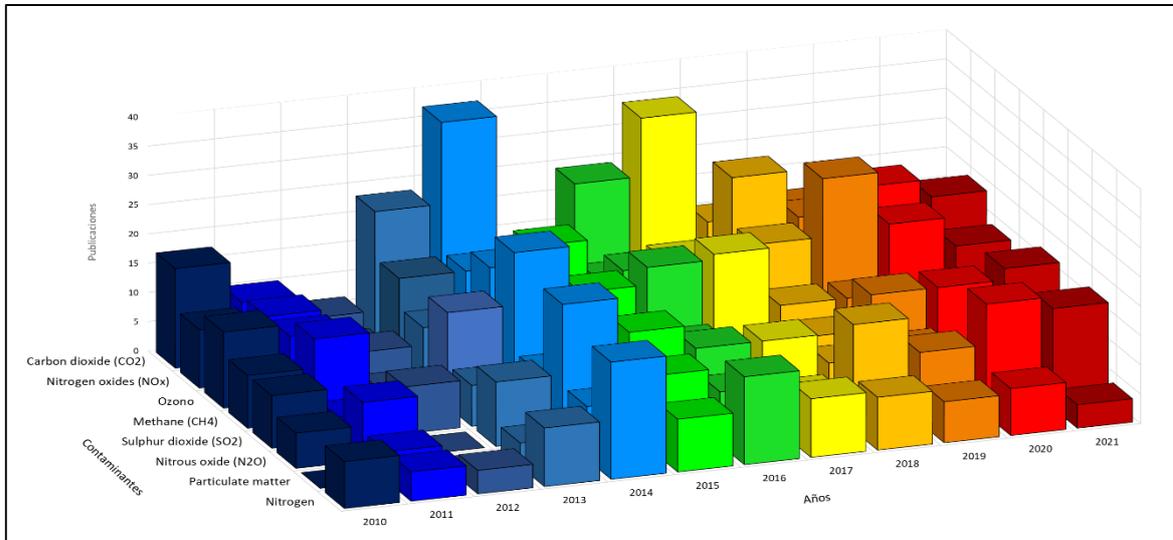


Figura 28. Tendencia anual sobre los principales contaminantes utilizados en las investigaciones: base de datos Scopus

En la Figura 28 se visualizó el incremento de contaminantes removidos a partir del año 2010 hasta 2014. Se observó también, el incremento conforme al año 2014 de los contaminantes como Nitrogen, Nitrous oxide (N2O), Methane (CH4) y Carbon dioxide (CO2).

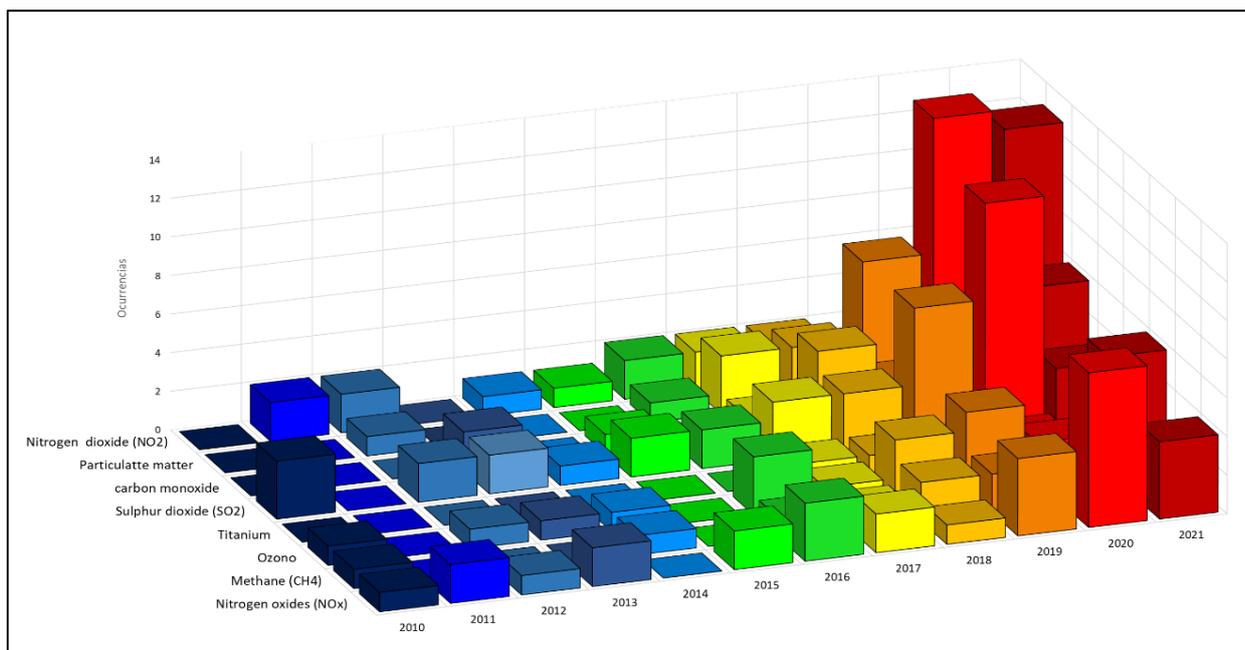


Figura 29. Tendencia anual sobre los principales contaminantes utilizados en las investigaciones: base de datos Web of Science

En la Figura 29 se observó un aumento de publicaciones en los últimos 3 años para los contaminantes como Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), Nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>) y Carbon monoxide. Para el año 2019 y 2021 se visualizó un incremento de publicaciones sobre los principales contaminantes.

