



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**Análisis bibliométrico sobre el uso de microorganismos en el  
tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA  
AMBIENTAL**

**AUTORAS:**

Guillen Rodríguez, Melissa Ingried (ORCID: 0000-0002-5687-6330)

Miranda Rojas, Esthefanny Jannela (ORCID: 0000-0001-5608-2883)

**ASESOR:**

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

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

### **Dedicatoria**

La presente investigación va dedicada primero a Dios, ya que él fue nuestra fuente de sabiduría, en segundo lugar, a nuestras familias que día a día nos han orientado a continuar pese a las adversidades y su apoyo incondicional para ser posible nuestro desarrollo profesional.

## **Agradecimiento**

A todas las personas involucradas la cual nos transmitieron sus conocimientos y dedicación que nos ha regido, logrando importantes objetivos como culminar el desarrollo de nuestra tesis con éxito y obtener una afable titulación profesional.

## Índice de contenido

Índice de Tablas .....	v
Índice de Figuras .....	vi
Resumen .....	vii
Abstrac .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO .....	4
III. METODOLOGÍA .....	12
3.1. Tipo y diseño de investigación .....	12
3.2. Variables y operacionalización: .....	13
3.3. Población, muestra y muestreo .....	13
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	14
3.5. Procedimiento .....	16
3.6. Métodos de análisis de datos .....	19
3.7. Aspectos Éticos .....	19
IV. RESULTADOS .....	21
V. DISCUSIÓN .....	46
VI. CONCLUSIONES .....	50
VII. RECOMENDACIONES .....	51
REFERENCIAS .....	52
ANEXOS .....	60

## Índice de tablas

Tabla 1.Promedio de validación .....	14
Tabla 2.Estrategia de búsqueda.....	18
Tabla 3.Características de las investigaciones en el análisis bibliométrico de Web of Science .....	23
Tabla 4.Características de las investigaciones en el análisis bibliométrico de Scopus .....	24
Tabla 5.Condiciones operacionales en el tratamiento de aguas contaminada usando microorganismos .....	25
Tabla 6.Tipos de tratamientos en aguas contaminadas con Pb, según la base de datos Web of Science.....	38
Tabla 7.Tipos de tratamientos en aguas contaminadas con Pb, según la base de datos Scopus.....	40
Tabla 8.Tipos de tratamientos en aguas contaminadas con Cd, según la base de datos Web of Science.....	41
Tabla 9.Tipos de tratamientos en aguas contaminadas con Cd, según la base de datos Scopus.....	43

## Índice de figuras

Figura 1. Proceso de selección de artículos según la base de datos .....	16
Figura 2. Recolección de investigaciones para el análisis bibliométrico. ....	21
Figura 3. Número de publicaciones por cada metal en Web of Science y Scopus .....	22
Figura 4. Artículos publicados por cada año en Web of Science. ....	26
Figura 5. Número de publicación por año de Scopus.....	26
Figura 6. Comparación de cobertura de documentos .....	27
Figura 7. Análisis de investigaciones científicas en función a los países en Web of Science .....	28
Figura 8. Gráfico de análisis de investigaciones científicas de países en Web of Science .....	29
Figura 9. Investigaciones científicas en función a países en Scopus.....	29
Figura 10. Análisis de artículo en base de Scopus (países).....	30
Figura 11. Gráfico circular de tipos de documentos en Scopus .....	30
Figura 12. Principales revistas con mayor publicación en Web of Science .....	31
Figura 13. Análisis de las revistas publicadas en web of science .....	32
Figura 14. Principales revistas con mayor publicación en Scopus .....	33
Figura 15. Análisis de las revistas publicadas en Scopus .....	33
Figura 16. Publicaciones por área temática en Web of Science .....	34
Figura 17. Publicaciones por área temática en Scopus .....	35
Figura 18. Análisis de área temática en Scopus .....	36
Figura 19. Tipo de microorganismos de la base de datos Scopus y Web of science .....	37
Figura 20. Tipo de tratamientos en aguas contaminadas en Scopus y Web of Science .....	37
Figura 21. Visualización de la producción científica procedencia al tratamiento según las bases de datos.....	45

## Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo identificar mediante el análisis bibliométrico la tendencia de las publicaciones sobre el uso de microorganismos con mayor eficiencia para el mejoramiento de la calidad de los recursos hídricos. El estudio fue de enfoque cuantitativo, de tipo aplicada, diseño no experimental, nivel descriptivo y de análisis retrospectivo. Para ello, se recopilaron todos los artículos relacionados con el tema, tanto de la base de datos Scopus como de Web of Science, tomándose en cuenta las investigaciones publicadas desde enero de 2010 hasta septiembre de 2020. Para construir y realizar las redes bibliométricas se utilizó el programa VOSviewer. Los resultados mostraron que China posee una mayor producción de investigaciones sobre la utilización de microorganismos, los cuales obtuvieron porcentajes de remoción de metales pesados (Cd y Pb) de 85%. Además, el análisis de palabras clave reveló que los microorganismos *Pleurotus Ostreatus* (hongo) y *Bacillus atrophaeus* (bacteria) son los más utilizados en la remoción de Cd y Pb a partir de efluentes industriales. Finalmente, se concluye que el uso de los microorganismos para el tratamiento de aguas contaminadas con Cd y Pb es el más utilizado, resultando un método eficiente y ecológico.

### **Palabras claves:**

Análisis bibliométrico, microorganismos, remoción, aguas contaminadas, adsorción

## **Abstract**

The aim of this research work was to identify, through bibliometric analysis, the trend of publications on the use of microorganisms with greater efficiency for the improvement of the quality of water resources. The study had a quantitative approach, applied, non-experimental design, descriptive level and retrospective analysis. To this end, all articles related to the topic were collected from both the Scopus and Web of Science databases, taking into account research published from January 2010 to September 2020. VOSviewer software was used to construct and perform the bibliometric networks. The results showed that China has the highest research output on the use of microorganisms, which obtained heavy metal (Cd and Pb) removal rates of 85%. In addition, keyword analysis revealed that the microorganisms *Pleurotus Ostreatus* (fungus) and *Bacillus atrophaeus* (bacteria) are the most widely used in the removal of Cd and Pb from industrial effluents. Finally, it is concluded that the use of microorganisms for the treatment of water contaminated with Cd and Pb is the most widely used, resulting in an efficient and ecological method.

### **Keywords:**

Bibliometric analysis, microorganisms, removal, contaminated water, adsorption



## **I. INTRODUCCIÓN**

La contaminación del agua, suelo o aire, por agentes como los metales pesados, supone un riesgo para la seguridad y salubridad de aquellas personas que habitan en estos medios y hacen uso de sus recursos. Ya sea que la presencia de estos agentes contaminantes sea ocasionada de forma antrópica o natural, su exposición prolongada compromete aspectos como la seguridad alimentaria o problemas de salud relacionados a la bioacumulación de metales pesados.

Tal como menciona Reyes et al. (2016), la Organización Mundial de la Salud (OMS) y algunas otras autoridades ambientales, han establecido niveles de riesgo en función de los contaminantes como el plomo y cadmio que se encuentran en el agua y causan daño al ser humano. Es por esto que resulta alarmante que diversas industrias, como producto de sus actividades, continúen generando un impacto nocivo a los cuerpos de agua, causando alteración en su composición química y física, debida la presencia de metales pesados, y como consecuencia daños al ser humano que pueden conllevar a enfermedades crónicas o incluso la muerte.

De acuerdo a Abdullah et al. (2019), dentro de los 10 contaminantes que comprometen en mayor medida a la salud, se encuentran metales como el plomo, cadmio, mercurio, y arsénico. Así, resulta lógico que se haya identificado a la minería como la principal causante de la contaminación por metales pesados, los cuales provienen de los procesos de sus actividades extractivas, para los que, por lo general, hacen uso de fuentes de agua naturales.

Por otro lado, en lo que respecta a la literatura, se encuentran diversos textos dedicados al estudio sobre la eliminación de metales pesados en efluentes. Es por ello que se realizó un análisis bibliométrico sobre el uso de microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas por plomo y cadmio. También se utilizó un estudio descriptivo que evalúa los datos procedentes de la bibliografía, por medio de los artículos científicos y utilizando citas como base de datos, que cubren una amplia gama de información de la investigación (Espinoza-portilla y Lioo-jordán 2018). Así mismo, se menciona que existen

métodos en toda la literatura de carácter científico, con el fin de analizar y estudiar las actividades a través de diferentes bases de datos (Escorcía 2008).

Es importante mencionar que se realizó el estudio y seguimiento de las publicaciones científicas de la base de datos Scopus y Web of Science, tomándose en cuenta los artículos publicados desde el año 2010 al 2020. En consecuencia, esta herramienta permite calificar la calidad del proceso generado y el valor de la actividad científica (Escorcía 2008).

El planteamiento del **problema general** de esta investigación, se da en función de la siguiente pregunta: ¿Cuáles son los microorganismos más usados en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio, entre enero de 2010 hasta septiembre de 2020?, y al respecto de los **problemas específicos**: ¿Cuál es el número de investigaciones en Scopus y Web of Science sobre el uso de microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio?, ¿Cuáles son los países que tienen mayores publicaciones utilizando microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio?, y ¿Cuáles son las revistas con mayor producción científica sobre el uso de microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio?.

La presente investigación, **justifica** su propósito al analizar una amplia recopilación de artículos científicos respecto al tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio usando microorganismos, lo cual resulta de gran relevancia considerando que en el sistema ambiental actual incrementa el impacto de metales pesados, causando un desequilibrio a nuestro ecosistema acuático, y resulta urgente la búsqueda de alternativas de tratamiento de procesos biotecnológicos ,utilizando hongos y bacterias que no perjudiquen al medio ambiente. Esto puede lograrse a través del análisis bibliométrico, como técnica que permite cuantificar los resultados de diferentes investigaciones, ya sea por medio de diversos autores y estudios; siendo este un aporte factible para la investigación y economía de nuestro legado.

Por lo tanto el **objetivo general** de este estudio es, identificar los microorganismos más usados en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio desde enero de 2010 hasta septiembre de 2020, mientras que los **objetivos específicos** son: Identificar el número de investigaciones en

Scopus y Web of Science sobre el uso de microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio, identificar los países que tienen mayores publicaciones utilizando microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio, y por último, identificar las revistas con mayor producción científica sobre el uso de microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio.

Finalmente, se estableció como **hipótesis general** que el análisis bibliométrico sobre el uso de microorganismos realiza diferentes tratamientos de aguas contaminadas con plomo y cadmio.

## II. MARCO TEÓRICO

**Las aguas contaminadas** contienen componentes químicos o de otra naturaleza en una concentración superior a la densidad natural, de modo que no reúne las condiciones necesarias para el uso, que se le hubiera destinado en su estado natural como para el consumo humano. Esta alteración en la calidad del agua se traduce en la existencia de sustancias como los microbios, metales pesados o sedimentos, esto hace que su consumo tenga efectos dañinos sobre la salud y el medio (Vullo 2003). En consecuencia, el reactor secuencial de lodos activados (SBR) realizó el tratamiento de las aguas residuales con cadmio divalente Cd (II), mediante la evolución bacteriana dio como resultado 20 mg/L; asimismo la demanda química de oxígeno (DQO) fue de 85% y el del fósforo, en total, fue de 70%; mientras que el nitrógeno total (TN) fue sólo alrededor de 45%. El contenido de proteínas (PN) en las sustancias poliméricas extracelulares (EPS) aumentó el Cd (II), mientras que los polisacáridos mostraron una tendencia decreciente ( $p < 0,05$ ), lo que indica que los EPS prefieren liberar PN para adsorber Cd (II) y proteger a las bacterias de los daños (Dai et al. 2019).

La búsqueda de información sobre el uso de microorganismos se aplica al tratamiento de agua contaminada con plomo y cadmio, la cual fue evaluada por el análisis bibliométrico, en la que radica la toma de decisiones. Esto forma parte de la gestión y el desarrollo de una breve revisión de las investigaciones, los principios matemáticos y la metodología básica para el desarrollo de este tipo de investigación (Romani, Huaman y González 2011).

Es necesario mencionar que el **reino fungí** asume un papel muy importante en los ecosistemas, ya que cuenta con la capacidad de regularizar el flujo de nutrientes y energía de sus redes de micelio. Asimismo, tienen la responsabilidad de descomponer y reciclar la mayor parte de materia orgánica, siendo los únicos microorganismos que se emplean en la remediación de aguas contaminadas. Es por ello, que se debe resaltar que los microorganismos son seres vivos, que pertenecen a un grupo biológico, tales como los hongos, bacterias y plantas. Existen dos tipos de microorganismos que son resistentes y tolerantes, cuya función es ser captadores de metales pesados en lugares contaminados debido a que ambos pueden extraer los contaminantes (Vullo 2003).

Alothman et al. (2019) estudiaron las biomasas de *Penicillium chrysogenum* y *Aspergillus ustus* para la eliminación de metales pesados en aguas

contaminadas, dando como resultado que estos bioadsorbentes disminuyeron las concentraciones en 80 % de C(II), 90 % de Cu(II), y 82% de Pb(II), que a su vez mostraron ser eficaces en la eliminación de los iones metálicos de la solución acuosa. Por otro lado, Benhacine et al. (2018) utilizaron los materiales antimicrobianos de poli(-caprolactona)/plata-montmorillonita (PCL/Ag-MMT) mediante membranas de nanocompuestos haciendo uso de las propiedades de *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*, para determinar el tratamiento en las aguas residuales, dando como resultado la disminución de los nitratos en un 15,12%, de los sulfatos en un 45,61%, y la eliminación de los metales pesados Pb, Zn, y Cd en un 41,38%, 53,57%, y 61,11% ,respectivamente mediante el proceso de ultrafiltración. De forma similar, Yu et al. (2020) eliminaron Cd y Zn en aguas residuales utilizando los microorganismos *Serratia* y *Pseudomonas*, teniendo un rango de Cd<sup>2+</sup> (99,60%), y Zn (94,41%), alcanzando un porcentaje de remoción de 81.92% - 99.56% y 74.05% - 98.79% ,por medio del proceso de adsorción.

Asimismo, Kumar y Dwivedi (2019) estudiaron las aguas residuales que contenían Cr (VI) 800 mg/L, utilizando la bacteria *Aspergillus flavus*, cuya capacidad de eliminación de Cr (VI) obtuvo como resultado una reducción del 89,1% de Cr (VI) a Cr (III) en 24 horas; mientras que los análisis de espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, la espectroscopia de rayos X y el análisis de difracción de rayos X, revelaron que la eliminación de cromo también ocurrió por adsorción y precipitación de la superficie del micelio. También se utilizó el hongo *Isolate* teniendo un potencial de biorreducción eficiente a diferentes temperaturas (20 ° C a 40 ° C), con un pH (5,0 de 9.0) usado en metales pesados (As, Cd, Cu, Mn, Ni y Pb), lo que lo convierte en un potencial candidato para la biorremediación de Cr (VI).

Por otro lado, Sun et al. (2020) estudiaron las cepas de bacterias *Enterobacter sp.* SL y *Acinetobacter sp.* SL-1 con melaza de desecho para eliminar Zn(II), Cd(II), Cr(VI) y Cr(Total), en una solución líquida (87 mg/L), obteniendo como resultado la erradicación de Cr(Total) y Cr(VI) y alcanzando más del 98% después de la reacción; mientras que la remoción del Zn(II) y el Cd(II) fue de alrededor del 90% para el tratamiento de aguas residuales con una alta concentración de metales. De forma similar, Bhateria y Dhaka (2019) por medio de la aplicación de la cepa *Aspergillus niger*, con un pH de entre 2 - 8,

empleando una dosis de biomasa del 0,5 g/m - 2,5 g/m, con una temperatura de 10°C - 60°C y un tiempo de contacto de 10 min a 80 min, obtuvieron como resultado la eliminación del 93% de cadmio, detectando diversos parámetros.

Su et al. (2019) investigaron la bacteria *Cupriavidus sp*, la cual reduce el hierro y elimina el cadmio a través del proceso de desnitrificación. Haciendo uso de diferentes cantidades de Fe (III) (10 mg/L, 30 mg/L, y 50 mg/L) y de Cd (II) (10 mg/L, 20 mg/L, y 30 mg/L), por medio de la extracción que se obtuvo, dio como resultado la eliminación del 100% del nitrato y el 95,09% de Cd (II).

Al hablar de **metales pesados** nos referimos a aquellos que poseen un peso atómico mayor a 55.85 g/mol con una densidad >5g/cm<sup>3</sup> y con una conductividad eléctrica alta, teniendo la capacidad de formar compuestos que realizan la reacción de reducción – oxidación (redox) como el Cd, Cr, Cu, Pb, Mn, Se, Hg, Ni y Co (Zhou et al. 2013).

De igual manera Su et al. (2019) investigaron el mecanismo y rendimiento de la eliminación de metales pesados para los sistemas, por medio de la distribución de la masa de TM en plantas y biopelículas de comunidades bacterianas, teniendo como resultado, la máxima eficiencia de remoción para el Cu, Zn, Cd, Co, Ni y Pb con un 95,6 %, 80,1%, 74,0%, 67,1%, 69,8%, y 99,6% respectivamente. Por esto, es que se menciona aquellos microorganismos como tolerantes y enriquecedores.

La **bioadsorción** es un proceso físico y químico que contiene una fase de material biológico, como biomasa, que puede ser absorbente o biosorbente con los metales pesados que se encuentran en cuerpos de agua y que involucra un metabolismo microbiano, como las algas, bacterias, hongos o levaduras que demuestran ser potencialmente biosorbentes de efluentes (Marín-Castro et al. 2015). La **absorción** es una técnica de gran capacidad, la cual resulta efectiva con una amplia variedad de contaminantes, destacándose además por su rendimiento y su estructura física (Diaz et al. 2015). En ese sentido, Liao et al. (2019) realizaron la fabricación de bio-nanocompuestos híbridos con el *Aspergillus niger* para la eliminación de los metales pesados de As(III), Cd(II), y Pb(II) con 162.00 mg/g, 205.83 mg/g, y 730.79 mg/g respectivamente, en las aguas residuales, mediante la absorción, la cual produjo un resultado de 145.34%, 28.98%, y 25.18% también respectivamente.

