

# FACULTAD DE INGENIERÍA



Carrera de Ingeniería Ambiental

“APLICACIÓN DE REMOVEDORES DE METALES PESADOS EN AGUAS DE USO Y CONSUMO HUMANO. UNA REVISION SISTEMATICA ENTRE 2009-2019”.

Trabajo de investigación para optar al grado de:

**Bachiller en Ingeniería Ambiental**

**Autor:**

Anticona Saavedra Carlos Fidel

**Asesor:**

Jessica Lujan Rojas

Trujillo - Perú

2020

## DEDICATORIA

A Dios por brindarme la fuerza que cada día necesito para avanzar con cada una de mis metas trazadas, por su bondad y amor. Quiero dedicar este trabajo a mi familia por su apoyo incondicional, especialmente a mi madre, la persona que me alienta en todo para salir adelante cada día, ella es el motor y motivo de mi vida.

A mis padres por haberme guiado para llegar hacer la persona que soy en la actualidad, mucho de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas, valores y con ciertas libertades, que al final de cuentas fueron todas estas cosas las que me forjaron como persona, me motivaron constantemente para alcanzar mis sueños y siempre creyeron en mí.

Gracias padre y madre

## AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios, por guiar mis pasos. A mi madre, quien está cada día conmigo de manera incondicional, gracias por los ánimos y la fuerza brindada todos los días de mi vida. Y gracias a todas las personas que han contribuido con mi formación, les agradezco infinitamente por todo el apoyo brindado en los momentos más difíciles y amistad incondicional.

En primer lugar, agradezco a mis formadores universitarios, profesionales de gran sabiduría quienes se han esforzado por ayudarme a llegar al punto en el que me encuentro ahora.

Este proceso no ha sido sencillo, pero gracias a las ganas de transmitirme sus conocimientos y dedicación que los ha regido, he logrado importantes objetivos como llegar hasta donde estoy en mi conocimiento.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE FIGURAS .....	6
RESUMEN .....	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	9
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA .....	12
CAPÍTULO III. RESULTADOS .....	17
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN .....	28
REFERENCIAS .....	32

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Palabras clave para la búsqueda sistemática.....	13
Tabla 2. Uso de base de datos en la red.....	15
Tabla 3. Matriz de registro de artículos.....	18
Tabla 4. Características de los estudios.....	21
Tabla 5. Inducción de categorías.....	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Flujo de obtención de trabajos científicos y procesos de selección	17
Figura 2. Coincidencia de palabras clave .....	22
Figura 3. Artículos según su país de origen .....	23

## RESUMEN

Esta revisión sistemática describe la elección del removedor más eficiente y eficaz de metales pesados en agua de uso y consumo humano. Se tuvo como objetivo la recopilación de literatura teórica y empírica sobre los removedores de metales pesados en agua de uso y consumo humano. Se realizó la revisión sistemática bajo la estrategia PRIMAS dentro de la metodología, obteniendo la distinta información de bases de datos siendo Scielo el buscador con más artículos encontrados, con 6 artículos seleccionados. Las páginas que sirvieron como base de datos, tenían unos criterios institucionalidad, prestigio académico y parentalidad en los últimos 10 años. Teniendo un total de 98 artículos, los cuales se fueron filtrando hasta tener como resultados 20 artículos científicos que corroboran el análisis a fondo que se realizó. Y cumpliendo con la respuesta a la pregunta de investigación y al objetivo, dando como conclusión que el removedor de metales pesados más eficaz y eficiente es la Kinetic Degradation Fluxion, el cual es un filtro de agua de aleaciones de distintos metales, con el fin de remover partículas solubles basados en estudios extranjeros.

**PALABRAS CLAVES:** AGUA, REMOVEDOR. METALES PESADOS

## **ABSTRACT**

This systematic review describes the choice of the most efficient and effective heavy metal remover in water for human use and consumption. The objective was to compile theoretical and empirical literature on heavy metal removers in water for human use and consumption. The systematic review was carried out under the PRIMAS strategy within the methodology, obtaining the different information from databases, Scielo being the search engine with the most articles found, with 6 selected articles. The pages that served as the database had institutionality, academic prestige and parenting criteria in the last 10 years. Having a total of 98 articles, which were filtered until having as results 20 scientific articles that corroborate the in-depth analysis that was carried out. And complying with the answer to the research question and the objective, concluding that the most effective and efficient heavy metal remover is the Kinetic Degradation Fluxion, which is a water filter of alloys of different metals, in order to remove soluble particles based on foreign studies.

**KEY WORDS:** WATER, REMOVER. HEAVY METALS



## CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

El recurso hídrico viene siendo investigado desde tiempo atrás, ya que se han venido presentando problemas con respecto a la calidad del agua, es decir, se ha venido presentando problemas por contaminación (Flores, Armienta, Micete y Valladares, 2009, p. 87). Desde años pasados hasta el día de hoy, la presencia de contaminación por metales pesados en el agua para uso y consumo humano genera una amenaza para la salud pública. El consumo frecuente de agua contaminada con metales pesados es el generador de enfermedades que afectan principalmente a los órganos humanos como: vejiga, riñones, próstata, hígado y piel (Chávez y Miglio, 2011, p. 308). Se ha venido buscando procesos eficientes y eficaces de remoción para agua contaminada con metales y poder brindar una mejor calidad de vida a las personas (Cuchimaque, Vargas y Ríos, 2013, p. 24); es por ello que la reducción de los niveles de metales pesados en aguas de consumo humano representa uno de los retos ambientales prioritarios a nivel mundial (Zamudio, García, Salinas y Figueroa, 2009 p. 2018)

Los removedores de metales pesados son las herramientas físicas para utilizar las técnicas de la remoción de metales pesados (Cuchimaque, Vargas y Ríos, 2013, p. 25). Las distintas maneras de utilizar los removedores de metales pesados están relacionadas al tipo de contaminante al que serán expuestos, siendo clasificados como convencionales, refiriéndose al uso de técnicas que habitualmente se emplean para la remoción de contaminantes y las no convencionales, aquellas que corresponden a procesos innovadores para la eliminación de metales en aguas con alto índice de contaminación (Caviedes, Muñoz Perdomo Rodríguez y Sandoval, 2015, p. 73). Los removedores de metales pesados suelen ser utilizados en los procesos de oxidación, precipitación, coagulación y ablandamiento con cal, ósmosis inversa, microfiltración, nanofiltración, adsorción, tratamientos biológicos y fitorremediación, electrodiálisis y electrocinética (Cuchimaque Vargas y Ríos, 2013, p. 25).