## V. DISCUSIÓN

De acuerdo investigaciones revisadas, las tecnologías más aplicadas para el tratamiento de contaminantes atmosféricos en la base de datos Scopus fue la oxidación debido a la alta eficiencia de degradación de contaminantes como óxido de nitrógeno, mercurio y contaminantes orgánicos como moléculas no tóxicas (Lin et al. 2020). Para Si et al. (2021), la oxidación ha ido adquiriendo más popularidad debido a la eliminación simultánea de los contaminantes. Shao et al. (2019) analizaron el método de oxidación de NO por ozono obteniendo una eficiencia de 98% de remoción. Hao et al (2019) desarrollaron el método de oxidación por fase líquida combinado con adsorción donde la eficiencia de remoción del SO<sub>2</sub> fue de 99,3%. An et al. (2016) utilizaron el método de oxidación aplicando un reactor plasma donde la eficiencia de remoción del NO fue de 92% y del mercurio 99%. Skalska, Miller y Ledakowicz (2010), determinaron la aplicación de la oxidación utilizando catalizadores basado en cobalto, obteniendo una eficiencia de conversión al 76% del NO<sub>x</sub>. De acuerdo con Song et al. (2019), la aplicación de otros tipos de tecnologías para la remoción de contaminantes limita el espacio de aplicación, el abastecimiento de combustibles y la generación de otras emisiones de gases de efecto invernadero.

En las tecnologías con mayor aplicación para el tratamiento de contaminantes atmosféricos de acuerdo a la base de datos de Web of Science fue la absorción que consiste en la concentración y regeneración del absorbente, seguido de la descomposición del plasma atmosférico no térmico (PANT). Yanamoto et al. (2011) aplicaron el método por adsorción para NO<sub>x</sub>, COV entre otros contaminantes peligrosos presentes en el aire, reduciendo más del 90% de NO<sub>x</sub> y COV. Según Shi et al. (2021), para eliminar NO<sub>x</sub> y SO<sub>2</sub> en un absorbedor de burbujas se emplean mezclas de Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> y (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> como absorbentes. Así mismo, se obtuvieron elevadas eficiencias de absorción de SO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> mayores a 93%. Noorani Merhrdad y Ahadzadeh (2021) estudiaron 8 tipos de adsorbentes basados en aminoácidos para la remoción de CO<sub>2</sub> por absorción química resultado que el anión arginato tiene mayor capacidad de absorción. Kivanova et al. (2012), determinaron la capacidad de adsorción del formaldehído resultando una eficiencia del 65% de adsorción. Xi et al. (2020), en su investigación utilizaron persulfato de sodio

( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$ ) /urea para la absorción de  $\text{SO}_2$  y  $\text{NO}$  a través de diferentes procesos redox, la eficiencia de remoción para  $\text{NO}$  fue de 97.8% y de  $\text{SO}_2$  fue de 100%. Sattari et al. (2011) mencionan que la tecnología de absorción para la remoción de  $\text{CO}_2$  utilizando adsorbentes poliméricos orgánicos e inorgánicos son altamente eficientes para la recuperación de energía ya que cuentan con una alta estabilidad térmica. Por otro lado, Ahmed et al. (2020) propusieron el método de absorción de infrarrojos como el más eficiente para realizar mediciones de concentración de  $\text{CO}_2$  dentro del motor de compresión-expansión.

En la presente investigación se obtuvo entre los países con mayor publicación para ambas bases de datos a China y Estados Unidos. De igual manera, Prada (2021) menciona en su análisis bibliométrico sobre la remoción de contaminantes atmosféricos entre el periodo 1975 y 2019, el país con mayor índice de publicaciones fue China para la base de datos Scopus. Rodríguez (2021), analizó bibliométricamente los tratamientos de compuestos orgánicos volátiles en la base de datos Scopus obteniendo al país que tiene más publicaciones fue Estados Unidos entre los años 2015 al 2021. Por su parte Zhang, Xie y Ho (2010), en su análisis bibliométrico obtuvo entre los países con mayores publicaciones a Estados Unidos seguido de Alemania. Wang, et al. (2019), obtuvieron entre los países con mayores publicaciones a China con 1966 investigaciones y a Estados Unidos con 782 investigaciones. Li et al. (2017), en su investigación sobre las fuentes de contaminantes obtuvo entre los países con mayores publicaciones a Estados Unidos y China en el año 2006 a 2015. Dhital y Rupakheti (2019) realizaron un análisis bibliométrico utilizando la base de datos Web of Science con 2179 investigaciones sobre la contaminación atmosférica, obtuvieron entre los países con mayores publicaciones a Estados Unidos seguido de China.

Los resultados de la búsqueda de información fueron 715 investigaciones que pertenecen a Scopus y 144 de web of science sobre las tecnologías para el tratamiento de contaminantes atmosféricos desde el año 2010 a octubre de 2021, evidenciando un aumento de la tendencia de publicaciones en el año 2012 para la base de datos Scopus y desde el 2015 para la base de datos Web of Science. De acuerdo con Donthu et al. (2021) destacaron que la aparición de las bases de datos científicas como Scopus y Web of Science ha hecho que la adquisición de grandes

volúmenes de datos bibliométricos sea relativamente fácil, con el software bibliométrico VOSviewer se analizan dichos datos de una manera muy funcional incrementando el interés por el análisis bibliométrico en los últimos tiempos. Por su parte Zhang, Xie y Ho (2010) en su análisis bibliométrico obtuvieron 9,917 artículos procedente de la base de datos Science Citation Index (SCI) entre los años 1992–2007. De igual forma Wang et al. (2019) desarrollaron una investigación sobre los contaminantes procedentes de vehículos donde la muestra obtenida fue de 5185 investigaciones de la base de datos Web of Science entre los años 1995 a 2018. Rodríguez (2021), realizó un análisis bibliométrico donde evidenció un total de 17.260 investigaciones entre las bases de datos Scopus y ISI.

