



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**"Revisión Sistemática: Métodos de Tratamiento de Aguas
Subterráneas, 2020"**

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

Santana Hinojosa, Estefani Irene (ORCID: 0000-0001-6910-0892)

ASESORA:

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (ORCID: 0000-0002-9965-9678)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Residuos Naturales

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis padres y a mi familia que me apoyaron mucho para llegar a esta instancia de mis estudios a pesar de las dificultades que tenía siempre estaban ahí para ayudarme, apoyarme y aconsejarme.

También les dedico a mis hermanos, por tener me paciencia ya que siempre estuvieron presentes.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a Dios y a mis padres por los ejemplos de perseverancia, constancia y los valores que los caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.	iii
Índice de Contenido	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de figuras.....	vii
Índice de anexos	viii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCION.....	1
II. MARCO TEORICO.....	4
III. METODOLOGÍA.....	26
3.1. Tipos y diseño de investigación.....	26
3.2. Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística	26-27
3.3. Escenario de estudio	28
3.4. Participantes.....	28
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.6. Procedimientos.....	28
3.7. Rigor científico.....	29
3.8. Método de análisis de información	30
3.9. Aspectos éticos	30
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
V. CONCLUSIÓN.....	48
V. RECOMENDACIONES.....	50
REFERENCIAS.....	51
ANEXOS.....	58

Índice de tablas

Tabla 1 Actividades industriales generadoras de metales pesados	6
Tabla 2 Tipos de contaminantes inorgánicos presentes en el agua subterránea	7
Tabla 3 Tipos de contaminantes orgánicos presentes en el agua subterránea..	9
Tabla 4 Tipos de contaminantes microorganismos biológicos presentes en el agua subterráneas	10
Tabla 5 Principales tecnologías de remediación de aguas subterráneas.....	13
Tabla 6 Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación de aguas subterráneas según su tipo de tratamiento.....	13
Tabla 7 Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación (Biológico).....	14
Tabla 8 Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación (Físico).....	15
Tabla 9 Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación (Químico).....	16
Tabla 10 Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación (combinación de métodos de tratamientos)	17
Tabla 11 Antecedentes de tipos de tratamientos para aguas subterráneas.....	18
Tabla 12 Matriz de Categorización Apriorística.....	27
Tabla 13 Resultados de la búsqueda de Scien Direct.....	31
Tabla 14 Resultados de la búsqueda de Scielo.....	31
Tabla 15 Resultados de la búsqueda de Scopus	32
Tabla 16 Fuentes de contaminaciones encontradas	33
Tabla 17 Tipos de contaminantes encontrados en las aguas subterráneas.....	35
Tabla 18 Tipos de tratamientos que se aplica en las aguas subterránea.....	36

Tabla 19 Interpretación de los resultados en porcentajes.....	37
Tabla 20 Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Métodos Físico)	38
Tabla 21: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Métodos biológico)	40
Tabla 22: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Métodos Químico).....	42
Tabla 23: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Combinaciones Métodos biológicos, físicos y químicos)	45

Índice de figuras

Figura 1. El agua subterránea como parte del ciclo hidrológico.....	4
Figura 2. Fuentes y rutas principales de los contaminantes emergentes.....	8
Figura 3. Fuentes de contaminantes potenciales de las aguas subterráneas, como insumos de fuentes puntuales y difusas, de entornos agrícolas, urbanos e industriales y con respecto a las direcciones (flechas).....	11.
Figura 4. Esquema de criterios para la clasificación de tecnologías de remediación de suelos y aguas subterráneas.....	12
Figura 5. Búsqueda total de artículos en los bases de datos.....	29
Figura 6. Cantidad de artículos por año.....	32
Figura 7. Resultados de los Tratamientos físico.....	39
Figura 8. Resultados de Tratamientos Biológicos.....	41
Figura 9. Resultados de Tratamientos Químicos.....	43
Figura 10. Resultados de Tratamientos de combinaciones.....	47

Índice de anexos

Anexo I: Fuentes de contaminaciones encontradas

Anexo II: Tipos de contaminantes orgánicos presentes en el agua subterráneas

Anexo III: Tipos de contaminantes inorgánicos presentes en el agua subterráneas

Anexo IV: Tipos de contaminantes microorganismos biológicos presentes en el agua subterráneas

Anexo V: Tratamientos y métodos combinados y recolectados durante la investigación

Anexo VI: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Métodos Químico)

Anexo VII: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Combinaciones Métodos biológicos, físicos y químicos)

Anexo VIII: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE CATEGORIA (CUALITATIVO)

Anexo IX: DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL (DE LOS) AUTOR(ES)

Anexo X: DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR

Resumen

Esta investigación científica tiene como objetivo general determinar los métodos para el tratamiento de las aguas subterráneas; el método que se empleó es cualitativa descriptiva mediante los artículos científicos que fueron recolectados durante el periodo del 2015 al 2020, por lo cual, se obtuvieron 48 artículos científicos de procedencia extranjera y en lenguaje ajeno a nuestro medio que es el idioma inglés, por ende se tuvo que traducir e interpretar etimológicamente gran parte de su contenido. Durante el presente trabajo o tesis, se investigó los tipos de tratamientos de aguas subterránea que son: físicos, químicos y biológicos, pero también existen combinaciones de tratamientos los mismos, o los cuales han tenido, óptimos resultados, en la eliminación, reducción, absorción, inmovilización y retención de los contaminantes presentes en dichas aguas subterráneas, así mismo se tuvo que analizar cada resultado donde el 75% a mas que es satisfactorio y exitoso fueron los resultados que tuvieron los tratamientos químicos y las combinaciones de tratamiento los cuales fueron los que tuvieron los porcentajes más altos y los más utilizados para los tratamientos de aguas subterráneas. Esta revisión analiza minuciosamente cada tratamiento para eliminar estos contaminantes, por lo tanto, espero que este trabajo apoye a investigaciones futuras.

Palabras claves: aguas subterráneas, métodos, tratamientos

Abstract

This scientific research has the general objective of determining the methods for the treatment of groundwater; The method that was used is qualitative descriptive through the scientific articles that were collected during the period from 2015 to 2020, for which, 48 scientific articles of foreign origin were obtained and in a language other than our environment, which is English, therefore much of its content had to be translated and etymologically interpreted. During the present work or thesis, the types of groundwater treatments were investigated, which are: physical, chemical and biological, but there are also combinations of treatments that are the same, or which have had optimal results, in elimination, reduction, absorption, immobilization and retention of the pollutants present in said groundwater, likewise each result had to be analyzed where 75% more than is satisfactory and successful were the results that the chemical treatments and the treatment combinations had, which were the ones that had the highest percentages and the most used for groundwater treatments. This review takes a close look at each treatment to remove these contaminants, therefore I hope this work will support future research.

Keywords: groundwater, methods, treatments

I INTRODUCCIÓN

El agua subterránea es un recurso natural fundamentalmente importante. En general, el agua subterránea se destina principalmente al consumo humano y, en segundo lugar, a la agricultura y la industria (SOUSA NETO, y otros, 2019). Por ente es la principal fuente de agua dulce a nivel mundial, que representa el 97% del agua dulce está disponible en la Tierra, mientras que el 3% restante es principalmente agua superficial (JURADO, y otros, 2015). Recientemente, los informes de UNICEF y de la OMS han confirmado que, a nivel mundial, 748 millones de personas no tienen recursos hídricos adecuados y seguros y más de 2.500 millones de personas tienen acceso a un suministro de agua escaso (JHADAV, y otros, 2015). Se estima que 1.800 millones de personas utilizan fuentes de agua potable contaminadas con heces (UNICEF. . Fund (UNICEF), 2015)

El agua subterránea es utilizada para fines potables por más del 50% de la población mundial. Por lo tanto, el agua subterránea a veces se describe como el “mar escondido” (JHADAV, y otros, 2015).

Sin embargo, las actividades antropogénicas (agricultura e industriales) son los que tienen los contaminantes que están afectando la calidad del agua subterránea y alterando los recursos naturales hidrológicos, ya que es altamente susceptible a muchos contaminantes y puede hacerla insegura o inadecuada para usos humanos o de otro tipo (CECCONET Daniele, y otros, 2020).

La vulnerabilidad de un acuífero y su riesgo de contaminación en el medio antropogénico surge de la compleja interacción de la dinámica natural del ciclo hidrológico con

alteraciones físicas de superficie terrestre, la explotación de los recursos hídricos y las emisiones de desechos de las actividades antropogénicas. (BURRI, y otros, 2019). Ya que los contaminantes orgánicos e inorgánicos solos que están presentes en las aguas subterráneas, de tal forma la presencia de varios iones naturales, antropogénicos y generados por la industria, como el fluoruro, el arsénico, el nitrato, el sulfato, el hierro, el manganeso, el cloruro, el selenio, los metales pesados y los materiales radiactivos pueden comprometer considerablemente la calidad de agua y provocar problemas de salud (JHADAV, y otros, 2015)

Cuando un acuífero se contamina con productos químicos nocivos, puede quedar inutilizables durante décadas (BURRI, y otros, 2019). Pero en la actualidad ya hay tratamientos y metodologías tecnológicas muy novedosas que ya están dando resultados muy eficientes para poder contrarrestar (eliminar o mitigar) los contaminantes que están en las aguas subterráneas.

Existen tecnologías de remediación que funciona satisfactoriamente en algunas condiciones operativas. Ya se encuentra disponibles varios métodos como el físico, químico y biológico para la remediación de aguas subterráneas contaminadas (LOGESHWARAN, y otros, 2018). El tratamiento puede ser aplicado de manera In situ (dentro del lugar) o Ex situ (fuera del lugar) contaminado y también se está implementando las combinaciones de varios tratamientos tecnológicos dando resultados positivos para agua subterráneas.

Dado que el agua subterránea es el principal recurso en las áreas ubicadas lejos de los mares, es fundamental tener un conocimiento claro de sus diversos aspectos y problemas potenciales (MOLLAHOSSEINI, y otros, 2019).

Es por ello que esta investigación tiene como problema general: ¿Cuáles son los métodos para el tratamiento de las aguas subterráneas?, así mismo también tiene problemas específicos: ¿Qué agentes de contaminantes están presentes en las aguas subterráneas?, ¿Cuáles son las fuentes de contaminación de las aguas subterráneas? y ¿Qué tipos de tratamientos se aplican en las aguas subterráneas?

Ya que este estudio tiene un fin que es de aportar la información teórica en español en base al tema de métodos de tratamientos de aguas subterráneas ya que es muy importante porque nos estamos refiriendo a un tema de remediación de aguas subterráneas ya que hoy en día este recurso natural está siendo muy contaminado y explotado por actividades Antropogénicas y también de manera Natural.

Por lo tanto, el objetivo general del estudio es determinar los métodos para los tratamientos de las aguas subterráneas teniendo cuenta también los objetivos específicos: Identificar las fuentes de contaminación de las aguas subterráneas, Analizar que contaminantes están presentes en las aguas subterráneas e Analizar qué tipos de tratamientos se aplican en las aguas subterráneas.

II MARCO TEORICO

Agua subterránea. El Agua Subterránea es el recurso de agua natural más grande del mundo, representa el 97% del agua dulce disponible en la Tierra, mientras que el 3% restante es principalmente agua superficial (JURADO, y otros, 2015). El agua subterránea se refiere a cualquier agua en las formaciones geológicas que se derive directamente de las lluvias o indirectamente de ríos, arroyos o canales que llenan vacíos, poros y fisuras (PANCHAL, y otros, 2020). Ya que se encuentra por debajo de la superficie terrestre lo cual es un recurso natural acuífero.

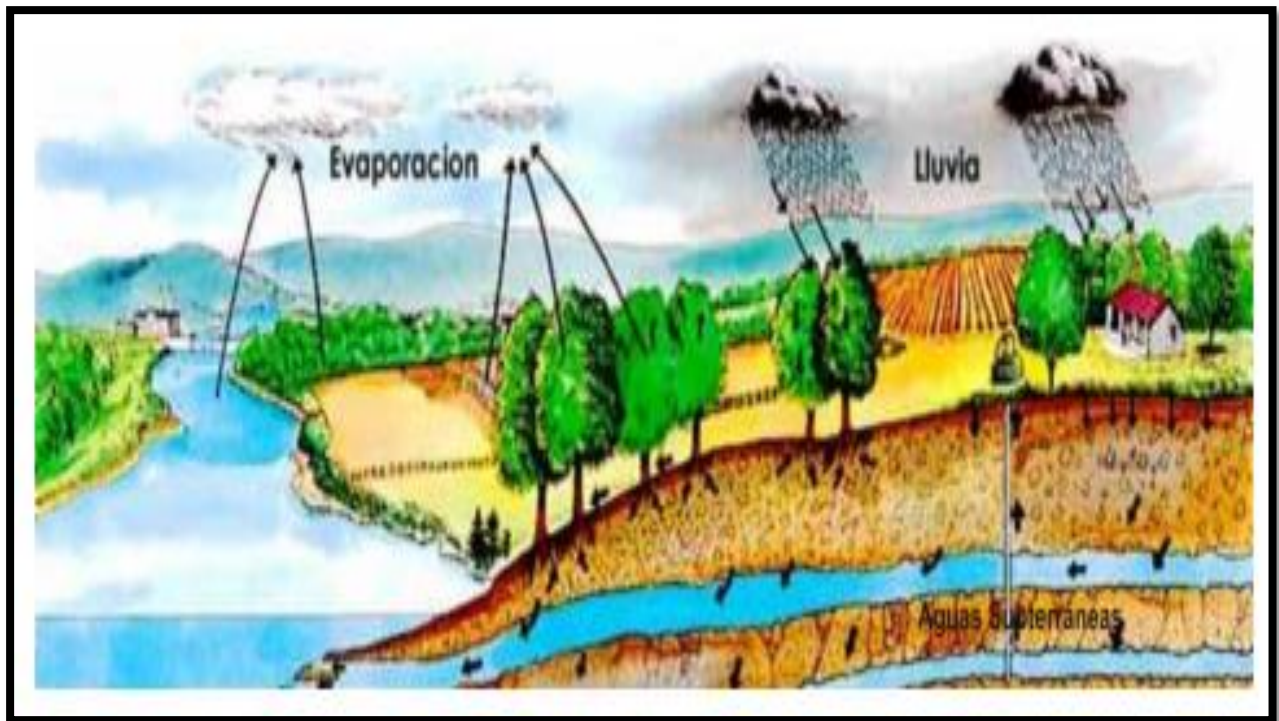


Figura 1: El agua subterránea como parte de la fase hidrológica
Fuente: <http://www.madrimasd.org>, 2007.

Contaminantes presentes en el agua subterránea. La contaminación de las aguas subterráneas es un problema medio ambiental que está en constante crecimiento que ha atraído mucho y no ha disminuido la atención durante el último medio siglo (CECCONET

Daniele, y otros, 2020)Lo cual la contaminación ha modificado gravemente su naturaleza química, física y biológica (SOUSA NETO, y otros, 2019)en las aguas subterráneas.

En el agua subterránea se ha encontrado una gran variedad de contaminantes y sus combinaciones, que incluyen compuestos metálicos, orgánicos e inorgánicos (CECCONET Daniele, y otros, 2020). Sabemos que el agua subterránea es vulnerable a la contaminación causada por prácticas industriales y agrícolas (David O'Connor, y otros, 2018)Por lo tanto, los contaminantes pueden tener su origen tanto en compuestos Antropogénicos (por ejemplo, hidrocarburos) como Naturales (por ejemplo, nitrato y arsénico) (CECCONET Daniele, y otros, 2020). Ya que el transporte de contaminación puede ser de manera directa (al agua subterránea) o de manera indirecta (que es a través del suelo superficial donde el contaminante traspasa el subsuelo hasta llegar al agua subterránea).

Los contaminantes inorgánicos. Los contaminantes inorgánicos (IC) son los metales pesados, cloruros, sulfuros, nitratos y carbonatos además de algunos óxidos como el óxido de azufre, ácidos inorgánicos y gases tóxicos. Algunos contaminantes tienen una alta solubilidad causando así un mayor impacto en el medioambiente. Los contaminantes inorgánicos más problemáticos son los metales pesados que es el mercurio (Hg), el cadmio (Cd) y el plomo (Pb) ya que son sustancias difíciles de eliminar (PEREZ SAEZ, 2020)

Tabla1: Actividades industriales generadoras de metales pesados

Metales pesados	Donde se encuentran los contaminantes	Actividad Industrial
Cd, Cu, Ni, Co, Zn	En el drenaje de las minas, escombreras y relaves.	Minería de metales ferrosos
As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn	Se encuentran en la mineras	Extracción de minerales
As, Cd, Pb, Ti	Proceso de los minerales para obtener metales	Fundación
Cr, Cu, Mn, Pb, Sb, Zn	Proceso térmico de metales	Metalúrgica
Pb, Mo, Ni, Cu, Cd, As, Te, U, Zn	- Se encuentra en la fabricación, en el reciclaje de metales y eliminación. - También se encuentran en los relaves y escoriales.	Aleaciones y aceros
Zn, Cu, Cd, Pb, Ni, Cr, Hg, Mn	En la quema de los residuos o en los lixiviados	Gestión de residuos
Fe, Cr, Pb, Ni, Co, Zn	Inconsistencia de los metales que están expuestos al medioambiente	Corrosión metálica
Cr, Ni, Zn, Cu	Los efluentes líquidos de procesos de recubrimiento	Galvanoplastia
Pb, Cr, As, Ti, Ba, Zn	Residuos aguado de las pinturas viejas	Pinturas y pigmentos
Ni, Cd, Zn, Pb, Hg, , Sb	Residuos de los fluidos de las pilas que se trasfiere al contaminar el suelo hasta traspasar el subsuelo y llegar a las aguas subterráneas.	Baterías
Pb, Cd, Hg, Pt, Au, Cr, As, Ni, Mn	Residuos metálicos acuosas y solidas durante el proceso de fabricación y el reciclaje.	Electrónica
Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn, As, Mn, Cu	Contaminación de esorrentía, aguas superficiales y aguas subterráneas y la bioacumulación de la planta.	Agricultura y ganadería

Fuente: Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. Revista Ingeniería y Región. (CAVIEDES RUBIO, y otros, 2015)

Table2: Tipos de contaminantes inorgánicos presentes en el agua subterránea

Agentes de contaminación	Nombre del contaminante	Tratamiento	Autores
Inorgánico	Uranio VI	Retención o inmovilidad aplicando bicarbonato (HCO ₃)	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D. (2016)
		Reducción aplicando la interacción entre mackinawita sintética o FeS amorfo en el uranio (VI) inicial = 5´10 ⁻⁵ M) en un rango de pH de 5 a 10	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D. (2016)
	Uranio (VI) y (IV)	Inmovilización del contaminante por la absorción de uranio por ZVI (Hierro de valencia cero)	Thakur, A; Vithanage,M; Bhusan Das, D; Kumar, M.A (2020)
	Nitrato	Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento celdas de combustible microbianas (MFC)	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento biocátodo acopiado aun anodo abiotico (CBD)		Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)	

Fuente: Elaboración propia

Contaminantes orgánicos. Los contaminantes orgánicos (OC) son una clase diversa de productos que tienen un uso generalizado en entornos agrícolas, urbanos e industriales. Incluyen una variedad de hidrocarburos, pesticidas y productos farmacéuticos, entre otros (BURRI, y otros, 2019). Ya que en la actualidad existen contaminantes nuevos que son llamados “contención orgánica emergentes” (COE) que eran previamente indetectables o se creía que eran ineficaces, porque proviene de productos farmacéuticos, pesticidas, aditivos para el cuidado personal, alimentos e

industriales, subproductos del tratamiento de aguas residuales, retardantes de llama, líquidos iónicos y tensioactivos (MOLLAHOSSEINI, y otros, 2019). Estos productos pueden encontrarse en las aguas subterráneas como compuestos puros o como una mezcla de compuestos, algunos de los cuales se metabolizan fácilmente en productos de transformación estables (también conocidos como productos de degradación) (BURRI, y otros, 2019).