El agua de uso y consumo humano es aquella que es apta para realizar actividades cotidianas diarias de las personas, motivo por el cual debe mantener un estándar de calidad ambiental (ECA). Cumplir algunas especificaciones generales como el no contar con sustancias tóxicas o nocivas para la salud de los seres vivos, no tener microorganismos patógenos (Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, 2010, p. 23). El agua es el recurso más valioso en todo el globo terráqueo, ya que es esencial para la vida de los seres vivos. Sin embargo, también es el más escaso, es por ello que la población debe

aprender a utilizar el agua de forma racional y no desperdiciarla o contaminándola como muchos lo han venido haciendo (Chulluncuy, 2011, p. 169).

Hoy en día, la contaminación de las aguas por metales pesados tóxicos procedentes de los efluentes industriales es un problema ambiental a nivel mundial sin embargo también es un problema natural, que puede suceder por distintos factores (Rodríguez, M., Flores, S., Rangel, M., y Argotte., 2016), p. 28); por lo que tiene que llevar un previo tratamiento para eliminar por completo algún tipo de contaminante nocivo para la salud, es ahí donde se utiliza los removedores de metales pesados. Los removedores de metales pesados son las herramientas físicas para utilizar las técnicas de la remoción de metales pesados (Cuchimaque, Vargas y Ríos, 2013, p. 26). La finalidad de los removedores metales pesados es eliminar eficazmente partículas solubles de dichos metales y brindar una mejor calidad de agua para el uso y consumo humano, concretamente.

Esta revisión sistemática ha mostrado la relación que existe entre los removedores de metales pesados y el agua de uso y consumo humano, es por ello que el presente estudio busca responder a la pregunta; ¿Qué removedor es el más eficiente y eficaz para disminuir la concentración de metales pesados en agua de uso y consumo humano entre los años 2009-2019? Que ha venido sosteniendo como objetivo conocer el removedor de metales pesados con mayor eficacia y eficiencia en la disminución en agua de uso y consumo humano a partir del análisis de artículos científicos durante los años 2009-2019. Esta revisión sistemática tiene que cumplir algunos requisitos, los cuales serán de gran utilidad a distintos investigadores interesados en el tema de removedores de metales pesados en agua de uso y consumo humano.

El presente trabajo se realizó con el fin de conocer cuál es el mejor removedor de metales pesados, ya que la contaminación por dichos elementos es un problema que viene aquejando a gran parte del mundo y principalmente a lugares rurales, donde la ayuda es escasa, es por ello; que se busca encontrar un buen removedor de metales con ayuda de la revisión sistemática para que en un futuro se pueda aplicar y pueda apoyar al mejoramiento de la calidad del agua para La contaminación antrópica o por origen natural son el punto inicial para la alteración con respecto a los metales pesados solubles, para luego incorporarse finalmente a los ríos, vegetales, animales y alimentos que alteren la sostenibilidad de la cadena trófica, para luego ocasionar potenciales riesgos en la naturaleza y en la sociedad,

debido a que originan serios problemas en la salud humana (Londoño, Londoño y Muñoz, 2016, p. 146).

Por la parte científica, es muy importante realizar la investigación ya que al combinar la contaminación de metales pesados en agua de uso y consumo humano con los removedores de metales correctos, se puede obtener una eficiencia de un mínimo de 95% y hasta un máximo de 99.9% de remoción (Francisca y Pérez, 2014, p. 186). Por otro lado, también se puede encontrar resultados positivos en el trabajo de Cinética y factores influyentes de la eliminación de nitrógeno de nitrato facilitado por hierro a nano escala que se realizó con el Kinetic Degradation Fluxion (KDF) y con variaciones de temperatura, obteniendo una elevada remoción, superando el 50% de remoción y con proyección a aumentar (Yujia y Shoufa, 2017, p. 93).

## **CAPÍTULO II. METODOLOGÍA**

Este trabajo se basó en el método PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) de artículo científicos con el fin de sintetizar la mayor información obtenida en los trabajos de investigación científica, elaborados por organismos expertos en cada uno de sus temas. Teniendo siempre en cuenta que la información tiene que ser actualizada, es decir, puede ser cualquier artículo de revisión y revista que no tengan un tiempo de elaboración menos de diez años. El otro requerimiento que debe de cumplir la información encontrada es sobre la estructura IMRD para así poder ser seleccionadas.

La revisión sistemática tiene como finalidad explorar, escoger y establecer cuál es la bibliografía publicada con mayor notabilidad para dar respuesta a la pregunta de investigación expuesta mediante un proceso sistemático y explícito. La revisión sistemática extrae los resultados de las investigaciones mediante estrategias que restringen el sesgo y el traspié aventurado. Es por ello que el objetivo de la revisión de los textos indagados es averiguar, alcanzar, examinar, inspeccionar y verificar la bibliografía mediante un proceso sistemático y apropiadamente definido, que pueda ser producible con un criterios precisos que acceda a conocer como fueron conseguidos y aclarados los datos (Torres y López, 2014).

### **CRITERIOS DE INCLUSIÓN**

Los criterios de inclusión que se utilizaron fueron algunas características de los estudios buscados como fueron, principalmente que contengan las variables especificadas, que en su mayoría fueron la utilización de las palabras:

Tabla 1

*Palabras clave para la búsqueda sistemática*

<b>PALABRAS CLAVE</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
Removedor	Es una barrera física, química o biológica, a través de la cual el agua pasa relativamente rápido, mientras que otras sustancias no pueden traspasarla o lo hacen a una velocidad menor (Calderón, Quezada, Beltrán y Yañez, 2012).
Agua	El agua es un recurso natural valioso para la supervivencia de los seres humanos y escaso, por lo tanto la población debe utilizarla de forma racional.(Chulluncuy, 2011)
Tratamiento	Tratamiento es la producción de un elemento, que se deben gestionar adecuadamente para su posible reutilización o reciclaje(Chulluncuy, 2011).
Metal pesado	Son los elementos metálicos que tienen más de 5 g por cm <sup>3</sup> o cuando supera por lo general, se encuentran cargados positivamente, por lo que pueden atraer hacia su superficie los compuestos con carga negativa (Acuña, Araya, Romero, 2016).
Contaminación	La contaminación es la alteración del aire, recurso hídrico y suelos de una manera negativa, generando daños que en ocasiones es irreversible(Reyes, Vergara, Torres, Lagos y Jimenez, 2016).