En cuanto a los principales contaminantes estudiados por los investigadores en la base de datos Scopus fueron dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ), y para la base de datos de Web of Science, los contaminantes predominantes fueron dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). Amoatey et al. (2021) determinaron los tipos de contaminantes entre ellos material particulado, metano, hidrocarburos y dióxido de carbono procedentes de los estanques de evaporación. Por su parte Zhang, Xie y Ho (2010) realizaron una revisión bibliográfica sobre los contaminantes atmosféricos (benceno, tolueno y formaldehído) y los métodos de tratamiento. Wang et al. (2019) concluyeron en su revisión bibliométrica que los contaminantes más comunes entre los años 1995 al 2018 son óxido nítrico con 220 ocurrencias, dióxido de sulfuro 211 ocurrencias y gases de combustión con 129 ocurrencias. Zhao y Zhao (2018), en su revisión sobre las principales emisiones de contaminación atmosférica entre los años 1995 al 2016, los autores observaron que mayormente se incluyen partículas, compuestos orgánicos volátiles, óxidos de carbonos ( $\text{CO}_x$ ) y óxidos de nitrógenos ( $\text{NO}_x$ ). Rai, et al. (2011) en su investigación sobre los contaminantes atmosféricos gaseosos mencionaron el incremento de  $\text{NO}_2$ , ozono troposférico y  $\text{CO}_2$  producto del crecimiento automovilístico. Li y Ma (2021) precisaron en su revisión que los contaminantes más comunes son los compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos,  $\text{CO}_2$ , entre otros. Toscano y Murena (2021) estudiaron los contaminantes más comunes siendo los principales: dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), las partículas finas ( $\text{PM}_{10}$ ) y gruesas ( $\text{PM}_{2.5}$ ) y el ozono ( $\text{O}_3$ ); así mismo, la

urbanización, industrias y tratamiento de aguas residuales son los principales generadores de estos contaminantes.

La revista que tiene una mayor cantidad de investigaciones en la base de datos de Scopus fue “Science Of The Total Environment”, contando con 61 investigaciones. Por otro lado, en la base de datos de Web of Science las revistas con mayor publicación fue “Atmospheric Pollution Research” contando con 14 investigaciones. Li et al. (2017), en su análisis bibliométrico sobre las fuentes de contaminación atmosférica entre los años 2006-2015, obtuvieron como resultado entre las revistas con mayor publicación a “Atmospheric Environment” y “Atmospheric Chemistry” and “Physics”. Del mismo modo, Dhital y Rupakheti (2019) obtuvieron 2179 investigaciones desde 1998 a 2017 de la base de datos Web of Science, viéndose allí que la mayor parte de sus investigaciones fueron de las revistas “Atmospheric Environment”, “Science Of The Total Environment” y “Environmental Science”. Kolle y Thyavanahalli (2016), en su estudio bibliométrico sobre la contaminación del aire entre 2005 a 2014, entre las revistas con mayores publicaciones fueron “Atmospheric Environment” y “Environmental Health Perspective”.

## VI. CONCLUSIONES

En el presente estudio indicó que las tecnologías con mayor eficiencia de remoción en el tratamiento de contaminantes atmosféricos fueron la absorción y la oxidación, obteniendo porcentajes de remoción de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) del 93% y 100% respectivamente.

1. La cantidad de documentos analizados fueron de 859 investigaciones, siendo 715 de la base de datos de Scopus y 144 de la base de datos de Web of Science.
2. Se identificó que la revista con mayor producción científica en la base de datos Scopus fue "Science Of The Total Environment" con 61 publicaciones. Mientras que, en la base de datos de Web of Science la revista con mayor producción científica fue "Atmospheric Pollution Research" con 14 publicaciones.
3. El país con mayores publicaciones fue China, según las bases de datos tanto de Scopus como de Web of Science.
4. Según la base de datos de Scopus, la tecnología con una mayor eficiencia en el tratamiento de contaminantes atmosféricos fue la oxidación, removiendo dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en un 100%. Para la base de datos Web of Science, la tecnología con mayor remoción de contaminantes atmosféricos fue la absorción, mostrando remociones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en un 93%.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Realizar una comparación sobre el estudio de tecnologías de contaminantes atmosféricos con otras bases de datos como Proquest y Science Direct.
2. Realizar un análisis bibliométrico sobre la tecnología de oxidación-absorción para comparar el porcentaje de remoción de cada tipo de contaminante atmosférico.
3. Realizar un análisis bibliométrico sobre la aplicación de las tecnologías para el tratamiento de contaminantes atmosféricos incrementando el periodo de años para obtener un mayor número de investigaciones y observar la tendencia de publicaciones por año.

## REFERENCIAS

AHMED, Fatma, et al. CO<sub>2</sub> concentration measurements inside expansion-compression engine under high EGR conditions using an infrared absorption method, *Ain Shams Engineering Journal* [en línea]. 2020, vol. 11, Issue 3, p. 787-793. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2019.12.003>

AMOATEY, Patrick, et al. A critical review of environmental and public health impacts from the activities of evaporation ponds. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2021, p. 149065. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.149065>

AN, J. et al. Oxidation characteristics of mixed NO and Hg<sup>0</sup> in coal-fired flue gas using active species injection generated by surface discharge plasma. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 2016, vol. 288, p. 298-304. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2015.11.048>

ARIAS, J., VILLASÍS, M.Á., y MIRANDA, M.G. El protocolo de investigación III: la población de estudio. *Revista Alergia México* [en línea]. 2016, 63(2), 201-206 [fecha de Consulta 18 de junio de 2021]. ISSN: 0002-5151. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=486755023011>