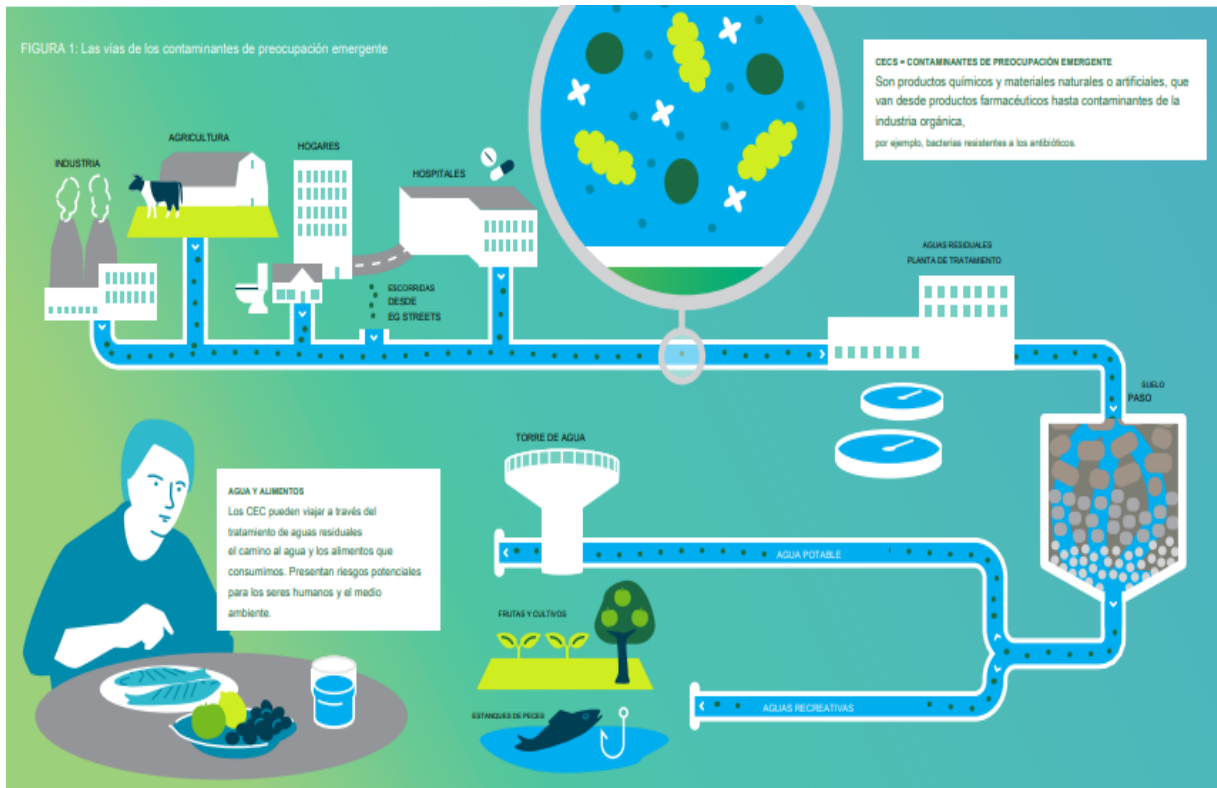


Figura2: Fuentes y rutas principales de los contaminantes emergentes.

Fuente:

http://www.waterjpi.eu/www_waterjpi_eu/images/documents/waterjpi_policy_brief_final.pdf. (Ways, y otros, 2018)

Table3: Tipos de contaminantes orgánicos presentes en el agua subterráneas

Agentes de contaminación	Nombre del contaminante	Tratamiento	Autores
Orgánico	Tolueno	BES ("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
	Benceno, tolueno, etil-benceno y xilenos (BTEX) de GW (aguas subterreaneas)	BES ("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
	Alifáticos y aromáticos	Tratamiento de BES con carbón activado granular (GAC) para aumentar el área de superficie disponible del ánodo, para plantas de gas GW en el lugar remediación.	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)

Fuente: Elaboración propia.

Contaminación de microorganismos biológicos. Los contaminantes biológicos son los hongos, parásitos, bacterias y virus que están presentes en el agua ya que emerge usualmente de manera directa e indirecta, a causa de la alteración del medio ambiente y la población como es la urbanización no controlada, crecimiento industrial, la pobreza, la posesión de regiones antes inhabilitadas, la ganadería, la agricultura y la explosión inadecuada de excretas de animales y humanos (RIOS, y otros, 2017). Lo cual esta contaminación debe ser atendida para así disminuir los problemas de salud público como el parasitismo y enfermedades intestinales que han causado pérdidas de humanas en los países del primer mundo y tercermundistas.

Tabla 4: Tipos de contaminantes microorganismos biológicos presentes en el agua subterráneas

Agentes de contaminación	Nombre del contaminante	Tratamiento	Autores
Microorganismos biológico o patógeno	Bacterias (ARB) y Genes de resistencia a antibióticos (ARG)	Tratamiento de Sorción	Zainab, S. M., Junaid, M., Xu, N., & Malik, R. N. (2020).
		Biodegradación	Zainab, S. M., Junaid, M., Xu, N., & Malik, R. N. (2020).

Fuente: Elaboración propia.

Fuentes de contaminación de aguas subterráneas. El agua subterránea es altamente susceptible a muchos contaminantes y la contaminación puede hacerla insegura o inadecuada para usos humanos o de otro tipo (CECCONET Daniele, y otros, 2020)). Las fuentes de contaminación de aguas subterráneas se dividen en dos categorías principales: (a) fuentes antropogénicas y (b) fuentes naturales (THAKUR, y otros, 2020).

Las fuentes Antropogénicas incluyen tres tipos principales de uso de tierra: 1) Agrícola, 2) Urbano y 3) Industrial (Figura 2), y la forma difusa y puntual en que pueden introducir contaminantes a las fuentes de agua subterránea ya que, debido a su relevancia en estos entornos, se incluyen las siguientes clases de contaminantes nitratos, pesticidas y biosidas, productos farmacéuticos y hormonas, líquidos en fase no acuosa (NAPL) Y drenaje ácido de minas (AMD) (BURRI, y otros, 2019) y las fuentes naturales incluyen principalmente minerales con rocas y sustancias radiactivas. Algunos de ellos son sulfuro de hidrógeno (H_2S), cromo (Cr), arsénico (As), hierro (Fe), fluoruro (F), radón (Rn) y uranio (U), como contaminantes (THAKUR, y otros, 2020). Sin embargo, las contaminaciones de aguas subterráneas también incluyen fugas de tanques de almacenamiento séptico, sistemas de almacenamiento mal diseñados, conexiones de tuberías oxidadas / corroídas, vertederos de lixiviación si no están protegidos del fondo,

sales de carreteras y diferentes tipos de control de plagas. Estos contaminantes, si se filtran por el acuífero, terminan contaminando GW. (GROUNDWATER FOUNDATION).

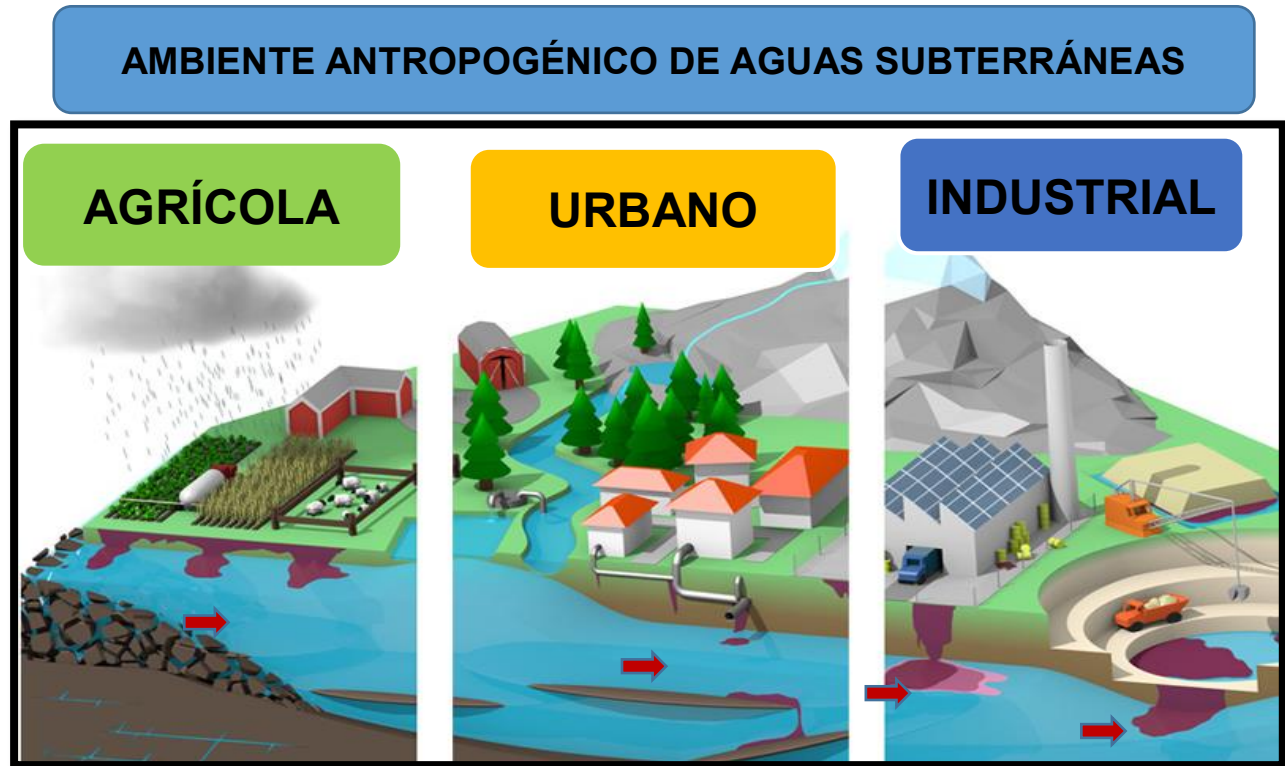


Figura3: Fuentes de contaminantes potenciales de las aguas subterráneas, como insumos de fuentes puntuales y difusas, de entornos agrícolas, urbanos e industriales y con respecto a las direcciones (flechas).

Fuente: N.M. Burri et al. / Science of the Total Environment 684 (2019) 136–154

Tratamientos para las aguas subterráneas. Los tratamientos tienen como objetivo de reducir o minimizar la toxicidad, movilidad o concentración del contaminante presente en el medio ambiente, mediante el cambio de la estructura de la sustancia peligrosa o del medio, a través de acciones biológicas, químicas o físicas (CANDÍA, 2019).

Remediación Ambiental. La remediación es la técnica de tratamiento, suelo y aguas subterráneas que consiste en la aplicación de métodos químicos, físicos o biológicos (LOGESHWARAN, y otros, 2018), a desechos o materiales contaminados con el objetivo

de cambiar su estado de manera permanente o modificarlo para que así dejen de ser peligrosos. Ya que se puede aplicar en el lugar que está contaminado (In situ) o también se puede aplicar fuera del lugar contaminado (Ex situ). Si bien es cierto un acuífero es indiscutiblemente un entorno desafiante así mismo, debido a su naturaleza intrínseca, la remediación del agua subterránea se enfrentará a varios problemas prácticos (CECCONET Daniele, y otros, 2020).

A continuación, vamos a clasificar las tecnologías de Remediación:

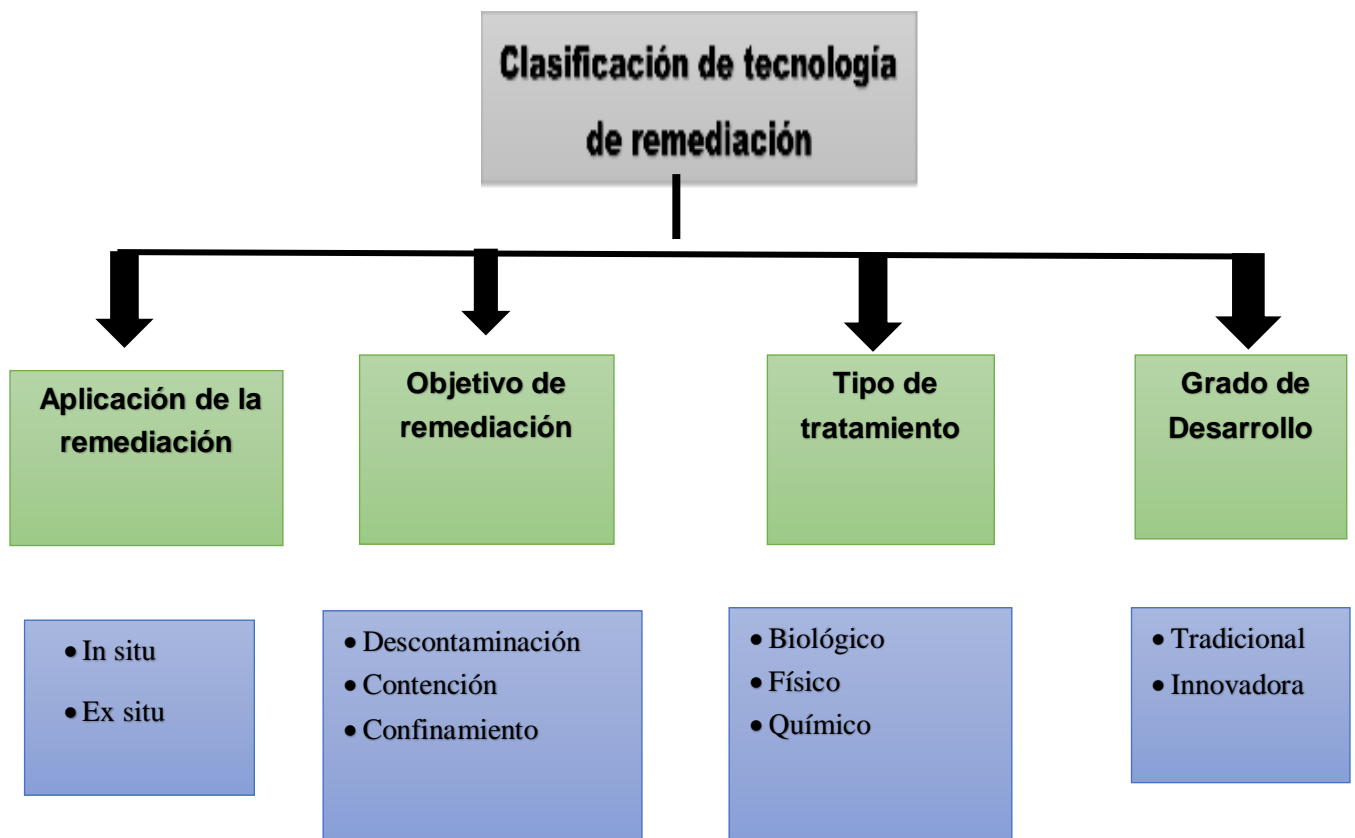


Figura 4: Esquema de criterios para la clasificación de tecnologías de remediación de suelos y aguas subterráneas

Fuente: Manual de tecnología de remediación de sitios contaminados – Fundación Chilena (CANDÍA, 2019)

Principales Tecnologías de Remediación según su tipo de tratamiento

Tabla 5: Principales tecnologías de remediación de aguas subterráneas

Tratamientos Biológicos	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Bioaumentación ❖ Biodegradación Asistida / Bioestimulación
Tratamiento Físico- Químico	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Barrera hidráulicas ❖ Barreras permeables reactivas ❖ Extracción de agua / Pump & Treat ❖ Inyección de Aire Comprimido / Air Sparging ❖ Pozos de Recirculación

Fuente: Manual de tecnología de remediación de sitios contaminados – Fundación Chilena (CANDÍA, 2019)

Tabla 6: Ventajas y desventajas de las tecnologías de remediación de aguas subterráneas según su tipo de tratamiento

Tipo de tratamiento	Ventajas	Desventajas
Tratamientos biológicos	Se realiza la limpieza en tiempos cortos.	El proceso del tratamiento es más costoso, ya que se está implementando la energía, los equipos y mano de obra lo cual se requiere un capital.
Tratamientos físicos-químicos	Es asequible el costo, la tecnología que se implementa ayuda al medioambiente ya que los contaminantes que están presentes, generalmente son eliminados y no es necesario agregar un tratamiento más a la tecnología que se ha implementado.	El tratamiento dura más tiempo y se tiene verificar la toxicidad de intermediarios u otros productos.