Nota: En esta tabla se muestra las palabras claves y conceptos que se utilizaron para la búsqueda sistemática en las distintas bases de datos.

Fuente: Elaboración propia

Por otro lado, también se trató de realizar búsquedas más específicas, dando un criterio de años de consideración de los artículos científicos y revistas (10 años Max.). También se tomó en cuenta el criterio de idioma de los cuales se verá más adelante. De la misma manera también se tomó en cuenta la estructura de introducción, método, resultados y conclusión (IMRD).

## **RECURSOS INFORMÁTICOS**

Todos los artículos encontrados, se han obtenido de diferentes fuentes, plataformas, base de datos. Por ejemplo: Scielo.org, ScienceDirect, Pro Quest, EBSCO, Redalyc.org, Dialnet, Aula virtual UPN, entre otros organismos y publicaciones en los cuales contenían información sobre contaminación de metales pesados en agua de uso y consumo humano; así como también trabajos que intervenían a una variable, sin embargo, a la otra no. En los buscadores anteriormente mencionados, se encontró un total de 98 artículos con variada información, además, se tuvo que seleccionar la más relevante, que pueda ser un camino para la respuesta de la pregunta de investigación que se está realizando. Los 98 artículos que estaban conformados por artículos y revistas científicos, de los cuales se recolectaron solo 35 trabajos relacionados directamente con el tema que se busca.

## **BÚSQUEDA**

La búsqueda que se realizó en las distintas bases de datos con el fin de obtener información sobre contaminación de metales pesados en agua de uso y consumo humano, esperando encontrar información. Se vino utilizando limitadores, que fue el rango de tiempo, es decir, todos los trabajos de búsqueda tendrán que estar creados entre el año 2009 y el año 2019. Otro limitador también por el que se optó, fue el idioma, que solo fueron a dos idiomas (inglés y español). La utilización de palabras claves y conectores lógicos ("AND", "OR", " $\wedge$ " y " $\vee$ "). fue la fórmula que se empleó para poder filtrar los distintos artículos se especificarán en las siguientes rutas de búsqueda:

Tabla 2

*Uso de base de datos en la red*

<b>BASE DE DATOS</b>	<b>CONECTOR LÓGICO</b>	<b>PALABRAS CLAVE</b>
<b>Scielo.org</b>	OR	"Metales pesados", "Agua", "Contaminación", "Removedor", "Tratamiento"
	AND	
	^	
	∨	
	+	
<b>Redalyc.org</b>	OR	"Metales pesados", "Agua", "Contaminación", "Removedor", "Tratamiento"
	AND	
	^	
	∨	
	+	
<b>EBSCO</b>	OR	"Metales pesados", "Agua", "Contaminación", "Removedor", "Tratamiento"
	AND	
	^	
	∨	
	+	
<b>ScienceDirect</b>	OR	"Metales pesados", "Agua", "Contaminación", "Removedor", "Tratamiento"
	AND	
	^	
	∨	

Nota: En esta tabla se muestra la manera en que se buscó en las distintas bases de datos de artículos y revistas científicas, siempre teniendo en cuenta las palabras claves y los conectores lógicos para poder realizar con mayor exactitud la búsqueda.

Fuente: Elaboración propia

## **DESCARTE E INCLUSION**

Dentro de la base de datos que se encontró en los distintos buscadores de artículos y revistas se pudo evidenciar un total de 98 artículos entre revistas y artículos científicos con referencia al tema de contaminación de metales pesados y agua de uso y consumo humano de las cuales se inició el descarte respectivo para los artículos que no cumplan las limitaciones de búsqueda, es por ello que se fueron descartando. De los 98 artículos totales se descargaron 78 por no cumplir con los criterios de inclusión asignados en la presente revisión sistemática.

## **SELECCIÓN DE DATOS**

Una vez finalizada la selección de artículos, se debe obtener de ellos toda la información atinente a la pregunta de investigación: cuáles fueron los resultados obtenidos, cuál fue el método que se utilizó, cuál fue el removedor más eficaz, etc. Los datos fueron incorporados a un formulario de recolección de datos. El método de extracción de datos fue por medio de filtros en donde se le daba énfasis a los tenía que estar con la estructura IMRD para poder ser seleccionados, a los artículos y revistas que contenían las variables que se buscaban, por otro lado, también se incluyó las instituciones de donde procedían, las cuales tenían que ser universidades e institutos reconocidos en el ámbito de la ingeniería y por ultimo y no menos importante el filtro de los años (Max. 10 años) y el idioma (español e inglés).