AWAD, R., et al. Synthesis and characterization of electrospun PAN-based activated carbon nanofibers reinforced with cellulose nanocrystals for adsorption of VOCs. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 2021, vol. 410, p. 128412. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.128412>

BAENA, G. Metodología de la investigación: Serie integral por competencias [en línea]. Grupo Editorial Patria. México, 2014. ISBN 978-607-744-003-1. Disponible en:

[https://books.google.com.pe/books?id=6aCEBgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbg\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=6aCEBgAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

CHOI, S., y LEE, S. Mercury adsorption characteristics of Cl-impregnated activated carbons in simulated flue gases. *Fuel* [en línea]. 2021, vol. 299, p. 120822. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.120822>

CHOI, B. y YI, J. Simulation and optimization on the regenerative thermal oxidation of volatile organic compounds. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 2000, vol. 76, no 2, p. 103-114. [https://doi.org/10.1016/S1385-8947\(99\)00118-7](https://doi.org/10.1016/S1385-8947(99)00118-7)

CHUNMIAO, J., et al. Selective catalytic reduction of NO<sub>x</sub> in marine engine exhaust gas over supported transition metal oxide catalysts, *Chemical Engineering Journal*, [en línea]. 2021, vol. 414, p. 128794. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.128794>

DHITAL, S. y RUPAKHETI, D. Bibliometric analysis of global research on air pollution and human health: 1998–2017. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea]. 2019, vol. 26, no 13, p. 13103-13114. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04482-x>

DONTHU, N., et al. How to conduct a bibliometric analysis: An overview and guidelines. *Journal of Business Research* [en línea]. 2021, vol. 133, p. 285-296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>

DOMINSKI, F., et al. Effects of air pollution on health: A mapping review of systematic reviews and meta-analyses. *Environmental Research* [en línea]. 2021, p. 111487. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111487>

DÖRTER, M., ODABASI, M., y YENISOY-KARAKAŞ, S. Source apportionment of biogenic and anthropogenic VOCs in Bolu plateau. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2020, vol. 731, p. 139201. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139201>

FAKHARDJI, W., et al. Direct method for MD simulations of collision-induced absorption: Application to an Ar–Xe gas mixture, *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, [en línea]. 2021, Vol 276. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2021.107926>

FARSANI, M., et al. Methodological Orientations, Academic Citations, and Scientific Collaboration in Applied Linguistics: What Do Research Synthesis and Bibliometrics Indicate?. System, [en línea]. 2021, p. 102547. <https://doi.org/10.1016/j.system.2021.102547>

FJELSTED, L. et al. Biofiltration of diluted landfill gas in an active loaded open-bed compost filter. Waste Management [en línea]. 2020, vol. 103, p. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.12.005>

FRANCESCHINI, F.; MAISANO, D. y MASTROGIACOMO, L. Empirical analysis and classification of database errors in Scopus and Web of Science. Journal of Informetrics [en línea]. 2016, vol. 10, no 4, p. 933-953. <https://doi.org/10.1016/j.joi.2016.07.003>

GALLEGO-CARTAGENA, E. et al. Naturally growing grimmiaceae family mosses as passive biomonitors of heavy metals pollution in urban-industrial atmospheres from the Bilbao Metropolitan area. Chemosphere [en línea]. 2021, vol. 263, p. 128190. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128190>

CHEN, H., et al. Multi-cycle reactive voltage rolling optimization control method supporting photovoltaic absorption of regional grid, Energy Reports. [en línea]. 2021, vol 7, Supplement 7. <https://doi.org/10.1016/j.egyrs.2021.10.018>

GIROUD, N.; DORGE, S. y TROUVÉ, G. Mechanism of thermal decomposition of a pesticide for safety concerns: Case of Mancozeb. Journal of Hazardous Materials [en línea]. 2010, vol. 184, no 1-3, p. 6-15. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2010.07.053>

GUO, H., et al. Tropospheric volatile organic compounds in China, Science of The Total Environment, Volume [en línea]. 2017, 574, p. 1021-1043. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.09.116>

GUO, Q., et al. Environmental migration effects of air pollution: Micro-level evidence from China. *Environmental Pollution* [en línea]. 2022, vol. 292, p. 118263. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118263>

HAO, R., et al. Cooperative removal of SO<sub>2</sub> and NO by using a method of UV-heat/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidation combined with NH<sub>4</sub>OH-(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> dual-area absorption. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 2019, vol. 365, p. 282-290. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.02.059>

HAO, X. et al. Numerical simulation of a regenerative thermal oxidizer for volatile organic compounds treatment. *Environmental Engineering Research* [en línea]. 2021, vol. 23, no 4, p. 397-405. <https://doi.org/10.4491/eer.2018.057>

HO, B, et al. Determination of methane, ethane and propane on activated carbons by experimental pressure swing adsorption method. *Journal of Natural Gas Science and Engineering* [en línea]. 2021, p. 104124. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2021.104124>

HOU, Bo, et al. Glycine Based Modification of Activated Carbons for VOCs Adsorption. *Chemical Engineering Journal Advances* [en línea]. 2021, p.100126. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.100126>

HUANG, J., et al. The effects of emission trading scheme on industrial output and air pollution emissions under city heterogeneity in China. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2021, vol. 315, p. 128260. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128260>

HUNEEUS, N., et al. Evaluation of anthropogenic air pollutant emission inventories for South America at national and city scale. *Atmospheric Environment* [en línea]. 2020, vol. 235, p. 117606. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2020.117606>