Fuente: Manual de tecnología de remediación de sitios contaminados – Fundación Chilena (CANDÍA, 2019)

Tratamientos Biológicos. Los tratamientos biológicos o tecnologías de biorremediación en las aguas que contienen el incremento de cargas orgánicas de hidrocarburos, lixiviados de residuos entre otras sustancias tóxicas (MONTENEGRO GÓMEZ, y otros, 2019) ya que se utilizan organismos vivos como las plantas, hongos, bacterias, algas, etc., para la degradación, transformación o remoción de compuestos orgánicos tóxicos, dado que necesita de las actividades catabólicas de los organismos y de su capacidad natural para utilizar los contaminantes como fuente de alimento y energía (CANDÍA, 2019). Sin embargo se pueden utilizar organismos propios del mismo lugar contaminado (nativos) o de otros lugares (exógenos) ya que pueden realizar de manera In Situ (es cuando el tratamiento se realiza directamente del sitio contaminado) y Ex Situ (es cuando el tratamiento se requiere de la extracción del sitio o medio contaminado).

Tabla7: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación

Tipo de tratamiento	Método de tratamiento	Contaminantes	Autores
BIOLÓGICO	Dehalococcoides spp. (bacteria utilizada para transformar las especies cloradas tomando la opción de biorremediación). Utilizando tecnologías de bioingeniería como las técnicas de biorremediación in situ (ISB) para tratar el eteno clorado a través del proceso de dechloración reductora microbiana.	Eteno clorado	Saiyari, D. M (1)., Chuang, H.-P(2)., Senoro, D. B (3)., Lin, T.-F (4)., Whang, L.-M (5)., Chiu, Y.-T (6)., & Chen, Y.-H(7).
	Degradación biológica (Biodegradación del sulfalano por microcosmos)	Sulfalano	Dinh, M (1)., Hakimabadi, S. G (2)., & Pham, A. L.-T (3).
	Degradación aeróbica (eliminación de sulfolano en condiciones anóxicas y anaeróbicas)	Sulfalano	Dinh, M (1)., Hakimabadi, S. G (2)., & Pham, A. L.-T (3).

Fuente: Elaboración propia

Tratamiento Físico. Son los que no generan sustancias nuevas por lo contrario concentran los contaminantes al evaporar el agua o filtran los sólidos de tamaño considerable, ya que los más comunes son: Filtración, Adsorción, Aeración, Floculación, Clarificación o Sedimentación. (SALAMANCA, 2014)

Tabla 8: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación

Tipo de tratamiento	Método de tratamiento	Contaminantes	Autores
Físico	Tratamientos físicos para la extracción por aire (que también se conoce como burbujeo de aire)	Sulfalano	Dinh, M (1)., Hakimabadi, S. G (2)., & Pham, A. L.-T (3).
	Tratamientos físicos por separación de membranas	sulfalano	Dinh, M (1)., Hakimabadi, S. G (2)., & Pham, A. L.-T (3).

Fuente: Elaboración propia

Tratamiento Químico. En este proceso es donde resultan nuevas sustancias, ya que son los más comunes: Coagulación, Desinfección, Ablandamiento y Oxidación (SALAMANCA, 2014)

Tabla 9: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación

Tipo de tratamiento	Método de tratamiento	Contaminantes	Autores
QUÍMICO	Remoción de arsénico integrando Adsorción (AD)	Arsénico	Jadhav, S. V (1)., Bringas, E(2)., Yadav, G. D (3)., Rathod, V. K.(4), Ortiz, I (5)., & Marathe, K. V(6).
	Tecnología de membrana (MT) integrando Ósmosis inversa (RO) y nano fi filtración (NF)	Fluoruro	Jadhav, S. V (1)., Bringas, E(2)., Yadav, G. D (3)., Rathod, V. K.(4), Ortiz, I (5)., & Marathe, K. V(6).
	Tecnología de membrana (MT) integrando la nanofiltración (NF)	Fluoruro	Jadhav, S. V (1)., Bringas, E(2)., Yadav, G. D (3)., Rathod, V. K.(4), Ortiz, I (5)., & Marathe, K. V(6).
	Tecnología de membrana (MT) integrando Electrodiálisis (DE)	Fluoruro	Jadhav, S. V (1)., Bringas, E(2)., Yadav, G. D (3)., Rathod, V. K.(4), Ortiz, I (5)., & Marathe, K. V(6).
	Oxidación química in situ (CIUO)	Sulfalano	Dinh, M (1)., Hakimabadi, S. G (2)., & Pham, A. L.-T (3).
	Tratamiento de Sorción	Bacterias (ARB) y Genes de resistencia a antibióticos (ARG)	Zainab, S. M (1)., Junaid, M (2)., Xu, N (3)., & Malik, R. N (4).
	Membranas de nanofiltración comerciales NF270, TR60 y NF90. y osmosis inversa	Fluoruro	Kut, K. M. K (1)., Sarswat, A(2)., Srivastava, A(3)., Pittman, C. U (4)., & Mohan, D (5).
	Retención o inmovilidad aplicando biocarbonato (HCO ₃)	Uranio VI	Gong, Y(1)., Tang, J(2)., & Zhao, D(3).
	Reducción aplicando la interacción entre mackinawita sintética o FeS amorfo en el uranio (VI) inicial = 5'10 ⁻⁵ M) en un rango de pH de 5 a 10	Uranio VI	Gong, Y(1)., Tang, J(2)., & Zhao, D(3).

Fuente: Elaboración propia

En este proceso de investigación también hubo métodos de tratamientos combinados por lo cual a continuación se mostrará en la tabla 10.

Tabla 10: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación

Combinación de tipos de tratamientos	Metodos de tratamiento	Contaminantes	Autores
Fisico – biologico – quimico	Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento celdas de combustible microbianas (MFC)	Nitrato	Ceconet, D (1)., Zou, S (2)., Capodaglio, A. G (3)., & He, Z (4)
Biológico - Químico	Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento biocatalizado acopiado aun anodo abiotico (CBD)	Nitrato	Ceconet, D (1)., Zou, S (2)., Capodaglio, A. G (3)., & He, Z (4)
Biológico - Fisico	Tratamiento fisicos por absorción (tratamiento ex situ con carbón activado granular (GAC) y / o carbón activado biológico (BAC))	sulfalano	Dinh, M (1)., Hakimabadi, S. G (2)., & Pham, A. L.-T (3).
Fisico – Biologico	Tratamientos físicos por absorción (tratamiento ex situ con carbón activado granular (GAC) y / o carbón activado biológico (BAC))	Sulfalano	Dinh, M (1)., Hakimabadi, S. G (2)., & Pham, A. L.-T (3).
Fisico - Quimico	Biodegradación	Resistentes a los antibióticos Bacterias (ARB) y Genes de resistencia a antibióticos (ARG)	Zainab, S. M (1)., Junaid, M (2)., Xu, N (3)., & Malik, R. N (4).
Biologico-Quimico - Fisico	BES("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW	Fenol	Ceconet, D (1)., Sabba, F(2)., Devecseri, M (3)., Callegari, A (4)., & Capodaglio, A. G (5).

Fuente: Elaboración propia.

ANTECEDENTES

Tabla 11: Antecedentes de tipos de tratamientos para aguas subterráneas

N°	Contaminates	Metodología	Resultados	Autor
1	Etenos clorados	<p>Dehalococcoides spp. (bacteria utilizada para transformar las especies cloradas tomando la opción de biorremediación).</p> <p>Utilizando tecnologías de bioingeniería como las técnicas de biorremediación in situ (ISB) para tratar el eteno clorado a través del proceso de dechloración reductora microbiana.</p>	<p>Dehalococcoides spp. son el grupo de microorganismos más importante por su capacidad de dechloración reductora completa y favorecen las condiciones anaeróbicas, de pH neutro y reductoras, y tiene múltiples genes dedes halogenasa reductora. Estos genes metabólicamente usar H₂ que son esenciales en la dechloración reductora de etenos clorados. En los procesos de deshalogenación, clorados. Los compuestos de eteno sirven como aceptores de electrones mientras que H₂ es el donante de electrones a bajas concentraciones.</p> <p>La creciente cantidad de Dehalococcoides spp. proporciona nueva información sobre la diversidad funcional de esta bacteria dechlorante clave.</p>	<p>Saiyari, D. M., Chuang, H.-P., Senoro, D. B., Lin, T.-F., Whang, L.-M., Chiu, Y.-T., & Chen, Y.-H. A review in the current developments of genus Dehalococcoides, its consortia and kinetics for bioremediation options of contaminated groundwater. Sustainable Environment. (2018)</p>

2	Nitrato	Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento celdas de combustible microbianas (MFC)	Los resultados muestran un específica energía de consumo basado en la masa de NO ₃ -N eliminado (SEC NORTE) de 0.341 y 1.602 kWh kg NO ₃ -N -- norte - adquirido desde en el lugar y ex situ tratamientos con MFC, respectivamente; el principal contribuyente fue la extracción del anolito (100%) en el primero y el bombeo del agua subterránea (74,8%) en el segundo.	Cecconet, D., Zou, S., Capodaglio, A. G., & He, Z. Evaluation of energy consumption of treating nitrate-contaminated groundwater by bioelectrochemical systems. Science of The Total Environment.(2018)
3	Nitrato	Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento celdas de combustible microbianas (MFC)	El resultado muestra el consumo de energía por fuente de alimentación superó a todos los demás elementos energéticos (más del 85% en todos los casos), y un total SEGUNDO - norte de 19.028 y 10.003 kWh kg NO ₃ -N - 1 3 fueron obtenidos para en el lugar y ex situ tratamientos, respectivamente. los aumento de la profundidad del nivel freático (de 10 a 30 m) y disminución de la concentración de nitratos (de 25 a 15 mg NO ₃ -N) conduciría a un aumento del consumo de energía en el ex situ tratamiento.	Cecconet, D., Zou, S., Capodaglio, A. G., & He, Z. Evaluation of energy consumption of treating nitrate-contaminated groundwater by bioelectrochemical systems. Science of The Total Environment.(2018)
4	Arsénico	Remoción de arsénico integrando Adsorción (AD)	Se realizó un estudio comparativo sobre el desempeño del cloruro de polialuminio, sulfato de aluminio y cloruro férrico para la remoción de	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V. Arsenic and fluoride contaminated groundwaters: A review of

			<p>As de aguas subterráneas (60,5 metro g Como / L) (Tubic et al., 2010).</p> <p>Se utilizó cloro como agente oxidante que condujo a la formación de hidróxidos insolubles a pH 7. A pesar de que se requería un exceso de cloruro férrico, los hidróxidos recién precipitados pudieron reducir los niveles de As a menos de 10 metro g / L. Reddy (2007, 2011) informó el desarrollo de un nuevo adsorbente de óxido cúprico (CuO) que estaba libre de limitaciones de pH o modificaciones de potencial redox fi cación para la eliminación de As y su rendimiento fue excelente en compañía de aniones competidores. Además, el CuO se puede regenerar mediante lixiviación con una solución de NaOH para su reutilización. La efectividad de las partículas de CuO se estableció en un rango de pH de 7.11 a 8.95 en el que los aniones competidores como el sulfato (1.3 mi 735 mg / L), fosfato (0.05 mi 3,06 mg / L) y sílice (1 mi 54,5 mg / L) estaban presentes (Reddy y Roth, 2013).</p>	<p>current technologies for contaminants removal. Journal of Environmental Management. (2015)</p>
--	--	--	--	---

5	Fluoruro	El proceso Nalgonda para el fluoridación en agua subterrania utilizando la tecnica de Precipitación química / coagulación (CPC)	El fluoruro del agua subterránea se puede eliminar hasta un 96% de la concentración inicial de 109 mg / L usando cal	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V. Arsenic and fluoride contaminated groundwaters: A review of current technologies for contaminants removal. Journal of Environmental Management.(2015)
6	Fluoruro	Tecnología de membrana (MT) integrando Ósmosis inversa (RO) y nano fi filtración (NF)	El sistema se hizo funcionar a una presión de 6 mi 11 atm y rango de temperatura de 5 mi 11 C, que hasta hace poco solo era posible con membrana NF. Esto resultó en bajos requisitos de energía y la planta se hizo funcionar al 80% de recuperación sin utilizar un inhibidor de incrustaciones. Richards y col. (2011) utilizó cuatro membranas comerciales de NF / RO en aguas subterráneas australianas. Sus investigaciones mostraron la insinuación fluencia de los niveles de irradiancia solar sobre la retención de F, Mg, NO 3, K y Na donde la convección / difusión predominó la retención. Acerca de el 85% de todos los solutos se retuvieron durante las condiciones de irradiación solar.	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V. Arsenic and fluoride contaminated groundwaters: A review of current technologies for contaminants removal. Journal of Environmental Management.(2015)

7	Sulfalano	Degradación biológica (Biodegradación del sulfalano por microcosmos)	<p>Observaron que la adición de N y P estimulaba la degradación en los microcosmos que solo contenían agua subterránea. Sin embargo, en los microcosmos que constan tanto de agua subterránea como de sedimentos, la adición de nutrientes solo tuvo efecto en aquellos que contenían 100 mg / L de sulfolano, pero no en los que contenían 0,5 mg / L de sulfolano. Se especuló que los niveles de nutrientes en el microcosmos que contenía sedimentos eran suficientes para soportar la degradación de 0,5 mg / L de sulfolano. En conjunto, se puede concluir que la adición de N y P puede estimular la degradación del sulfolano, pero solo si estos nutrientes son deficientes</p>	<p>Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. Treatment of sulfolane in groundwater: A critical review. Journal of Environmental Management. (2020)</p>
8	Resistentes a los antibióticos bacterias (ARB) y Genes de resistencia a antibióticos (ARG)	Biodegradación	<p>La biodegradabilidad de los antibióticos está determinada por su estructura molecular y propiedades fisicoquímicas, por ejemplo, el sulfametoxazol experimentó menos biodegradabilidad que otros antibióticos en estudios de microcosmos (Boy-Roura y col. 2018). Un estudio sobre biodegradación anaeróbica de antibióticos mostró 85% y 62% de eliminación de ciprofloxacina bajo sulfato y nitrato ambientes, respectivamente, mientras que el sulfametoxazol no mostró biodegradabilidad (Martins et al. 2018). Las condiciones REDOX también controlan la biodegradación de los productos farmacéuticos en las aguas subterráneas</p>	<p>Zainab, S. M., Junaid, M., Xu, N., & Malik, R. N. Antibiotics and antibiotic resistant genes (ARGs) in groundwater: A global review on dissemination, sources, interactions, environmental and human health risks. Water Research (2020)</p>

9	Fenol	BES("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación deL agua subterránea	El sistema, operado a un potencial de ánodo establecido de +0,2 V frente al electrodo de hidrógeno estándar (SHE), obtuvo una eliminación de fenol casi completa (99,5%). Este BES mostró una tasa de degradación promedio de $59 \pm 3 \text{ mg L}^{-1} \text{ re}^{-1}$ cuando se inocula con aguas residuales de refinería; rendimientos más bajos, es decir, $23 \pm 1 \text{ mg L}^{-1} \text{ re}^{-1}$, se registraron cuando se utilizó lodo municipal activado como inóculo	Ceconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. In situ groundwater remediation with bioelectrochemical systems: A critical review and future perspectives. Environment Internationa.(2020)
10	Tolueno	BES("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación deL agua subterránea	Durante la operación a largo plazo para eliminar el tolueno, logrando la tasa de eliminación de tolueno más alta reportada hasta ahora para la oxidación anaeróbica de tolueno ($67.2 \pm 5.7 \text{ mg L}^{-1} \text{ re}^{-1}$)	Ceconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. In situ groundwater remediation with bioelectrochemical systems: A critical review and future perspectives. Environment Internationa.(2020)

Fuente: Elaboración propia

MARCO NORMATIVO. NORMAS PERUANAS. Ley General del Ambiente – Ley N° 28611. Toda persona tiene derecho a vivir en un ambiente saludable teniendo en cuenta una correcta gestión ambiental, que le permita asegurar la conservación de la biodiversidad y recursos naturales.

En el artículo 84°. - Nos habla que las riquezas naturales deben ser aprovechadas para satisfacer sus necesidades. A sí mismo en el artículo 85°- Nos comenta que el ejecutivo es el encargado de cuidar y aprovechar las riquezas naturales mediante normas dadas por este, teniendo en cuenta que dichas riquezas son patrimonio de la nación.

En el Artículo 31°. - Estándar de calidad Ambiental que va al a par con el D.S. N°44-98- PCM- Reglamento Nacional para la aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisible (LMP). explica las medias adecuadas que debe poseer los elementos presentes para ser aprobados.

Reglamento de la ley del Recursos Hídricos – Ley N° 29338. Tiene como función regular el uso y gestión de los elementos hídricos ya se ha superficial y subterránea.

En el artículo 3°. – explica el principal valor que tiene el agua como elemento vital para todo ser vivo.

Sistema Nacional de Gestión de los Recursos Hídricos – Ley N° 29338.

En nuestro país la gestión ambiental tiene su propia normatividad, así como principios que la regulan para asegurar que la gestión se optima y eficaz.

En el artículo 9°. - nos habla que el objetivo es generar más investigaciones y estudio en el are ambiental.

NORMAS INTERNACIONALES. Normas EPA de Estados Unidos. Es la encargada de evaluar la calidad de las aguas subterráneas con el fin de informar y proteger el elemento hídrico vital y así de esta manera evitar grandes daños y perjuicios a los seres vivientes.

Normas nacionales de la República Popular China - Norma de calidad para aguas subterráneas–GB/T 14848-1993.- Esta norma fue creada para proteger y salvaguardar el desarrollo racional del uso de las aguas subterráneas al graduar los agentes contaminantes que puedan afectar la salud de las personas.

Normas de Canadá. La legislación federal estableció que los parámetros de calidad de agua potable – Ley de 1978. En la Columbia Británica se dictó en 1996 la ley del agua, ley de protección del agua y la reglamentación para la protección del agua subterránea y del agua potable.