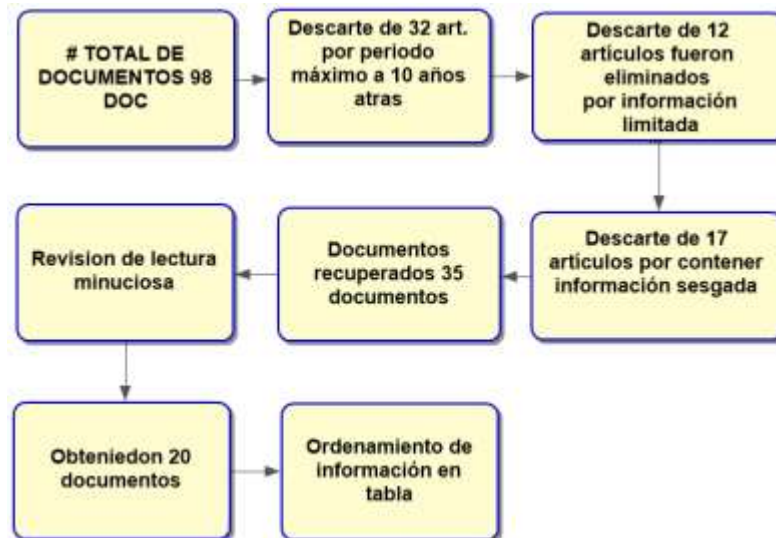


### CAPÍTULO III. RESULTADOS

La manera que se obtuvieron los resultados fue trazándose pequeños objetivos en la metodología, es por ello que, se elaboró la siguiente figura con la finalidad de entender mejor el proceso de selección de trabajos de investigación. Aquí se muestra la forma en que se filtraron los distintos artículos científicos, hasta llegar al resultado final, se inició con 98 artículos, eliminado 32 porque no cumplen el periodo de publicación requerida que tenía como un límite máximo 10 años atrás, para luego pasar por un filtro de información limitada, donde se eliminaron 12 archivos más, para luego dirigirse al filtro información sesgada, donde se eliminaron 17 artículos científicos más. En total quedaron 35 artículos científicos, para luego ser seleccionado con un análisis de mayor profundidad (Lectura minuciosa), obteniendo 20 artículos científicos que sean directamente relacionados con el tema que se está tratando. Cabe mencionar que la mayoría de los trabajos fueron de américa, y en su minoría de Europa y Asia.

Figura 1:

*Diagrama de Flujo de obtención de trabajos científicos y procesos de selección*



Nota: En la figura, se puede evidenciar la manera en que se ha venido trabajando la obtención de resultados y el descarte de cada uno de ellos.

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede apreciar en la siguiente tabla, los artículos científicos seleccionados respondieron a la pregunta y objetivo la investigación. Pasaron por una minuciosa selección, dando como resultado los 20 artículos siguientes donde se muestran los títulos, los autores, las casas de estudio de dónde vienen, la base de datos de donde fueron obtenidos y por el año en donde fueron publicados.

Tabla 3.

*Matriz de registro de artículos*

N°	Base de datos	Universidad	Autor/ Autores	Año	Título de articulo de investigación
1	Redalyc	Universidad de Antioquia de Colombia	Carolina Cuchimaque Lugo <sup>1</sup> , Luz Yolanda Vargas Fiallo <sup>1</sup> , Carlos Alberto Ríos Reyes	2013	Remoción de Fe y Mn en aguas naturales por adsorción-oxidación sobre clinoptilolita
2	EBSCO	Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas, Miranda, Venezuela.	M.Rodríguez, S. Flores, M. Rangel, A. Argotte	2016	Remoción de cobre (II) en sistemas acuosos usando cápsulas de moringa oleífera: influencia del ph.
3	Google Académico	Al-Quds Universit	Eisheh y Shoqier, 2017	2017	Reverse Osmosis Membrane Chlorine Effects Reduction Using Kinetic Degradation Fluxion Media
4	ScienceDirect	Al-Mustaqbal University Colleg	Hasan Shaker Majdia, Mahdi Shanshal Jaafar Y Azher M. Abed	2019	Using KDF material to improve the performance of multi-layers filters in the reduction of chemical and biological pollutants in surface water treatment

5	Pro Quest	Universidad Cooperativa de Colombia.	Martínez, R. I. P., Paredes, J. F. M., & Ordoñez, D. H. P.	2017	Empleo del estropajo común ( <i>Luffa cylindrica</i> ) en la remoción de contaminantes
6	Scielo	Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco,	Erasmus Flores, Aurora Armienta, Silvia Micete Y María R. Valladares	2009	Tratamiento de Agua para Consumo Humano con Alto Contenido de Arsénico: Estudio de un Caso en Zimapán Hidalgo-México
7	Google Académico	Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)	Mireya Ímaz Gispert, María Aurora Armienta Hernández, Enrique Lomnitz Climent Y María Fernanda Torregrosa Flores	2018	Rainwater Harvesting as a Drinking Water Option for Mexico City
8	Dialnet	Asociación de Universidades Grupo Montevideo	Romina Vidoni, Virginia Pacini, Ana María A Ingallinella Graciela Sanguinett	2009	Remoción de arsénico, hierro y manganeso en agua subterránea en planta piloto ubicada en una escuela rural
9	Redalyc	Instituto Mexicano de Tecnología del Agua	César Calderón-Mólgora María Laura Quezada-Jiménez Carlos Hernández-Yañez	2012	Remoción de arsénico mediante procesos de membrana
10	Redalyc	Universidad Tecnológica de Pereira	Luis Fernando Londoño Franco, Paula Tatiana Londoño Muñoz, Fabián Gerardo Muñoz García	2014	Los riesgos de los metales pesados en la salud humana y animal
11	Redalyc	Universidad Nacional de Córdoba	Franco M. Francisca, Magalí Evelín Carro Pérez	2014	Remoción de arsénico en agua mediante procesos de coagulación-floculación
12	Scielo	Universidad Privada Boliviana	Escalera Vásquez	2016	Remoción de arsénico en aguas subterráneas con bajas concentraciones de hierro mediante microfiltros comerciales

13	Scielo	Instituto Tecnológico Metropolitano.	Gil M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutiérrez, O. D.	2012	Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos
14	Scielo	Universidad Autónoma de Baja California	Flérida Mejía-Zamudio, Jesús L. Valenzuela-García, Salvador Aguayo-Salinas Y Diana Meza-Figueroa	2009	Adsorción de arsénico en zeolita natural pretratada con óxidos de magnesio
15	Scielo	Instituto Tecnológico de Costa Rica	Andrea Acuña-Piedra, Andrés Araya-Obando, Luis G. Romero-Esquivel	2016	Selección teórica de adsorbentes potenciales naturales de bajo costo para la remoción de arsénico en el agua de consumo humano en Costa Rica
16	EBSCO	Changchun University of Science	Yujia Song Shoufa Song	2016	Kinetics and influential factors of nanoscale iron-facilitated nitrate nitrogen removal
17	Dialnet	Universidad Cooperativa de Colombia	Diego Ivan Caviedes Rubio, Ramiro Adolfo Muñoz Calderón, Alexandra Perdomo Gualtero, Daniel Rodríguez Acosta, Javier Sandoval	2015	Treatments for Removal of Heavy Metals Commonly Found in Industrial Wastewater. A Review
18	Dialnet	Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia.	Yulieth Reyes, Inés Vergara, Omar Torres, Mercedes Díaz Lagos, Edgar	2016	Contaminación por metales pesados Implicaciones en salud,