JO, S., et al. A study on additives to improve electron beam technology for NO<sub>x</sub> and SO<sub>2</sub> reduction. *Radiation Physics and Chemistry* [en línea]. 2021, vol. 183, p. 109397. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2021.109397>

KANT, K. y KANT, R. Air Pollution and Control. [en línea]. Khanna Publishing House. India: 2018. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=XJoDEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=info:6bUiolhjfHYJ:scholar.google.com/&ots=NDiK92oNAh&sig=26pHtZoKuAHI Apuv-FX-TNyC3Fk#v=onepage&q&f=false>

KIANI et al., Synthesis and adsorption behavior of activated carbon impregnated with ASZM-TEDA for purification of contaminated air. Diamond and Related Materials [en línea]. 2020, vol. 108, p. 107916. <https://doi.org/10.1016/j.diamond.2020.107916>

KIM, D., et al. Air pollutants and early origins of respiratory diseases. Chronic diseases and translational medicine [en línea]. 2018, vol. 4, no 2, p. 75-94. <https://doi.org/10.1016/j.cdtm.2018.03.003>

KIBANOVA, D., et al. Adsorption and photocatalytic oxidation of formaldehyde on a clay-TiO<sub>2</sub> composite. Journal of hazardous materials [en línea]. 2012, vol. 211, p. 233-239. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.12.008>

KOLLE, S. y THYAVANAHALLI, H. Global research on air pollution between 2005 and 2014: a bibliometric study. Collection Building [en línea]. 2016 vol. 35, No. 3, pp. 84-92. <https://doi.org/10.1108/CB-05-2016-0008>

KUMAR, A. y GUPTA, H. Activated carbon from sawdust for naphthalene removal from contaminated water. Environmental Technology & Innovation [en línea]. 2020, vol. 20, pp. 101080. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101080>

LI, Y. y MA, W. Photocatalytic oxidation technology for indoor air pollutants elimination: A review. Chemosphere [en línea]. 2021, p. 130667. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130667>

LI, Y., et al. Sources of atmospheric pollution: a bibliometric analysis. *Scientometrics* [en línea]. 2017, vol. 112, no 2, p. 1025-1045. <https://doi.org/10.1007/s11192-017-2421-z>

LIN, F., et al. Flue gas treatment with ozone oxidation: an overview on NO<sub>x</sub>, organic pollutants, and mercury. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 2020, vol. 382, p. 123030. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.123030>

LIN, S. et al. A novel flameless oxidation and in-chamber melting system coupled with advanced scrubbers for a laboratory waste plant. *Waste Management* [en línea]. 2021, vol. 126, p. 706-718. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.03.043>

LIU, D., GUO, X. y XIAO, B. What causes growth of global greenhouse gas emissions? Evidence from 40 countries. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2019, vol. 661, p. 750-766. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.01.197>

LIU, F. et al. O<sub>3</sub> oxidation combined with semi-dry method for simultaneous desulfurization and denitrification of sintering/pelletizing flue gas. *Journal of Environmental Sciences* [en línea]. 2021, vol. 104, p. 253-263. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.11.021>

LIU, H.; LI, X. y WANG, S. A bibliometric analysis of 30 years of platform research: Developing the research agenda for platforms, the associated technologies and social impacts. *Technological Forecasting and Social Change* [en línea]. 2021, vol. 169, p. 120827. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2021.120827>

LIU, Z., LI, J. y JUNAID, A. Knowledge and know-how in improving the sulfur tolerance of deNO<sub>x</sub> catalysts. *Catalysis Today* [en línea]. 2010, 153 (3-4), 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2010.01.061>

LIU, Z., et al. Application of thermogravimetry and differential scanning calorimetry for the evaluation of CO<sub>2</sub> adsorption on chemically modified adsorbents. *Thermochimica Acta* [en línea]. 2015, vol. 602, p. 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.tca.2015.01.002>

LUÉVANO-HIPÓLITO, E. y MARTÍNEZ-DE LA CRUZ, A. Photooxidation of NO<sub>x</sub> using scheelite-type ABO<sub>4</sub> (A= Ca, Pb; B= W, Mo) phases as catalyts. *Advanced Powder Technology* [en línea]. 2017, vol. 28, n. 6, p. 1511-1518. <https://doi.org/10.1016/j.appt.2017.03.021>

LUI, et al. Characterization and source apportionment of volatile organic compounds based on 1-year of observational data in Tianjin, China. *Environmental Pollution* [en línea]. 2016, 218, 757–769. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.07.072>

MU, X., et al. Research progress in catalytic oxidation of volatile organic compound acetone, *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea]. 2021, v.9, p.4. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2021.105650>

NOORANI, N., MEHRDAD, A. Y AHADZADEH, I. CO<sub>2</sub> absorption in amino acid-based ionic liquids: Experimental and theoretical studies. *Fluid Phase Equilibria* [en línea]. 2021, Vol. 547, p. 113185. <https://doi.org/10.1016/j.fluid.2021.113185>

NOVELLA, R., et al. Thermodynamic analysis of an absorption refrigeration system used to cool down the intake air in an Internal Combustion Engine, *Applied Thermal Engineering* [en línea]. 2017, vol 111, p. 257-270. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.09.084>

ÑAUPAS, et al. Metodología de la investigación: Cuantitativa – Cualitativa y Redacción de la Tesis [en línea]. 4a. Edicion. Bogotá: Ediciones de la U, 2014. ISBN 978-958-762-188-4. Disponible en <https://books.google.com.pe/books?id=VzOjDwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=Metodos+y+tecnicas+de+la+investigacion+cientifica&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwj16IGroaf0AhXGmGoFHZukCD8Q6AF6BAgJEAI#v=onepage&q&f=false>