Por eso, Anawar y Strezov (2019) estudiaron los materiales adsorbentes a base de diferentes tratamientos químicos que dan como resultado la síntesis de nuevos adsorbentes para la eliminación de contaminantes metálicos de nanopartículas de las aguas residuales, como las plantas, algas, hongos, levaduras, etc. Además, contienen biomoléculas que pueden utilizarse para preparar nanopartículas (NP) mucho más reactivas para la purificación del agua. A diferencia de la base de residuos biológicos, pueden utilizarse para eliminar contaminantes orgánicos e inorgánicos de las aguas residuales. Tal como Gupta et al. (2019), quienes estudiaron los procesos de remediación microbiana y la fitorremediación para la reducción de los efluentes en las aguas residuales mediante las células *E. coli* TBI, realizaron la desintoxicación y lograron un resultado de reducción de cobre en un 87.2%, zinc 27.3%, y cadmio 32.8% para los tratamientos de aguas residuales tóxicas.

Por otro lado, Ravindran et al. (2020) utilizaron una bacteria asociada a la esponja marina que es productora de biosurfactantes para medir la eficacia de remediación de metales pesados del biosurfactante en una micela crítica de 2.0 (CMC), la cual mostró una eficacia de eliminación del 75.5% de Hg, 97.73% de Pb, 89.5% de Mn, y 99.93% de Cd respectivamente, con una solución metálica de 1.000 ppm y dando como resultado una eficacia de biorremediación mayor con el plomo.

En el **proceso biotecnológico**, se utiliza una variedad de técnicas que están derivadas de biología celular y molecular, donde se usan sistemas y organismos vivos para el proceso industrial, la agricultura, y producción alimentaria, entre otras. Sin embargo, este proceso utiliza diferentes agentes biológicos en tratamientos de recursos orgánicos e inorgánicos obteniendo diversos tipos de producto (Bruneel et al. 2019). Por ende, la aplicación de este proceso biotecnológico se aplica en las aguas subterráneas o aguas superficiales, ya que contienen sustancias muy peligrosas y tóxicas, siendo uno de los principales problemas en la industria. Por ello, se desarrolla esta tecnología para la remediación en los recursos contaminados con un tiempo óptimo favoreciendo al medio ambiente (Da Rocha Ferreira, Vendruscolo y Antoniosi Filho 2019).

En síntesis, este proceso es aplicable para el tratamiento de las aguas contaminadas que contienen metales, de acuerdo al estudio de Gupta (2015)

quien analizó los diversos aspectos de la tecnología de biosorción, caracterizando las biomásas muertas desde su origen, tanto celulósicas como microbiana, con la finalidad de ligar los contaminantes de iones metálicos de la suspensión acuosa y obteniendo como resultado, que al utilizar un microorganismo se consigue un método mucho más eficaz y económico para el tratamiento de aguas contaminadas cargadas de metales, dando lugar al desarrollo de la biosorción como tecnología alternativa. Para el tratamiento biológico se utilizan microorganismos como plantas, hongos o bacterias; de esta forma se aprovechan los mecanismos biológicos y bioquímicos generando variaciones en las características de los contaminantes (Bruneel et al. 2019). En las investigaciones de Yang et al. (2020) estudiaron la biolixiviación biológica de metales pesados como el Zn, Cu, Pb, Cr, Ni, y Cd, de los lodos de aguas residuales, debido a que impactan en la caracterización de patógenos de la lixiviación mediante de la aplicación de la tierra, y cuyo análisis obtuvo resultado la caída del pH, la eliminación de patógenos y la de algunos metales pesados, siendo el más resaltante el Cu, con un lixiviado de 60% en los lodos.

Huang et al. (2019) estudiaron la eliminación de Pb (II), debido a que hubo un aumento en la concentración del hidrosulfuro de sodio donante de H<sub>2</sub>S (NaHS) y las eficiencias máximas de eliminación se incrementaron en un 31% y un 17% con una exposición de 100 mg/L y 200 mg/L de Pb (II) respectivamente, en presencia de NaHS 500 mM. La aplicación de 500 mM NaHS aumentó la viabilidad celular en un 15% a 39% bajo estrés de Pb (II) (10 mg/L a 200 mg/L) con respecto al control no tratado. El aumento en la absorción total de Ag y la supervivencia celular las actividades de superóxido dismutasa y catalasa se mejoraron significativamente con la introducción de NaHS bajo tensiones de Pb (II), Cd (II), Cu (II), Zn (II), Ni (II), y AgNPs. La **biomasa** es la cantidad de productos, desechos y residuos procedentes de la agricultura, incluyendo sustancias vegetales, animales, la silvicultura e industrias relacionadas. Cabe señalar que el término es muy amplio en la literatura, ya que engloba diversas fuentes de energías que contienen diversas características que se aplican para la tecnología (Suarez et al. 2020). Según estas características para mejorar el rendimiento del biorreactor en la eliminación de nitratos, Mn (II) y Cd (II) en aguas residuales con un incremento de nitrato (0.207 mg-L<sup>-1</sup>-h<sup>-1</sup>), Mn (II) (90.98%), y Cd (II) (98.78%) dentro de este biomaterial se encontraba la *Pseudomonas spx*,



la cual, por medio de su proceso de desnitrificación, disminuyó el Mn (II) en un 40 mg/L y Cd (II) en 10 mg/L (Su, Jun feng et al. 2020). Así mismo, los comportamientos y comunidades bacterianas de lodos activados a diferentes niveles concentraciones de metales (0.1 a 10 mg/L – 1 para Cd (II), Pb (II), y 1-100 mg/L – 1 20 para Cu (II)) en un biorreactor semicontinuo bien controlado en un período de treinta días, al cual se le añadió glucosa una vez cada 8 horas, verificando el DQO y logrando una reducción del 87% al 26% en todos los reactores bajo diferentes tratamientos de concentraciones de metales pesados, revelando que la diversidad bacteriana mostró una respuesta sustancial a las variaciones, con una baja tensión de metales pesados debido a la toxicidad potencial de metales como el *Pedobacter steynii* y *Flavobacterium*. Al respecto, estas solo fueron tolerantes a Cu (II) a 100 mg L<sup>-1</sup>, mientras que *Rhodanobacter thiooxydans* resistió a todas las concentraciones de metales pesados excepto Cu (II) 100 mg L<sup>-1</sup> (Bhat et al. 2019).

La remediación es el **tratamiento** o conjunto de operaciones que se realizan con el objetivo de recuperar la calidad del subsuelo contaminado (suelos y aguas subterráneas asociadas). Por ello, Khadim, Ammar y Ebrahim (2019) estudiaron la remediación basada en biomineralización de cadmio y níquel en aguas residuales contaminadas, haciendo uso de bacterias ureolíticas aisladas de suelo de granero. Se suspendió 1 g de cada muestra de suelo en 50 ml de agua estéril, se diluyó adecuadamente y esparció en placas que se incubaron a 30 °C durante 48h y las colonias se seleccionaron según al cambio de color de amarillo a rosa. Estos aislados bacterianos fueron almacenados a una temperatura de -20 °C en un medio ya suplementado con glicerol al 25%. Los aislados microbianos nominados se identificaron utilizando Viteck 2, un instrumento compacto. Por otra parte, Su et al. (2019) investigaron la cepa bacteriana CN86 para la reducción de Cd<sup>2+</sup> y NO<sub>3</sub>-N, el cual mediante el análisis de cromatografía, demuestra que la cepa bacteriana eliminó el Cd<sup>2+</sup> y NO<sub>3</sub>-N, y además redujo la dureza durante el tratamiento de las aguas residuales.

**La remoción** es un proceso que elimina metales en aguas contaminadas, generalmente de origen industrial, dependiendo de la especiación química, persistencia y tendencia de acumulación o **bioacumulación** de los mismos que es el proceso de acumulación de sustancias químicas en organismos vivos de

forma que estos alcanzan concentraciones más elevadas que las concentraciones en su medio o en los alimentos (Sole et al. 2021).

Por lo mencionado, Saenz (2016) realizó el método de *pseudomona aeruginosa* inmovilizada con carbón activado para la remoción de plomo y mercurio, obteniendo que la combinación de *pseudomona aeruginosa* con el carbón activado remueve el 75% de éstos. Asimismo, Takahashi (2018) investigó el uso de *pseudomonas putida* para la remoción de plomo y cadmio, obteniendo como resultado una remoción de  $71,21 \pm 1,0369$  % en plomo y de  $96,88 \pm 0,5103$  % en cadmio.

Silos (2018) en su investigación señala que la biodegradación es un proceso de oxidación, donde los organismos utilizan el oxígeno disuelto en el agua o atmosférico para metabolizar. Se puede decir que consiste en la descomposición natural y que no contamina sustancias o productos por acción de agentes biológicos, se utiliza de forma continua en la ecología, la gestión de residuos, la biomedicina y en el medio ambiente, la cual son capaces de descomponerse nuevamente mediante el elemento natural por medio biológico.

Tovar (2016) realizó la remoción de cadmio y plomo en aguas contaminadas con caucho de polisulfuro, dando como porcentaje de remoción un 84,40% para el cadmio y un 92,78% para el plomo. De igual manera, Beltrán y Campos (2016) investigaron el porcentaje de remoción con los microorganismos eficaces sobre las aguas residuales con un pH 8.45, una temperatura de 17.71°C y el DBO de 97.50 mg/L, estabilizadas por la aplicación de los microorganismos eficaces. De aquí se desprende que un factor importante es el tiempo y la concentración para la aplicación en aguas contaminadas.

Ahemad (2019), por ejemplo, investigó la capacidad de remoción de arsénico por *Pseudomonas aeruginosas* a diferentes tiempos y concentraciones en aguas contaminadas del río toro de Huamachuco, obteniendo una remoción de 60.88 % de arsénico en una concentración de  $3.15 \times 10^{10}$  unidad formal de colonias de *Pseudomonas aeruginos* con un porcentaje de remoción de 61.14 % a 72 días; mientras que Mayta y Vela (2015) evaluaron la capacidad de remoción de cromo VI mediante *pseudomonas putida* en un biorreactor airlift de tubos concéntricos, con un porcentaje de remoción de Cr 6+ de 98.62 % a los 26 días de operación del biorreactor con una concentración final de 0.68 mg/L.

Para el **tratamiento biológico** se utiliza microorganismos como plantas, hongos o bacterias, para aprovechar los mecanismos biológicos y bioquímicos que generan cambios en las características de los contaminantes (Bruneel et al. 2019). Asimismo, existen varios tratamientos, pero muy pocos para la aplicación de metales en aguas residuales, de la cual se clasifican en urbano, industrial y agrícola dependiendo de sus características físicas, químicas y biológicas. Por otro lado, se caracterizan por ser solubles a los ácidos y azúcares, tienen emulsiones con grasas, lípidos y no solubilidad en tierra, metales y celulosa (Georgescu et al. 2019), convirtiéndose en efluentes residuales que contienen proteínas de metalmecánica con grasas, solventes y minería con carga de metales pesados (Sotomayor y Power 2019).

### **III. METODOLOGÍA**

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

Este estudio posee un enfoque cuantitativo, según Hernández, Fernández y Baptista (2014) representa un conjunto de procesos que tienen una secuencia y que se dan de forma probatoria, siendo que en cada etapa podemos indicar los pasos de acuerdo al orden que definen cada fase; premisa que acota y delimita una gran variedad de objetivos e hipótesis del proyecto. Asimismo, se hace una revisión bibliográfica para estructurar un marco teórico adecuado, que permita establecer hipótesis y determinadas variables, obteniendo un diseño que analiza y mide las variables a través del método estadístico, para finalmente obtener las conclusiones.

El tipo de investigación es aplicada y retrospectiva, es decir, que se empleó todos los conocimientos obtenidos y logrados, lo que resulta fundamental para la unión entre resultados obtenidos y conocimientos otorgados de la estructura de la realidad, dando así una posible solución ante la problemática de forma inmediata (Sanchez, Reyes y Mejía 2018).

De igual manera el diseño aplicado para esta investigación fue no experimental, ya que se realizó una recopilación de artículos ya existentes, para su revisión y análisis. De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), en la investigación no es posible modificar o alterar las variables independientes, debido a que no se posee un control directo sobre dichas éstas, por lo que resulta imposible influir sobre ellas, al haber ya sucedido, al igual que todos sus efectos. En este caso particular, se observan diferentes fenómenos en su ambiente, para la búsqueda de los microorganismos que pueden ser útiles en diferentes tratamientos de aguas contaminadas con plomo y cadmio.

En esa misma línea, la investigación posee una naturaleza descriptiva, ya que tiene como finalidad la explicación de los datos recopilados y la caracterización de la población o fenómeno en estudio que aplica a diferentes variables, y así poder realizar la comparación de grupos relacionados a la investigación (Hernández, Fernández y Baptista 2014).

### 3.2. Variables y operacionalización:

La presente investigación de análisis bibliométrico tuvo variables tanto dependiente como independiente.

- **Variable independiente:** Uso de microorganismos.
- **Variable dependiente:** Tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio.

En el Anexo 1, se muestra la matriz de operacionalización de dichas variables.

### 3.3. Población, muestra y muestreo

**La población** es una composición de elementos que serán tomados en una investigación, está delimitado de acuerdo a las características presentadas del tipo de problema (Díaz de León 2015). En consecuencia, para las investigaciones sobre el tratamiento en aguas contaminadas por plomo y cadmio se utilizaron 1289 estudios con microorganismos para la población seleccionada.

**La muestra** es una parte representativa de la población, que indica las características más importantes de ella (Espinoza 2016). Para la presente investigación, fueron aquellos estudios que cumplieron con los criterios de inclusión de acuerdo a una perspectiva ambiental, siendo un total de 607 investigaciones.

En el **muestreo**, se utilizó la técnica de análisis bibliométrico que se emplea en las unidades experimentales de la investigación, para obtener población delimitada (Espinoza 2016). Asimismo, fue no probabilístico, ya que las investigaciones recopiladas fueron elegidas convenientemente para examinarlos.

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

En la presente investigación se utilizó la técnica de análisis documental, la cual implica la recolección, evidencia, rastreo y cuantificación de artículos científicos de forma retrospectiva, descriptiva y correlativa, respecto de toda la producción científica, y que tiene como objetivo brindar una solución al problema general por medio de una amplia base de datos.

Se recolectó información de las dos bases de datos más representativas: Scopus y Web of Science; contando con la información necesaria para la investigación y así obtener la información de calidad y contabilizar eficazmente los documentos encontrados en la literatura. Para la recolección de datos se utilizaron 4 fichas para evaluar los datos obtenidos durante el proceso, los cuales son:

- Ficha 1: Características de las investigaciones en el análisis bibliométrico
- Ficha 2: Condiciones operacionales de los microorganismos.
- Ficha 3: Tipo de microorganismos de acuerdo a cada autor aplicado en tratamiento de aguas contaminadas.

La **validez** radica en una noción experimental que brinda resultados acordes a los requisitos del método científico. De tal forma permite que el instrumento usado pueda medir una variable. Esta se realizó a través de la calificación de expertos, quienes ejercieron una valoración respectiva en base a sus conocimientos como se señala en la Tabla 1

**Tabla 1. Promedio de validación**

<b>Especialistas</b>	<b>Profesión</b>	<b>Número de colegiatura</b>	<b>Promedio de validación</b>
Dr. Castañeda Olivera Carlos Alberto	Ingeniero metalúrgico	130267	90%
Mg. Quintana Paetan Alexander Sigfredo	Ingeniero Químico	CQP 596	95%
Dr. Acosta Suasnabar Eusterio Horacio	Ingeniero Químico	25450	90%
<b>Promedio total de validación</b>			<b>92%</b>

**La confiabilidad** mide la magnitud de un instrumento coherente y consistente. Además, debe ser objetiva y predecible, de manera repetida en los resultados que se obtendrán, y mostrando una carencia de errores de medida en los instrumentos de recolección de datos, esta evidencia una correlación entre sus ítems. Esto quiere decir que el instrumento en mención, mide un objeto de análisis, obteniendo resultados similares (Sánchez, Reyes y Mejía 2018). Por lo tanto, la presente investigación se validó por tres especialistas que cuentan con una amplia gama de conocimiento en instrumentos de recolección de datos.

### 3.5. Procedimiento

En la Figura 1 se visualiza el flujograma del proceso de selección de artículos según la base de datos.

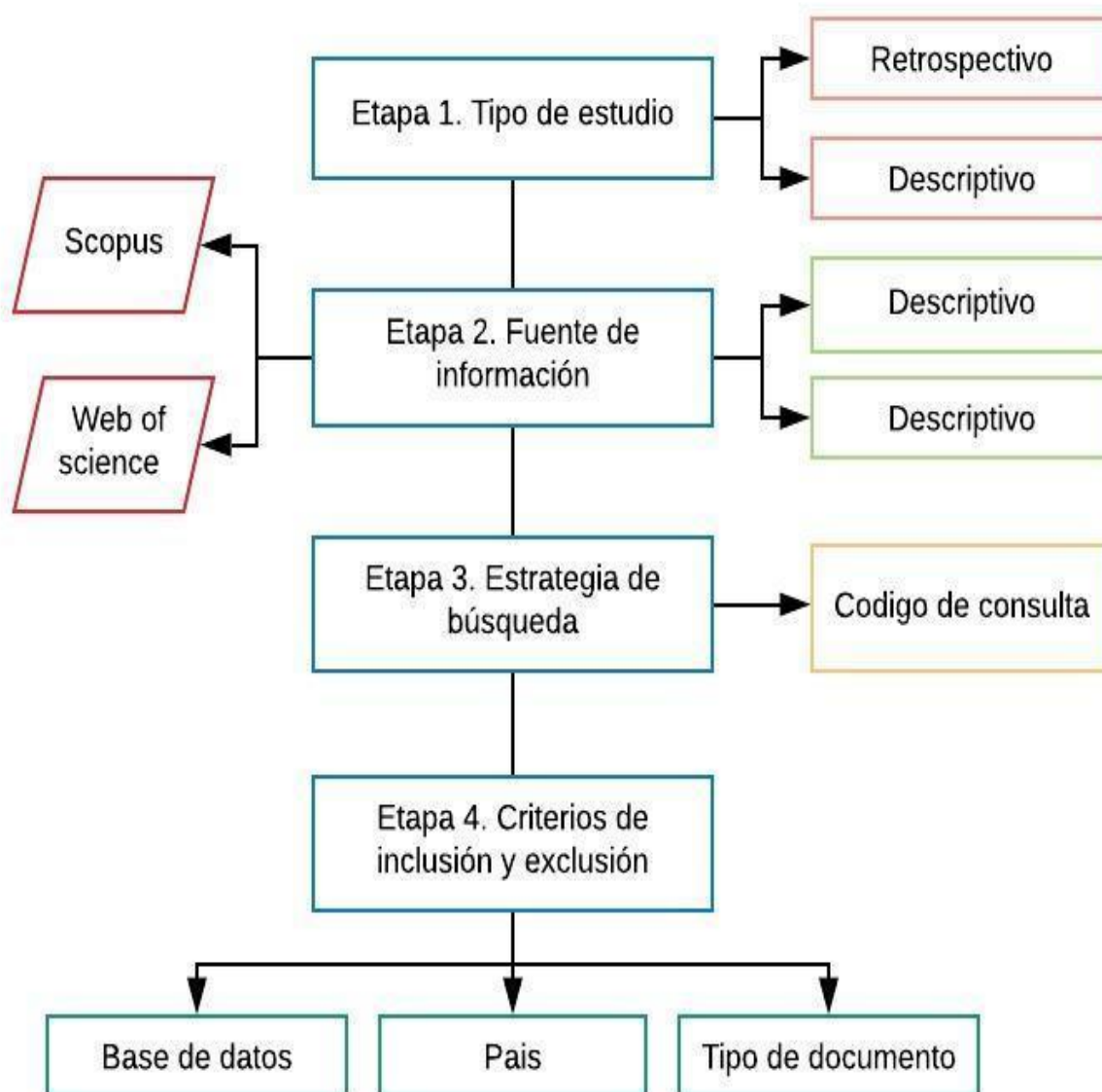


Figura 1. Proceso de selección de artículos según la base de datos



## **Etapa 1. Tipo de estudio**

En el presente estudio bibliométrico retrospectivo y descriptivo, se realizó por la búsqueda de información en dos bases de datos relacionadas al estudio del medio ambiente y la ingeniería, con base en esto, adopta un enfoque cuantitativo de volumen de publicaciones, análisis de productividad de los autores e identificación de las revistas que explícita o implícitamente, permite analizar las citas y los artículos de las publicaciones sobre el tema de estudio, y a su vez permite procesar un gran porcentaje de datos bibliométricos que ayudan a concluir los objetivos de la investigación (Arbeláez y Onrubia 2014).