Emir González  
Jimenez

ambiente y seguridad  
alimentaria

19	Dialnet	Universidad Nacional Mayor de San Marcos	Nadia Cristina Chulluncuy Camacho	2011	Tratamiento de agua para consumo humano
20	Scielo	Universidad Nacional Agraria La Molina	Mary Luz Chávez Quijada, María Miglio Toledo	2011	Remoción de arsénico por oxidación solar en aguas para consumo humano

Nota: En este cuadro se muestra el resultado de la búsqueda sistemática finalizada, donde se tomó en cuenta los 20 artículos científicos y están ordenados según su fuente de donde fueron encontrados, segundo su lugar de origen que tiene todos y cada uno de ellos, por el nombre de los autores, por el año de publicación y por el título del artículo.

Fuente: Elaboración Propi

En la siguiente tabla se evidencia la característica de los estudios que se trabajaron en la revisión sistemática de la investigación, teniendo en cuenta información de artículos científicos y de revistas, los mismos que se encontraron en un lapso determinado de 10 años.

Tabla 4.

*Características de los estudios*

Tipo de documento	Año de publicación		Revista de Publicación del artículo		F		%	
	F	%	F	%	F	%	F	%
Artículos científicos	90	90	2009	5	5.1	Google Académico	17	17.34
Artículos de revistas	8	10	2010	10	10.2	Redalyc	29	29.6
			2011	12	12.25	Scielo	18	18.4
			2012	8	8.2	ScienceDirect	14	14.3
			2013	3	3	Dialnet	20	20.4

2015	7	7.2
2016	30	30.6
2017	12	12.2
2018	8	8.16
2019	3	3

<b>TOTAL</b>	98	100	<b>TOTAL</b>	98	100	<b>TOTAL</b>	98	100
--------------	----	-----	--------------	----	-----	--------------	----	-----

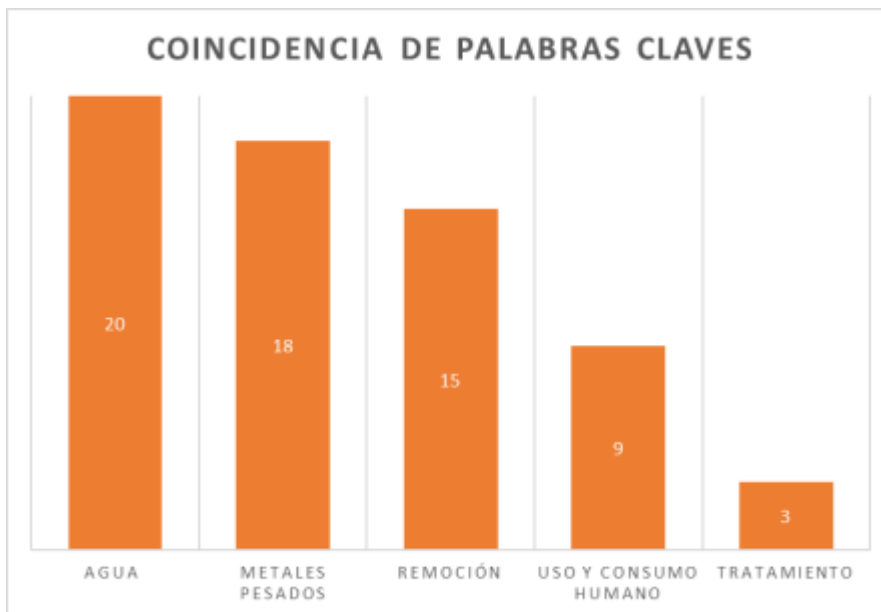
Nota: Aquí se resalta el mayor número los artículos científicos con 90 unidades encontradas y 8 artículos de revistas. Por otro lado, los artículos que se encontraron con la misma característica de años, fueron los artículos publicados en el año 2016 que cuentan con un 30.6 % del total de todos los artículos encontrados.

Fuente: Elaboración Propia

La coincidencia de las palabras clave con respecto a los artículos encontrados, en donde la mayoría está referido a agua, los cuales son los 20 artículos, seguido por metales pesados que está presente en 18 artículos, para luego pasar al término de remoción con 15. Por último, se encuentra los artículos que tienen la referencia de tratamiento, que cuentan hasta con 3 artículos.

Figura 2:

*Coincidencia de palabras clave*



Nota: En la figura se muestra la coincidencia de las palabras encontradas en los distintos artículos seleccionados anteriormente

Fuente: Elaboración Propia

Los artículos encontrados fueron obtenidos de distintos países, sobresaliendo más que todo el país de Colombia y México quienes cuentan con 5 artículos cada uno, para luego sean seguidos por los países de Argentina y Perú, los cuales cuentan con 2 artículos respectivamente. Por último, se hacen presentes los artículos de los países de Bolivia, Costa Rica, China, Venezuela, Palestina e Iraq los cuales cuentan 1 artículo por país.

Figura 3:

*Artículos según su país de origen*



Nota: Artículos científicos ordenados según su país de creación.

Fuente: Elaboración propio.

Analizando las categorías, se seleccionaron 4 para incluirlas en la siguiente tabla, para poder obtener la información de la tabla de inducción de categorías se analizó el contenido encontrado en los artículos científicos y revistas para luego ser sintetizado en la siguiente tabla.