OTZEN, T. y MANTEROLA, C. Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *International journal of morphology* [en línea]. 2017, vol. 35, no 1, p. 227-232. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>

PARK, H.; CHOI, S. y PARK, D. Simultaneous treatment of NO and SO<sub>2</sub> with aqueous NaClO<sub>2</sub> solution in a wet scrubber combined with a plasma electrostatic precipitator. *Journal of hazardous materials* [en línea]. 2015, vol. 285, p. 117-126. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.11.040>

PRADA ROJAS, Andrés Felipe. Evaluación de la efectividad del uso del fotocatalizador TiO<sub>2</sub> para la remoción de gases contaminantes tipo NO<sub>x</sub> en el aire. 2021. Tesis de Licenciatura. Fundación Universidad de América. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.11839/8327>

RAI, Richa, et al. Gaseous air pollutants: a review on current and future trends of emissions and impact on agriculture. *Journal of Scientific Research* [en línea]. 2011, vol. 55, no 771, p. 1. <https://www.rosemonteis.us/documents/045592>

RODRÍGUEZ PEÑA, Camilo Andres. Análisis de tendencias investigativas para el tratamiento de compuestos orgánicos volátiles (COVs) y compuestos inorgánicos volátiles (CIVs) mediante el uso de biofiltros. Trabajo de grado. <http://hdl.handle.net/11634/35200>

ROMERO, Yovitza, et al. Quantifying and spatial disaggregation of air pollution emissions from ground transportation in a developing country context: Case study for the Lima Metropolitan Area in Peru. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2020, vol. 698, p. 134313. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134313>

RUEDA, F.J. (2016). Absorción de contaminantes inorgánicos de un gas de gasificación de RDF mediante sosa cáustica. Universidad de Sevilla, Sevilla. Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/49947>

SAMPIERI, Roberto, et al. Metodología de la Investigación. 6ta Edición Mc Graw-Hill Education. [en línea]. 2014. P. 154. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

SATTARI, Ahmad, et al. The application of polymer containing materials in CO<sub>2</sub> capturing via absorption and adsorption methods. *Journal of CO<sub>2</sub> Utilization* [en línea]. 2021, vol. 48, p. 101526. <https://doi.org/10.1016/j.jcou.2021.101526>

SCHEUTZ, C., et al. Mitigation of methane emissions in a pilot-scale biocover system at the AV Miljø Landfill, Denmark: 2. Methane oxidation. *Waste management* [en línea]. 2017, vol. 63, p. 203-212. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.012>

SI, M. et al. Review on the NO removal from flue gas by oxidation methods. *Journal of Environmental Sciences* [en línea]. 2021, vol. 101, p. 49-71. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.08.004>

SICARD, P., et al. Urban population exposure to air pollution in Europe over the last decades. *Environmental Sciences Europe* [en línea]. 2021, vol. 33, no 1, p. 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00450-2>

SHAO, J., et al. A superior liquid phase catalyst for enhanced absorption of NO<sub>2</sub> together with SO<sub>2</sub> after low temperature ozone oxidation for flue gas treatment. *Fuel* [en línea]. 2019, vol. 247, p. 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.02.120>

SHAPIRA et al. Association between elevated serum bilirubin levels with preserved lung function under conditions of exposure to air pollution. *BMC Pulmonary Medicine* [en línea]. 2021, vol. 21, no 1, p. 1-7. <https://doi.org/10.1186/s12890-021-01488-5>

SHI, F., et al. Simultaneous wet absorption of SO<sub>2</sub> and NO<sub>x</sub> with mixed Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub> and (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>: Effects of mass concentration ratio and pH. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 2021, vol. 421, p. 129945. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.129945>

SKALSKA, K.; MILLER, J. y LEDAKOWICZ, S. Trends in NO<sub>x</sub> abatement: A review. *Science of the total environment* [en línea]. 2010, vol. 408, no 19, p. 3976-3989. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2010.06.001>

SONG, L., et al. Ultra-high efficient hydrodynamic cavitation enhanced oxidation of nitric oxide with chlorine dioxide. *Chemical Engineering Journal* [en línea]. 2019, vol. 373, p. 767-779. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.05.094>

SROUR, Hawraa, et al. Regeneration of an aged hydrodesulfurization catalyst: Conventional thermal vs non-thermal plasma technology. *Fuel* [en línea]. 2021, vol. 306, p. 121674. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2021.121674>

TALAEKHOZANI, A., et al. Recent advances in photocatalytic removal of organic and inorganic pollutants in air. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2020, p. 123895. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123895>

TARÍN-CARRASCO, Patricia, et al. Contribution of fine particulate matter to present and future premature mortality over Europe: A non-linear response. *Environment International* [en línea]. 2021, vol. 153, p. 106517. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2021.106517>

TAYYAB, M., LIU, L., & LEE, C. H. Efficient solar light facilitated photo-oxidative detoxification of gaseous 2-chloroethyl ethyl sulfide on ZrO<sub>2</sub>-doped g-C<sub>3</sub>N<sub>4</sub> under dry and humid air. *Chemosphere* [en línea]. 2021, vol. 280, p. 130685. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130685>

THOMASEN, T.; SCHEUTZ, C. y KJELDSEN, P. Treatment of landfill gas with low methane content by biocover systems. *Waste Management* [en línea]. 2019, vol. 84, p. 29-37. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2018.11.011>

TOSCANO, Domenico; MURENA, Fabio. The Historical Trend of Air Pollution and Its Impact on Human Health in Campania Region (Italy). *Atmosphere* [en línea]. 2021, vol. 12, no 5, p. 553. <https://doi.org/10.3390/atmos12050553>

TRIMPE JR, J. Waste heat recovery of industrial regenerative thermal oxidizer (RTO), a case study [en línea]. University of Kentucky, 2021. <https://doi.org/10.13023/etd.2021.345>

TSOU, M., et al. community-based study on associations between PM2.5 and PM10 exposure and heart rate variability using wearable low-cost sensing devices. Environmental Pollution [en línea]. 2021, vol. 277, p. 116761. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.116761>

VILLAQUIRÁN-CAICEDO, Mónica Alejandra, et al. Production of Low-Silica Zeolites from Colombian Kaolin. Ingeniería, investigación y tecnología [en línea]. 2016, vol. 17, no 1, p. 109-118. <https://doi.org/10.1016/j.riit.2016.01>.