## **Etapa 2. Fuente de información**

En la presente investigación se emplearon bases de datos confiables como, Scopus y Web of Science, que se encuentran disponible en la plataforma de la universidad César Vallejo y otras instituciones académicas.

Por lo tanto, en el estudio se contabilizaron los artículos de investigaciones y revisiones que aporten resultados propios, que han sido sometidos a evaluaciones científicas presentando una estructura tradicional como introducción, materiales, métodos, resultados, discusión, y referencias, de tal manera que se aplicó las citas textuales similares a las investigaciones encontradas para el presente estudio.

## **Etapa 3. Estrategia de búsqueda**

De acuerdo a las diferentes investigaciones, se establece una mayor precisión en los documentos relacionados con el uso de microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio, como se visualiza en la Tabla 2.

**Tabla 2. Estrategia de búsqueda**

Base de datos	Estrategia de búsqueda	Metal	Cantidad
Scopus	((wastewater treatment and lead and (micro-organisms or fungi or bacteria or yeast) and (removal or adsorption or sorption)))	Plomo	160
	((wastewater treatment and cadmium and (micro-organisms or fungi or bacteria or yeast) and (removal or adsorption or sorption)))	Cadmio	147
	((wastewater treatment and cadmium and lead and (micro-organisms or fungi or bacteria or yeast) and (removal or adsorption or sorption)))	Plomo y cadmio	73
Web of science	((wastewater treatment and lead and (micro-organisms or fungi or bacteria or yeast) and (removal or adsorption or sorption)))	Plomo	119
	((wastewater treatment and cadmium and (micro-organisms or fungi or bacteria or yeast) and (removal or adsorption or sorption)))	Cadmio	57
	((wastewater treatment and cadmium and lead and (micro-organisms or fungi or bacteria or yeast) and (removal or adsorption or sorption)))	Plomo y cadmio	51

### Código de consulta

Para la búsqueda en Scopus, se utilizaron palabras claves como la potabilización: wastewater, treatment cadmium, micro-organisms, fungi, bacteria, lead, removal, adsorption, y sorption: TITLE-ABS-KEY (wastewater AND treatment AND lead AND (micro-organisms OR fungi OR bacteria OR yeast) AND (removal OR adsorption OR sorption)) AND PUBYEAR > 2009 AND PUBYEAR < 2021.

Similarmente, en Web of Science, se colocó en el buscador palabras claves, tales como: wastewater, treatment cadmium, micro-organisms, fungi, bacteria, lead, removal, adsorption, y sorption: (wastewater treatment and cadmium and (micro-organisms or fungi or bacteria or yeast) and (removal or adsorption or sorption)). Período de tiempo: 2010 - 2020. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, ESCI, y (wastewater treatment and lead and cadmium and (micro-organisms or fungi or bacteria or yeast) and (removal or adsorption or sorption)). Período de tiempo: 2010 - 2020. Índices: SCI-EXPANDED, SSCI, ESCI.

#### **Etapa 4. Criterios de inclusión y exclusión**

Para realizar el análisis bibliométrico se tuvieron en cuenta, estudios longitudinales observacionales con información del uso de microorganismos en, el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio.

En las investigaciones se incluyeron diferentes microorganismos como hongos y bacterias, para el tratamiento de aguas contaminadas (lodos, sintética, residuales) los que contengan metales pesados como cadmio y plomo. Por otro lado, investigaciones que no tengan correlación e información sobre los tratamientos contando con datos insuficientes, bajo criterio fueron excluidos.

De igual modo las investigaciones fueron buscadas de diversas localizaciones geográficas. Con respecto a la fecha de publicación de las investigaciones, se procuró que estas no superan los 8 años de antigüedad a partir de la fecha actual, aunque las investigaciones que superaron ese límite de tiempo se tomaron en cuenta en caso de cumplir con las especificaciones para la presente investigación.

#### **3.6. Métodos de análisis de datos**

El análisis de datos se realizó usando el software Vosviewer (versión 1.6.7). Este es un software que ayuda a construir y visualizar redes bibliométricas con una gran capacidad de sistematizar artículos, revistas, investigadores o publicaciones que se pueden construir en base a citas bibliográficas; y Excel es una programación de acceso que cumple con el objetivo de realizar operaciones con números organizados en una cuadrícula, contando con capacidad de rapidez de tabular y organizar la información.

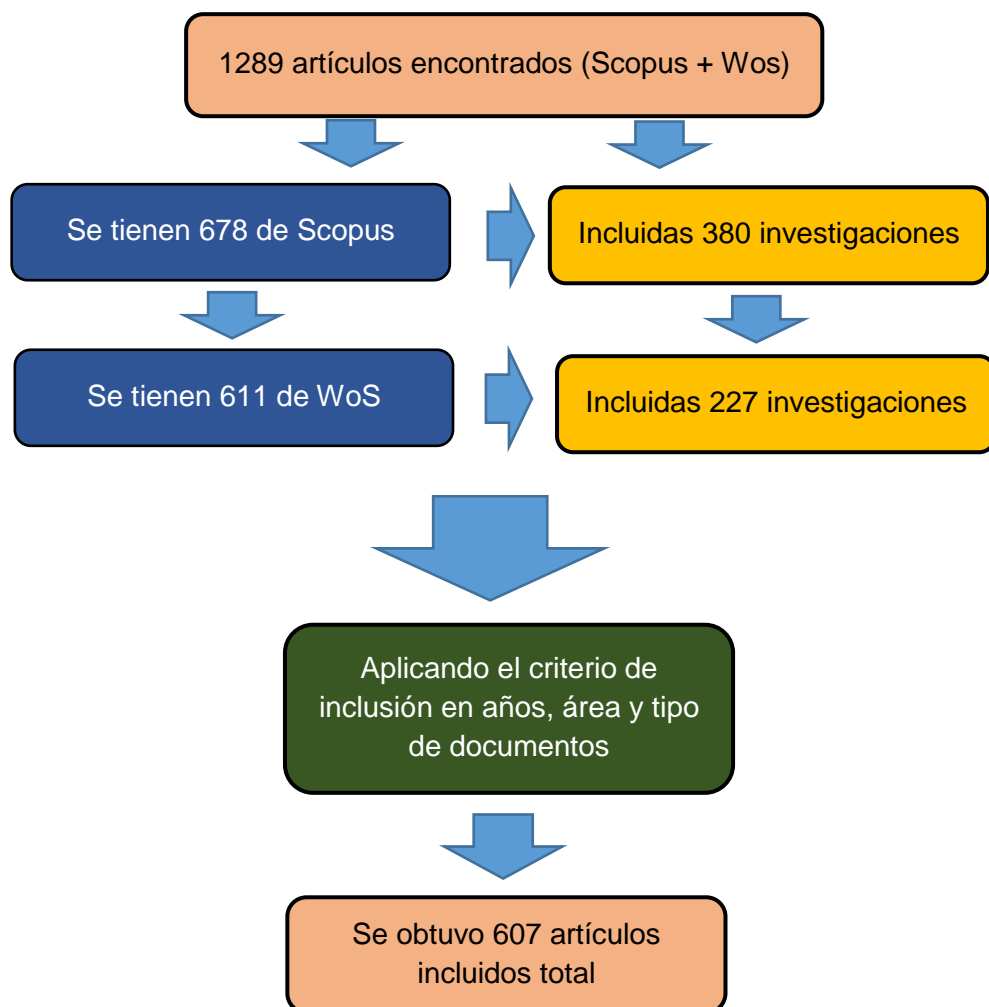
#### **3.7. Aspectos Éticos**

El presente informe se desarrolló en base a los principios de ética profesional entregando resultados que han sido comprobados; asimismo se cumplieron con las condiciones de la resolución del vicerrectorado de investigación N°11-2020-VI-UCV y de las líneas de investigación N°0126-2017/UCV, de la universidad Cesar Vallejo. De igual manera, fue citado de acuerdo a la norma ISO 690, y se rigió por la resolución del vicerrectorado de investigación N° 004-2020-VI-UCV, que establece correctamente la línea de

investigación de Calidad y Gestión de los Recursos Naturales. Además, se tuvo el 9% de similitud en el software Turnitin, garantizando el cuidado intelectual del autor, de la misma manera se ha tenido en cuenta con el medio ambiente como un elemento para el desarrollo de la presente investigación.

#### IV. RESULTADOS

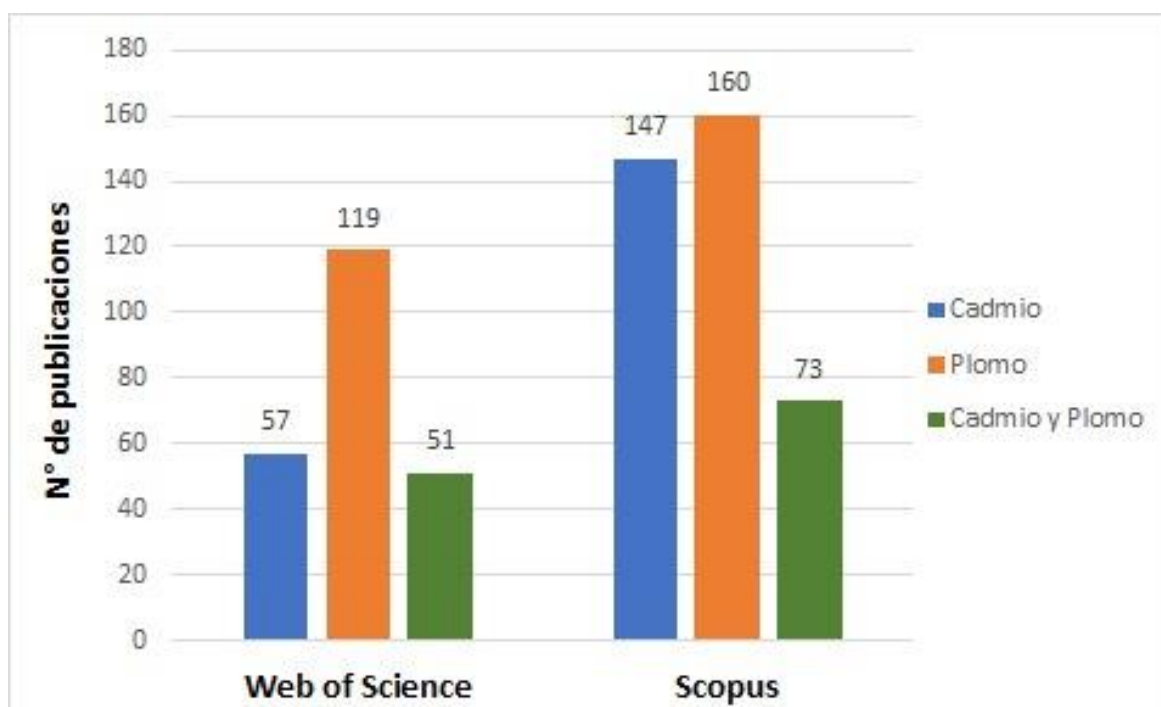
En la Figura 2, se visualiza el flujograma de la recolección de investigaciones para el análisis bibliométrico.



**Figura 2. Recolección de investigaciones para el análisis bibliométrico.**

En la Figura 2 se muestra la búsqueda de documentos relevantes que indican la cantidad de investigaciones excluidas e incluidas tras aplicar los criterios de calidad. De acuerdo a los estudios, 607 investigaciones fueron aceptadas bajo el criterio de inclusión de año, área y tipo de documento de los cuales se encuentran en idioma, traduciendo cada documento para obtener los datos de información, cumpliendo con los objetivos trazados.

En la Figura 3, se muestra el gráfico de barras de la cadena de búsqueda de plomo, cadmio, y ambos metales, en las bases de datos Web of Science y Scopus en relación al uso de diversos microorganismos para los tratamientos en aguas contaminadas con los agentes mencionados.



**Figura 3. Número de publicaciones por cada metal en Web of Science y Scopus**

A partir la Figura 3, se observó que en ambas bases de datos, la cadena de búsqueda de aguas contaminadas, con cadmio aplicando microorganismos en la base de datos de Scopus que cuenta con 147 investigaciones. Para el tratamiento de aguas contaminadas con plomo a partir de la base de datos de Scopus fueron incluidas 160 investigaciones científicas aplicando diferentes microorganismos, y para ambos metales pesados se encontró 73 investigaciones científicas del año 2010 al presente año. Así mismo en la base de datos de Web of Science en la cadena de búsqueda de las aguas contaminadas con cadmio cuenta con 57 investigaciones, para el tratamiento de aguas contaminadas por plomo 119 investigaciones, y para ambas 51 investigaciones desde el año 2010 al 2020.

- **Características de las investigaciones en el análisis bibliométrico de Web of Science y Scopus**

A continuación, se observa en la Tabla 3 y Tabla 4 las características de las 20 investigaciones representativas de Web of Science y Scopus, sobre el tratamiento en aguas contaminadas por Cadmio y Plomo utilizando microorganismos.

**Tabla 3. Características de las investigaciones en el análisis bibliométrico de Web of Science**

Base de datos	Condiciones Operacionales	Tipo de microorganismos	Tratamiento	Ámbito geográfico	Referencias
Web of Science	pH y temperatura	Levadura	Bioabsorción, absorción, biorremediación	Reino Unido	Mahmoud et al. (2015)
	pH, temperatura, tiempo de remediación	<i>Rhodobacter sphaeroides</i> .	Remoción de cadmio y zinc en aguas contaminadas.	China	Li et al. (2017)
	Temperatura, Ph.	<i>Bacillus subtilis</i> y <i>Bacillus atrophaeus</i> .	Biosorción y remoción de Pb (II).	China	Ren et al. (2015)
	pH, temperatura, tiempo de aplicación, tamaño de muestra	<i>Phanerochaete chrysosporium</i> , <i>Pleurotus Ostreatus</i> y <i>Trametes Versicolor</i>	Remoción, adsorción y la detoxificación de metales	España	Morales-Fonseca et al. (2010)
	pH, temperatura y tiempo	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Burkholderia cepacia</i> , <i>Corynebacterium kutscheri</i> , <i>Rhodococcus</i> .	Bioabsorción, remoción de cadmio, tratamiento de aguas industriales.	Reino Unido	Oyetivo et al. (2014)
	pH, temperatura, tiempo.	<i>Tremella fuciformis</i> and <i>Auricularia polytricha</i> .	Adsorción de metales.	China	Pan et al. (2010)
	pH, temperatura, tiempo	<i>Pichia hampshirensis</i> .	Absorción de cadmio, descontaminación de agua contaminada.	Reino Unido	Khan, Rehman y Hussain (2016)
	pH, temperatura, tiempo.	<i>Aeromonas</i> , <i>Escherichia coli</i> , <i>Pseudomonas aeruginosa</i> , <i>Clostridium</i> , <i>Staphylococcus sp.</i> , y <i>Salmonella sp.</i> , <i>Rhizopusarrhizus</i> y <i>Saccharomyces cerevisiae</i> .	Bioabsorción de metales como Pb (II), Cr (III) y Cd (II) de aguas residuales sintéticas.	Irak	Sulaymon, Ebrahim y Mohammed-Ridha (2013)
	pH, temperatura, tiempo.	Proteobacteria.	Bioadsorción, remoción y nitrato y Cd (II).	China	Su et al. (2019)
	pH, temperatura, tiempo.	<i>Bacillus</i> y planta <i>Lens culinaris</i> .	Remediación, bioadsorción, bioacumulación y filtración en aguas residuales.	India	Monojit et al. (2019)

**Tabla 4. Características de las investigaciones en el análisis bibliométrico de Scopus**

Base de datos	Condiciones Operacionales	Tipo de microorganismos	Tipo de Tratamiento	Ámbito geográfico	Referencias
Scopus	Tiempo de contacto, pH, dosis de biomasa y la concentración inicial de Pb (II).	<i>Shinella zoogloeoides</i> PQ7.	Absorción, bioabsorbente y biorremediación de metales pesados.	China	Zhang y Huang (2020)
	pH, concentración inicial, temperatura y el rendimiento del tratamiento.	Bacterias del ácido láctico.	Biosorción y bioacumulación.	China	Lin et al. (2019)
	Tiempo de contacto, concentración de nitrato, Cd y Mn.	<i>Pseudomonas sp.</i> H117.	Remoción de Mn, Cd y nitrato.	China	Su et al. (2020)
	Tiempo y concentración.	<i>Aspergillus niger.</i>	Absorción, adsorción, y remoción.	China	Liao et al. (2019)
	pH, concentración y biomasa.	<i>Agaricus bisporus, Pleurotus ostreatus y Tricholoma lobayense.</i>	Biorremediación, remoción y biosorción.	España	Corral-Bobadilla et al. (2019)
	Temperatura, concentración y tiempo.	<i>Bacillus subtilis.</i>	Adsorción.	China	Zhao et al. (2020)
	Concentración, tiempo, pH y metabolismo bacteriano.	<i>Cupriavidus sp.</i>	Remoción, proceso de desnitrificación bacteriana.	China	Su et al. (2019)
	Concentración, tiempo y temperatura	<i>Enterobacter sp. y Acinetobacter sp.</i>	Remoción y bioadsorción.	China	Sun et al. (2020)
	Biomasa, concentración, tiempo y temperatura.	<i>Aspergillus flavus</i> CR500.	Biorremediación, biorreducción, remoción y adsorción.	India	Kumar y Dwivedi (2019)
Tiempo de reacción, concentración, DBO, DQO y TSS.	<i>Typha latifolia y Cyperus papyrus.</i>	Remoción.	Egipto	Hamad (2020)	