Tabla 5:

*Inducción de categorías*

<b>Categorías</b>	<b>Aportes</b>
Agua para uso y consumo humano	Las fuentes de agua que abastecen a una población pueden proceder de la lluvia, de aguas superficiales o de aguas subterráneas (Acuña, Araya, Romero 2016) El recurso hídrico viene siendo investigado desde tiempo atrás, ya que se han venido presentando problemas con respecto a la calidad del agua, es decir, se ha venido presentando problemas por contaminación (Flores, Armienta, Micete y Valladares 2009).
Metales pesados en agua	En algunos casos, la presencia de metales pesados son la consecuencia de contaminación natural y en otros por contaminación antropogénica causada principalmente por las actividades agrícolas y ganadera. (Flores, Armienta, Micete y Valladares 2009). El consumo frecuente de agua contaminada con metales pesados podría producir cáncer a la vejiga, pulmón, piel, riñón, hígado y próstata. En América Latina, por lo menos cuatro millones de personas beben en forma permanente agua con niveles de algún metal pesado que ponen en riesgo su salud, como la enfermedad del HACRE. El origen natural de los metales pesados en América Latina está relacionado con el volcanismo y la actividad hidrotermal asociada de la cordillera de los Andes que atraviesa de norte a sur muchos países, entre ellos, el Perú (Chávez y Miglio, 2011).
Tratamiento de agua para uso y consumo humano	La complejidad de los procesos que constituyen el tratamiento del agua va a depender de las características del agua superficial que se va a tratar; por este motivo, es necesario preservar la calidad del agua desde la fuente para evitar



no solo costos ecológicos y sociales sino también económicos. (Acuña, Araya, Romero, 2016).

El tratamiento de agua, sobre todo el tratamiento biológico conlleva numerosos requisitos de operación y gestión, incluida una fuente de carbono suficiente. En comparación con el intercambio iónico, la ósmosis inversa y el tratamiento biológico, la reducción química tiene muchas ventajas, como la velocidad de reacción rápida. Además, la reducción química no causa contaminación secundaria, no es difícil de realizar y es adecuada para el tratamiento de áreas pequeñas y distribuidas. Es por eso que el tratamiento de agua es muy complejo, tiene que ser adecuado a las características del agua que se va a tratar, eso se logrará con un buen análisis preliminar para saber caracterizar correctamente el agua (Yujia y Shoufa, 2017).

Los procesos y tecnologías conocidos para el tratamiento del agua son variados y comprenden desde tratamientos en plantas potabilizadoras convencionales y métodos domiciliarios, hasta tecnologías in situ. (Francisca y Pérez 2014).

---

Removedores de  
metales pesados

---

Las propiedades fisicoquímicas de la roca caliza Soyatal localizada en la región de Zimapán Hidalgo, facilitan la adsorción de metales pesados como arsénico cuando se ponen en contacto con el agua contaminada, reduciendo considerablemente las concentraciones de dicho metal en el agua. En el experimento con el que se trabajó con 10 g de roca se alcanzó hasta un 96,50 por ciento de remoción de arsénico. (Flores, Armienta, Micete y Valladares, 2009).

Diferentes tecnologías han sido desarrolladas para la eliminación de metales pesados de sistemas acuáticos, las cuales incluyen precipitación química, intercambio iónico, adsorción, precipitación electroquímica, filtración por membranas, osmosis inversa, extracción por solventes, electrodiálisis, sedimentación, flotación, fitorremediación, electrocoagulación, extracción electrocinética, cimentación, evaporación, dilución, floculación, extracción, y quelación son los métodos correctos para la remoción de metales pesados en su totalidad y algunos otros parámetros. De esta manera se puede realizar el tratamiento correcto de agua para uso y consumo humano La clinoptilolita es la zeolita natural más abundante en la naturaleza con una alta capacidad de intercambio catiónico y una gran afinidad por metales en solución los cuales se incorporan en su estructura cristalina. El uso de esta como medio de alteración es una alternativa efectiva para la disminución de Fe y Mn en el agua natural con una efectividad de 90 % de remoción. (Cuchimaque, Vargas y Ríos, 2013).

Se ha venido utilizado el método Remoción de Arsénico por Oxidación Solar y los resultados mostraron un 98,5% de eficiencia de remoción. Si bien este método es muy efectivo, pero solo resulta eficiente para el metal pesado arsénico. (Chávez y Miglio ,2011)

Los procesos de coagulación floculación son metodologías propias y habituales en plantas potabilizadoras, principalmente para remoción de materia suspendida y clarificación del agua. Con un nivel máximo de remoción de 85% con hipoclorito de sodio de manera tal que la concentración del distinto material suspendido, entre ellos las partículas solubles de metales pesados puedan reducirse en un porcentaje favorable para la mejor calidad de vida de las personas. (Francisca y Pérez, 2014).

El KDF patentado es un compuesto químico que consiste en una aleación de alta pureza de Cu y Zn, generalmente el KDF se usa en un sistema de purificación de agua para uso y consumo humano como en el proceso de perfilador, después de la etapa final de filtración, con el fin de obtener buenos resultados. En los medios KDF el agua pasa a través de un lecho de KDF puro, ya que el agua hace contacto con el KDF, este lecho filtrante tiene una

efectividad muy alta en los distintos metales pesados en los que se encuentre en contacto, solo se tiene que adecuar algunos parámetros para que su actuación sobre el contaminante tenga una mayor efectividad. Es por ello que el KDF es el removedor de metales pesados con mayor eficiencia para utilizarlo en agua de uso y consumo humano con respecto a los artículos de investigación indicados en la presente revisión sistemática (Eisheh y Shoqier, 2017).

Los filtros KDF de cloro libre se usan con mayor frecuencia para obtener agua para uso y consumo humano. Del mismo modo, algunos metales pesados, como el cobre, el plomo, el mercurio y otros, reaccionan para depositarse en la superficie del medio, por lo que se eliminan logrando remover un mínimo de 88 % y un máximo de 98% de efectivamente del suministro de agua (Majdi, Jaafar, Abed 2019).

---

Nota: Categorización de los artículos seleccionados

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta revisión sistemática se vino elaborando a base de la tabla de N°3, que es la matriz de registro de artículos, en donde se encontraron fueron seleccionados los 20 artículos con mayor relevancia, que consiguieron responder a la pregunta de investigación, cumplir el límite de tiempo de creación, la estructura IMRD y por último la integración de las 2 variables que se estaba manejando. En el contenido de la tabla N°3 se muestra todo lo referido a los removedores de metales pesados que se ha venido trabajando durante los últimos 10 años para el uso y consumo humano. Tomando en cuenta lo referido por los autores Torres y López (2014) quienes mencionan que el objetivo fundamental del artículo de revisiones sistemática es identificar y conocer el tema que se está investigado, saber cuáles son los avances más destacados en el periodo de tiempo de 10 años y qué aspectos permanecen desconocidos, que permitan responder a la pregunta de investigación.