Norma de México. Ley Nacional de Agua (LAN) En la ciudad de México las aguas subterráneas tienen una legislación muy particular, como es el hecho de que su uso y aprovechamiento de las mismas se encuentra e en manos de diversos organismos estatales.

Normas de Brasil. La ley de agua (1997) En el Brasil la legislación sobre el uso de las aguas subterráneas es de autonomía propia de cada estado.

Normas de Chile. Normas de exploración y explotación de las aguas subterráneas – Resolución N° 341-2005 En el estado chileno las aguas subterráneas son aprovechadas casi exclusivamente por los pueblos indígenas y demás organizaciones originarias que explotan la tierra. Constitución Política, art 171 y Ley 2066, Art 49 y 50.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipos y diseño de investigación

La presente investigación es básica, (ESPINOZA FREIRE, y otros, 2015) porque se aporta conocimientos científicos reales que fueron recogidos de artículos científicos que dieron la información y resultados positivos para descontaminar las aguas subterráneas, lo cual ayudara a mejorar el conocimiento teórico, a saber, los principios y leyes, ya que analizaras, describirás y seguirás explorando para llegar a entender y conocer la problemática.

El diseño de esta investigación es según (Santos, y otros, 2018) es cualitativa narrativa, ya que se representa en forma de un texto narrativo lo cual busca recolectar datos para poder analizar y describir; es por ello, que este estudio tiene como finalidad profundizar los conocimientos basados en la realidad para así hacer el análisis que presenta información variada.

3.2 Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística

En la tabla 12 se mostrará con detalle la matriz de categorización apriorística donde señala los objetivos específicos, problemas específicos, las categorías y sub categorías

Tabla 12: Matriz de Categorización Apriorística

MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN APRIORÍSTICA				
Objetivos específicos	Problemas específicos	Categorías	Sub categorías	Unidad de análisis
Analizar que agentes contaminantes están presentes en las aguas subterráneas..	¿Qué agentes contaminantes están presentes en las aguas subterráneas?	Agentes de contaminación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Orgánicos ✓ Inorgánicos ✓ Microorganismos biológico patógeno 	<ul style="list-style-type: none"> • Daniele Cecconet, Fabrizio Sabba, Matyas Devecseri C, Arianna Callegari y Andrea G. Capodaglio (2020) • Nicole M. Burri , Robin Weatherl, Christian Moeck y Mario Schirmer (2019)
Identificar las fuentes de contaminación de las aguas subterráneas	¿Cuáles son las fuentes de contaminación de las aguas subterráneas?	Fuentes de contaminación	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Naturales (Mg, As, Ca, etc) ✓ Antropogénicos (agrícola, industrial y urbano) 	<ul style="list-style-type: none"> • Nicole M. Burri , Robin Weatherl, Christian Moeck y Mario Schirmer (2019) • Alok Kumar Thakur , Metthika Vithanage, Diganta Bhusan Das C y Manish Kumar (2020)
Analizar qué tipos de tratamientos se aplican en las aguas subterráneas.	¿Qué tipos de tratamientos se aplican en las aguas subterráneas?	Tipos de tratamientos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Físicos ✓ Biológicos ✓ Químicos 	<ul style="list-style-type: none"> • Daniele Cecconet,, Shiqiang Zou, Andrea G. Capodaglio y Zhen He (2018) • David O'Connor, Deyi Hou, Yong Sik Ok, Yinan Song, Ajit Sarmah, Xuanru y Li, Filip MG Tack (2018) • Juan Ramón Candia .- Fundación Chile(2019)

Fuente: Elaboración propia

3.3 Escenario de estudio

Esta investigación es una revisión bibliográfica de artículos científicos sobre métodos para tratamientos de aguas subterráneas contaminadas lo cual su escenario de estudio es In situ y Ex situ.

3.4 Participantes

La selección de artículos científicos, manual, tesis y páginas de identidades nacionales: Autoridad Nacional del Agua (A) y Ministerio del Ambiente (MINAM) y la utilización de palabras claves para la búsqueda de los artículos científicos donde se consultaron en diferentes bases de datos internacionales como Science Direct, Scopus y Scielo.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica que se utiliza es una revisión sistemática cualitativa que es la recopilación bibliográfica de varios artículos científicos internacional lo cual se utilizaron frases o varias palabras para la búsqueda de estos artículos. Se utilizaron las palabras claves en inglés con referente a nuestro tema, toda la información recolectada se colocó en cuadros (antecedentes y resultados de tratamientos utilizados); dando hacia una facilidad de organización de los diferentes contenidos de información existente ya que así podremos realizar la planificación del trabajo.

3.6 Procedimiento

Se realizó primero la búsqueda de los artículos científicos con respecto al tema de estudio, lo cual se utilizaron palabras claves en ingles que fueron: “methods of treating contaminated groundwater” o “treatment of contaminated groundwater” que significan “métodos de tratamientos de aguas subterráneas contaminadas” o “tratamientos de aguas subterráneas contaminadas”, consultados en los diferentes bases de datos, durante proceso se realizó una revisión rápida para descartar artículos científico que

no eran referente a nuestro tema de investigación arrojando un numero de cantidad reducida de artículos. Luego se realizó las evaluaciones del texto completo de cada artículo teniendo en cuenta si el título y el resumen tienen relación con la información que se requiere.

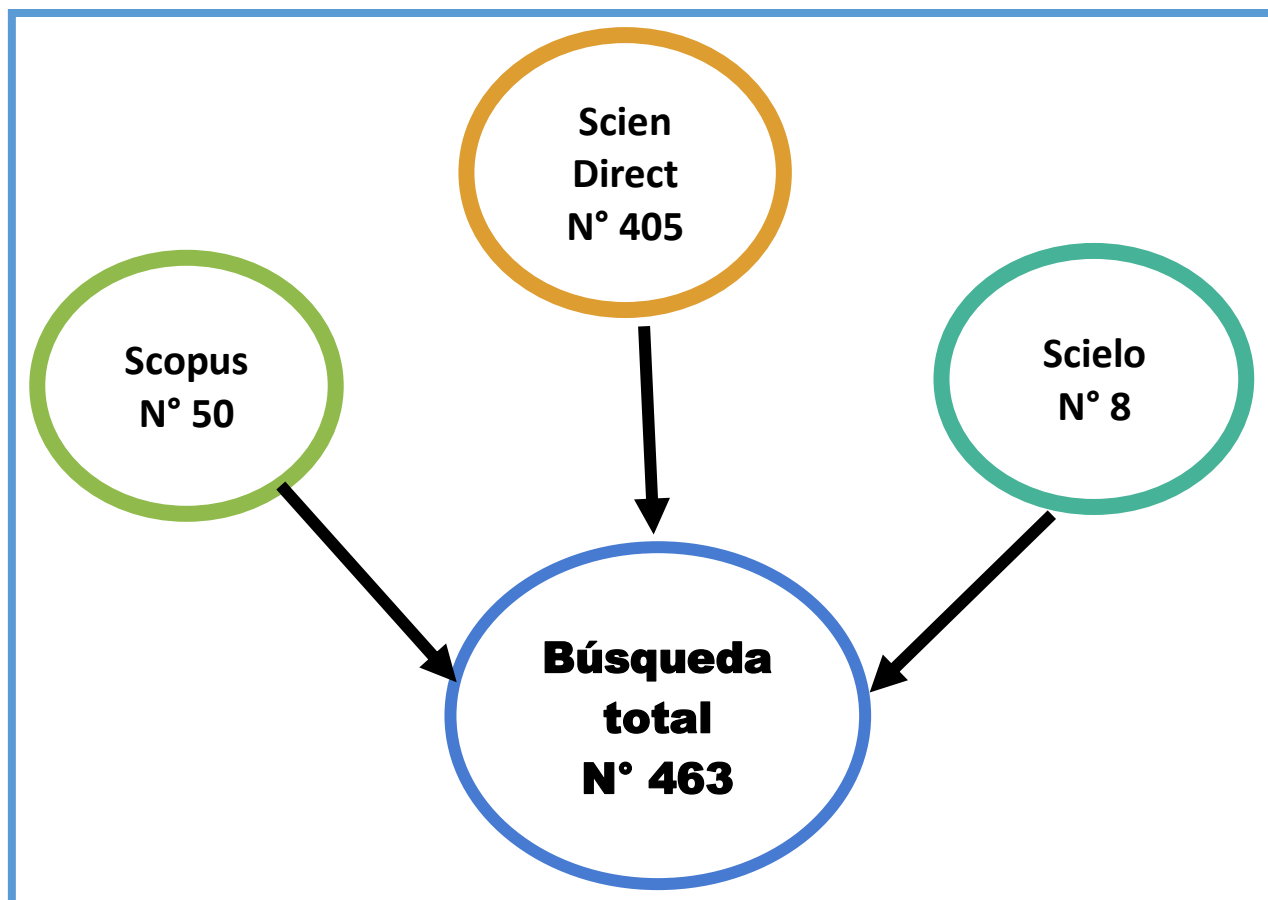


Figura 5: Búsqueda total de artículos en los bases de datos
Fuente: Elaboración propia

3.7 Rigor científico

Esta revisión científica se realizó por la consistencia de la información de los artículos científicos que fueron extraídos de bases de datos como: Scopus, Scien Direct y Scielo. Se desarrolló con el criterio de rigor de confiabilidad y credibilidad de los datos obtenidos que fueron artículos científicos acreditados ya que estos estudios han sido realizados por diferentes investigadores, científicos o autores, obteniendo diferentes comparaciones de resultados.

3.8 Aspectos éticos

Esta investigación posee estudios científicos que fueron obtenidos por fuentes confiables, respetando a los autores y sus referencias bibliográficas para así desarrollar la investigación se necesitó de la ayuda del Manual de referencias estilos ISO 690 y 690-2 de la Universidad Cesar Vallejo lo cual fue una guía para su desarrollo y con referente a los resultados obtenidos fueron recaudados por todos los artículos y la información que se obtuvieron de las base de datos ya que esta investigación podrá ser muy útil para la futuras generación si en caso quieran implementar o buscar información con referencia al tema.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados fueron hallados por la búsqueda de artículos que fueron recolectados con referencia al tema de investigación y presentados en la Tabla 13, 14,15.

Tabla 13: Resultados de la búsqueda de Scien Direct

Palabra clave	"Methods of treating contaminated groundwater"		
	Búsqueda total	Revisión rápida	Revisión confirmada
Scien Direct Años (2015 - 2020)	405	26	24

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14: Resultados de la búsqueda de Scielo

Palabra clave	"Treatment of contaminated groundwater"		
	Búsqueda total	Revisión rápida	Revisión confirmada
Scielo Año (2007 y 2014)	8	5	2

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Resultados de la búsqueda de Scopus

Palabra clave "Methods of treating contaminated groundwater"			
	Búsqueda total	Revisión rápida	Revisión confirmada
Scopus Años (2015 - 2020)	50	25	24

Fuente: Elaboración propia

Durante el proceso de la revisión de cada artículo científico se pudo apreciar la cantidad de artículos que han desarrollado durante los años que estamos evaluando que son 2015 -2020, dando como resultado que el año 2017 tuvo la menor cantidad de artículo publicados y el año 2019 fue lo contrario tuvo la mayor cantidad de artículos publicados

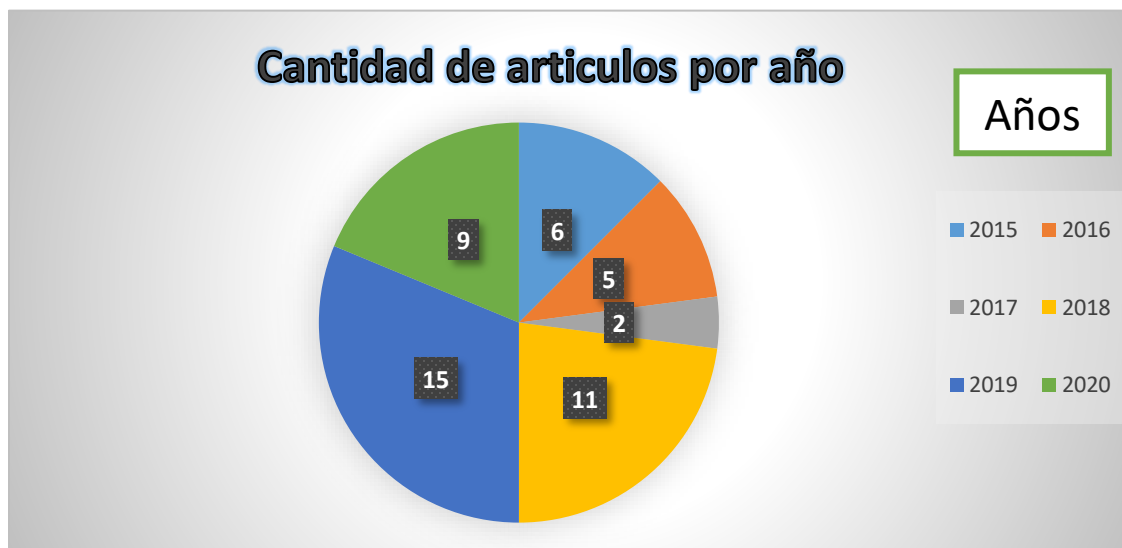


Figura6: Cantidad de artículos por años

Fuente: Elaboración propia.

El OE.1 se identificó las fuentes de contaminación de las aguas subterráneas lo cual se observan en la **Tabla 16**.

Tabla16: Fuentes de contaminaciones encontradas

Fuentes de contaminación	Contaminantes	Origen	Transporte ambiental	Autores / Años
NATURAL Y ANTROPOGENICO	arsénico	El principal mecanismo responsable de la contaminación por As en las aguas subterráneas es la desorción de óxidos o hidróxidos de hierro de rocas naturales y su disolución reductora	El As se introducen en las aguas subterráneas por varias fuentes, como el agua. mi interacciones de rocas, actividades antropogénicas y recarga de aguas subterráneas	Jadhav, S. V ., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)
ANTROPOGENICO (industrial)	sulfalano	Se ha encontrado sulfolano en los sitios donde se produjo, usó y / o desechó. Se ha liberado sulfolano al medio ambiente debido a derrames y fugas de disolvente sulfolano puro, así como a la eliminación inadecuada de desechos	Una vez que se libera en el subsuelo, el sulfolano puede ser transportado por el agua subterránea con poco retraso, creando grandes columnas de contaminación que pueden ser difíciles de contener y mitigar.	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)

		que contienen sulfolano.		
NATURAL	Arsénico (III)	Está ampliamente distribuido en la naturaleza en diferentes matrices ambientales. Se cicla en la naturaleza a través del agua, la tierra, el aire y los sistemas vivos. Como metaloide, el arsénico posee propiedades metálicas y no metálicas.	Lo producen las mismas aguas subterráneas	Nath, S. G., Debsarkar, A., & Dutta, A. (2018)
ANTROPOGENICO (INDUSTRIAL Y REIDENCIAL)	Selenio (IV)	Actividades industriales y residencial	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterranneas	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D.(2016)
NATURAL	Cloruro de sodio(NaCl)	Es el más abundante de la Tierra ya que un nutriente fundamental para muchos animales y plantas	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterranneas	Mollahosseini, A., & abdelrasoul, A. Recent. (2020)

Fuente: Elaboración propia

En el OE.2 se analizó que agentes contaminantes hay en las aguas subterráneas lo cual se observa en la **Tabla17**.

Tabla17: Tipos de contaminantes encontrados en las aguas subterráneas

Agentes de contaminación	Nombre del contaminante	Autores
Inorgánico	Uranio VI	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D. (2016)
	Uranio (VI) y (IV)	Thakur, A; Vithanage, M; Bhusan Das, D; Kumar, M.A (2020)
	Nitrato	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
Orgánico	Tolueno	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
	Benceno, tolueno, etil-benceno y xilenos (BTEX) de GW (aguas subterreaneas)	
	Alifáticos y aromáticos	

Microorganismos biológico o patógeno	Bacterias (ARB) y Genes de resistencia a antibióticos (ARG)	Zainab, S. M., Junaid, M., Xu, N., & Malik, R. N. (2020).
---	---	---

Fuente: Elaboración propia

En el OE.3 se analizó que tipo de tratamiento se aplica en las aguas subterráneas lo cual se observa en la **Tabla18**.

Tabla18: Tipos de tratamientos que se aplica en las aguas subterráneas

Tipo de tratamiento	Método de tratamiento	Autores/Años
Físico	Tratamientos físicos para la extracción por aire (que también se conoce como burbujeo de aire)	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020).
	Tratamientos físicos por separación de membranas	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)..
Químico	Oxidación química in situ (CIUO)	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020).

	Membranas de nanofiltración comerciales NF270, TR60 y NF90. y osmosis inversa	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016).
Biologico	Degradación biológica (Biodegradacion del sulfalano por microcosmos)	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020).
	Degradación aeróbica (eliminación de sulfolano en condiciones anóxicas y anaeróbicas)	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020).

A continuación, vamos determinar que métodos de tratamientos se utilizaron para la remediación de las aguas subterráneas y vamos a interpretar sus resultados que fueron en porcentajes o palabras. Lo cual se desarrolló en cuadro don se verá la diferencia de los resultados si fueron óptimos para la eliminación de los contaminantes.