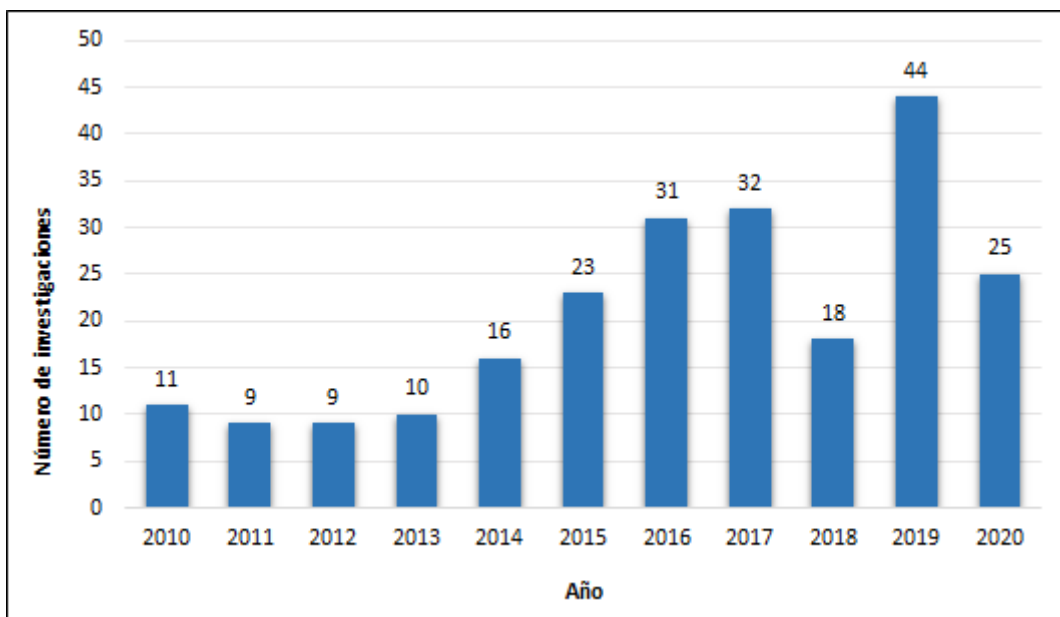
- **Condiciones operacionales en el tratamiento de aguas contaminadas usando microorganismos.**

En la Tabla 5 se observa las condiciones operacionales, de las aguas contaminadas con plomo y cadmio por medio del análisis bibliométrico. Por lo tanto, los tratamientos con microorganismos más eficientes son, con un porcentaje no menor de un 57% para su mayor eficiencia a partir de los efluentes de aguas contaminadas, con un pH no menor de 2.5 para el desarrollo de los microorganismos contando con una temperatura de 15 a 60°C, y con un tiempo de aproximación de 10 días para el cultivo y desarrollo del microorganismo y tiene mayor eficiencia en el tratamiento.

**Tabla 5. Condiciones operacionales en el tratamiento de aguas contaminadas usando microorganismos**

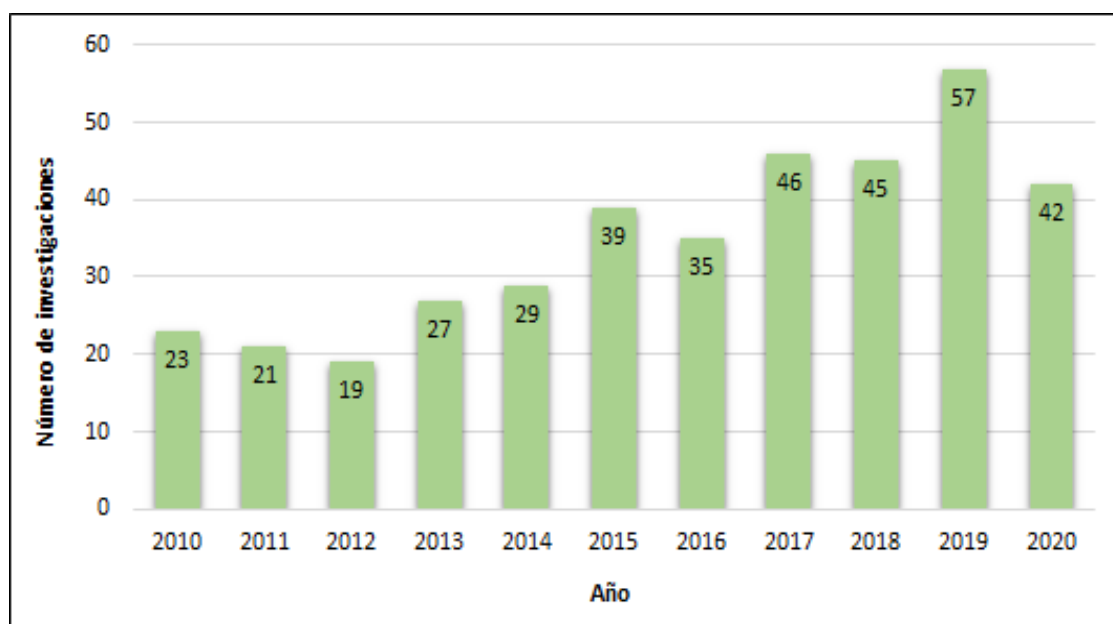
Temperatura (C°)	pH	Tiempo (min)	Concentración máxima (mg/l)		Porcentaje (%)	Referencia
			Plomo	Cadmio		
60°C	5 - 7	6h	100 mg/L	1,0 mg/L - 2,0 mg/L	Pb: 83.5% Cd: 92%	Mahmoud et al. (2015).
30° C	2.5	24 h	-	450 mg/L	Cd: 99.5%	Li et al. (2017).
15°C	3 - 7	5 min - 40 min	50 mg/L	-	Cd: 93.01%	Ren et al. (2015).
30°C	6.8	10 días	300 mg/L	300 mg/L	Pb: 57% Cd: 74%	Morales-Fonseca et al. (2010).
20°C	2.5	24 h	500 mg/L	-	Pb: 98.24%	Oyetivo et al. (2014).
25° C	5	120 min	100 mg/L	100 mg/L	Pb: 97.8% Cd: 91.1%	Pan et al. (2010).
20 - 42°C	6.1 - 9	48 h	-	24.4 Mm/L	Cd: 80%	Khan, Rehman y Hussain (2016).
35° C	4	4 h	50 mg/L	50 mg/L	Pb: 97.64% Cd: 64%	Sulaymon, Ebrahim y Mohammed-Ridha (2013).
30° C	7	10 h	-	10 mg/L, 20 mg/L y 30 mg/L	Cd: 88.3% Cd: 94.02% Cd: 92.88%	Su et al. (2019).
35° C	7	48 h	-	5mg/L	Cd: 67.66%	Monojit et al. (2019).

- **Visualización de artículos científicos publicados por año (2010- 2020)**



**Figura 4. Artículos publicados por cada año en Web of Science.**

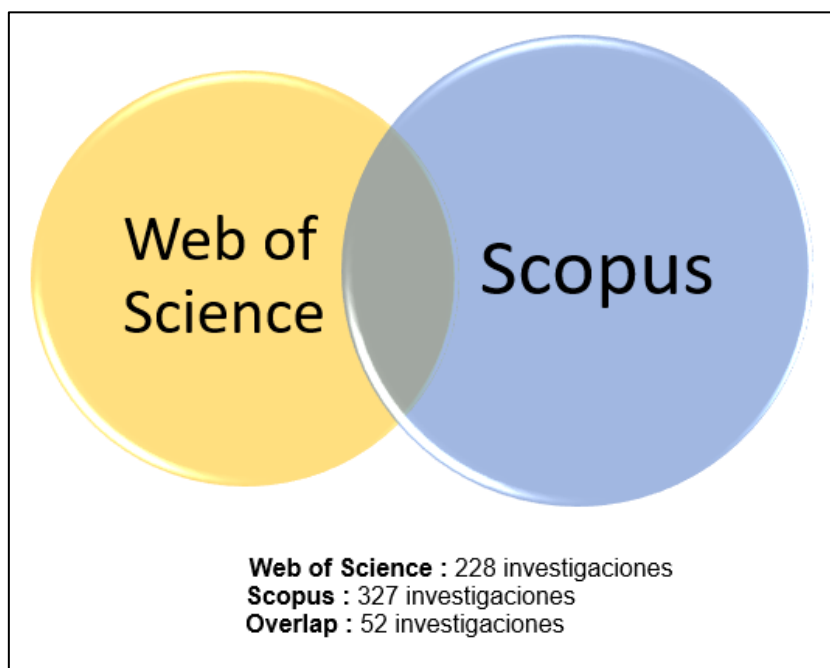
Se encontraron 227 investigaciones desde el año 2010 al 2020. En el año 2010 se mantuvo en un promedio de 11 publicaciones, al pasar de los años fue incrementando llegando a 32 investigaciones en el año 2017. En el 2018 disminuyó a 18 investigaciones. En el año 2019 nuevamente tuvo tendencia de incremento llegando a 44 investigaciones, y en el 2020 se generó nuevamente una disminución de 25 investigaciones.



**Figura 5. Número de publicación por año de Scopus**

Se encontraron 383 documentos incluidos en Scopus, que se clasificaron según el año de publicación para poder identificar de forma cuantitativa las investigaciones. En el año 2010 - 2012 hay una disminución de 2 a 3 publicaciones por cada año. En el 2013, incremento a 27 publicaciones, a partir de aquí creciendo de manera sostenida hasta 39 publicaciones en el 2015. De igual forma en el 2016 hubo un ligero descenso de 39 a 35 publicaciones anuales. Sin embargo en el año 2017 se elevó el número de publicaciones hasta el 2019. Al contrario, en el 2020 se vio una disminución de 15 publicaciones menos que el año anterior.

A continuación, se visualiza en el diagrama de Venn la comparación de cobertura de documentación relacionando Web of Science y Scopus como conjuntos, estas dos fuentes de datos se extrajeron las 607 investigaciones científicas.

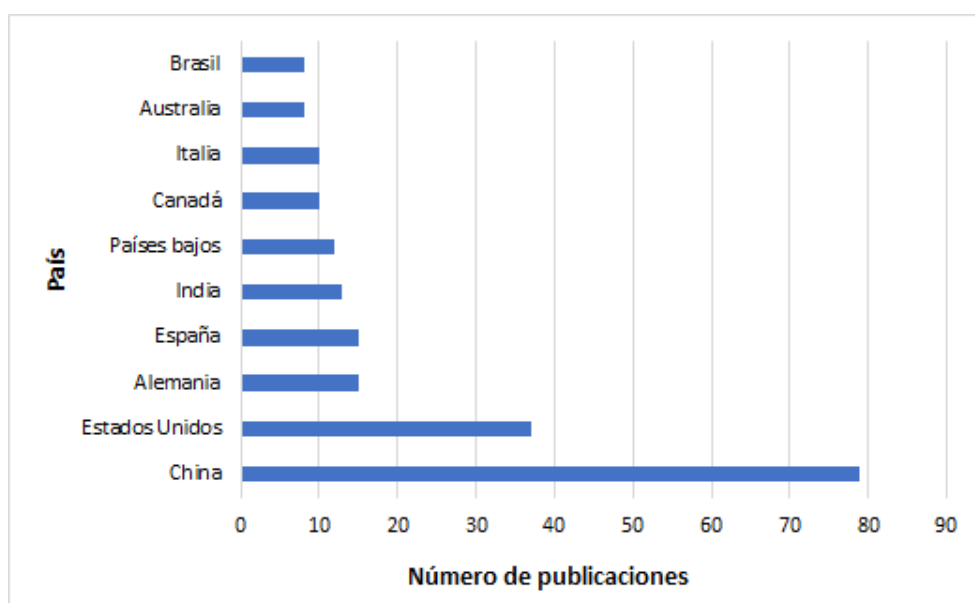


**Figura 6. Comparación de cobertura de documentos**

En la Figura 6 se muestra las diferencias en la cobertura de documentos de Web of Science con 228 investigaciones, en cambio Scopus cuenta con 327 investigaciones, teniendo estas 99 publicaciones de más con respecto a la otra investigación y en común cuentan en 53 investigaciones, la cual se repiten en autores, año, tipo de documento, área temática y tipo de microorganismo.

- **Análisis de las investigaciones científicas en la evolución geográfica de las publicaciones**

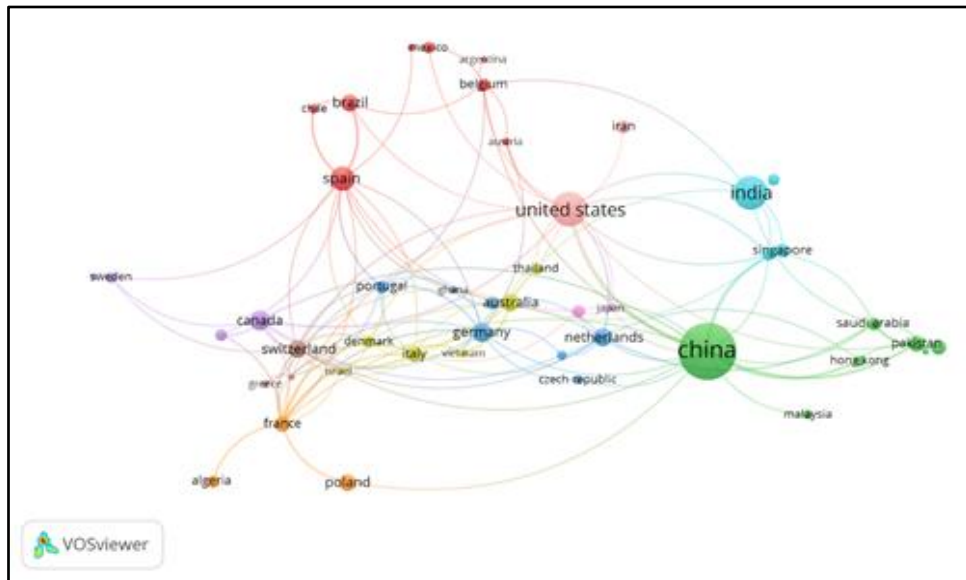
En la Figura 7 se observa los países que realizaron más estudios científicos que utilizaron diferentes microorganismos para los tratamientos de aguas contaminadas por metales pesados.



**Figura 7. Análisis de investigaciones científicas en función a los países en Web of Science**

Con respecto a la base de datos de Web of Science, China es el país con más estudios al respecto con 79 investigaciones. Le sigue Estados Unidos con 37, Alemania y España con 15, como se puede visualizar en la Figura 7.

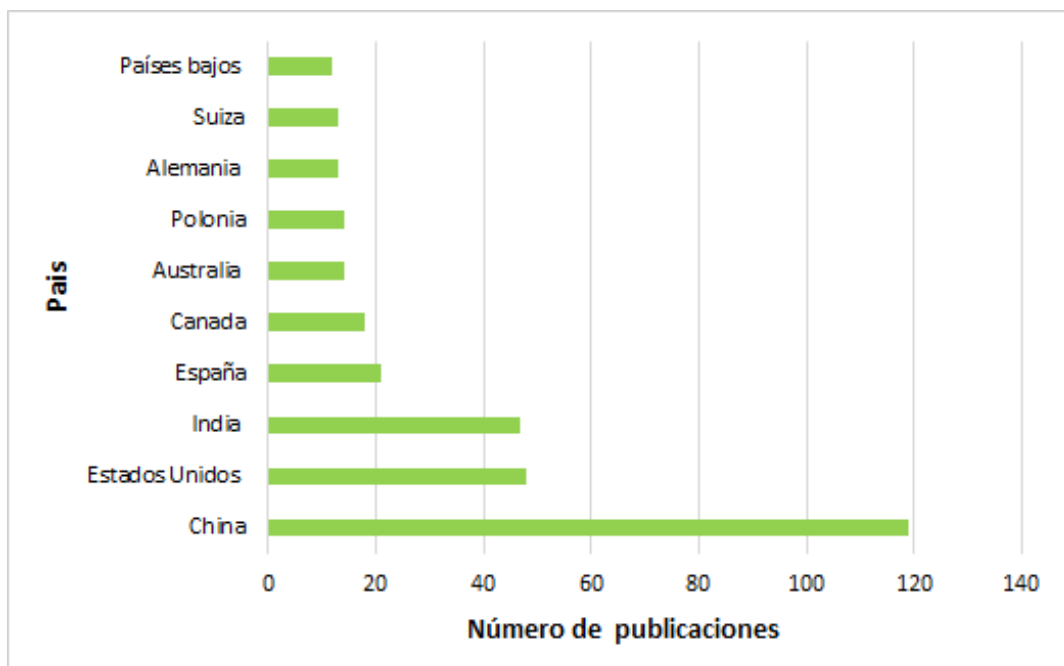
También por medio del uso de la herramienta Vosviewer, se aprecia que China es el país con mayores investigaciones científicas relacionadas, al uso de microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio, como se muestra en la Figura 8.



**Figura 8. Gráfico de análisis de investigaciones científicas de países en Web of Science**

En la Figura 8, se observa los países que tienen la herramienta de Vosviewer, el cual posee la base de datos de Web of Science, debido a sus investigaciones científicas.