En la tabla N°4 se puede encontrar la caracterización de los artículos que fueron el tipo de artículo y el año de publicación dando a conocer que existe un 90% de artículos científicos, de la misma manera, se puede verificar que en el año 2016 se encontró mayor información con un 25 %. Las figuras siguientes muestran la moda que tienen cada una de las palabras clave, en donde "Agua" se presenta en los 20 artículos seleccionados. Por otro lado, la base más usada en la obtención de los artículos fue Scielo con un 30% de artículos extraídos de dicha base de datos. Por último, los artículos obtenidos tienen un mayor porcentaje de procedencia del país de México, con un 25%, teniendo un total de 5 artículos de dicha procedencia.

Los resultados con respecto a la categoría de agua para uso y consumo humano, han permitido conocer el estado que tiene las variables de investigación entre los que destaca a Acuña, Araya, Romero (2016) en Costa Rica quienes aportan que: las fuentes de agua que abastecen a una población pueden proceder de la lluvia, de aguas superficiales o de aguas subterráneas; reforzando las ideas para tener el panorama más claro Flores, Armienta, Micete y Valladares (2009) en México aportan que: el recurso hídrico viene siendo investigado desde tiempo atrás, ya que se han venido presentando problemas con respecto a la calidad del agua; es decir, se ha venido presentando problemas por contaminación. Por eso es importante tener una investigación donde informe cual es un buen removedor de

contaminantes con el fin de reducir la tasa de contaminación por distintos elementos que ponen en riesgo la calidad de vida de las personas.

Por otro lado, la contaminación acuífera se basa en contaminantes específicos, que son los metales pesados, es por ello que Flores, Armienta, Micete y Valladares (2009) en México aportan que: En algunos casos, la presencia de metales pesados son la consecuencia de contaminación natural y en otros por contaminación antropogénica causada principalmente por las actividades agrícolas y ganadera. Donde esta idea es reforzada por los autores Chávez y Miglio (2011) en el país de Perú destacan que el consumo frecuente de agua contaminada con metales pesados podría producir cáncer para luego referirse al origen de los metales pesados en el mundo diciendo que: el origen natural de los metales pesados está relacionado con el volcanismo, sin embargo el origen antrópico de los metales pesados, es generado por la minería, industrias y por las propias personas que botan sus desechos sin saber que son nocivos para las demás personas ya sea de forma directa o indirecta.

Con respecto a la categoría de tratamiento, se ha venido buscando técnicas de descontaminación. Los autores Acuña, Araya y Romero (2016) en Costa Rica quienes aportan que: la complejidad de los procesos que constituyen el tratamiento del agua va a depender de las características del agua superficial que se va a tratar; por este motivo, es necesario preservar la calidad del agua desde la fuente para evitar no solo costos ecológicos y sociales sino también económicos. Apoyando a la idea de los autores mencionados, el autor Vidoni (2009) en el país de Argentina dicen que: los procesos y tecnologías conocidos para el tratamiento del agua son variados y comprenden desde tratamientos en plantas potabilizadoras convencionales y métodos domiciliarios, hasta tecnologías in situ.

En la categoría de removedores de metales pesados, se pudo obtener información de distintos autores. Los autores Majdi, Jaafar, Abed (2019) en el país de Iraq fue El proceso redox KDF ( Kinetic Degradation Fluxion) es el que funciona mediante el intercambio de electrones con elementos contaminantes que son los metales pesados. Esta toma de electrones convierte los contaminantes en componentes inofensivos durante la reacción, los electrones se transfieren entre las moléculas y se crean nuevos elementos. Algunos contaminantes nocivos se transforman en componentes inofensivos. Concordando con lo anterior los autores. Del mismo modo, algunos metales pesados, como el cobre, el plomo, el

mercurio y otros, reaccionan para depositarse en la superficie del medio, por lo que se eliminan logrando remover un mínimo de 88 % y un máximo de 98% de efectivamente del suministro de agua.

De la misma forma, Eisheh y Shoqier (2017) en el país de Palestina afirmando que El KDF patentado es un compuesto químico que consiste en una aleación de alta pureza de Cu y Zn, generalmente el KDF se usa en un sistema de purificación de agua para uso y consumo humano como en el proceso de perfilador, después de la etapa final de filtración, con el fin de obtener buenos resultados. Dando así a conocer que este tipo de removedor es muy eficiente con los metales pesados, pero se tiene que aplicar en condiciones específicas para poder lograr una mejor remoción del contaminante.

Sin embargo, también se encontró otros estudios que estaban a favor de otros removedores. Otro removedor de metales pesados es la que emplea Chávez y Miglio (2011) en el país de Perú donde se ha venido utilizado el método Remoción de Arsénico por Oxidación Solar y los resultados mostraron un 98,5% de eficiencia de remoción. Si bien este método es muy efectivo, pero solo resulta eficiente para el metal pesado arsénico. Otros autores como Francisca y Pérez (2014) en el país de Argentina mencionan que: los procesos de coagulación floculación son metodologías propias y habituales en plantas potabilizadoras, principalmente para remoción de materia suspendida y clarificación del agua.

Lo obtenido en esta revisión sistemática es que hay distintos removedores de metales que pueden servir efectivamente, sin embargo, se busca el más eficiente y el más eficaz, es por ello de acuerdo con lo leído, se puede corroborar que los análisis de los autores Majdi, Jaafar, Abed y Eisheh y Shoqier cada uno de ellos en su respectivo estudio, dan a conocer un removedor de metal pesado con gran eficiencia y eficacia para remover metales pesados solubles. Logrando así brindar el apoyo para responder a la pregunta de investigación y objetivo planteado. Sin embargo, se tuvo algunas limitaciones, como falta de información literaria en bibliotecas, por el mismo hecho de la coyuntura que se atraviesa hoy el mundo y el país de Perú no es ajeno a ello y por otro lado el acceso a la información y base de datos, los cuales solicitaban suscripciones para poder acceder a su plataforma. Las recomendaciones pertinentes es que se aplique en práctica los distintos removedores de

metales pesados, así poder tener una idea cuantitativa y clara sobre lo que se está haciendo y la eficiencia que se busca.