Tabla19: Interpretación de los resultados en porcentajes

Porcentaje	Interpretación
100%	Exitoso
75%	Satisfactorio
25%	Casi satisfactorio
0%	No satisfactorio

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Métodos Físico)

Tratamientos físicos								
Contaminantes	N° tratamiento	Metodo de tratamiento	pH	Concentración del tratamiento	Temperatura	Tiempo	Porcentajes de eliminación	Autor/ Año
Sulfalano	T-1	Tratamientos físicos por separación de membranas de procesos de (nanofiltración y ósmosis inversa) in situ	-	Peso molecular nominal de las membranas de ósmosis inversa está entre 100 a 200 Da	-	-	Por lo tanto, la capacidad de la ósmosis inversa para separar el sulfolano es incierta. (no satisfactorio)	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)
Sulfalano	T-2	Tratamiento físico para la extracción por aire (que también se conoce como burbujeo de aire) son ex situ.	-	K H de sulfolano $\frac{1}{4} 8,9 \cdot 10^{10} \text{ atm m}^3 / \text{mol}$		-	Como tal, el burbujeo de aire junto con la biorremediación puede ser potencialmente un medio eficaz para degradar el sulfolano (casi satisfactorio)	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)
fluoruro	T-1	Tratamiento de absorción utilizando laterita de Ngaoundere	4-5 pH	1 - 10 g / L	550°C	60 min	la adsorción de fluoruro aumentó hasta un 50%. (Casi satisfactorio)	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016)

Fuente: Elaboración propia



Años	%	Interpretación
2016 – T1	50%	Casi satisfactorio
2020 – T1	0%	No satisfactorio
2020 – T2	25%	Casi satisfactorio

Figura7: Resultados de los Tratamientos físico

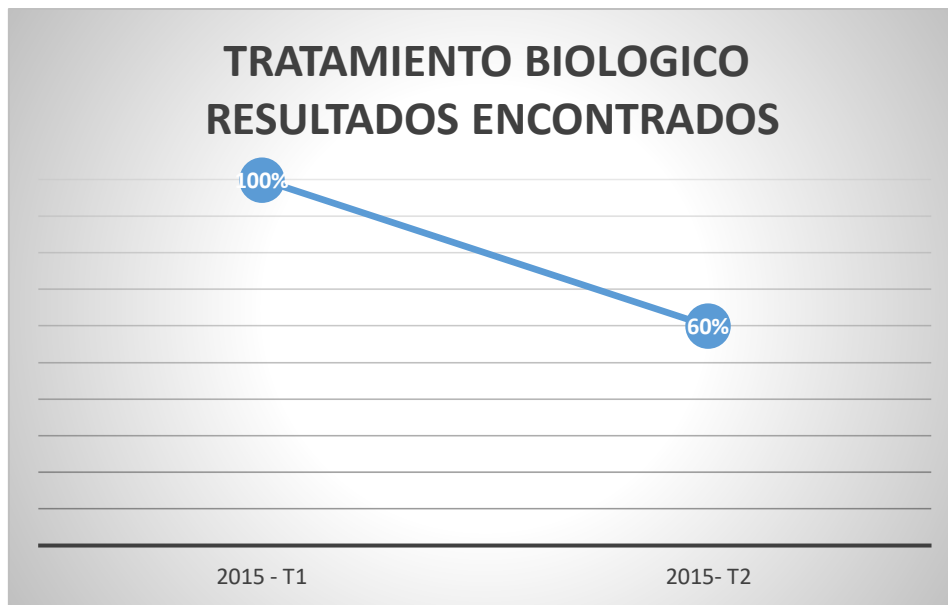
Fuente: Elaboración propia.

Como se ve en el gráfico nos dice que los tratamientos físicos ha tenido variaciones en los porcentajes obtenidos que vine hacer los resultados que se obtuvieron de las revisiones bibliográficas de los artículos científicos de los tratamientos encontrados ya que en el año 2016 – T1 se obtuvo como resultado el 50% que es el más alto y dando como interpretación del porcentaje casi satisfactorio utilizando tratamiento como lo indica en la Tabla 7 para el contaminante del fluoruro, en el año 2020 se obtuvieron 2 tratamientos físicos lo cual dio como resultado que el Tratamiento 1 tuvo 0% que fue el más bajo y dando así no satisfactorio lo cual no se llegó a eliminar, disminuir o retener el contaminante y el tratamiento 2 tuvo el 25% dando así casi satisfactorio lo cual si se pudo degradar el contaminante sulfalano. Los métodos de tratamientos que se utilizaron están indicados en la **Tabla 20**.

Tabla 21: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Métodos biológico)

Tratamientos Biologicos								
Contaminantes	N° tratamiento	Metodo de tratamiento	Ph	Concentración del contaminante	Temperatura	Tiempo	Porcentajes de eliminación	Autor/ Año
Sulfalano	T1	Degradación biológica (Biodegradacion del sulfalano por microcosmos)	-	200 mg/L	8°C	200h de incubación	eliminación exitosa (exitoso)	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2015)
Sulfalano	T2	Degradación aeróbica (eliminación de sulfolano en condiciones anóxicas y anaeróbicas)		100 mg/L	-	70 Dias	Se eliminó el 60% de sulfalano (casi satisfactorio)	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2015)

Fuente: Elaboración propia



Años	%	Interpretación
2015 - T1	100%	exitoso
2015- T2	60%	Casi satisfactorio

Figura8: Resultados de Tratamientos Biológicos.

Fuente: Elaboración propia.

Como se ve en el gráfico, el mismo que nos indica, que los tratamientos biológicos que se obtuvieron solo en el año 2015, dieron como resultado, positivos ya que mismo año 2015 - T1, tuvo el 100%, dando una interpretación del resultado exitoso, utilizando el tratamiento Degradación biológica (Biodegradación del sulfalano por microcosmos). En el 2015- T2 tuvo el 60% lo cual bajo el porcentaje del resultado ya que depende del tratamiento que utilizó que fue Degradación aeróbica (eliminación de sulfolano en condiciones anóxicas y anaeróbicas), todo lo indicado del tratamiento está en la **Tabla 21**.

Tabla 22: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Métodos Químico)

Tratamientos Químico								
Contaminantes	N° de tratamiento	Método de tratamiento	Ph	Concentración del contaminante	Temperatura	Tiempo	Porcentajes de eliminación	Autor/ Año
Fluoruro	T1	Tecnología de membrana (MT) integrando la nanofiltración (NF) de NF400					La tasa de recuperación del 84%, eliminación de F del 97,8% (satisfactorio)	Jadhav, S. V ., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)
Fluoruro	T2	Tecnología de membrana (MT) integrando Ósmosis inversa (RO) y nano filtración (NF) y se incluyó los niveles de irradiación solar			rango de temperatura de 5 mi 11 C	-	85% de retención F, Mg, NO 3, K (Satisfactorio)	Jadhav, S. V ., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)
Fluoruro	T3	Electrodialisis (DE) utilizando la membrana de intercambio anionico SB-6407	6pH	La concentración (0,8 mg / L)			Alimentación disminuyó la eliminación de F fue muy eficiente. (exitoso)	Jadhav, S. V ., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)

Fuente: Elaboración propia



Figura9: Resultados de Tratamientos Químico.

Fuente: Elaboración propia.

Años	%	Interpretación
2015 -T1	84%	satisfactorio
2015-T2	85%	satisfactorio
2015- T3	100%	exitoso
2015-T4	55%	Casi satisfactorio
2015-T5	85%	satisfactorio
2016-T1	100%	exitoso
2016- T2	57%	Casi satisfactorio
2016-T3	88%	satisfactorio
2016-T4	80%	satisfactorio
2016-T5	82%	satisfactorio
2016 -T6	98%	satisfactorio
2016 -T7	98%	satisfactorio
2016-T8	98%	satisfactorio
2016-T9	100%	exitoso
2016-T10	75%	satisfactorio
2016-T11	91%	satisfactorio
2018-T1	99%	satisfactorio
2018-T2	95%	satisfactorio
2019-T1	99%	satisfactorio
2019-T2	67%	Casi satisfactorio
2020-T1	85%	satisfactorio
2020-T2	65%	satisfactorio

Como se nota claramente en grafico; en los años 2015 - T3, 2016- T1 y 2016 –T9 se ha conseguido la eliminación total de los contaminantes anteriormente indicados en la tabla 22 y en el Anexo V, referente a los tratamientos químicos.

En el año 2015-T4, 2016-T2 y 2019-T2 se obtuvieron resultados casi satisfactorios superando el 25%, respecto a la eliminación de los elementos contaminantes. Razón por la cual podemos afirmar que de acuerdo a los resultados obtenidos que se traducen en los gráficos de los demás tratamientos dieron como resultado satisfactorio superando los 75%; por ende, lo afirmado o señalado, se vislumbran en la Tabla 22 y el anexo V respectivos.

Tabla 23: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Combinaciones Métodos biológicos, físicos y químicos)

Combinaciones Métodos biológicos, físicos y químicos									
Tipo de tratamiento	N° Tratamiento	contaminante	Método de tratamiento	Ph	Concentración del contaminante	Temperatura	Tiempo	Porcentaje de eliminación	Autor/ Año
Biológico - Químico	T1	Nitrato	Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento biocátodo acopiado aun ánodo abiótico (CBD)	7pH	51,27 gNm ⁻³ NCCd - 1	-	1,2h	Permitió una eliminación continua de nitratos dentro del acuífero. (Exitoso)	Cecconet, D., Zou, S., Capodaglio, A. G., & He, Z. (2018)
Biológico - Químico	T2	Nitrato	Tratamiento de MFC (Celdas de combustibles microbianas)		concentración de nitrato de 35 mg NO ₃ ⁻ NL - 1)	-	-	disminuiría en un 24%	Cecconet, D., Zou, S., Capodaglio, A. G., & He, Z. (2018)
Biologico-Químico - Físico	T1	Fenol	BES ("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW		59 ± 3 mg L ⁻¹ re -1	-		Se obtuvo una eliminación de fenol completa (100%) (exitoso)	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
Biologico-Químico - Físico	T2	benceno y fenantreno	In situ utilizando MFC (Celdas de combustibles microbianas)		Concentración ≈ 1500 ppm de benceno y 100 ppm de fenantreno)		155 días	la eliminación de contaminantes se mantuvo consistentemente alta (más del 80% para benceno y fenantreno en condiciones copiotróficas) (satisfactorio)	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)

Fuente: Elaboración Propia

Años	%	Interpretación
2015-T1	96%	satisfactorio
2015-T2	100%	exitoso
2015-T3	69%	Casi satisfactorio
2015-T4	97%	satisfactorio
2016-T1	15%	No satisfactorio
2016-T2	40%	Casi satisfactorio
2016-T3	93%	satisfactorio
2016-T4	86%	satisfactorio
2016-T5	25%	Casi satisfactorio
2016-T6	94%	satisfactorio
2016-T7	96%	satisfactorio
2016-T8	90%	satisfactorio
2016-T9	100%	exitoso
2018-T1	75%	satisfactorio
2018-T2	24%	casi satisfactorio
2018-T3	75%	satisfactorio
2018-T4	90%	satisfactorio
2018-T5	80%	satisfactorio
2018-T6	95%	satisfactorio
2018-T7	63%	Casi satisfactorio
2018-T8	65%	Casi satisfactorio
2018-T9	90%	satisfactorio
2018-T10	74%	Casi satisfactorio
2019-T1	98%	satisfactorio
2019-T2	99%	satisfactorio
2019-T3	67%	Casi satisfactorio
2020-T1	100%	exitoso
2020-T2	80%	satisfactorio
2020-T3	25%	Casi satisfactorio
2020-T4	90%	satisfactorio
2020-T5	79%	satisfactorio
2020-T6	99%	satisfactorio
2020-T7	85%	satisfactorio

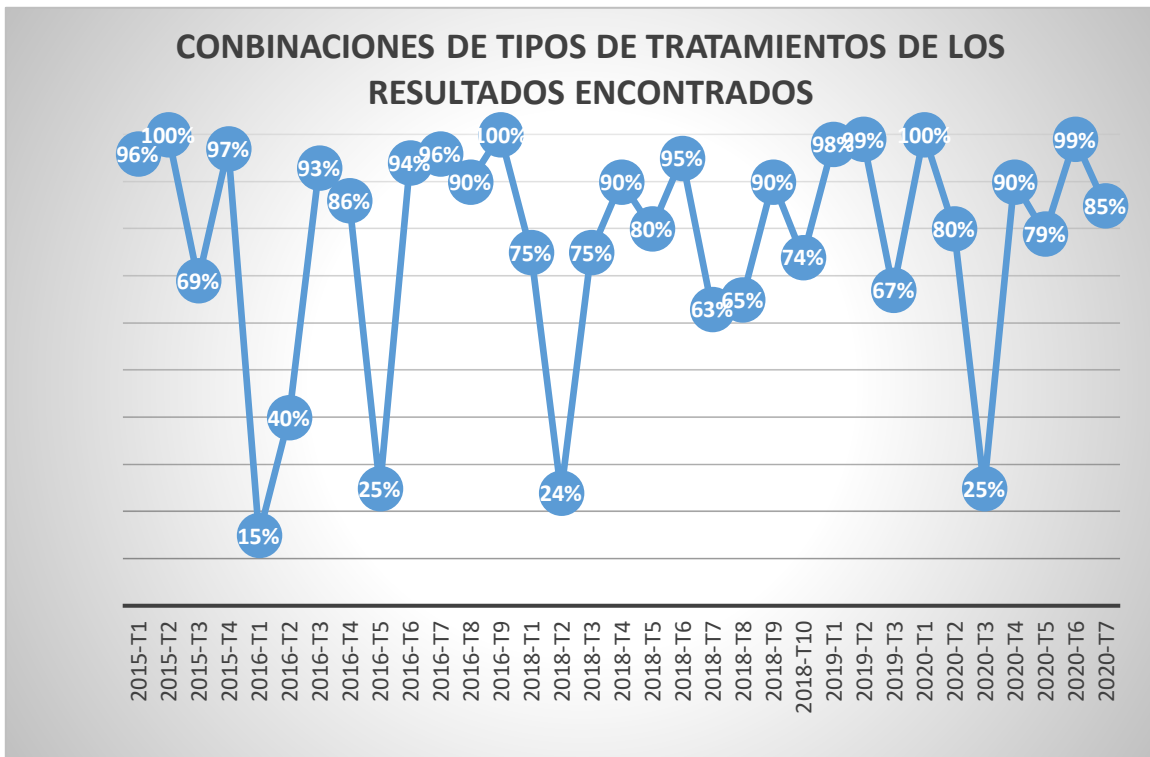


Figura 10: Resultados de Tratamientos de combinaciones

Fuente: Elaboración propia

Como se nota claramente en el grafico precedente; en el 2015-T2, 2016-T8 Y 2020-T1 son las combinaciones de 2 y 3 tipos de tratamiento los cuales fueron (físico y químico) y (biológico, físico y químico) que dieron resultados óptimos, mejor dicho, exitoso (100%) de la eliminación de los contaminantes de TCE, fluoruro y arsénico. Por otro lado, en el año 2016-T1 el resultado fue no satisfactorio (15%), esto es por qué se utilizó el Método de inyección por pulsos de presión integrando hierro de valencia cero nanoescala (nZVI). Sin embargo se nota claramente que entre los años 2015 al 2020 también se obtuvieron 10 resultados que salieron casi satisfactorio lo cual no han sido altos y no han llegado a eliminar satisfactoriamente, ha comparación de los demás que salieron satisfactorio sus resultados.

V. CONCLUSIÓN

Durante este proceso de análisis, estudio bibliográfico y otros, se tuvo que revisar al detalle y en forma minuciosa, cada publicación científica al respecto al tema de estudio; puesto que se tenía, que verificar, y contrastar los resultados obtenidos los mismos que fueron, durante los años del 2015 al 2020, ya que estaban sujetos a los resultados obtenidos de los tratamientos o métodos que utilizaron los autores para la remediación de las aguas subterráneas. Se determinó que todos los métodos de tratamientos para las aguas subterráneas, con resultados con un porcentaje más del 75% que viene hacer satisfactorio de la eliminación de contaminante fueron por mayoría los tratamientos químicos y las combinaciones de tratamientos, ya que fueron los más utilizados durante la investigación que se hizo de los artículos científicos.

Se analizó los principales agentes contaminantes que impactan las aguas subterráneas en las que sobresalen son los compuestos orgánicos porque se encontraron más contaminantes en este agente con el sulfalano, BTEX, fenol y entre otros, también están los compuestos inorgánicos y microorganismos biológicos o patógenos

Se identificaron las fuentes de contaminación de las aguas subterráneas conformadas principalmente por las fuentes naturales y antropogénicas. Entre las fuentes naturales se encontraron el arsénico, fluoruro y hierro lo cual forman parte de los números minerales que se encuentran en la naturaleza y en la antropogénica, las fuentes difusas que son dadas por las actividades agrícolas que generan pesticidas, fertilizantes y excretas animales; actividades urbanas que generan residuos sólidos en basurero, aguas domésticas, aguas negras, limpieza y riego y por último las industrias que se generan por actividades económicas que requieren el transporte y almacenamiento de los materiales que van a utilizar para la construcción, procesos y fabricación. Por lo cual estos materiales pueden perderse por derrames, fugas o por el manejo inadecuado. Sin embargo, las tres fuentes difusas mencionadas anteriormente son las que generan contaminación por medio de la escorrentía (superficie terrestre) o

lixiviación con las lluvias son arrastradas y luego se filtran al agua subterránea causando la contaminación del recurso hídrico natural.

Se analizó que tipos de tratamiento se aplicaran en las aguas subterráneas, como el tratamiento biológico, que realizan la limpieza en tiempos cortos como el método Degradación biológica por microcosmo, teniendo como resultado el 100% de eliminación del contaminante, pero estos procesos del tratamiento son muy costosos, ya que se requiere la implementación de energía, equipos y mano de obra. En el caso de los tratamientos físicos y químicos, dura más tiempo el proceso porque se tiene que verificar la toxicidad de los contaminantes, no es necesario aplicar otro tratamiento más a la tecnología que se ha implementado, es asequible el costo y ayuda al medio ambiente.

Es imprescindible de notarse, que el presente trabajo fue materia de traducción, e interpretación teleológica, puesto que se tuvo que recurrir a distintos artículos y/o publicaciones respecto a la materia que casi en su mayoría se encuentran publicadas en el idioma inglés.

RECOMENDACIONES

Establecer en él, o los organismos estatales, que se establezca los métodos que se utilizan en los países más adelantados (primer mundo) con respecto al tratamiento de las aguas subterráneas contaminadas por el hombre en sus distintas facetas de trabajo.

En el Perú debe darse una vital importancia al sistema hídrico natural cuyo origen se encuentra básicamente en los glaciares de la Cordillera de los Andes que desembocan de muy distinta manera enriqueciendo la capa freática de nuestros suelos.