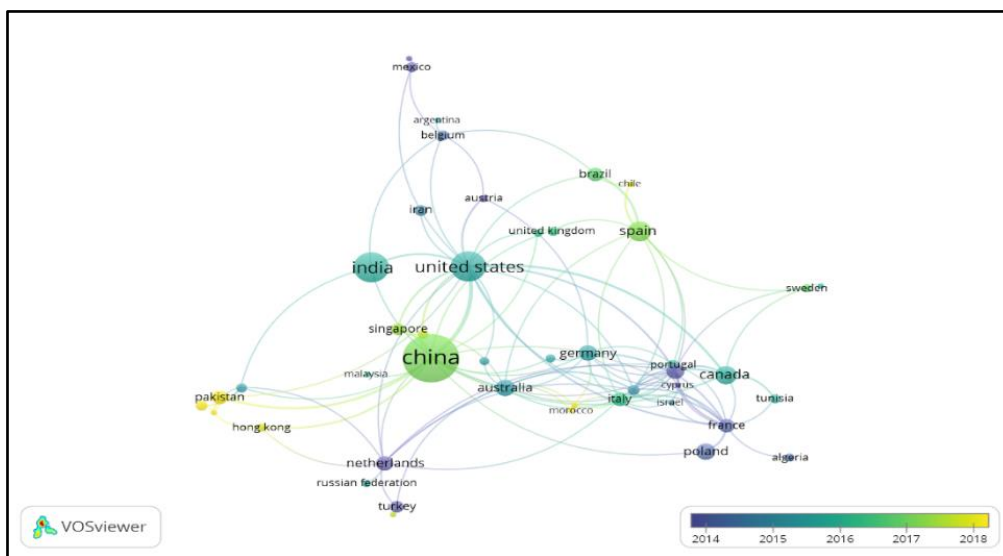
A continuación, se puede ver en la Figura 9 los países que investigaron diferentes microorganismos aplicando en el tratamiento para aguas contaminadas por cadmio y plomo.



**Figura 9. Investigaciones científicas en función a países en Scopus**

Por el contrario, en la base de datos de Scopus, China posee 119 investigaciones, le continúa Estados Unidos con 48, e India con 47, de igual manera tanto como España y Canadá, centran sus investigaciones en tratamientos de aguas contaminadas con plomo y cadmio, llegando a casi 20 estudios registrados, como se puede visualizar. Es importante resaltar que se puede verificar que China es el país con mayores artículos científicos, como se muestra en la Figura 9 de Scopus y la figura 7 de Web of Science.

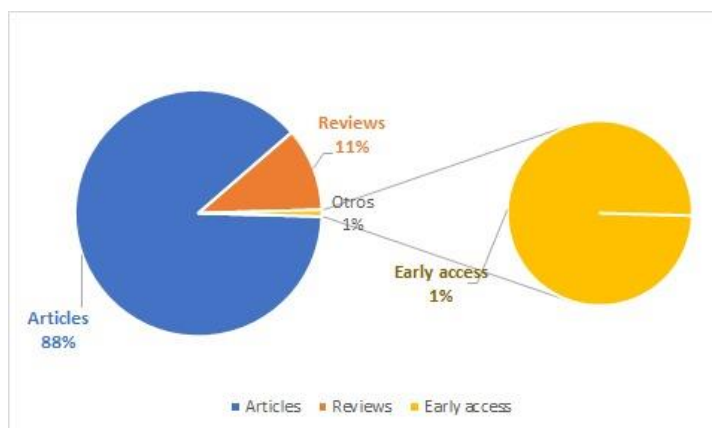
En la se utilizó también la herramienta Vosviewer para la base de datos de Scopus para verificar su procedencia de los artículos científicos en el ámbito geográfico.



**Figura 10. Análisis de artículo en base de Scopus (países)**

- **Análisis de tipos de documentos de Web of Science y Scopus**

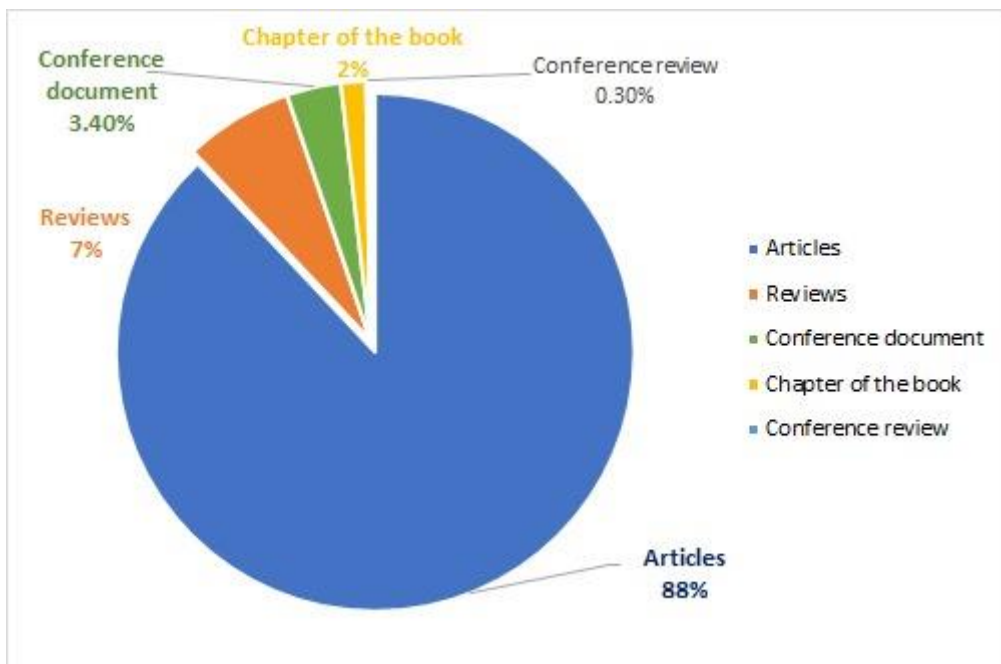
Se denota la Figura 11 los tipos de documentos en base de las revisiones, artículos y acceso temprano de la base de datos de Web of Science.



**Figura 11. Gráfico circular de tipos de documentos en Web of Science**

En la Figura 11, según la base de datos de Web of Science se muestra los tipos de documentos más publicados, distribuyéndose entre artículos (88%) con 202 investigaciones representativas, así como también le sigue revisiones (11%) con 25 investigaciones, y Conference review (1%) con 2 investigaciones que se centran en tratamientos de aguas contaminadas con plomo y cadmio.

Según la base de datos de Scopus se puede ver en la Figura 12 los tipos de documentos como revisiones, artículos, documento de sesión, capítulo de libro y revisiones de conferencias que llevaron a cabo.



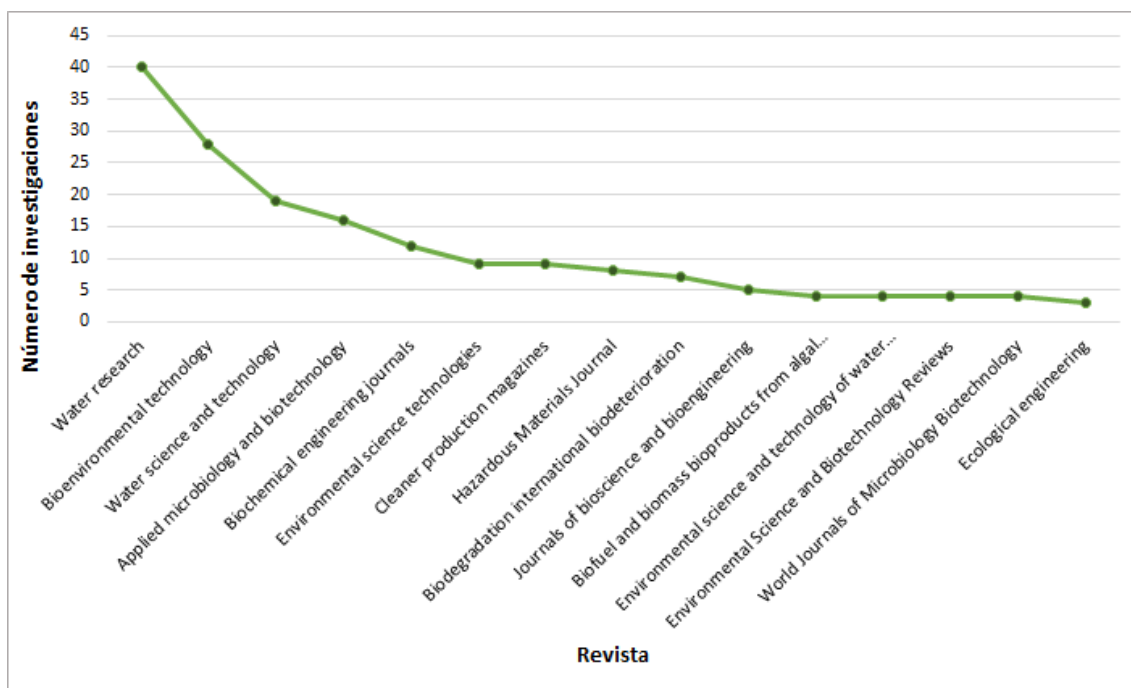
**Figura 12. Gráfico circular de tipos de documentos en Scopus**

En la figura 12, se visualiza la base de dato de Scopus, donde los tipos de documentos analizados son un total de 337 investigaciones, representando un 88% con mayor análisis temática, y con menor porcentaje se encuentra las revisiones con 26 investigaciones representando un 7%, documentos de sesión (3%) con 13, capítulo de libro (2%) con 6, y revisión de conferencia (1%) siendo la menor cantidad de documentos.

Por lo tanto, se logra apreciar que entre las bases de datos Scopus y Web of Science, tienen mayor publicación los artículos con un 88%, siendo el tipo de documento con mayor entrega, enfocados en el uso de los microorganismos para el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio como solución.

- **Análisis de revistas con mayores publicaciones**

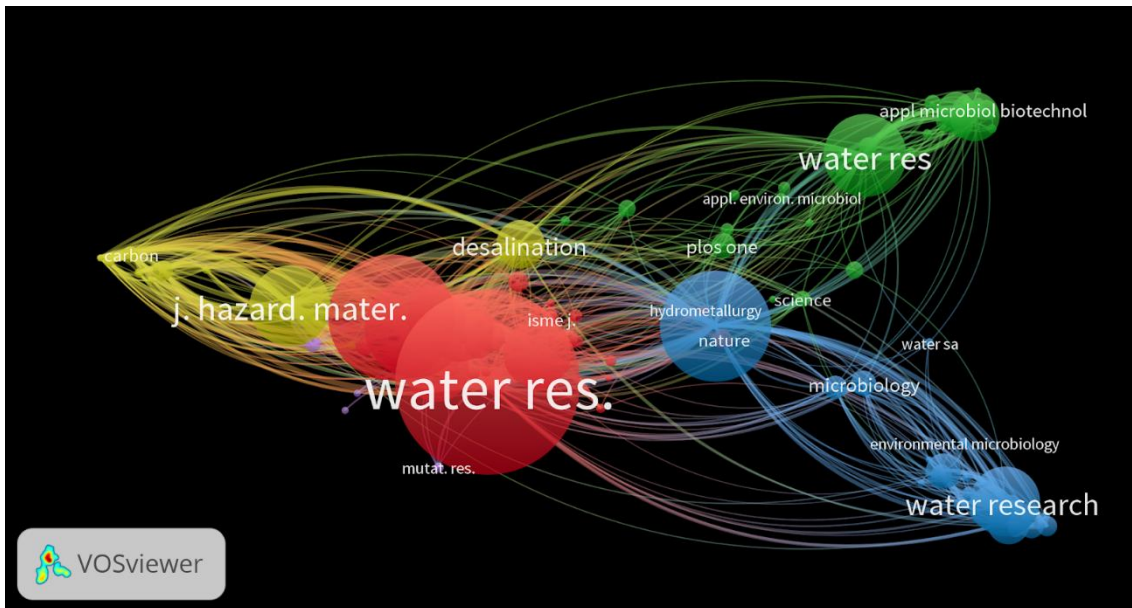
En la Figura 13 se observa las revistas que contienen mayores publicaciones sobre el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio usando diferentes microorganismos.



**Figura 13. Tipos de revistas con mayor publicación en Web of Science**

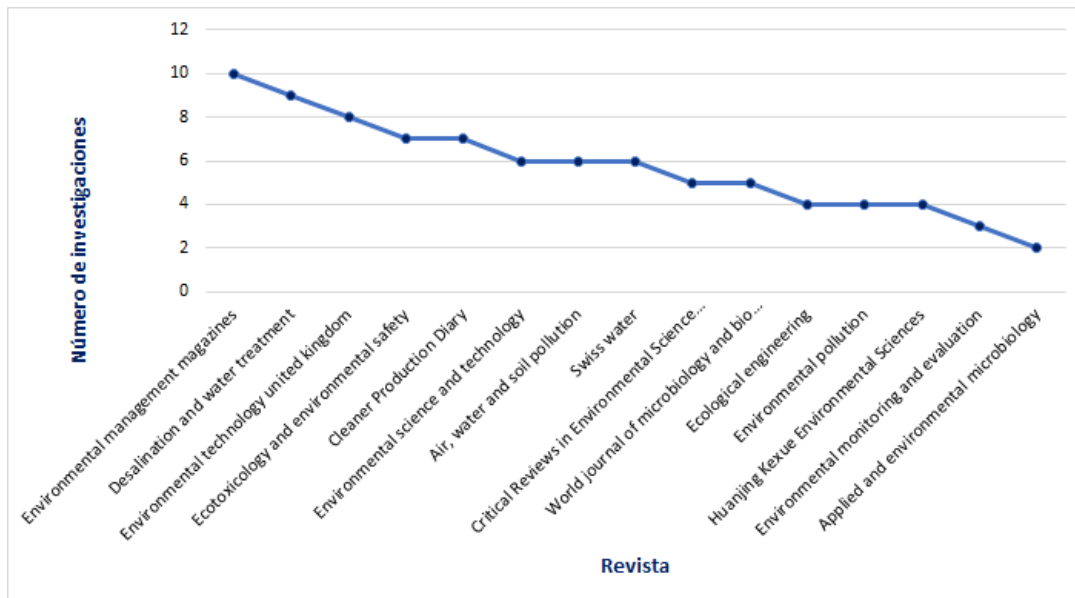
En esta Figura 13, se expone la cantidad de publicaciones hechas, por las principales revistas, según Web of Science, de hecho, todas las revistas pertenecen al campo de ingeniería, biotecnología, y microbiología. Las revistas con mayor publicaciones es water research contando con 40 investigaciones, lo que indica el interés de investigación, y la importancia que tiene la revista en este campo tecnológico, seguidamente continua bioenvironmental technology con 28 investigaciones entregadas, water science and technology con 19, se puede apreciar que a partir de ahí es un escalamiento con tendencia a baja del resto de revistas con diferencias de entre tres y cuatro revistas, en último lugar se encuentra Ecological Engineering que cuenta con 3 investigaciones relacionadas al tema analizado.





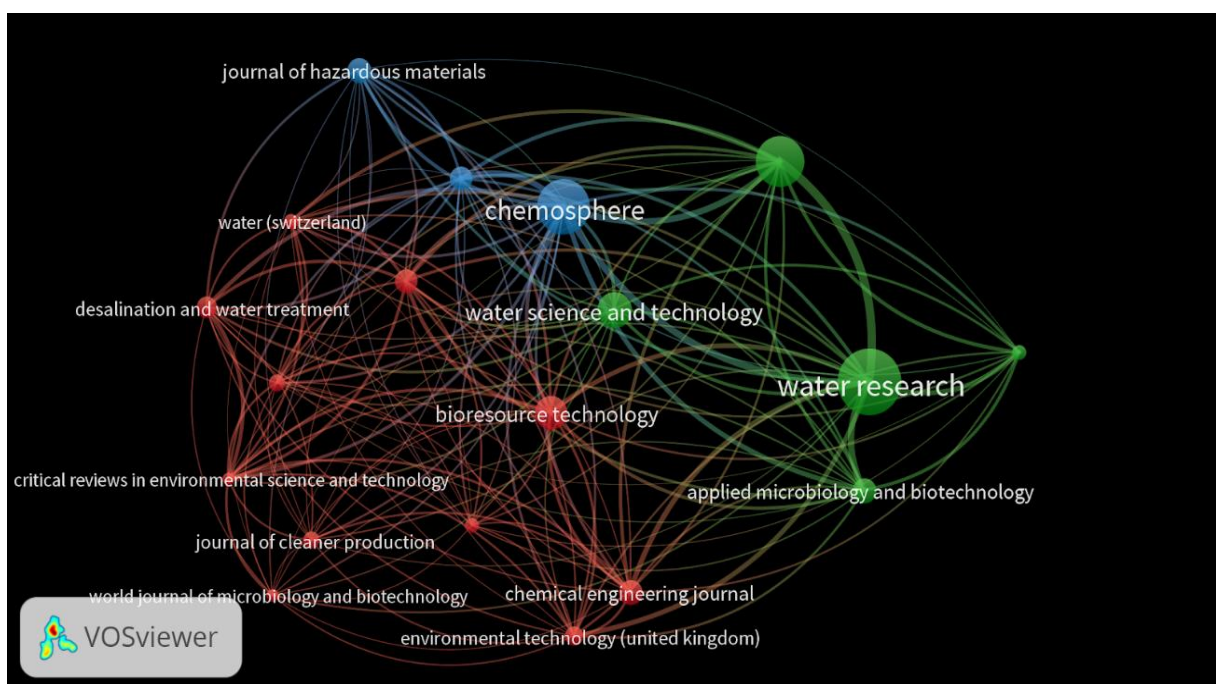
**Figura 14. Análisis de las revistas publicadas en Web of Science**

En la Figura 14, se observa que con el uso de la herramienta de Vosviewer y la base de datos Web of Science, resalta que las revistas con mayores publicaciones es Water Research, que analiza con mayor frecuencia los microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con, plomo y cadmio.



**Figura 15. Tipos de revistas con mayor publicación en Scopus**

En esta figura 15, se expone la cantidad de publicaciones hechas, por las principales revistas, según Web of Science, de hecho, estas revistas pertenecen al campo de ingeniería, biotecnología y microbiología. Las revistas con mayores publicaciones es Enviromental Management Magazin contando con 36 investigaciones, lo que indica que el mayor interés en el campo, y que está fuertemente enfocado en el tema de investigación en comparación con otras revistas, otras con menos publicaciones es Environmental Monitoring and Evaluation y Applied and Environmental Microbiology que cuenta con 3% y 2% respectivamente.