## REFERENCIAS

- Acuña Piedra, A., Araya-Obando, A., & Romero-Esquivel, L. G. (2016). Selección teórica de adsorbentes potenciales naturales de bajo costo para la remoción de arsénico en el agua de consumo humano en Costa Rica. *Revista Tecnología en Marcha*, 29, 23-34. <https://doi.org/10.18845/tm.v29i6.2899>
- Calderón Mólgora, C., Quezada-Jiménez, M. L., Beltrán, N. S., & Yañez, C. H. (2012). Remoción de arsénico mediante procesos de membrana. *Tecnología y Ciencias del Agua*, III, 37-51.
- Caviedes Rubio, D. I., Muñoz Calderón, R. A., Perdomo Gualtero, A., Rodríguez Acosta, D., & Sandoval Rojas, I. J. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Ingeniería y Región*, 13(1), 73. <https://doi.org/10.25054/22161325.710>
- Chávez Quijada, M. L., & Miglio Toledo, M. (2011). Remoción de arsénico por oxidación solar en aguas para consumo humano. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 77(4), 307-314.
- Chulluncuy Camacho, N. (2011). Tratamiento de agua para consumo humano. *Ingeniería Industrial*, 29, 153-170.
- Cuchimaque Lugo, C., Vargas Fiallo, L. Y., & Ríos Reyes, C. A. (2013). Fe and Mn retention in natural water by adsorption-oxidation on clinoptilolite. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia*, 66, 24-44.
- Eisheh, R., & Shoqier, A. (2017). Reverse Osmosis Membrane Chlorine Effects Reduction Using Kinetic Degradation Fluxion Media. *International Journal of Advanced Engineering, Management and Science (IJAEMS)*, 3(1), 50-92.
- Escalera Vásquez, R. (2016). REMOCIÓN DE ARSÉNICO EN AGUAS SUBTERRÁNEAS CON BAJAS CONCENTRACIONES DE HIERRO MEDIANTE MICROFILTROS COMERCIALES. *Investigación & Desarrollo*, 1(16), 39-48.



- Flores, E., Armienta, A., Micete, S., & Valladares, M. R. (2009). Tratamiento de Agua para Consumo Humano con Alto Contenido de Arsénico: Estudio de un Caso en Zimapán Hidalgo-México. *Información tecnológica*, 20(4), 85-93. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642009000400010>
- Francisca, F. M., & Pérez, M. E. C. (2014). Remoción De Arsénico En Agua Mediante Procesos De Coagulación-Floculación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30(2), 177-190.
- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I., & Gutiérrez, O. D. (2012). Emerging contaminants in waters: Effects and possible treatments. *Producción + Limpia*, 7(2), 52-73.
- Gispert, M. Í., Hernández, M. A. A., Climent, E. L., & Flores, M. F. T. (2018). Rainwater Harvesting as a Drinking Water Option for Mexico City. *Sustainability*, 10(11), 3890. <https://doi.org/10.3390/su10113890>
- Londoño-Franco, L. F., Londoño-Muñoz, P. T., & Muñoz-García, F. G. (2016). LOS RIESGOS DE LOS METALES PESADOS EN LA SALUD HUMANA Y ANIMAL. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 14(2), 145-153. [https://doi.org/10.18684/BSAA\(14\)145-153](https://doi.org/10.18684/BSAA(14)145-153)
- Majdi, H. S., Jaafar, M. S., & Abed, A. M. (2019). Using KDF material to improve the performance of multi-layers filters in the reduction of chemical and biological pollutants in surface water treatment. *South African Journal of Chemical Engineering*, 28, 39-45. <https://doi.org/10.1016/j.sajce.2019.01.003>
- Martínez, R. I. P., Paredes, J. F. M., & Ordoñez, D. H. P. (2017). Empleo del estropajo común (*Luffa cylindrica*) en la remoción de contaminantes. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental; Bogota*, 8(1), 205-215.
- Mejía-Zamudio, F., Valenzuela-García, J. L., Aguayo-Salinas, S., & Meza-Figueroa, D. (2009). Adsorción de arsénico en zeolita natural pretratada con óxidos de magnesio. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 25(4), 217-227.
- Reyes, Y., Vergara, I., Torres, O., Lagos, M. D., & Jimenez, E. E. G. (2016). Contaminación por metales pesados: Implicaciones en salud, ambiente y seguridad alimentaria. *Ingeniería Investigación y Desarrollo: I2+D*, 16(2), 66-77.

- Rodríguez, M., Flores, S., Rangel, M., & Argotte, A. (2016). REMOCIÓN DE COBRE (II) EN SISTEMAS ACUOSOS USANDO CÁPSULAS DE MORINGA OLEIF...: Metabuscador de la Universidad Privada Del Norte. <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=0&sid=3de6bacb-d56e-4315-857a-4cd7a22a8165%40sdc-v-sessmgr03&bdata=JmF1dGh0eXBIPXNoaWImbGFuZz11cyZzaXRIPWVkey1saXZl>
- Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, Pub. L. No. D.S N° 031-2010-SA, Plataforma Digital del Estado Peruano (2010).
- Torres Fonseca, A., & López-Hernández, D. (2014). Criterios para publicar artículos de revisión sistemática. *Revista de Especialidades Médico-Quirúrgicas*, 19(3), 393-399.
- Vidoni, R. M. (2009). Remoción de arsénico, hierro y manganeso en agua subterránea en planta piloto ubicada en una escuela rural. *AUGMDOMUS*, 1, 105-117.
- Yujia Song, & Shoufa Song. (2017). Kinetics and influential factors of nanoscale iron-facilitated nitrate nitrogen removal. *Cinética y factores de influencia en la remoción de nitrógeno nítrico facilitada por hierro a escala nanométrica.*, 8(2), 93-103.