WANG, Han, et al. Research on sulfur oxides and nitric oxides released from coal-fired flue gas and vehicle exhaust: a bibliometric analysis. Environmental Science and Pollution Research [en línea]. 2019, vol. 26, no 17, p. 17821-17833. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05066-5>

WANTZ, E., et al. A mathematical model for VOCs removal in a treatment process coupling absorption and biodegradation. Chemical Engineering Journal [en línea]. 2021, vol. 423, p. 130106. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130106>

WESTPHAL, G., et al. Mutagenicity of diesel engine exhaust is eliminated in the gas phase by an oxidation catalyst but only slightly reduced in the particle phase. Environmental science & technology [en línea]. 2012, vol. 46, no 11, p. 6417-6424. <https://doi.org/10.1021/es300399e>

WU, Y., et al. A collaborative evaluation method of the quality of patent scientific and technological resources. World Patent Information [en línea]. 2021, vol. 67, p. 102074. <https://doi.org/10.1016/j.wpi.2021.102074>

Xi, Hongyuan, et al. A novel method for the synchronous absorption of SO<sub>2</sub> and NO from marine diesel engines, *Fuel Processing Technology* [en línea]. 2020, vol. 210. <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2020.106560>

XIN, Y y SHIRAI, T. Noble-metal-free hydroxyapatite activated by facile mechanochemical treatment towards highly-efficient catalytic oxidation of volatile organic compounds. *Scientific Reports* [en línea]. 2021, vol. 11, no 1, p. 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86992-8>

XUE, S.; ZHANG, B. y ZHAO, Xiaofeng. Brain drain: The impact of air pollution on firm performance. *Journal of Environmental Economics and Management* [en línea]. 2021, vol. 110, p. 102546. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2021.102546>

YAMAMOTO, Toshiaki, et al. Novel NO<sub>x</sub> and Treatment Using Concentration and Plasma Decomposition. *IEEE Transactions on Industry Applications* [en línea] 2011, vol. 47, no 5, p. 2235-2240. <https://doi.org/10.1109/TIA.2011.2162051>

YIN, Y., et al. Removal and transformation of unconventional air pollutants in flue gas in the cement kiln-end facilities. *Chemosphere* [en línea]. 2021, vol. 268, p. 128810. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128810>

YILDIRIM, O., et al. Reactive absorption in chemical process industry: A review on current activities, *Chemical Engineering Journal*, [en línea]. 2012, Vol 213, p. 371-391. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2012.09.121>

YUAN, Peng, et al. Abatement of NO/SO<sub>2</sub>/Hg<sup>0</sup> from flue gas by advanced oxidation processes (AOPs): Tech-category, status quo and prospects. *Science of The Total Environment* [en línea]. 2021, p. 150958. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.150958>

ZHANG, G.; XIE, S. y HO, Y. A bibliometric analysis of world volatile organic compounds research trends. *Scientometrics* [en línea]. 2010, vol. 83, no 2, p. 477-492. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0065-3>

ZHANG, Y. et al. Experimental study on the emission characteristics of a non-road diesel engine equipped with different after-treatment devices. *Environmental Science and Pollution Research* [en línea]. 2019, vol. 26, no 26, p. 26617-26627. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05839-y>

ZHAO, Y. y ZHAO, B. Emissions of air pollutants from Chinese cooking: A literature review. En *Building simulation*. Springer Berlin Heidelberg [en línea]. 2018. p. 977-995. <https://doi.org/10.1007/s12273-018-0456-6>

ZHENG, C., et al. Characteristics of CO<sub>2</sub> and atmospheric pollutant emissions from China's cement industry: A life-cycle perspective. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2021, vol. 282, p. 124533. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124533>

## ANEXOS

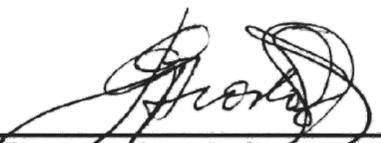
### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Análisis bibliométrico sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010 - 2021						
Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores		Escala de medición / unidad
Tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos	La contaminación atmosférica es un problema a nivel mundial, necesitándose monitoreos para observar el comportamiento de diversos contaminantes (Guo, et al. 2022). Una de las tecnologías para tratar los contaminantes atmosféricos son los monitoreos constantes o el sistema de biofiltración (Xue, Zhang y Zhao, 2021)	Las tecnologías para el tratamiento de contaminantes atmosféricos se determinaron mediante un análisis bibliométrico teniendo en cuenta el número de revistas, número de investigaciones, ámbito geográfico, tecnologías y el tipo de contaminantes a remover.	Número de revistas	Scopus	Período 01/2010 – 10/2021	Nominal
				Web of Science	Período 01/2010 – 10/2021	
			Número de investigaciones	Scopus	Período 01/2010 – 10/2021	Nominal
				Web of Science	Período 01/2010 – 10/2021	
			Ámbito geográfico	País	A nivel mundial	Nominal
			Tecnologías Convencionales	Adsorción con carbón activo	-	
				Absorción con reacción química	-	
			Tecnologías avanzadas	Foto-oxidación	-	
				Oxidación Térmica Regenerativa	-	
				Oxidación Térmica Recuperativa	-	
				Oxidación Catalítica	-	
				Rotocentradores con Zeolita	-	
				Reducción Catalítica Selectiva (RCS)	-	
				DeNox recovery	-	
			Metales	Cadmio	µg/m <sup>3</sup>	
				Cobre	µg/m <sup>3</sup>	
				Cromo	µg/m <sup>3</sup>	
Hierro	µg/m <sup>3</sup>					
Níquel	µg/m <sup>3</sup>					
Arsénico	µg/m <sup>3</sup>					
COV	Monóxido de Carbono	µg/m <sup>3</sup>				
	Óxidos de Nitrógeno	µg/m <sup>3</sup>				
Material Particulado	PM 2.5	µg				
	PM 10	µg				