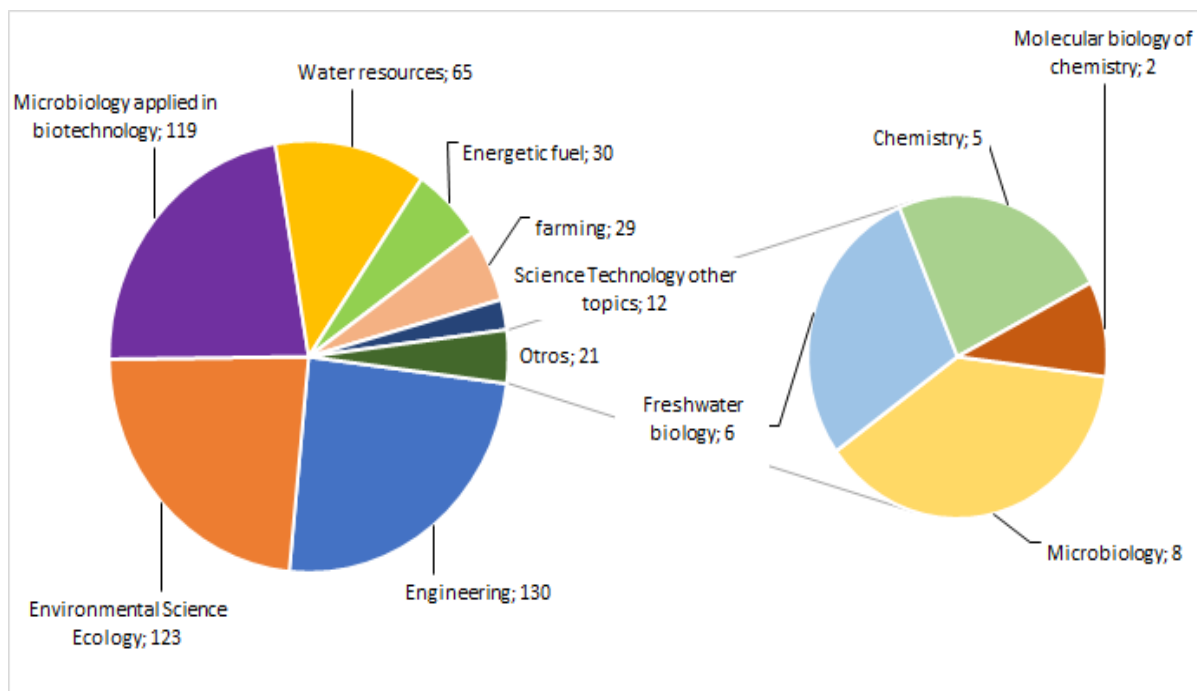


**Figura 16. Análisis de las revistas publicadas en Scopus**

Como se muestra en la Figura 16, según la base de datos de Scopus y gracias a la herramienta de Vosviewer, se aprecian las revistas con mayores publicaciones, siendo Environmental Management Magazin, la que analiza con mayor recurrencia los microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio.

- **Áreas temáticas del uso de microorganismos para el tratamiento de aguas contaminadas de Web of Science y Scopus**

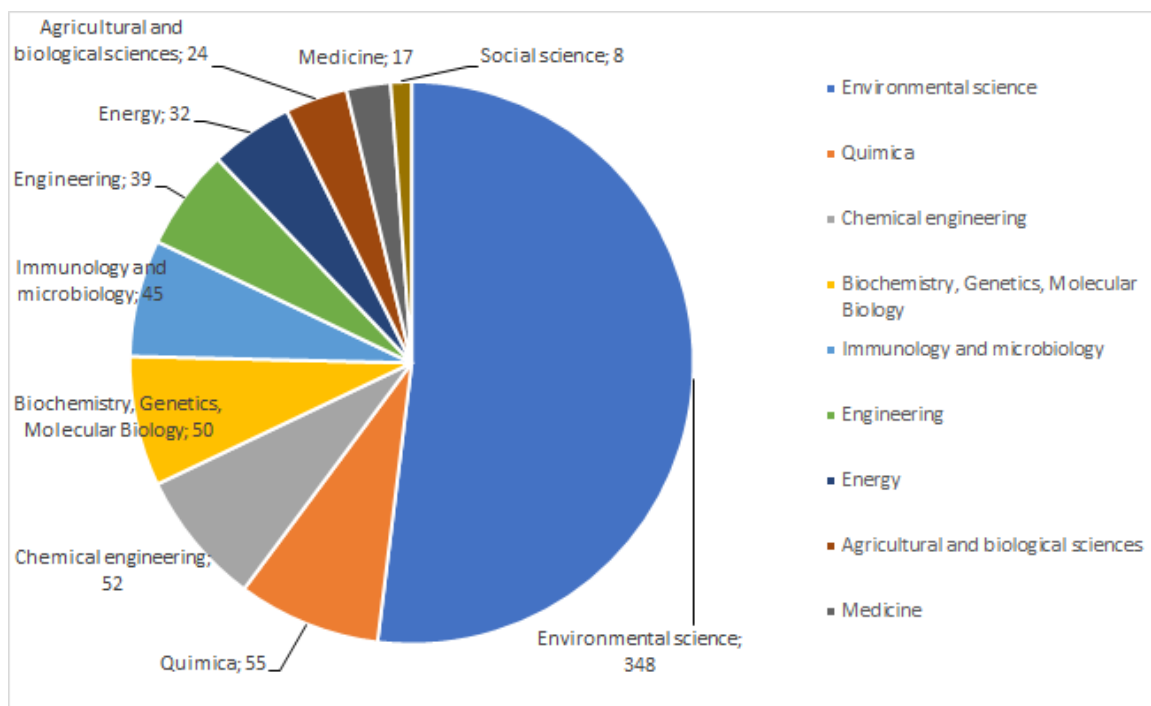
Como se menciona en el título, se muestra las principales áreas temáticas del uso de microorganismo de la base de datos de Web of Science, siendo más resaltante y frecuente el uso de la ciencia ecológica, biotecnología, tecnología, ingeniería, aguas contaminadas.



**Figura 17. Publicaciones por área temática en Web of Science**

Se observa en esta figura 17, que el tipo de área con mayores publicaciones en la revista de Web of Science, pertenecen al área de Engineering con 130 investigaciones, Environmental Science Ecology con 123, y Microbiology applied in biotechnology con 119 entregas. Continuando se cuenta con áreas temáticas relacionadas con la biotecnología, agricultura y energía (Water resources, Energetic fuel y farming), seguidas de la Bioquímica y Medicamentos. Las Áreas que cuentan con menos publicaciones son Microbiology con 8 publicaciones, seguido del área Freshwater Biology con 6, y por último Molecular biology of Chemistry con 2 entregas.

Según la base de Scopus se muestra didácticamente en la Figura 18 el recopilatorio de las áreas temáticas usadas en los artículos científicos según recurrencia de uso, tales como ciencias ambientales, química, ingeniería, biología molecular, agricultura, biología, medicina y ciencia sociales con sus respectivos porcentajes.



**Figura 18. Publicaciones por área temática en Scopus.**

En la Figura 18 se observa un gráfico circular de las áreas más usadas para publicaciones en la base de datos de Scopus, en la que el área Ciencia Ambiental presenta un resultado de 348 investigaciones, seguido el área de Química con 55 investigaciones, e Ingeniería Química contando con 52 investigaciones, siendo las áreas con mayor cantidad de publicaciones. A continuación, existen grupos de áreas temáticas relacionadas con la Bioquímica, Genética, Biología molecular, Microbiología, Ciencias Agrícolas, y Biológicas. Por último, se encuentra Medicina y Ciencia Social con 17 y 8 investigaciones respectivamente, siendo las áreas con menos publicaciones.



Se aprecia en la Figura 20, los tipos de microorganismos más representativos y recurrentes usados para las investigaciones, según la base de datos Scopus y Web of Science, el cual resalta al *Pleurotus ostreatus* con 86 veces de uso para este tipo de estudio, siendo el microorganismo con mayor aplicación, para el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados por medio de la remoción, bioacumulación y biorremediación. Seguidamente se encuentra *Trametes versicolor* con 50 y *Bacillus atrophaeus* veces de uso. Por lo tanto, los microorganismos con menor cantidad de investigaciones aplican otros tratamientos secundarios que aplicaran en el tema analizado.

- **Análisis de tipo de Tratamiento en aguas contaminadas**

En la Tabla 6 se observa los tipos de tratamientos para aguas contaminadas por plomo utilizando diferentes microorganismos desde el año 2010 al 2019, se evidencio siete tratamientos que cuentan con mayor eficiencia para la eliminación de este metal.

**Tabla 6. Tipos de tratamientos en aguas contaminadas con Pb, según la base de datos Web of Science**

Tratamiento	Año	Ocurrencias	% de año	% Total
Remoción	2010	5	3.40	44.52
	2011	3	2.04	
	2012	2	1.36	
	2013	3	2.04	
	2014	4	2.72	
	2015	7	4.92	
	2016	10	6.80	
	2017	11	7.48	
	2018	7	4.92	
	2019	13	8.84	
Tratamiento biológico	2010	2	1.36	16.32
	2011	1	0.68	
	2012	4	2.72	
	2013	1	0.68	
	2014	3	2.04	
	2015	5	3.4	
	2016	3	2.04	
	2017	1	0.68	
	2018	1	0.68	
	2019	3	2.04	
Biosorción	2010	2	1.36	4.76
	2011	0	0	
	2012	0	0	
	2013	0	0	
	2014	1	0.68	
	2015	0	0	
	2016	1	0.68	

	2017	1	0.68	
	2018	0	0	
	2019	2	1.36	
<b>Absorción</b>	2010	2	1.36	7.48
	2011	0	0	
	2012	0	0	
	2013	4	2.72	
	2014	2	1.36	
	2015	1	0.68	
	2016	0	0	
	2017	1	0.68	
	2018	0	0	
	2019	1	0.68	
<b>Biodegradación</b>	2010	0	0	4.76
	2011	0	0	
	2012	0	0	
	2013	3	2.04	
	2014	0	0	
	2015	0	0	
	2016	2	1.36	
	2017	1	0.68	
	2018	1	0.68	
	2019	0	0	
<b>Bioacumulación</b>	2010	0	0	2.04
	2011	0	0	
	2012	0	0.68	
	2013	0	0	
	2014	1	0.68	
	2015	0	0	
	2016	1	0.68	
	2017	0	0	
	2018	0	0	
	2019	0	0	
<b>Biofloculante</b>	2010	1	0.68	8.84
	2011	0	0	
	2012	0	0	
	2013	1	0.68	
	2014	0	0	
	2015	0	0	
	2016	1	0.68	
	2017	0	2.04	
	2018	0	3.4	
	2019	0	1.36	
<b>TOTAL</b>		<b>119</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Como se puede ver en la Tabla 6, en la base de datos de Web of Science, se encontraron siete tratamientos para la eliminación de aguas contaminadas con plomo en diferentes años del 2010 al 2019. El tratamiento con mayores investigaciones es la remoción, contando en el año 2010 con cinco investigaciones y una tendencia a crecimiento, tanto que en el 2019 tuvo trece investigaciones. No obstante, el tratamiento con menor investigaciones es la Bioacumulación contando solo con un estudio en el año 2012 y otro en 2014, evidenciando menor atavismo de estudio para el tratamiento de aguas contaminadas por plomo.

Seguidamente en la Tabla 7 se observa los diversos tratamientos de aguas contaminadas por plomo de la base de datos de Scopus del año 2010 al 2019, excluyendo el año 2020.

**Tabla 7. Tipos de tratamientos en aguas contaminadas con Pb, según la base de datos Scopus**

Tratamiento	Año	Ocurrencias	% de año	% Total
Remoción	2010	4	2.50	36.86
	2011	13	8.12	
	2012	2	1.25	
	2013	5	3.12	
	2014	2	1.25	
	2015	10	6.25	
	2016	4	2.5	
	2017	7	4.37	
	2018	4	2.5	
	2019	8	5	
Tratamiento biológico	2010	0	0	10.6
	2011	1	0.62	
	2012	3	1.87	
	2013	3	1.87	
	2014	0	0	
	2015	1	0.62	
	2016	4	2.5	
	2017	1	0.62	
	2018	0	0	
	2019	4	2.5	
Biosorción	2010	1	0.62	9.97
	2011	2	1.25	
	2012	2	1.25	
	2013	0	0	
	2014	1	0.62	
	2015	1	0.62	
	2016	3	1.87	
	2017	2	1.25	
	2018	1	0.62	
	2019	3	1.87	
Absorción	2010	0	0	9.36
	2011	4	2.5	
	2012	1	0.62	
	2013	2	1.25	
	2014	0	0	
	2015	1	0.62	
	2016	0	0	
	2017	1	0.62	
	2018	6	3.75	
	2019	0	0	
Biodegradación	2010	3	1.87	9.35
	2011	1	0.62	
	2012	5	3.12	
	2013	0	0	
	2014	2	1.25	
	2015	0	0	
	2016	1	0.62	
	2017	0	0	
	2018	3	1.87	
	2019	0	0	



<b>Bioacumulación</b>	2010	0	0	11.85
	2011	2	1.25	
	2012	3	1.87	
	2013	1	0.62	
	2014	2	1.25	
	2015	0	0	
	2016	5	3.12	
	2017	1	0.62	
	2018	5	3.12	
	2019	0	0	
<b>Biofloculante</b>	2010	2	1.25	11.87
	2011	0	0	
	2012	6	3.75	
	2013	0	0	
	2014	3	1.87	
	2015	0	0	
	2016	2	1.25	
	2017	0	0	
	2018	2	1.25	
	2019	4	2.5	
<b>TOTAL</b>		<b>160</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Como se puede ver en la Tabla 7 la base de datos de Scopus se contó con siete tratamientos aplicando microorganismos para aguas contaminadas con plomo. El tratamiento de remoción cuenta con mayores artículos científicos contando una tendencia en alza de investigaciones desde el año 2010, llegando al 2019 hasta con ocho investigaciones.

En la Tabla 8 en la base de datos de Web of Science se muestra los tipos de tratamientos aplicando microorganismos en aguas contaminadas por cadmio teniendo siete tratamientos más resaltantes; remoción, tratamiento biológico, biosorción, biodegradación, adsorción, bioacumulación, biofloculante del año 2010 al 2019 y excluyendo el año 2020 ya que no cuenta con un total de investigaciones científicas.

**Tabla 8. Tipos de tratamientos en aguas contaminadas con Cd, según la base de datos Web of Science**

Tratamiento	Año	Ocurrencias	% de año	% Total
<b>Remoción</b>	2010	2	3.50	28.01
	2011	2	3.50	
	2012	2	3.50	
	2013	2	3.50	
	2014	1	1.75	
	2015	1	1.75	
	2016	3	5.26	
	2017	2	3.5	
	2018	0	0	
	2019	1	1.75	
<b>Tratamiento biológico</b>	2010	0	0	17.5
	2011	1	1.75	

	2012	2	3.50	
	2013	2	3.50	
	2014	0	0	
	2015	2	3.5	
	2016	0	0	
	2017	2	3.5	
	2018	0	0	
	2019	1	1.75	
<b>Biosorción</b>	2010	0	0	12.25
	2011	0	0	
	2012	0	0	
	2013	0	0	
	2014	1	1.75	
	2015	1	1.75	
	2016	1	1.75	
	2017	2	3.5	
	2018	1	1.75	
	2019	1	1.75	
<b>Absorción</b>	2010	0	0	10.5
	2011	0	0	
	2012	1	1.75	
	2013	1	1.75	
	2014	1	1.75	
	2015	1	1.75	
	2016	0	0	
	2017	1	1.75	
	2018	1	1.75	
	2019	0	0	
<b>Biodegradación</b>	2010	1	1.75	15.76
	2011	0	0	
	2012	1	1.75	
	2013	0	0	
	2014	0	0	
	2015	1	1.75	
	2016	0	0	
	2017	2	3.5	
	2018	1	1.75	
	2019	3	5.26	
<b>Bioacumulación</b>	2010	1	1.75	12.25
	2011	0	0	
	2012	1	1.75	
	2013	1	1.75	
	2014	1	1.75	
	2015	1	1.75	
	2016	0	0	
	2017	0	0	
	2018	1	1.75	
	2019	1	1.75	
<b>Biofloculante</b>	2010	0	0	3.5
	2011	0	0	
	2012	0	0	
	2013	0	0	
	2014	0	0	
	2015	1	1.75	
	2016	1	1.75	
	2017	0	0	
	2018	0	0	
	2019	0	0	
<b>TOTAL</b>		<b>57</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

Se observa en la Tabla 8 el tratamiento con mayores investigaciones se encuentra en tratamiento biológico en el año 2017 con ocho investigaciones y en segundo lugar la remoción con siete investigaciones en el año 2018. El tratamiento con menos investigaciones, es bioacumulación contando con una investigación en el año 2012 al 2015.

A continuación, en la Tabla 9 se muestra los diversos tratamientos de la base de datos de Scopus aplicando diferentes microorganismos para aguas contaminadas con cadmio contando, siendo así los siete tratamientos mas resaltantes de las investigaciones.