Promover en las distintas facultades de Ingeniería Ambiental de diversas Universidades Estatales y Particulares; la especialización respecto a la finalidad de este estudio que es de mostrar los diferentes métodos que hay para la remediación de las aguas subterráneas lo cual tendrían que emplearlas para contra restar los contaminantes que están presentes; ya que nuestra investigación muestra los tipos de contaminantes que hay con sus respectivos tratamientos para así eliminar, disminuir, absorber, retener e inmovilizar los contaminantes presentes en el agua subterránea, lo cual es una fuente vital para todos los seres vivos que habitan en este planeta.

REFERENCIAS

- 1) **14848-1993., National Standard of the People's Republic of China- Quality Standard for ground Water –GB/T.**
- 2) **ARRUDA, T.L and JARDIM, W,F. 2007.** Tratamento de água subterrânea contaminada com compostos organoclorados usando ferro elementar e o reagente de Fenton. [Online] 2007. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422007000700024&lang=es.
- 3) *Arsenic and fluoride contaminated groundwaters: A review of current technologies for contaminants removal,.* **Sachin V. Jadhav, Eugenio Bringas, Ganapati D. Yadav, Virendra K. Rathod, Inmaculada Ortiz, Kumudini V. Marathe,.** 2015. Octubre 01, 2015, Revista de Gestión Ambiental, Vol. 162, pp. 306-325.
- 4) **BURRI, Nicole, et al. 2019.** A review of threats to groundwater quality in the anthropocene,. [Online] 2019. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969719322776>.
- 5) **BURRI, Nicole, et al. 2019.** Una revisión de las amenazas a la calidad del agua subterránea en el antropoceno. [Online] 2019.
- 6) **CANDÍA, Ramón. 2019.** Fundación Chile. [Online] 2019. https://fch.cl/wp-content/uploads/2019/10/manual-de-tecnologias-de-remediacion-de-sitios-contaminados_baja-1.pdf.
- 7) **CAVIEDES RUBIO, Diego Ivan, et al. 2015.** Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. [Online] 2015. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5432290>.
- 8) **CAVIEDES, D, MUÑOSZ R Perdpmo, A and RODRIGUEZ, D & SANDOVAL, I. 2015.** Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comumente

presentados en Aguas Residuales Industriales. [Online] 2015. [Cited: Noviembre 2020, 2020.]

- 9) **CECCONET Daniele, SABBA, Fabrizio and DEVECSERI, Matyas. 2020.** In situ groundwater remediation with bioelectrochemical systems: A critical review and future perspectives,. [Online] 2020. [Cited: Octubre 2020, 06.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412019333720>.
- 10) **COUSINS, I. T., VESTERGREN, R., WANG, Z., SCHERINGER, M., & MACLACHLAN, M. S. r. 2016.** The precautionary principle and chemicals management: The example of perfluoroalkyl acids in groundwater. [Online] 2016. [Cited: Octubre 7, 2020.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412016301775>.
- 11) **David O'Connor, Deyi Hou, Yong Sik Ok, Yinan Song, Ajit K. Sarmah, Xuanru Li, Filip M.G. Tack, et al. 2018.** Sustainable in situ remediation of recalcitrant organic pollutants in groundwater with controlled release materials: A review. 2018, Vol. 283, pp. 200-2013.
- 12) **DINH, M., HAKIMABADI, S. G., & PHAM, A. L.-T. (2020). 2020.** Treatment of sulfolane in groundwater: A critical review. [Online] 2020. [Cited: Octubre 6, 2020.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479720303200>.
- 13) **ESPINOZA FREIRE, Eduardo and TOSCANO RUIZ, Darwin. 2015.** *Metodología de la Investigación Educativa y Técnica*. 2015. p. 30.
- 14) *Fluoride contamination, health problems and remediation methods in Asian groundwater: A comprehensive review.* **YADAV, K. K., KUMAR, S., PHAM, Q. B., GUPTA, N., REZANIA, S., KAMYAB, H., ... CHO, J. 2019.** Octubre 30, 2019, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Vol. 182.
- 15) *Fluoride occurrence in groundwater systems at global scale and status of defluoridation.* **KIMAMBO, V., BHATTACHARYA, P., MTALO, F., MTAMBA, J., & AHMAD, A.** *Groundwater for Sustainable Development*, Vol. 9.

- 16) **GONG, Y., TANG, J., & ZHAO, D. 2016.** Application of iron sulfide particles for groundwater and soil remediation:. [Online] 2016. [Cited: Octubre 08, 2020.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135415303894>.
- 17) **GROUNDWATER FOUNDATION.** [Online] [Cited: Octubre 07, 2020.] <https://www.groundwater.org/get-informed/groundwater/contamination.html>.
- 18) *Human health implications, risk assessment and remediation of As-contaminated water:*. **SHAKOOR, M. B., NAWAZ, R., HUSSAIN, F., AZA, M., ALI, S., RIZWAN, M., ... AHMAD, S. 2017.** Mayo 24, 2017, Science of The Total Environment., Vol. 601.
- 19) *Integration of nanoscale zero-valent iron and functional anaerobic bacteria for groundwater remediation:*. **DONG, H., Li, L., LU, Y., CHENG, Y., WANG, Y., NING, Q., ... ZENG, G. 2019.** 2019.
- 20) **JHADAV, Sachin V, et al. 2015.** Arsenic and fluoride contaminated groundwaters: A review of current technologies for contaminants removal. [Online] 2015.
- 21) **JURADO, Anna, MARC WALTHER, M and DIAZ CRUZ, Silvia. 2015.** Ocurrance fate and envirometal risk assessment of the organic microcontaminants included in the Watcch List. [Online] 2015. [Cited: Octubre 08, 2020.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896971930302X>.
- 22) **KALHORr, K., GHASEMIZADEH, R., RAJIC, L., & ALSHAWABKEH, A.** Assessment of Groundwater Quality and Remediation in Karst Aquifers: A Review. Groundwater for Sustainable Development. [Online] [Cited: Octubre 7, 2020.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352801X18301632>.
- 23) *LEY GENERAL DE AMBIENTE - Ley N° 28611.*
- 24) **LOGESHWARAN, Panneerselvan, et al. 2018.** Petroleum hydrocarbons (PH) in groundwater aquifers: An overview of environmental fate, toxicity, microbial

- degradation and risk-based remediation approaches,. [Online] 2018.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S235218641730264X>.
- 25) **LUONG, V. T., CAÑAS Kurz, E. E., HELLRIEGEL, U., Luu, T. L., HOINKIS, J., & BUNDSCHU, J. 2018.** Iron-based subsurface arsenic removal technologies by aeration:. [Online] 2018. [Cited: Octubre 8, 2020.]
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135418300071>.
- 26) **MOLLAHOSSEINI, Arash and ABDELRASOUL, Amira. 2019.** Recent advances in thin film composites membranes for brackish groundwater treatment with critical focus on Saskatchewan water sources. [Online] 2019.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1001074218332297>.
- 27) **MONTENEGRO GÓMEZ, Patricia, PULIDO, Sandra Yamile and CALDERON, LUISA FERNANDA. 2019.** Practicas de Biorradiación en Suelos y Agua. [Online] 2019. <https://hemeroteca.unad.edu.co/index.php/notas/article/view/3451/3723>.
- 28) **PANCHAL, Hitesch, et al. 2020.** Productivity enhancement of solar still with thermoelectric modules from groundwater to produce potable water: A review. [Online] 2020.
- 29) **PEDRAZA, Gamba.** Evaluación de estrategias de biorremediación para el tratamiento de aguas residuales industriales contaminadas con aceites usados. [Online] [Cited: Diciembre 2020, 2020.]
http://editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingeciencia/article/view/2679.
- 30) **PEREZ SAEZ, Angel Luis. 2020.** Universidad de Jaen. [Online] Octubre 21, 2020.
- 31) *Propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua Subterráneas.* Ing. **MAMANI, E.**
- 32) **QIAN Sui, XUQI Cao , SHUGUANG Lu, WENTAO Zhao, ZHAOFU Qiu, GANG Yu. 2015.** Occurrence, sources and fate of pharmaceuticas and personal care

products in the groundwater:. [Online] 2015. [Cited: Octubre 7, 2020.]
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405665015300020>.

- 33) *REGLAMENTO DE LA LEY DE RECURSOS HÍDRICOS - Ley N° 29338 Art - 3.*
Perú : s.n.
- 34) *review of fluoride in african groundwater and local remediation methods.* **KUT, K. M. K., SARSWAT, A., SRIVASTAVA, A., PITTMAN, C. U., & MOHAN, D. A**
.
- 35) **RIOS, S, AGUDELO , R and GUTIERREZ , L. 2017.** Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. [Online] 2017. [Cited: Diciembre 14, 2020.] <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v35n2/0120-386X-rfnsp-35-02-00236.pdf>.
- 36) **SAIYARI, D. M., CHUANG, H.-P., SENORO, D. B., LIN, T.-F., HANG L.-M., CHIU, Y.-T., & CHEN, Y.-H. 2018.** A review in the current developments of genus *Dehalococcoides* , its consortia and kinetics for bioremediation options of contaminated groundwater. [Online] Julio 2018. [Cited: Octubre 5, 2020.] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468203917301668>.
- 37) **SALAMANCA, E., 2014.** Tratamiento de aguas para el consumo humano. [Online] Abril 24, 2014. [Cited: Diciembre 14, 2020.]
- 38) *SISTEMA NACIONAL DE GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS - Ley N° 29338.*
- 39) **SOUSA NETO, V de O, CAVALCANTE FREIRE, Paulo de Tarso and DO NASCIMIENTO. 2019.** Groundwater, Remediation Using Nanomaterials, Nanomaterials Applications for Environmental Matrices. [book auth.] V de O, Cavalcante Freire, P. de T., & do Nascimento, R Sousa Neto. *Groundwater, Remediation Using Nanomaterials, Nanomaterials Applications for Environmental Matrices.* 2019.

- 40) SANTOS, Ofelia; HIDALGO, Cristian y ARREAGA, Carlos. Técnicas y métodos cualitativos para la investigación científica-La etapa final del análisis y la redacción del informe de investigación cualitativo. 2018. <http://186.3.32.121/handle/48000/14213> ISBN: 978-9942-24-092-7
- 41) *Technology alternatives for decontamination of arsenic-rich groundwater—A critical review*. NATH, S. G., DEBSARKAR, A., & DUTTA, A. 2018. Febrero 19, 2018, Environmental Technology & Innovation, Vol. 13.
- 42) THAKUR, A,K, et al. 2020. A review on design, material selection, mechanism, and modeling of permeable reactive materials for community-scale groundwater treatment. [Online] 2020. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352186420302698>.
- 43) UNICEF. . Fund (UNICEF). 2015. Arsenic Primer. Niño de las Naciones Unidas. 2015.
- 44) UNIVERSIDAD DE JAEN. EMPLEO DE RESIDUOS AGRO-INDUSTRIALES O URBANOS COMO ADSORBENTES PARA LA ELIMINACIÓN DE CONTAMINANTES EN MUESTRAS DE AGUA. [Online] [Cited: Noviembre 2020, 30.] <http://tauja.ujaen.es/handle/10953.1/12335>.
- 45) Ways, N Reduce T.O. Human, T& Risks, HUMAN, T and RISKS. 2018. What is contaminating. [Online] 2018. [Cited: Noviembre 30, 2020.]
- 46) WILLIAMS, P., BOTES, E., MALEKE, M., OJO, A., DEFLAUN, M., HOWELL, J., ... VAN HEERDEN, E. 2014. Effective bioreduction of hexavalent chromium–contaminated water in fixed-film bioreactors. Water SA. [Online] 2014. [Cited: Octubre 8, 2020.] http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1816-79502014000300019&lang=es.
- 47) ZAINAB, S. M., JUNAID, M., Xu, N., & MALIK, R. N. A. 2020. Antibiotics and antibiotic resistant genes (ARGs) in groundwater: A global review on dissemination, sources, interactions, environmental and human health risks.

[Online] Setiembre 28, 2020. [Cited: Octubre 6, 2020.]
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0043135420309908>.

- 48) **ZHAO, X., LIU, W., CAI, Z., HAN, B., QIAN, T., & ZHAO, D.** An overview of preparation and applications of stabilized zero-valent iron nanoparticles for soil and groundwater remediation. [Online]

ANEXOS

Anexo I: Fuentes de contaminaciones encontradas

Fuentes de contaminación	Contaminantes	Origen	Transporte ambiental	Autores / Años
NATURAL Y ANTROPOGENICO	arsénico	El principal mecanismo responsable de la contaminación por As en las aguas subterráneas es la desorción de óxidos o hidróxidos de hierro de rocas naturales y su disolución reductora	El As se introduce en las aguas subterráneas por varias fuentes, como el agua. mi interacciones de rocas, actividades antropogénicas y recarga de aguas subterráneas	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)
NATURAL Y ANTROPOGENICO	fluoruro	la fluorización del agua puede introducirse en dos niveles organizativos; como hogar de fluorización, realizada por hogares individuales para su propio consumo de agua, y como comunidad de Ordenación ,realizada a nivel de aldea, ciudad, área suburbana	Los fluoruros se introducen en las aguas subterráneas por varias fuentes, como el agua. mi interacciones de rocas, actividades antropogénicas y recarga de aguas subterráneas	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)

<p>ANTROPOGENICO (residencial)</p>	<p>fluoruro</p>	<p>la fluorización del agua puede introducirse en dos niveles organizativos; como hogar de fluorización, realizada por hogares individuales para su propio consumo de agua, y como comunidad Ordenación, realizada a nivel de aldea, ciudad, área suburbana</p>	<p>El fluoruro se introduce en las aguas subterráneas por varias fuentes, como el agua. mi interacciones de rocas, actividades antropogénicas y recarga de aguas subterráneas</p>	<p>Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)</p>
<p>ANTROPOGENICO (residencial) Y NATURAL</p>	<p>Fluoruro y Arsénico</p>	<p>El fluoruro se origina principalmente en rocas ricas en fluoruro, son (i) fluorospar (CaF_2) de piedras calizas, areniscas, rocas sedimentarias; (ii) criolita, (Na_3AlF_6) de rocas ígneas, granito; (iii) fluorapatita ($Ca_5(OH)(PO_4)_3F$) de rocas ígneas, rocas metamórficas y (iv) sellaita (MgF_2) de dolomita bituminosa mi roca de</p>	<p>La presencia concurrente de As y F en las aguas subterráneas está relacionada con erupciones volcánicas, corrientes geotérmicas y actividades mineras</p>	<p>Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)</p>

		anhidrita y el arsénico se encuentra en el medio ambiente en varios estados de oxidación.		
ANTROPOGENICO (industrial)	sulfalano	Se ha encontrado sulfolano en los sitios donde se produjo, usó y / o desechó. Se ha liberado sulfolano al medio ambiente debido a derrames y fugas de disolvente sulfolano puro, así como a la eliminación inadecuada de desechos que contienen sulfolano.	Una vez que se libera en el subsuelo, el sulfolano puede ser transportado por el agua subterránea con poco retraso, creando grandes columnas de contaminación que pueden ser difíciles de contener y mitigar.	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)
ANTROPOGENICO (industrial)	Resistentes a los antibióticos bacterias (ARB) y Genes de resistencia a antibióticos (ARG)	Los estudios han demostrado que los antibióticos llegan a los depósitos de agua y a los entornos debido a la incapacidad de las plantas de tratamiento para eliminarlos por completo	Los (ARB) se transporta a través del alcantarillado con fugas o el almacenamiento de efluentes de aguas residuales, lixiviados de vertederos, ganadería, vertidos de hospitales, industriales instalaciones e instalaciones de producción	Zainab, S. M., Junaid, M., Xu, N., & Malik, R. N.(2020)

			<p>animal, y escorrentía de áreas de acuicultura y agricultura tratado con estiércol o aguas residuales. La aparición de ARG en las aguas subterráneas de los vertederos ceranos proporciona evidencia de que son un punto caliente subestimado de resistencia a los antibióticos, lo que provoca la diseminación de ARG a través de fluidos agua subterránea contaminada. Los estanques de peces o las granjas acuícolas pueden actuar como reservorios de antibióticos y ARG, que eventualmente llegan a las aguas subterráneas.</p>	
--	--	--	--	--

ANTROPOGENICO (industrial)	fenol	Actividades antropogénicas e industrias	Suelo-Aguas superficiales-filtración aguas subterráneas	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G.(2020)
ANTROPOGENICO (industrial)	tolueno	Actividades antropogénicas e industrias	Suelo-Aguas superficiales-filtración aguas subterráneas	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G.(2020)
ANTROPOGENICO (industrial)	nitrito	Actividades antropogénicas e industrias	Suelo-Aguas superficiales-filtración aguas subterráneas	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G.(2020)
NATURAL	Arsénico (III)	Está ampliamente distribuido en la naturaleza en diferentes matrices ambientales. Se cicla en la naturaleza a través del agua, la tierra, el aire y los sistemas vivos. Como metaloide, el arsénico posee propiedades metálicas y no metálicas.	Lo producen las mismas aguas subterráneas	Nath, S. G., Debsarkar, A., & Dutta, A. (2018)

ANTROPOGENICO (industrial)	Uranio VI	Actividades antropogénicas e industrias	Suelo-Aguas superficiales-filtración aguas subterráneas	Haoran Dong; Long Li; Yue Lu; Yujun Cheng; Yaoyao Wang); Qin Ning; Bin Wang; Lihua Zhang; Guangming Zeng. (2019)
ANTROPOGENICO (industrial)	Sustancias volátiles cloradas compuestos orgánicos (CVOC) y Tetracloroetano (PCE)	Actividades antropogénicas e industrias	Suelo-Aguas superficiales-filtración aguas subterráneas	Zhao, X., Liu, W., Cai, Z., Han, B., Qian, T., & Zhao, D (2016).
ANTROPOGENICO	Etenos clorados	Actividades antropogénicas e industrias	Suelo-Aguas superficiales-filtración aguas subterráneas	Zhao, X., Liu, W., Cai, Z., Han, B., Qian, T., & Zhao, D (2016).
ANTROPOGENICO (industrial)	Tricloroetano (TCE)	Actividades antropogénicas e industrias	Suelo-Aguas superficiales-filtración aguas subterráneas	Zhao, X., Liu, W., Cai, Z., Han, B., Qian, T., & Zhao, D (2016)
NATURAL (rocas y carbón volcánico) Y ANTROPOGENICO (actividades industriales)	Fluoruro	Actividades humanas incluyen uso de fertilizantes fosforados, combustión de carbón y arcillas utilizadas en industrias cerámicas y también es enriquecimiento de fluoruro en	Suelo-Aguas superficiales-filtración aguas subterráneas y también dentro del agua subterránea en las rocas	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016).