## Anexo 2. Instrumentos de recolección de datos

Ficha 1 Características de las investigaciones recolectadas sobre tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos del análisis bibliométrico						
<b>Título:</b>	Análisis bibliométrico sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010 - 2021					
<b>Línea de investigación:</b>	Tratamiento y Gestión de los Residuos					
<b>Responsables:</b>	María Elena Cáceres Pérez Flor Alexandra Prado Yacolca					
<b>Asesor:</b>	Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera					
<b>Fecha:</b>						
N°	Revista	Base de datos	Tipos de contaminantes	Tipos de tecnologías	País	Autor (es)

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
**Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**  
 CIP N° 25450

Atentamente,  
  
**Juan Julio Ordoñez Galvez**  
 DNI: 08447308

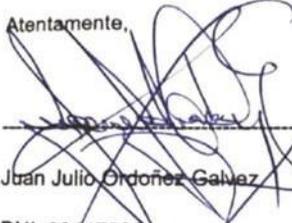


**Ficha 3 Tipos de contaminantes removidos**

<b>Título:</b>		Análisis bibliométrico sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos en el período 2010 - 2021										
<b>Línea de investigación:</b>		Tratamiento y Gestión de los Residuos										
<b>Responsables:</b>		María Elena Cáceres Pérez Flor Alexandra Prado Yacolca										
<b>Asesor:</b>		Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera										
<b>Fecha:</b>												
N°	Tipo de tecnologías	Metales						COV (Compuestos Orgánicos Volátiles)		Material Particulado		Observaciones
		Cd	Cu	Cr	Fe	Ni	Ar	Monóxido de carbono	Óxidos de nitrógeno	PM 2.5	PM 10	

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
**Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**  
 CIP N° 25450

Atentamente,  
  
**Juan Julio Ordoñez Galvez**  
 DNI: 08447308

## Anexo 3. Fichas de validación de instrumentos

### VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

#### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las investigaciones recolectadas sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos del análisis bibliométrico**
- 1.5. Autoras de Instrumento: **María Elena Cáceres Pérez / Flor Alexandra Prado Yacolca**

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

#### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 14 de junio del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Eficiencia de las tecnologías para el tratamiento de contaminantes atmosféricos**  
 1.5. Autoras de Instrumento: **María Elena Cáceres Pérez / Flor Alexandra Prado Yacolca**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

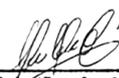
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

<b>SI</b>
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 14 de junio del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Tipos de contaminantes removidos**  
 1.5. Autoras de Instrumento: **María Elena Cáceres Pérez / Flor Alexandra Prado Yacolca**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

<b>SI</b>
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 14 de junio del 2021

  
**Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera**  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente / UCV Campus Los Olivos**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las investigaciones recolectadas sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos del análisis bibliométrico**  
 1.5. Autoras de Instrumento: **María Elena Cáceres Pérez / Flor Alexandra Prado Yacolca**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

<b>SI</b>
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%
-----

Lima, 14 de junio del 2021

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente / UCV Campus Los Olivos**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Eficiencia de las tecnologías para el tratamiento de contaminantes atmosféricos**  
 1.5. Autoras de Instrumento: **María Elena Cáceres Pérez / Flor Alexandra Prado Yacolca**

### I. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 14 de junio del 2021

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente / UCV Campus Los Olivos**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Tipos de contaminantes removidos**  
 1.5. Autoras de Instrumento: **María Elena Cáceres Pérez / Flor Alexandra Prado Yacolca**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90%**

Lima, 14 de junio del 2021

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP Nº 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente / UCV Campus Los Olivos**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Recursos Hídricos y Cambio Climático**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las investigaciones recolectadas sobre las tecnologías de tratamiento de contaminantes atmosféricos del análisis bibliométrico**
- 1.5. Autoras de Instrumento: **María Elena Cáceres Pérez / Flor Alexandra Prado Yacolca**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### V. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

<b>SI</b>
-

### VI. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90%**

Lima, 21 de junio del 2021

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente / UCV Campus Los Olivos**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Recursos Hídricos y Cambio Climático**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Eficiencia de las tecnologías para el tratamiento de contaminantes atmosféricos**  
 1.5. Autoras de Instrumento: **María Elena Cáceres Pérez / Flor Alexandra Prado Yacolca**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 21 de junio del 2021

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. Juan Julio Ordoñez Galvez**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente / UCV Campus Los Olivos**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Recursos Hídricos y Cambio Climático**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Tipos de contaminantes removidos**  
 1.5. Autoras de Instrumento: **María Elena Cáceres Pérez / Flor Alexandra Prado Yacolca**

### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

<b>SI</b>
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

**90%**

Lima, 21 de junio del 2021

Atentamente,  
  
 Juan Julio Ordoñez Galvez  
 DNI: 08447308