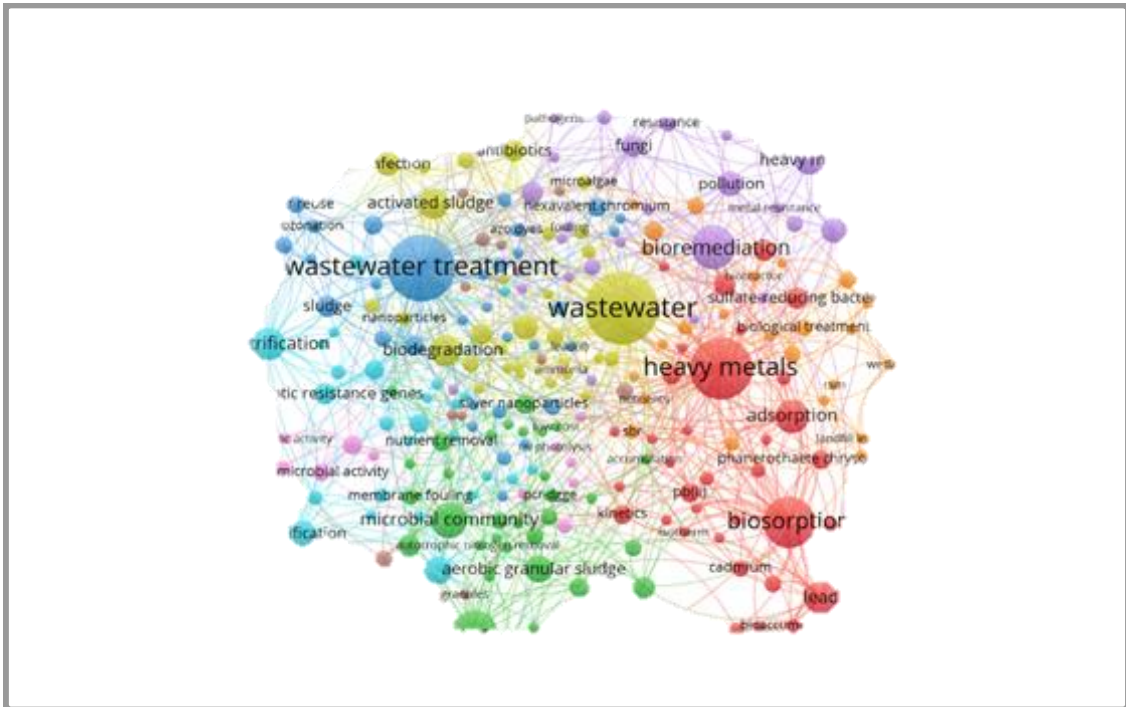
**Tabla 9. Tipos de tratamientos en aguas contaminadas con Cd, según la base de datos Scopus**

Tratamiento	Año	Ocurrencias	% de año	% Total
Remoción	2010	6	4.08	61.2
	2011	12	8.16	
	2012	2	1.36	
	2013	10	6.8	
	2014	4	2.72	
	2015	11	7.48	
	2016	10	6.8	
	2017	16	10.88	
	2018	7	4.76	
	2019	12	8.16	
Tratamiento biológico	2010	0	0	6.12
	2011	1	0.68	
	2012	0	0	
	2013	2	1.36	
	2014	0	0	
	2015	1	0.68	
	2016	0	0	
	2017	1	0.68	
	2018	3	2.04	
	2019	1	0.68	
Biosorción	2010	0	0	14.96
	2011	3	2.04	
	2012	2	1.36	
	2013	2	1.36	
	2014	1	0.68	
	2015	5	3.4	
	2016	3	2.04	
	2017	2	1.36	
	2018	2	1.36	
	2019	2	1.36	
Absorción	2010	0	0	4.08
	2011	1	0.68	
	2012	0	0	
	2013	0	0	
	2014	1	0.68	
	2015	1	0.68	

	2016	1	0.68	
	2017	0	0	
	2018	0	0	
	2019	2	1.36	
<b>Biodegradación</b>	2010	3	2.04	6.12
	2011	0	0	
	2012	0	0	
	2013	1	0.68	
	2014	0	0	
	2015	3	2.04	
	2016	0	0	
	2017	2	1.36	
	2018	0	0	
	2019	0	0	
<b>Bioacumulación</b>	2010	0	0	3.4
	2011	2	1.36	
	2012	0	0	
	2013	1	0.68	
	2014	0	0	
	2015	2	1.36	
	2016	0	0	
	2017	0	0	
	2018	0	0	
	2019	0	0	
<b>Biofloculante</b>	2010	1	0.68	2.72
	2011	0	0	
	2012	1	0.68	
	2013	0	0	
	2014	1	0.68	
	2015	0	0	
	2016	1	0.68	
	2017	0	0	
	2018	0	0	
	2019	2	0	
<b>TOTAL</b>		<b>147</b>	<b>100</b>	<b>100</b>

En la Tabla 9 se expone los tratamientos de remoción, biodegradación y adsorción, en siete investigaciones en el año 2011, 2014 y 2016 y en el año 2019 el tratamiento de remoción cuenta con ocho investigaciones. El tratamiento de biofloculante contando con menos artículos científicos en la base de datos Scopus para la eliminación de aguas contaminadas con cadmio

Analizando las palabras claves más ocurrentes relacionado a las investigaciones de Scopus y Web of Science, la principal dentro del campo de estudios es el proceso de la biosorción que realiza todo microorganismos para absorber los metales pesados, aunque destaca también por su alto volumen el proceso de la adsorción, remoción y, en menor medida, el tratamiento biológico, tal como se muestra en la Figura 21



**Figura 21. Visualización de la producción científica procedencia al tratamiento según las bases de datos**

Por medio del uso de la herramienta Vosviewer se da a conocer las palabras más representativas de la temática relacionada a los procesos de microorganismos como se muestra en la Figura 25.

Por ello, en relación a las bases de datos, se menciona los procesos que tratan las aguas contaminadas con plomo y cadmio, que resaltan como hongos y bacterias, y se hace mención de las investigaciones más recopiladas del Web of Science y Scopus.

## V. DISCUSIÓN

En la presente investigación se realizó un análisis bibliométrico sobre los tipos de microorganismos aplicados en los tratamientos de aguas contaminadas por plomo y cadmio, de acuerdo a Marín-castro et al. (2015), en su investigación evaluaron la capacidad de tres cepas de *Pleurotus ostreatus*, para retener la concentración de plomo y cadmio durante el proceso de biosorción en laboratorio, dando como resultado la absorción de plomo en un promedio del 90 % de la concentración de la solución y de cromo de 30%, 12% y 20%, una desorción con las tres cepas del hongo. También Sari et al. (2019) investigaron el tratamiento en dos etapas para decolorar el color negro que contenía las aguas residuales utilizando la coagulación y floculación química de la biomasa de *Pleurotus ostreatus*, dando como resultado que decoloraba el 85% del licor negro coagulado en 10 días de incubación y reducía con un mayor porcentaje en la demanda química de Oxígeno de un 90,77%. De igual manera Kocaoba y Arisoy (2018), en su investigación utilizó el *Pleurotus ostreatus* cargada en bentonita natural para la preconcentración de Cd (II) y Pb (II) en soluciones acuosas, y sus resultados fueron 0,2 g del absorbente con un pH óptimo de 5 para todos los metales, el caudal 2,5mL/minforallmetaliones dando con una eliminación de 95% de estos metales.

En la cadena de búsqueda se utilizó el criterio de inclusión con respecto a los metales como el cadmio y plomo. Scopus brinda una muestra más específica con una mayor detección de citas en los documentos, para obtener un análisis se utilizó dos bases de datos: Scopus y Web of Science, como fuentes de datos bibliográficos más relevantes. De igual manera, se hizo una discusión de fuentes de datos, sobre aguas contaminadas con plomo, cadmio y ambos metales. Scopus cuenta con un total de 380 investigaciones, de las cuales 147 investigaciones utilizan métodos para aguas contaminadas con cadmio, 160 investigaciones para aguas contaminada con plomo y 163 investigaciones para ambos metales que se encuentra en los efluentes y Web of Science cuenta con 57 investigaciones de efluentes con cadmio, 119 investigaciones para efluentes con plomo y 51 investigaciones para ambos metales (plomo y cadmio). Dicho esto, se evidencia que Scopus cuenta con un mayor porcentaje de investigaciones, tanto para cadmio, plomo y ambos metales en la cadena de búsqueda.

De acuerdo a las 20 investigaciones representativas, se verifica que las características de las condiciones operacionales, brindan una gran variedad de condiciones para el tratamiento de aguas contaminadas, analizando el nivel de pH, temperatura, concentración, así como el tiempo del microorganismo aplicado a la propagación de la muestra, con sus diferentes concentraciones tanto para plomo y cadmio u otros metales. De lo mencionado, se puede deducir que estos microorganismos brindan un proceso biotecnológico que logra hasta un 99.5% de eficacia en diversos tratamientos para contrarrestar este tipo de metales pesados en las aguas contaminadas (Li et al. 2017).

Se analizó estudios de tratamientos con diferentes concentraciones de plomo y cadmio, mostrando que la mayoría de las investigaciones centran sus resultados en hongos y bacterias para los tratamientos en los efluentes, en función de las condiciones operacionales de cada microorganismo. Se puede indicar que los microorganismos se desarrollan de una forma adecuada para realizar los diferentes tratamientos como adsorción, remoción, biorremediación, detoxificación, bioacumulación y filtración de aguas contaminadas. La investigación de Pan et al. (2010) utilizó 100 mg/L de plomo y 100 mg/L de cadmio con una temperatura de 25°C y un nivel de pH 5 y un tiempo de 120 min aplicando el microorganismo *Tremella Fuciformis*, a través del proceso de bioadsorción y remoción para el tratamiento de los metales, estudio que fue realizado en China, brindando con un porcentaje de eficiencia para plomo con 97.8% y cadmio 91.1%, obteniendo que el hongo se propaga de una forma más eficiente en el plomo.

En cuanto a las metodologías utilizadas para el análisis bibliométrico, cuenta con un método científico ampliamente aceptado y utilizado a nivel mundial y que contiene técnicas temáticas y estadísticas para evaluar la producción científica (Cabeza et al. 2020). Para el proceso de investigación se utilizó, principalmente, la base de datos Scopus, debido a que contiene mayores publicaciones relacionadas a la ingeniería; en cambio Web of Science cuenta con un rango de publicación en base a medicina, biología, ciencia social (Guo et al. 2020). Por otro lado, la recolección de los datos se realizó del año 2010 al 2020, con las publicaciones científicas, reforzando así el hecho de que Scopus tiene mayores publicaciones entre los años mencionados con 380 investigaciones.

En relación a la investigación los principales hallazgos en el desarrollo tecnológico es el uso de las bacterias en aguas contaminadas con plomo y cadmio se ha visto relacionado la biotecnología. De acuerdo a los principales resultados del análisis bibliométrico, es posible notar que los países con mayor comercialización de tecnología son también los que publican artículos más generales, destacando frente a país menos desarrollados. En esa línea, resulta que China en ambas revistas de Scopus y Web of Science logra sobresalir con 119 publicaciones en la primera plataforma, y de 79 publicaciones en la segunda, pudiendo apreciar una diferencia de aproximadamente 40 publicaciones (Cabeza et al. 2020).

En cuanto al análisis de tipos de tratamientos, se tiene una frecuencia de palabras claves que describe los medios de tratamientos más directos y efectivos con el contenido central del tema específico, por medio de este documento se realizó las redes de coocurrencias, describiendo los principales dominios de la investigación analizada (Guo et al. 2020). Es por ello, que en la base de datos Scopus y Web of Science, los tratamientos más representativos son biosorción (37%) y adsorción (29%), es decir, la sorción de iones de los metales pesados que se bioacumula en un microorganismo por medio de una solución acuosa y realizando un efecto en la concentración. Las palabras claves con menor porcentaje son remoción (7%), biodegradación (7%), bioacumulación (6%), biofloculante (3%) y tratamiento biológico (3%), aunque todos los tratamientos mencionados son aplicados para un proceso biotecnológico que realizan los hongos y bacterias para tratar las aguas contaminadas con plomo y cadmio.

Se evidenció una diversidad de tratamientos biotecnológicos, confirmando el control de las aguas contaminadas con plomo y cadmio, como indica Negm et al. (2018) el tratamiento de absorción es realizado por *Cystoseira compressa*, *Agaricus campestris*, *Sargassum vulgare* y *Turbinaria* en la que destaca eliminando el plomo en un 98%, las algas marrones *Sargassum vulgare*, que cumple un papel importante en eliminar los iones metálicos por el medio del incremento del pH en aguas residuales. Por otro lado, Dai et al. (2019) utilizaron la bacteria *Rhizopus cohnii*, que eliminó al cadmio en un 80% por medio de dos tratamientos adsorción y bioacumulación en condiciones muy ácidas. Esto nos indica que diferentes microorganismos cumplen la función de eliminar los



metales pesados por medio de la dosis de biomasa que realizaron directamente en las aguas residuales.

Se puede verificar la variedad de tipos de microorganismos como algas, bacterias y hongos. De acuerdo al estudio, se verifica el hongo *Pleurotus ostreatus*, es utilizado de forma frecuente para el tratamiento de aguas contaminadas, con cadmio y plomo, ya que cuentan con una gran capacidad de remover y absorber metales que se encuentran en aguas residuales.

Para las bases de datos de Web of Science y Scopus el tipo de documento que sobresale con más publicaciones encontradas son los artículos, que se distribuyen entre 202 investigaciones, representando el 88% y para Scopus, también son los artículos científicos con 337 investigaciones representando un 88%. Lameda et al. (2015) define el artículo como un informe escrito que comunica por primera vez los resultados de una investigación, dando una reseña del tipo de investigación que se lleva a cabo y los procedimientos empleados.

Se verifica las diferentes fuentes de datos bibliográficos para realizar la comparación, seleccionando un número limitado de tipos de documentos citados y luego se analiza la superposición entre las diferentes fuentes de datos en términos de documentos, en el caso de WoS, la revista con mayor publicaciones es Water research, contando con 40 investigaciones que analizan con mayor síntesis los microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas; mientras que en la base de datos de Scopus, la revista con mayores publicaciones es Enviromental management, contando con 36 investigaciones, por lo que WoS cuenta con mayor porcentaje de revistas en relación al tema.

## VI. CONCLUSIONES

El análisis bibliométrico mostró que los microorganismos son eficientes para el tratamiento de aguas contaminadas con Cd y Pb. Los tipos de microorganismos más utilizados, de acuerdo a las publicaciones de Scopus y Web of Science, es el *Pleurotus ostreatus* (hongo) y *Bacillus atrophaeus* (bacteria), con un 95% de eficiencia.

- La base de datos Scopus representa una fuente de datos más completa en cuanto a publicaciones sobre el uso de microorganismos para el tratamiento de aguas contaminadas por cadmio y plomo. De esta manera, Scopus representa un 63% de las publicaciones totales, superando a WoS, el cual representa tan solo el 37%. Cabe mencionar que, si bien Scopus cuenta con una base más amplia en casi todas las áreas, en lo que respecta a ciencias químicas e ingeniería química, WoS cuenta con una mayor cantidad de investigaciones referentes a estas materias.
- Existen evidencias suficientes en las investigaciones, demostrando que los microorganismos logran altos porcentajes de remoción de plomo y cadmio, alcanzando eficiencias del 98%.
- Se identificaron 607 investigaciones sobre la aplicación de microorganismos para los diversos tratamientos en aguas contaminadas, las cuales fueron publicadas en el periodo enero de 2010 a septiembre de 2020. Estas investigaciones fueron desarrolladas en cinco países: China, Estados Unidos, India, España y Canadá.
- Web of Science posee las principales revistas con mayor contenido de publicaciones científicas, como Water Research, con 40 investigaciones en el campo científico; mientras que Scopus, posee como principal revista a Environmental Management con un total de 36 investigaciones científicas.
- La aplicación de los diversos microorganismos, viene a ser una alternativa viable para los diversos tratamientos de metales pesados como plomo, cadmio, entre otros. Esta técnica mostró porcentajes de remoción superiores al 90% en las investigaciones seleccionadas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- Realizar un análisis bibliométrico más amplio, considerando diferentes bases de datos.
- Realizar un análisis bibliométrico sobre el uso de diferentes microorganismos como hongos, bacterias, algas, plantas para obtener una mayor evidencia científica en cuanto a los diversos tratamientos de metales pesados en aguas contaminadas.
- Revisar investigaciones que utilizaron microorganismos para reducir o remover otro tipo de metales pesados (cromo, cobre, zinc, arsénico, mercurio, níquel, etc) a partir de efluentes industriales.
- Analizar los diversos métodos de tratamientos biotecnológicos que realizan la absorción de metales pesados en aguas contaminadas.

## REFERENCIAS

ABDULLAH, N et al. Recent trends of heavy metal removal from water/wastewater by membrane technologies. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, vol. 76, pp. 17-38, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.03.029>

AHEMAD, M. Remediation of metalliferous soils through the heavy metal resistant plant growth promoting bacteria: Paradigms and prospects. *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 12, n° 7, pp. 1365-1377, 2019. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.arabjc.2014.11.020>.

ALOTHMAN, Z et al. Low cost biosorbents from fungi for heavy metals removal from wastewater. *Separation Science and Technology*, vol. 0, n°. 00, pp. 1-10, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1608242>.

ANAWAR, H et al. Synthesis of biosorbents from natural/agricultural biomass wastes and sustainable green technology for treatment of nanoparticle metals in municipal and industrial wastewater, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814673-6.00004-8>.

BELTRÁN, T et al. Influencia de microorganismos eficaces sobre la calidad de agua y lodo residual, planta de tratamiento de Jauja. Universidad Nacional del Centro del Perú, pp. 206, 2016. Disponible en: [http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCPC/3461/Beltran\\_Beltran-Campos\\_Rivero.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCPC/3461/Beltran_Beltran-Campos_Rivero.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

BENHACINE, F et al. Behaviours of poly ( $\epsilon$ -caprolactone)/silver - montmorillonite nanocomposite in membrane ultrafiltration for wastewater treatment. *Environmental Technology*, vol. 0, n°. 0, pp. 1-34, 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/09593330.2018.1555283>.

BHAT, S et al. Effect of heavy metals on the performance and bacterial profiles of activated sludge in a semi-continuous reactor. *Chemosphere*, vol. 241, pp. 125035, 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.125035>.

BHATERIA, R et al. Optimization and statistical modelling of cadmium biosorption process in aqueous medium by *Aspergillus niger* using response surface

methodology and principal component analysis. *Ecological Engineering*. vol. 135, pp. 127-138, 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2019.05.010>.

BRUNEEL, O et al. Role of microorganisms in rehabilitation of mining sites , focus on Sub Saharan African countries. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 205, pp. 106327, 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2019.06.009>.

CABEZA, L et al. Research trends and perspectives of thermal management of electric batteries: Bibliometric analysis. *Journal of Energy Storage*, vol. 32, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101976>.

CORRAL-BOBADILLA, M et al. Bioremediation of waste water to remove heavy metals using the spent mushroom substrate of *Agaricus bisporus*. *Water (Switzerland)*, vol. 11, no. 3, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w11030454>.

DA ROCHA FERREIRA, G et al. Biosorption of hexavalent chromium by *Pleurotus ostreatus*. *Heliyon*, vol. 5, no. 3, pp, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e01450>.

DAI, M et al. Diversity evolution of functional bacteria and resistance genes (*CzcA*) in aerobic activated sludge under Cd(II) stress. *Journal of Environmental Management*, vol. 250, pp. 109519, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.109519>.

DÍAZ DE LEÓN, N. Población y muestra. *Técnicas de investigación cualitativas y cuantitativas FAD UAEMex*, pp. 1-134, 2015.

DIAZ, M et al. Metal Removal from Contaminated Soils Through Bioleaching with Oxidizing Bacteria and Rhamnolipid Biosurfactants. pp. 16-29, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15320383.2014.907239>.

ESCORCIA, T. El análisis bibliométrico como herramienta para el seguimiento de publicaciones científicas, tesis y trabajos de grado. pp. 1-61, 2018.