		agua ocurre por alteración de rocas, evaporación y mezcla geotérmica.		
ANTROPOGENICO (INDUSTRIAL Y REIDENCIAL)	Selenio (IV)	Actividades industriales y residencial	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterraneeas	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D.(2016)
ANTROPOGENICO (INDUSTRIAL)	Mercurio	Actividad industrial	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterraneeas	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D.(2016)
ANTROPOGENICO (INDUSTRIAL)	Cromo (VI)	Actividad industrial	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterraneeas	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D.(2016)
ANTROPOGENICO (INDUSTRIAL)	Arsenico (III)	Actividad industrial	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterraneeas	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D.(2016)
NATURAL	Hierro(Fe)	Actividad industrial	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterraneeas	Thakur, A; Vithanage,M; Bhusan Das, D; Kumar, M.A (2020)
ANTROPOGENICO	Nitrato	Actividad industrial	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterraneeas	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
ANTROPOGENICO	Benceno	Actividad industrial	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterraneeas	O'Connor, D., Hou, D., Ok, Y. S., Song, Y., Sarmah, A. K., Li, X., & Tack, F. M. G.(2018)
ANTROPOGENICO	Tolueno	Actividad industrial	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterraneeas	O'Connor, D., Hou, D., Ok, Y. S., Song, Y., Sarmah,

				A. K., Li, X., & Tack, F. M. G.(2018)
ANTROPOGENICO	Tricloroetano (TCE)	Actividad industrial	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterraneeas	O'Connor, D., Hou, D., Ok, Y. S., Song, Y., Sarmah, A. K., Li, X., & Tack, F. M. G.(2018)
NATURAL (rocas y carbón volcánico) Y ANTROPOGENICO (actividades industriales)	Fluoruro	Actividades humanas incluyen uso de fertilizantes fosfatados, combustión de carbón y arcillas utilizadas en industrias cerámicas y tambien es enriquecimiento de fluoruro en agua ocurre por alteración de rocas, evaporación y mezcla geotérmica.	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterraneeas	Mollahosseini, A., & abdelrasoul, A.(2019)
NATURAL	Cloruro de sodio(NaCl)	Es el más abundante de la Tierra ya que un nutriente fundamental para muchos animales y plantas	Suelo-Aguas superfices-filtracion aguas subterraneeas	Mollahosseini, A., & abdelrasoul, A. (2020)

Anexo II: Tipos de contaminantes orgánicos presentes en el agua subterráneas

Agentes de contaminación	Nombre del contaminante	tratamiento	Autores
Orgánico	Sulfalano	Tratamiento físico para la extracción por aire (que también se conoce como burbujeo de aire)	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)
		Tratamiento físico por separación de membranas	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)
		Oxidación química in situ (CIUO)	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)
		Degradación biológica (Biodegradación del sulfalano por microcosmos).	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)
		Degradación aeróbica (eliminación de sulfolano en condiciones anóxicas y anaeróbicas)	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)
		Tratamiento físicos por absorción (tratamiento ex situ con carbón activado granular (GAC) y / o carbón activado biológico (BAC))	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)
		Tratamientos físicos por absorción (tratamiento ex situ con carbón activado granular (GAC) y / o carbón activado biológico (BAC))	Dinh, M., Hakimabadi, S. G., & Pham, A. L.-T. (2020)

	Eteno clorado	Dehalococcoides spp. (bacteria utilizada para transformar las especies cloradas tomando la opción de biorremediación). Utilizando tecnologías de bioingeniería como las técnicas de biorremediación in situ (ISB) para tratar el eteno clorado a través del proceso de dechloración reductora microbiana.	Saiyari, D. M., Chuang, H.-P., Senoro, D. B., Lin, T.-F., Whang, L.-M., Chiu, Y.-T., & Chen, Y.-H. (2018)
	Fenol	BES("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
	Tolueno	BES("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
	Benceno, tolueno, etil-benceno y xilenos (BTEX) de GW (aguas subterreaneas	BES("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
	Alifáticos y aromáticos	Tratamiento de BES con carbón activado granular (GAC)para aumentar el área de superficie disponible del ánodo, para plantas de gas GW en el lugar remediación.	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
	tetracloroetano (TeCA)	In situ biorremediacion integración PRB Y CRM (se utilizo los compuestos PHB Y ZVI)	Nath, S. G., Debsarkar, A., & Dutta, A. (2018).

	1,2-DCA	Tecnología de remediación integrado Barreras reactivas permeables (PRB), biorremediación in situ (ISB), reducción química in situ (ISCR) incluyendo compuestos polihidroxibutirato (PHB), polvo (PO) Y granulos (PE)	Nath, S. G., Debsarkar, A., & Dutta, A. (2018).
	Tricloroeteno (TCE)	Tecnología de integración de hierro de valencia cero ananoescala(nZVI) utilizando la bacteria que respiran organohaluros (OHRB) con ácido humico (HA)	Haoran Dong; Long Li; Yue Lu; Yujun Cheng; Yaoyao Wang); Qin Ning; Bin Wang; Lihua Zhang; Guangming Zeng. (2019)
		Método de inyección por pulsos de presión (se utilizo emulsión para la inyección de los pozos y se agrego la tecnología de integración de hierro de valencia cero annoescala (nZVI)	Zhao, X ., Liu, W., Cai, Z., Han, B., Qian, T., & Zhao, D (2016).

Fuente: Elaboración propia

Anexo III: Tipos de contaminantes inorgánicos presentes en el agua subterráneas

Agentes de contaminación	Nombre del contaminante	Tratamiento	Autores
Inorgánico	Arsénico	Remoción de arsénico integrando Adsorción (AD)	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V. (2015)
	Fluoruro	Tecnología de membrana (MT) integrando Ósmosis inversa (RO) y nano fi filtración (NF)	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V. (2015)
		Tecnología de membrana (MT) integrando la nanofiltración (NF)	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V. (2015)
		Tecnología de membrana (MT) integrando Electrodiálisis (DE)	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V. (2015)
		Membranas de nanofiltración comerciales NF270, TR60 y NF90. y osmosis inversa.	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016).
		Metodo Nalgonda (precipitación/coagulación) se ha realizado con calcita subterráneay ácido acético.	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016).

		Nanocompuestos de polipirrol / óxido de estaño hidratado (NC 1, 2, 3, 4 y 5) se producido por encapsulación de HSnO empleando una polimerización in situ. (absorción e intercambio de ionico)	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016).
		Metodo de Electrocuagulación(EC) de dos pasos con electrodos bipolares de aluminio como técnica de desfluoración.	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016).
		El proceso Nalgonda para el fluoridación en agua subterránea utilizando la técnica de Precipitación química / coagulación (CPC)	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V. (2015)
	Uranio VI	Retencion o inmovilidad aplicanco biocarbonato (HCO ₃).	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D.(2016)
		Reducción aplicando la interacción entre mackinawita sintetica o FeS amorfo en el uranio (VI) inicial = 5´10 ⁻⁵ M) en un rango de pH de 5 a 10	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D.(2016)
	Uranio (VI) y (IV)	Inmovilición del contaminante por la absorción de uranio por ZVI (Hierro de valencia cero)	Thakur, A; Vithanage,M; Bhusan Das, D; Kumar, M.A (2020)

	Nitrato	Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento celdas de combustible microbianas (MFC)	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
		Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento biocatodo acopiado aun anodo abiotico (CBD)	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
	Hierro (Fe)	Trasformación del contaminante dentro del tratamiento PRB (Barrera reactiva permeable) adicionando MnO ₂ (oxido de magnesio) dentro ZVI (hierro de valencia cero)	Thakur, A; Vithanage, M; Bhusan Das, D; Kumar, M.A (2020)
	Selenio	Aplicación de partículas de sulfuro de hierro (FeS) como reductor/absorbente	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D.(2016)

Fuente: Elaboración propia

Anexo IV: Tipos de contaminantes microorganismos biológicos presentes en el agua subterráneas

Agentes de contaminación	Nombre del contaminante	Tratamiento	Autores
Biológico o patógeno	Bacterias (ARB) y Genes de resistencia a antibióticos (ARG)	Tratamiento de Sorción	Zainab, S. M., Junaid, M., Xu, N., & Malik, R. N.(2020).
		Biodegradación	Zainab, S. M., Junaid, M., Xu, N., & Malik, R. N.(2020).

Fuente: Elaboración propia

Anexo V: Tratamientos y métodos combinados y recolectados durante la investigación

Combinación de tipos de tratamientos	Métodos de tratamiento	contaminantes	Autores
Físico – biológico – químico	Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento celdas de combustible microbianas (MFC)	Nitrato	Cecconet, D (1)., Zou, S (2)., Capodaglio, A. G (3)., & He, Z (4)
Biológico - Químico	Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento biocatodo acopiado aun anodo abiotico (CBD)	Nitrato	Cecconet, D (1)., Zou, S (2)., Capodaglio, A. G (3)., & He, Z (4)
Biológico - Físico	Tratamiento físicos por absorción (tratamiento ex situ con carbón activado granular (GAC) y / o carbón activado biológico (BAC))	sulfalano	Dinh, M (1)., Hakimabadi, S. G (2)., & Pham, A. L.-T (3).
Físico – Biológico	Tratamientos físicos por absorción (tratamiento ex situ con carbón activado granular (GAC) y / o carbón activado biológico (BAC))	Sulfalano	Dinh, M (1)., Hakimabadi, S. G (2)., & Pham, A. L.-T (3).
Físico - Químico	Biodegradación	Resistentes a los antibióticos Bacterias (ARB) y Genes de resistencia a antibióticos (ARG)	Zainab, S. M (1)., Junaid, M (2)., Xu, N (3)., & Malik, R. N (4).
Biológico - Químico - Físico	BES("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW	Fenol	Cecconet, D (1)., Sabba, F(2)., Devecseri, M (3)., Callegari, A (4)., & Capodaglio, A. G (5).

Biológico - Químico - Físico	BES ("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW	Tolueno	Cecconet, D (1)., Sabba, F(2)., Devecseri, M (3)., Callegari, A (4)., & Capodaglio, A. G (5).
Biológico - Químico - Físico	BES ("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW	Benceno, tolueno, etil- benceno y xilenos (BTEX) de GW (aguas subterreaneas)	Cecconet, D (1)., Sabba, F(2)., Devecseri, M (3)., Callegari, A (4)., & Capodaglio, A. G (5).
Físico – biológico	Tratamiento de BES con carbón activado granular (GAC)para aumentar el área de superficie disponible del ánodo, para plantas de gas GW en el lugar remediación.	Alifáticos y aromáticos	Cecconet, D (1)., Sabba, F(2)., Devecseri, M (3)., Callegari, A (4)., & Capodaglio, A. G (5).
Físico- Químico	Trasformación del contaminante dentro del tratamiento PRB (Barrera reactiva permeable) adicionando MnO ₂ (óxido de manganeso) dentro ZVI (hierro de valencia cero)	Hierro (Fe)	Thakur, A (1); Vithanage, M (2); Bhusan Das, D (3); Kumar, M.A(4)
Físico- Químico	In situ biorremediación integración PRB Y CRM (se utilizo los compuestos PHB Y ZVI)	tetracloroetano (TeCA)	Nath, S. G (1)., Debsarkar, A (2)., & Dutta, A(3)
Físico- Químico	Tecnología de remediación integrado Barreras reactivas permeables (PRB), biorremediación in situ (ISB), reducción química in situ (ISCR) incluyendo compuestos polihidroxibutirato (PHB), polvo (PO) Y granulos (PE)	1,2-DCA	Nath, S. G (1)., Debsarkar, A (2)., & Dutta, A(3)

Físico – Químico- Biológico	Tecnología de integración de hierro de valencia cero ananoescala(nZVI) utilizando la bacteria que respiran organuhaluros (OHRB) con acido humico (HA).	Tricloroeteno (TCE)	Haoran Dong (1); Long Li (2); Yue Lu (3); Yujun Cheng (4); Yaoyao Wang (5); Qin Ning (6); Bin Wang (7); Lihua Zhang(8); Guangming Zeng(9).
Físico- Químico- Biológico	Tecnología de integración de hierro de valencia cero ananoescala(nZVI) utilizando bacterias reductoras de sulfato(SRB)	Uranio VI	Haoran Dong (1); Long Li (2); Yue Lu (3); Yujun Cheng (4); Yaoyao Wang (5); Qin Ning (6); Bin Wang (7); Lihua Zhang(8) & Guangming Zeng(9).
Físico - Químico	Método de inyección por pulsos de presión (se utilizo emulsión para la inyección de los pozos y se agrego la tecnologia de integración de hierro de valencia cero annoescala (nZVI)	Tricloroeteno (TCE)	Zhao, X (1)., Liu, W (2)., Cai, Z(3)., Han, B (4)., Qian, T(5)., & Zhao, D(6).
Físico - Químico	Metodo Nalgonda (precipitación/coagulación) se ha realizado con calcita subterránea y ácido acético	Fluoruro	Kut, K. M. K (1)., Sarswat, A(2)., Srivastava, A(3)., Pittman, C. U (4)., & Mohan, D (5).
Físico - Químico	Nanocompuestos de polipirrol / óxido de estaño hidratado (NC 1, 2, 3, 4 y 5) se producido por encapsulación de HSnO empleando una polimerización in situ.(absorción e intercambio de ionico)	Fluoruro	Kut, K. M. K (1)., Sarswat, A(2)., Srivastava, A(3)., Pittman, C. U (4)., & Mohan, D (5).

Físico -Químico	Método de Electrocuagulación(EC) de dos pasos con electrodos bipolares de aluminio como técnica de desfluoración	Fluoruro	Kut, K. M. K (1)., Sarswat, A(2)., Srivastava, A(3)., Pittman, C. U (4)., & Mohan, D (5).
Físico - químico	Aplicación de partículas de sulfuro de hierro (FeS) como reductor/ absorbente	Selenio	Gong, Y(1)., Tang, J(2)., & Zhao, D(3).
Físico - químico	Inmovilización del contaminante por la absorción de uranio por ZVI (Hierro de valencia cero)	Uranio (VI) y (IV)	Thakur, A(1); Vithanage,M(2); Bhusan Das, D(3); Kumar, M.A(4).
Físico - químico	El proceso Nalgonda para el fluoridación en agua subterránea utilizando la técnica de Precipitación química / coagulación (CPC)	Fluoruro	Jadhav, S. V (1)., Bringas, E(2)., Yadav, G. D (3)., Rathod, V. K.(4), Ortiz, I (5)., & Marathe, K. V(6).

Fuente: Elaboración propia

ANEXO VI: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Métodos Químico)

Tratamientos Químicos								
Contaminantes	N° Tratamiento	Método de tratamiento	Ph	Concentración del contaminante	Temperatura	Tiempo	Porcentajes de eliminación	Autor/ Año
Fluoruro	T1	Tecnología de membrana (MT) integrando la nanofiltración (NF) de NF400			-		La tasa de recuperación del 84%, eliminación de F del 97,8% (satisfactorio)	Jadhav, S. V ., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)
Fluoruro	T2	Tecnología de membrana (MT) integrando Ósmosis inversa (RO) y nano fi filtración (NF) y se incluyó los niveles de irradiación solar	-	-	rango de temperatura de 5 mi 11 C	-	85% de retención F, Mg, NO 3, K (Satisfactorio)	Jadhav, S. V ., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)
Fluoruro	T3	Electrodialisis (DE) utilizando la membrana de intercambio anionico SB-6407	6pH	La concentración (0,8 mg / L)	-		Alimentación disminuyó la eliminación de F fue muy eficiente. (exitoso)	Jadhav, S. V ., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)

Resistentes a los antibióticos bacterias (ARB) y Genes de resistencia a antibióticos (ARG)		Tratamiento de Biodegradación anaerobica	-	18mg/L	-	-	mostró 85% y 62% de eliminación de ciprofloxacina bajo sulfato y nitrato ambientes (casi satisfactorio)	Zainab, S. M., Junaid, M., Xu, N., & Malik, R. N (2020).
Fluoruro	T1	Membranas de nanofiltración comerciales NF270, TR60 doble pasada y NF90 y una pasada y osmosis inversa		concentración fue > 6 mg / L de fluoruro.			Eliminación eficiente del agua subterránea (exitoso)	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016)
Fluoruro	T2 y T3	Membranas de nanofiltración comerciales NF5 y NF9		fluoruro inicial de 5, 10, 20 y 50 mg / L			fluoruro en el permeado fueron 1,45 (retención de fluoruro R = 57%) y 0,38 mg / L (R = 88%) respectivamente (casi satisfactorio) y (satisfactorio)	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016)

Fluoruro	T4	El hueso de sepia y la nanofiltración	7,2pH	concentración inicial de fluoruro de 5 mg / L (-	1h	redujo los niveles de fluoruro del agua subterránea en un 80% (satisfactorio)	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016)
Uranio VI	T5	Retención o inmovilidad utilizando Mackinawita y aplicanco bicarbonato (HCO ₃)		-5 g / L de mackinawita -U (VI) (concentración inicial = 5 × 10 ⁻⁵ M)			-eliminó el 82-88% de U (VI) -mientras que casi el 100% de Uranio VI se redujo a U (IV) en presencia de bicarbonato. (satisfactorio)	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D. (2016)
Mercurio	T6	Prueba cinetica de sorción Hg ₂ mas FeS ocuoso	5,6 pH	-0,4 g / L de FeS -Hg ₂ + 1 mM	-	20 min	FeS pueden eliminar casi el 100% de la solución Hg ₂ +1Mm (Casi satisfactorio)	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D. (2016)
Uranio VI	T7	Reducción aplicando la interacción entre mackinawita sintetica o FeS amorfo en el uranio (VI)	5 a 10 pH	5 g / L mackinawita Inicial de uranio VI 5 [^] 10 ⁻⁵ M	-	48 h	Las pruebas por lotes mostraron que casi Se logró la eliminación completa de 426 U (VI) (Satisfactorio)	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D. (2016)

Fluoruro y Arsénico	T4 y T5	Tratamiento de coagulación de adsorción, utilizando cloruro de poli aluminio (PAC) como coagulante	7.1pH	La concentración de F es 2,4 mg/L y A es 3,2mg/L	-	60min	La eliminación de As y F en la eficiencia fue de hasta 85 y 55%, respectivamente. (casi satisfactorio)	Jadhav, S. V ., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V.(2015)
Cromo (VI)	T8	Reduccion del Cr(VI) utilizando FeS amorfo con una atmosfera de N2	5,7 y 8 pH	-	-	3 días	mostró que el FeS eliminó todo el Cr (VI), del cual 85-100% se redujo a Cr (III) (satisfactorio)	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D. (2016)
Arsénico (III)	T10	La suspensión de mackinawite nanoparticulada para la eliminación del arsénico (III)	Rango de 5-10 pH	Mackinawite de (0,1-40 g / L)	-	-	informaron que la suspensión de mackinawite puede eliminar eficazmente As (III). (Casi satisfactorio)	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D. (2016)
2,4 – dinitrotolueno (DNT)	T11	Degradación DNT al agregar FeS	5.6 pH	50mg/L de FeS		240 min	Degrado el 91% (satisfactorio)	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D. (2016)

2,4 – dinitrotolueno (DNT)	T9	Degradación DNT al agregar FeS más el persulfato		50mg/L de FeS + 250mg de persulfato		240 min	Se observó degradación completa con la adición de persulfato. (exitoso)	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D. (2016)
Arsenico (III)	T1	Método de oxidación química		Para 0.1 mg / L a 0.3 mg / L de arsénico inicial concentración			eliminación se convierte en 99% (satisfactorio)	Nath, S. G., Debsarkar, A., & Dutta, A. (2018)
Arsenico (III)	T2	Método de oxidación química agregando MnO	6.3 - 8.3. pH			20s	puede oxidar más del 95% de As (III) (satisfactorio)	Nath, S. G., Debsarkar, A., & Dutta, A. (2018)
Fluoruro	T1	Rendimiento de separación de las membranas TFC para la purificación de fluoruro de los recursos de agua subterránea, basándose al "Modelos extendidos de polarización de concentración y NernstPlank".	2 a 10 pH	La concentración de 20ppmm de fluoruro		-	La separación fue alto de 99% de rechazo del fluoruro lo cual se obtuvo en 14kg/cm para NF-1 (Satisfactorio)	Mollahosseini, A., & abdelrasoul, A.(2019)

Cloruro de sodio (NaCl)	T2	Aplicación de TFC para el tratamiento de aguas subterráneas salinas a fin de evaluar la aplicación de TFC para la desalinización de aguas subterráneas salinas y con Monómeros comunes (metafenilendiamina (MPD))		- El peso de MPD 2,0% -El peso de TMC 0,5%	80°C	Tiempo de reacción fue 60 segundos Pero cuando es curado por el calor es 10 minutos	Y se dio como reporte el 67% de rechazo de NaCl (Satisfactorio)	Mollahosseini, A., & abdelrasoul, A.(2019)
-------------------------	----	---	--	---	------	--	---	--

Fuente: Elaboración propia

ANEXO VII: Tratamientos y métodos recolectados durante la investigación con sus respectivas descripciones de los resultados obtenidos (Combinaciones Métodos biológicos, físicos y químicos)

Combinaciones Métodos biológicos, físicos y químicos									
Tipo de tratamiento	N° Tratamiento	contaminante	Metodo de tratamiento	Ph	Concentración del contaminante	Temperatura	Tiempo	Porcentaje de eliminación	Autor/ Año
Biológico - Químico	T1	Nitrato	Los sistemas bioelectroquímicos (BES) integrando el tratamiento biocatódo acopiado aun anodo abiotico (CBD)	7pH	51,27 gNm - 3 NCCd - 1	-	1,2h	Permitió una eliminación continua de nitratos dentro del acuífero. (Exitoso)	Cecconet, D., Zou, S., Capodaglio, A. G., & He, Z. (2018)
Biológico - Químico	T2	Nitrato	Tratamiento de MFC (Celdas de combustibles microbianas)	-	concentración de nitrato de 35 mg NO -- NL - 1)	-	-	disminuiría en un 24%	Cecconet, D., Zou, S., Capodaglio, A. G., & He, Z. (2018)

Biológico - Químico - Físico	T1	Fenol	BES ("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW		59 ± 3 mg L ⁻¹ re ⁻¹		-	Se obtuvo una eliminación de fenol casi completa (99,5%) (satisfactorio)	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
Biológico- Químico - Físico	T2	benceno y fenantreno	In situ utilizando MFC (Celdas de combustibles microbianas)		Concentración \approx 1500 ppm de benceno y 100 ppm de fenantreno)	-	155 días	la eliminación de contaminantes se mantuvo consistentemente alta (más del 80% para benceno y fenantreno en condiciones copiotróficas) (satisfactorio)	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)
Biologico- Quimico - Fisico	T3	Tolueno	BES ("pozo bioeléctrico"), para en el lugar remediación de GW	-	67.2 ± 5.7 mg L ⁻¹ re ⁻¹	-	-	eliminación de tolueno más alta reportada hasta ahora (casi eficiente)	Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)

<p>Biológico - Químico - Físico</p>	<p>T4 Y T5</p>	<p>Hidrocarburo y Bromato</p>	<p>MFC tubular con ánodo de fieltro de carbono fue expuesto a GW contaminado</p>				-	<p>Este sistema eliminó hasta un 90% de hidrocarburos de petróleo en el ánodo y hasta un 79% de bromato (BrO⁻ - 3) en el cátodo (añadido como catolito) (satisfactorio)</p>	<p>Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)</p>
<p>Físico - biológico</p>	<p>T6</p>	<p>compuestos alifáticos y aromáticos</p>	<p>Tratamiento de BES con carbón activado granular (GAC) para aumentar el área de superficie disponible del ánodo, para plantas de gas GW en el lugar de remediación</p>					<p>Mostró una eliminación del 99% de compuestos alifáticos y aromáticos con una rápida colonización bacteriana (satisfactorio)</p>	<p>Cecconet, D., Sabba, F., Devecseri, M., Callegari, A., & Capodaglio, A. G. (2020)</p>

Físico-Químico	T7	Hierro (Fe)	Trasformación del contaminante dentro del tratamiento PRB (Barrera reactiva permeable) adicionando MnO2 (oxido de magnesio) dentro ZVI (hierro de valencia cero).		Fe2 + a Fe3 (55,85g/mol)	-		85% de eliminación eficiencia(satisfactorio)	Thakur, A; Vithanage, M; Bhusan Das, D; Kumar, M.A (2020)
Físico-Químico	T3 Y T4	Arsenico	Metodo de osmosis inversa(RO) con una presión alta y utilizando la membrana ES-10(poliamida)	- 3, 5 y 7 Ph O -10pH				-Remoción de75% del agua subterránea -incremento a un 90% (satisfactorio)	Nath, S. G., Debsarkar, A., & Dutta, A. (2018)
Físico-Químico	T5 Y T6	Arsenico	Método de osmosis inversa(RO) con una presión alta y utilizando la membrana NTR-729HF	3 a 5 pH 7 a 10 pH				La eliminación de 80% y 95% (satisfactorio)	Nath, S. G., Debsarkar, A., & Dutta, A. (2018)

Físico-Químico	T7	Arsenico (V)	Método de microfiltración (MF) con una presión baja utilizando la membrana GM2540F	7pH	-	-	-	La eliminación es de 63% (Casi satisfactorio)	Nath, S. G., Debsarkar, A., & Dutta, A. (2018)
Físico – Químico-Biológico	T2	Uranio (VI)	Tecnología de integración de hierro de valencia cero ananoescala (nZVI) utilizando la bacteria reductora de sulfato (SRB)				4 h	eliminación de U (VI) en el sistema de tratamiento ZVI + SRB fue 98,1% (satisfactorio)	Haoran Dong; Long Li; Yue Lu; Yujun Cheng; Yaoyao Wang); Qin Ning; Bin Wang; Lihua Zhang; Guangming Zeng. (2019)
Físico - Químico	T1 Y T2	Tricloroetano (TCE)	Método de inyección por pulsos de presión (se utilizó emulsión para la inyección de los pozos y se agregó la tecnología de integración de hierro de valencia cero annoescala (nZVI)	-	concentraciones de TCE en el suelo (> 80%) en cuatro de los seis ubicaciones de muestreo de suelo	-	90 días 19 meses	-Reducciones significativas en el agua subterránea -Se observaron nuevas disminuciones en las concentraciones de TCE a largo plazo	Zhao, X., Liu, W., Cai, Z., Han, B., Qian, T., & Zhao, D. (2016)

								(casi satisfactorio)	
Físico - Químico	T3 Y T4	Sustancias volátiles cloradas compuestos orgánicos (CVOC) y Tetracloroetano	Remediación de sustancias volátiles cloradas compuestos orgánicos (CVOC) (principalmente PCE) en una zona de fuente subterránea utilizando aceite de maíz y nanopartículas de nZV				2 meses	-reducción del 86% en la masa total de CVOC - 93% de reducción en la masa de PCE (satisfactorio)	Zhao, X., Liu, W., Cai, Z., Han, B., Qian, T., & Zhao, D. (2016)
Físico - Químico	T5	Etenos clorados	Nano partículas de Fe-Pd y nZVI estabilizadas con CMC a través de pruebas de empuje y tracción de un solo pozo		Concentración de etano clorados 65 µg / L		2 h	lo que indica la rápida degradación de etenos clorados (casi satisfactorio)	Zhao, X., Liu, W., Cai, Z., Han, B., Qian, T., & Zhao, D. (2016)
Físico - Químico	T6	Fluoruro	Método Nalgonda (precipitación/coagulación) se ha realizado con calcita subterránea	7pH	concentración de fluoruro de 50 mg / L,			El 9,5% la eliminación ocurrió sin adición de ácido y 94,3% con 0,1 M de	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A.,

			y ácido acético					CH 3 Adición de COOH (satisfactorio)	Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016).
Físico - Químico	T7	Fluoruro	Nanocompuestos de polipirrol / óxido de estaño hidratado (NC 1, 2, 3, 4 y 5) se producido por encapsulación de HSnO empleando una polimerización in situ y se utilizó ATR-FTIR, BET, FE-SEM, HR-TEM, TGA, XRD y una zeta dimensionador	6,5pH	26,16 a 28,99 mg / ga		3 ciclos	mantuvo una alta desorción eficiencia 95,81% (satisfactorio)	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016).
Físico - Químico	T8	Fluoruro	Metodo de Electrocuagulación(EC) de dos pasos con electrodos bipolares de aluminio como técnica de desfluoración		fluoruro concentraciones de las muestras de agua que oscilan entre 0,1 y 10 mg / L.	20 y 55 0 °C	10 min	Disminuyendo lentamente se disminuye, alcanzando un 90% de remoción al final del experimento (satisfactorio)	Kut, K. M. K., Sarswat, A., Srivastava, A., Pittman, C. U., & Mohan, D.(2016).

Físico - Químico	T9	Selenio (IV)	Aplicación de partículas de sulfuro de hierro (FeS) como reductor/absorbente	8pH	concentraciones (127 y 253 µM) de Se (IV)		-	Eliminó completamente e las altas concentraciones del Se(IV) (EXITOSO)	Gong, Y., Tang, J., & Zhao, D.(2016)
Físico - Químico	T1	Fluoruro	El proceso Nalgonda para el fluoridación en agua subterránea utilizando la técnica de Precipitación química / coagulación (CPC)	-	concentración inicial de 109 mg / L usando cal	-	-	El fluoruro del agua subterránea se puede eliminar hasta un 96% (satisfactoria)	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V. (2015)
Físico - Químico	T2	Arsénico	Remoción de arsénico integrando Adsorción (AD)	7pH	Concentración (60,5 metro g Como / L			La eliminación de As y su rendimiento fue excelente en compañía de aniones competidores. (exitosa)	Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V. (2015)

<p>Físico - Químico</p>	<p>T3 Y T4</p>	<p>Fluoruro</p>	<p>Tecnología de membrana (MT) integrando Electrodiálisis (DE)</p>	<p>6pH</p>	<p>La concentración de iones F podría llevarse en un 96% (0,8 mg / L)</p>			<p>eliminar los iones F del agua subterránea salobre lo cual eliminó el Cl 69% y el 97% F (satisfactorio)</p>	<p>Jadhav, S. V., Bringas, E., Yadav, G. D., Rathod, V. K., Ortiz, I., & Marathe, K. V. (2015)</p>
<p>Biológico – Físico</p>	<p>T8</p>	<p>Benceno</p>	<p>Cultivos microbianos de liberación controlada para la remediación de contaminantes</p>				<p>Tiempo de retención 0,872 días</p>	<p>65% de benceno (casi satisfactorio)</p>	<p>O'Connor, D., Hou, D., Ok, Y. S., Song, Y., Sarmah, A. K., Li, X., & Tack, F. M. G.(2018)</p>
<p>Biológico – Físico</p>	<p>T9</p>	<p>Tolueno</p>	<p>Cultivos microbianos de liberación controlada para la remediación de contaminantes</p>				<p>Tiempo de retención 0,872 días</p>	<p>81 a 90%de tolueno (satisfactorio)</p>	<p>O'Connor, D., Hou, D., Ok, Y. S., Song, Y., Sarmah, A. K., Li, X., & Tack, F. M. G.(2018)</p>

Físico - Químico	T10	Tricloroetano (TCE)	Cinética de oxidación mostrando tres barreras reactivas basadas en velas de permanganato	-	Concentración de TCE 87 µg / l			produjeron eficiencias acumulativas de eliminación de TCE del 38%, 67% y 74% (casi satisfactorio)	O'Connor, D., Hou, D., Ok, Y. S., Song, Y., Sarmah, A. K., Li, X., & Tack, F. M. G.(2018)
Físico - químico	T1	Fluoruro	Rendimiento de separación de las membranas TFC para la purificación de fluoruro de los recursos de agua subterránea, basándose al "Modelos extendidos de polarización de concentración y NernstPlank".	Su pH es de 2 a 10	concentración es de 20ppmm de fluoruro	-		la separación fue alto de 98,5 % de rechazo del fluoruro (satisfactorio)	Mollahosseni, A., & abdelrasouli, A.(2019)
Físico - químico	T3	Cloruro de sodio(NaCl)	Aplicación de TFC para el tratamiento de aguas subterráneas salinas a fin de evaluar la aplicación de TFC para la		peso de MPD 2,0% y el peso de TMC 0,5%	temperatura de 80°C	tiempo de reacción fue 60s pero cuando es curado	se dio el rechazo de NaCl de 67% (casi satisfactorio)	Mollahosseini, A., & abdelrasoul, A.(2019)

			desalinización de aguas subterráneas salinas y con Monómeros comunes (metafenilendiamina (MPD) y Cloruro de trimesoilo (TMC)				por el calor es 10 minutos		
--	--	--	--	--	--	--	----------------------------	--	--

Fuente: Elaboración propia

Anexo VIII: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE CATEGORIA (CUALITATIVO)

CATEGORÍA DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	SUB CATEGORÍAS	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Fuentes de contaminación	<p>Punto o área de contaminación y dispersión de materiales peligrosos y residuos peligrosos al ambiente, fuente que emite contaminantes al ambiente en un sitio contaminado. (MINAN,2016)</p> <p>https://www.minam.gob.pe/calidadambiental/wp-content/uploads/sites/22/2015/02/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf</p>	<p>Son 2 puntos o áreas que contienen contaminantes ya se ha natural es decir que la mis naturaleza lo produce o antropogénico que son las actividades o acciones producidas por el hombre.</p>	<p>a) Naturales</p> <p>b)Antropogénicos</p>	<p>a.1 Mg, As, Ca, Cr, Fe, F, Rn, etc.</p> <p>b.1 Agrícola, industrial y urbano</p>	nominal
Agentes de contaminación	<p>Cualquier sustancia o materia física, química, biológica o radiológica que tiene efectos negativos en el aire, el agua, la tierra o el suelo, o la biota. Véase también contaminante. (Glosario de Estadísticas del Medio Ambiente de las Naciones Unidas, 2013)</p> <p>https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1140/cap11.pdf</p>	<p>Son de 3 tipos de contaminantes los cuales por la acción del hombre por querer extraer los minerales de los recursos naturales y/o producir o crear industrialmente también produce desechos que son contralados.</p>	<p>a) Orgánicos</p> <p>b) Inorgánicos</p>	<p>a.1Hidrocarburos, pesticidas y productos farmacéuticos, entre otros</p> <p>b.1 As, Cd, Ni, Hg, etc.</p>	nominal

			c) Microorganismos biológicos o patógeno	c.1 bacterias, parásitos, virus y hongos.	
Tipos de tratamientos	Técnicas de tratamientos, suelo y aguas subterráneas que consiste en la aplicación de métodos químicos, físicos o biológicos (Logeshwaran et al; 2018).	Son métodos o tratamientos que se aplican para eliminar, reducir, absorber, retener e inmovilizar los contaminantes presentes que se encuentran en el suelo y en las aguas subterráneas que están dañando y afectando a los seres vivos.	a) Físicos	a.1 Tratamientos físicos para la extracción por aire (que también se conoce como burbujeo de aire). a.2 Tratamientos físicos por separación de membranas	nominal
			b) Biológicos	b.1 Degradación biológica (Biodegradación del sulfalano por microcosmos) b.2 Degradación aeróbica (eliminación de sulfolano en condiciones anóxicas y anaeróbicas)	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO


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

Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), ESTEFANI IRENE SANTANA HINOSTROZA estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "REVISIÓN SISTEMÁTICA: MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE AGUAS SUBTERRÁNEAS, 2020", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
ESTEFANI IRENE SANTANA HINOSTROZA DNI: 47857342 ORCID 0000-0001-6910-0892	

Código documento Trilce: 31793