ESPINOZA-PORTILLA, E et al. Bibliometric analysis of Peruvian publications on antimicrobial resistance in Scopus database (1992-2017). *Revista Horizonte Médico de la Facultad de Medicina Humana de la Universidad de San Martín de Porres, Lima-Perú.*, vol. 18, pp. 75-80, 2019.

ESPINOZA, E. Universo, muestra y muestreo, 2016 Disponible en: <http://www.bvs.hn/Honduras/UICFCM/SaludMental/UNIVERSO.MUESTRA.Y.MUESTREO.pdf>.

GUO, Y. A bibliometric analysis and visualization of blockchain. Future Generation Computer Systems, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.10.023>.

GUPTA, D. Fabrication of biobeads expressing heavy metal-binding protein for removal of heavy metal from wastewater. Applied Microbiology and Biotechnology, vol. 103, no. 13, pp. 5411-5420. 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09852-6>.

GUPTA, V. Bioadsorbents for remediation of heavy metals : Current status and their future prospects. , vol. 20, no. 1, pp. 1-18, 2015.

HAMAD, M. Comparative study on the performance of *Typha latifolia* and *Cyperus Papyrus* on the removal of heavy metals and enteric bacteria from wastewater by surface constructed wetlands. Chemosphere, vol. 260, pp. 127551, 2020.

Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127551>.

HERNÁNDEZ, R. Metodología de la investigación. 2016

HUANG, Z. Alleviation of heavy metal and silver nanoparticle toxicity and enhancement of their removal by hydrogen sulfide in *Phanerochaete chrysosporium*. Chemosphere, vol. 224, pp. 554-561, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.190>.

KHADIM, H. Biomineralization based remediation of cadmium and nickel contaminated wastewater by ureolytic bacteria isolated from barn horses soil. Environmental Technology and Innovation, vol. 14, pp. 100315, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.eti.2019.100315>.

KHAN, Z. Resistance and uptake of cadmium by yeast, *Pichia hampshirensis* 4Aer, isolated from industrial effluent and its potential use in decontamination of wastewater. Chemosphere, vol. 159, pp. 32-43, 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.05.076>.

KOCAOBA, S et al. Biosorption of cadmium ( II ) and lead ( II ) from aqueous solutions using *Pleurotus ostreatus* immobilized on bentonite. *Separation Science and Technology*, vol. 53, no. 11, pp. 1703-1710, 2018. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/01496395.2018.1442477>.

KUMAR, V. et al. Hexavalent chromium reduction ability and bioremediation potential of *Aspergillus flavus* CR500 isolated from electroplating wastewater. *Chemosphere*, vol. 237, pp. 124567, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124567>.

LAMEDA, C. Importance of publishing scientific articles from the perspectives of the individual, organizations, and society. *Circulation*, vol. 5, no. 6, pp. 1398-1400, 2015. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5329319.pdf>.

LI, X et al. Removal of cadmium and zinc from contaminated wastewater using *Rhodobacter sphaeroides*. *Water Science and Technology*, vol. 75, no. 11, pp. 2489-2498, 2017. Disponible en: <https://doi.org/10.2166/wst.2016.608>.

LIAO, Q. Simultaneous adsorption of As(III), Cd(II) and Pb(II) by hybrid bio-nanocomposites of nano hydroxy ferric phosphate and hydroxy ferric sulfate particles coating on *Aspergillus niger*. *Chemosphere*, vol. 223, pp. 551-559, 2019. Disponible en: [c10.1016/j.chemosphere.2019.02.070](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.02.070).

LIN, D et al. The research progress in mechanism and influence of biosorption between lactic acid bacteria and Pb(II): A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, vol. 59, no. 3, pp. 395-410, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10408398.2017.1374241>.

MAHMOUD, M et al. A novel cellulose-dioctyl phthate-baker's yeast biosorbent for removal of Co(II), Cu(II), Cd(II), Hg(II) and Pb(II). *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, vol. 50, no. 10, pp. 1072-1081, 2015. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10934529.2015.1038184>.

MARÍN-CASTRO, M et al. Isotermas de adsorción de Pb y Cr por la biomasa de tres cepas del hongo de la pudrición blanca *Pleurotus* spp. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, vol. 2, no. 5, pp. 35:45, 2015.

MAYTA, S et al. Tratamiento biológico del cromo (IV) con *Pseudomonas Putida* en un biorreactor airlift de tubos concéntricos. Universidad Nacional del Centro del Perú. 2015. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijresmar.2010.02.004%0A>

MONDAL, M et al. A wastewater bacterium *Bacillus* sp. KUJM2 acts as an agent for remediation of potentially toxic elements and promoter of plant (*Lens culinaris*) growth. *Chemosphere*, vol. 232, pp. 439-452, 2019. Disponible en: [c10.1016/j.chemosphere.2019.05.156](http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.05.156).

MORALES-FONSECA, D et al. Desarrollo de un bioadsorbente laminar con *Phanerochaete chrysosporium* hipertolerante al cadmio, al níquel y al plomo para el tratamiento de aguas. *Revista Iberoamericana de Micología*, vol. 27, no. 3, pp. 111-118, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.riam.2010.02.002>.

NEGM, N et al. Feasibility of metal adsorption using brown algae and fungi: Effect of biosorbents structure on adsorption isotherm and kinetics. *Journal of Molecular Liquids*, vol. 264, pp. 292-305, 2018. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2018.05.027>.

OYETIBO, G et al. Equilibrium studies of cadmium biosorption by presumed non-viable bacterial strains isolated from polluted sites. *International Biodeterioration and Biodegradation*, vol. 91, pp. 37-44, 2014. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.03.004>.

PAN, R et al. Biosorption of Cd, Cu, Pb, and Zn from aqueous solutions by the fruiting bodies of jelly fungi (*Tremella fuciformis* and *Auricularia polytricha*). *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol. 88, no. 4, pp. 997-1005, 2010. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00253-010-2821-y>.

RAVINDRAN, A et al. Revealing the Efficacy of Thermostable Biosurfactant in Heavy Metal Bioremediation and Surface Treatment in Vegetables. *Frontiers in Microbiology*, vol. 11, pp. 1-11, 2020. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3389/fmicb.2020.00222>.

REN, G et al. Characteristics of *Bacillus* sp. PZ-1 and its biosorption to Pb(II). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 117, pp. 141-148, 2015. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.03.033>.



REYES, Y et al. Heavy metals contamination: implications for health and food safety. *The Indian Journal of Pediatrics*, vol. 24, no. 1, pp. 14, 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02796157>.

ROMANI, F et al. Bibliometric studies as research in Biomedical sciences: an approach for the undergraduate degree. , vol. 16, pp. 52-62, 2011.

SAENZ, L. Evaluación de un método para la remoción de mercurio y plomo con; *pseudomona aeruginosa* inmovilizada sobre carbón activado granular en tres muestras de agua del río magdalena. 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/BF02796157>.

SANCHEZ, H et al. Manual de términos en investigación científica, tecnológica y humanística. S.n. 2018.

SARI, A et al. Bioethanol Mill Wastewater Purification by Combination of Coagulation-Flocculation and Microbial Treatment of *Trametes versicolor* INACC F200. *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 230, no. 9. 2019. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s11270-019-4270-2>.

SI, Z et al. Mechanism and performance of trace metal removal by continuous-flow constructed wetlands coupled with a micro-electric field. *Water Research*, vol. 164, pp. 114937, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.114937>.

SU, Junfeng. Modified PVA (polyvinyl alcohol) biomaterials as carriers for simultaneous removal of nitrate, Cd (II), and Mn (II): performance and microbial community. *Environmental Science and Pollution Research*, vol. 27, no. 22, pp. 28348-28359, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-020-09114-3>.

SU, Jun feng et al. Multifunctional modified polyvinyl alcohol: A powerful biomaterial for enhancing bioreactor performance in nitrate, Mn(II) and Cd(II) removal. *Water Research*, vol. 168, no. li, pp. 115152, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115152>.

SU, Jun feng et al. Simultaneous removal of Cd<sup>2+</sup>, NO<sub>3</sub>-N and hardness by the bacterium *Acinetobacter* sp. CN86 in aerobic conditions. *Bioprocess and*

Biosystems Engineering, vol. 42, no. 8, pp. 1333-1342, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02132-7>.

SU, Jun Feng et al. A new process for simultaneous nitrogen and cadmium(Cd(II)) removal using iron-reducing bacterial immobilization system. Chemical Engineering and Processing - Process Intensification, vol. 144, pp. 107623, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2019.107623>.

SUAREZ, C et al. Isolation of bacteria at different points of Pleurotus ostreatus cultivation and their influence in mycelial growth. Microbiological Research, vol. 234, 2019. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126393>.

SULAYMON, A et al. Equilibrium, kinetic, and thermodynamic biosorption of Pb(II), Cr(III), and Cd(II) ions by dead anaerobic biomass from synthetic wastewater. Environmental Science and Pollution Research, vol. 20, no. 1, pp. 175-187, 2013. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s11356-012-0854-8>.

SUN, Y et al. Efficient removal of heavy metals by synergistic actions of microorganisms and waste molasses. Bioresource Technology, vol. 302, pp. 122797, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.122797>.

TAKAHASHI, K. Remoción de plomo y cadmio presente en el afluyente del río Pativilca, Barranca-Lima por células inmovilizadas de Pseudomonas putida ATCC 49128. Universidad Católica sedes sapientiae. pp. 1-145, 2019. Disponible en: [http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/135/Cueva\\_Mallqui\\_tesis\\_maestría\\_2014.pdf?sequence=5&isAllowed=y](http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/135/Cueva_Mallqui_tesis_maestría_2014.pdf?sequence=5&isAllowed=y).

TOVAR, J. Remoción de cadmio y plomo en agua con carbón activado recubierto en caucho de polisulfuro. Universidad de ciencias aplicadas y ambientales - U.D.C.A., no. June, 2019.

VULLO, D. Microorganismos y metales pesados: una interacción en beneficio del medio ambiente. , vol. 2, pp. 93-104, 2003.

YANG, W. Bioleaching of heavy metals from wastewater sludge with the aim of land application. Chemosphere, vol. 249, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126134>.

YU, G et al. Enhanced Cd<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> removal from heavy metal wastewater in constructed wetlands with resistant microorganisms. *Bioresource Technology*, vol. 316, pp. 123898, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123898>.

ZHANG, W et al. The synthesis of PbS NPs and biosorption of Pb(II) by *Shinella zoogloeoides* PQ7 in aqueous conditions. *Water (Switzerland)*, vol. 12, no. 7, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/w12072065>.

ZHAO, P et al. Capability of *Bacillus Subtilis* to remove Pb<sup>2+</sup> via producing lipopeptides. *Science of the Total Environment*, vol. 730, pp. 138941, 2020. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138941>.

ZHOU, W et al. Bio-removal of cadmium by growing deep-sea bacterium *Pseudoalteromonas* sp. SCSE709-6. , pp. 723-731, 2013. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00792-013-0554-4>.

## ANEXOS

### Anexo 1. Matriz de operacionalización de variable

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO SOBRE EL USO DE MICROORGANISMOS EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS CONTAMINADAS CON PLOMO Y CADMIO.						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	
<b>INDEPENDIENTE</b>	Análisis bibliométrico sobre uso de microorganismos	El uso de microorganismos es un proceso biotecnológico que se realiza con seres vivos que pertenecen a un grupo biológico como los hongos y bacterias en las que cumplen la función de captadores de metales pesados en lugares contaminados (Vullo 2003).	Análisis bibliométrico sobre el uso de microorganismos, primero se tomó en cuenta los métodos de tratamiento aplicando bacterias, hongos y plantas. Después se verifico los números de investigaciones y revistas de Web of Science y Scopus. Luego se analizó el ámbito geográfico de forma internacional, siguiente se evaluó las condiciones operacionales como el pH, temperatura y tiempo por medio de diferentes tratamientos de microorganismos para determinar la concentración.	Métodos de tratamiento	Bacteria	Nominal
					Hongo	
					Planta	
				Número de investigaciones	Investigaciones en WoS	Nominal
					Investigaciones En Scopus	
				Ámbito geográfico	Países	Nominal
				Publicación de revista	WoS	Nominal
Scopus						
Condiciones operacionales	pH	1-14				
	Temperatura	°C				
	Tiempo	min				
<b>DEPENDIENTE</b>	Tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio	Existen variedad de tratamientos para la eliminación de metales pesados mediante el uso de bioadsorbentes en que generan un cambio en las características de los efluentes (Vullo 2003).	Para evaluar el tratamiento de aguas contaminadas de cadmio y plomo se midió su concentración tanto antes como después de la aplicación de cada tratamiento, se evaluó el porcentaje de remoción (%R) de cada metal en aguas contaminadas.	Tipos de tratamiento	tratamiento 1	Nominal
					tratamiento 2	
					tratamiento 3	
					tratamiento 4	
				Porcentaje de tratamiento	Concentración inicial de plomo	mg/L
					Concentración inicial de cadmio	

## Anexo 2. Instrumento de recolección de datos

Ficha 1. Características de las investigaciones en el análisis bibliométrico							
<b>Título:</b>	Análisis bibliométrico sobre el uso de microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio						
<b>Línea de investigación:</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales						
<b>Responsables:</b>	- Guillen Rodriguez Melissa Ingrid - Miranda Rojas Esthefanny Jannela						
<b>Asesor:</b>	Dr. Castañeda Olivera Carlos Alberto						
Base de datos	Título de publicación	Condiciones operacionales	Tipo de microorganismos	Tipo de Tratamiento	Número de investigación	Ámbito geográfico	Referencias

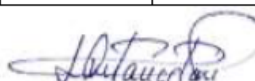
  
 Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera  
 DOCENTE E INVESTIGADOR  
 CIP: 130267  
 RENACYT: P0078275

  
 Sigfredo A. Quimiana Paetán  
 QUIMICO  
 CQP 598

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

Ficha 2. Condiciones operacionales de los microorganismos							
<b>Título:</b>	Análisis bibliométrico sobre el uso de microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio						
<b>Línea de investigación:</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales						
<b>Responsables:</b>	- Guillen Rodriguez Melissa Ingrid - Miranda Rojas Esthefanny Jannela						
<b>Asesor:</b>	Dr. Castañeda Olivera Carlos Alberto						
Temperatura (C°)	pH	Tiempo (min)	Concentración máxima (mg/l)		Porcentaje de eficiencia (%)	Observaciones	Referencias
			Plomo	Cadmio			

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

  
 Sigfredo A. Quimiana Paetán  
 QUIMICO  
 CQP 598

  
 Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

**Ficha 3. Tipo de microorganismos de acuerdo a cada autor aplicado en tratamiento de aguas contaminadas**

<b>Título:</b>	Análisis bibliométrico sobre el uso de microorganismos en el tratamiento de aguas contaminadas con plomo y cadmio					
<b>Línea de investigación:</b>	Calidad y Gestión de los Recursos Naturales					
<b>Responsables:</b>	- Guillen Rodriguez Melissa Ingrid - Miranda Rojas Esthefanny Jannela					
<b>Asesor:</b>	Dr. Castañeda Olivera Carlos Alberto					
<b>Microorganismo 1</b>	<b>Microorganismo 2</b>	<b>Microorganismo 3</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Número de revistas</b>	<b>Año de investigación</b>	<b>Autores</b>


---

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


---

**Sigfredo A. Quinlana Paetán**  
 QUÍMICO  
 CQP 598


---

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

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente/UCV Lima Norte**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las investigaciones en el análisis bibliométrico**  
 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Guillen Rodriguez, Melissa Ingrid/ Miranda Rojas, Esthefanny Jannela**

### 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, 23 de noviembre del 2020

  
 Dr. Eustero Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los microorganismos**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Guillen Rodriguez, Melissa Ingrid/ Miranda Rojas, Esthefanny Jannela**

### 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, 23 de noviembre del 2020

  
 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. ACOSTA SUASNABAR, EUSTERIO HORACIO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Tipo de microorganismos de acuerdo a cada autor aplicado en tratamiento de aguas contaminadas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Guillen Rodriguez, Melissa Ingrid/ Miranda Rojas, Esthefanny Jannela**

### 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, 23 de noviembre del 2020

  
 Dr. Eustasio Horacio Acosta Suasnabar  
 CIP N° 25450

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las investigaciones en el análisis bibliométrico**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Guillen Rodriguez, Melissa Ingrid/ Miranda Rojas, Esthefanny Jannela**

### 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, 23 de noviembre del 2020

  
**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. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente/UCV Lima Norte**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los microorganismos**  
 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Guillen Rodriguez, Melissa Ingrid/ Miranda Rojas, Esthefanny Jannela**

### 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, 23 de noviembre del 2020

  
**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. CASTAÑEDA OLIVERA, CARLOS ALBERTO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Tipo de microorganismos de acuerdo a cada autor aplicado en tratamiento de aguas contaminadas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Guillen Rodriguez, Melissa Ingrid/ Miranda Rojas, Esthefanny Jannela**

### 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, 23 de noviembre del 2020

  
**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. QUINTANA PAETÁN, ALEXANDER SIGFREDO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniero Químico y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de las investigaciones en el análisis bibliométrico**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Guillen Rodriguez, Melissa Ingrid/ Miranda Rojas, Esthefanny Jannela**

### 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:

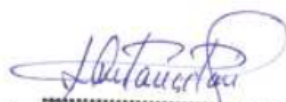
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI
-

### IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95%
-----

Lima, 23 de noviembre del 2020

  
 Sigfredo A. Quintana Paetán  
 QUÍMICO  
 CQP 596

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. QUINTANA PAETÁN, ALEXANDER SIGFREDO**  
 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente/UCV Lima Norte**  
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniero Químico y Ambiental**  
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de los microorganismos**  
 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Guillen Rodriguez, Melissa Ingrid/ Miranda Rojas, Esthefanny Jannela**

### 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:

95%
-----

Lima, 23 de noviembre del 2020

  
**Sigfredo A. Quintana Paetán**  
 QUÍMICO  
 CQP 596

## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Dr. QUINTANA PAETÁN, ALEXANDER SIGFREDO**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Docente/UCV Lima Norte**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniero Químico y Ambiental**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Tipo de microorganismos de acuerdo a cada autor aplicado en tratamiento de aguas contaminadas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Guillen Rodriguez, Melissa Ingried/ Miranda Rojas, Esthefanny Jannela**

### 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:

95%
-----

Lima, 23 de noviembre del 2020

  
 Sigfredo A. Quintana Paetán  
 QUÍMICO  
 CQP 598