



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE INTERCAMBIADORES IÓNICOS PARA LA REMOCIÓN DE SULFATOS EN AGUAS DE RÍO, EN LOS ÚLTIMOS 10 AÑOS”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERA AMBIENTAL

Autoras:

Mirian Jackelin Rojas Tafur
María Anacelly Tarrillo Olivera

Asesor:

M.Sc. Gladys Sandi Licapa Redolfo

Cajamarca - Perú

2021

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada primeramente a Dios nuestro forjador de camino que nos acompaña y siempre nos levanta de los continuos tropiezos que se nos presentan, por brindarnos nuevas señales de esperanza que si se puede seguir adelante.

Dedicamos también a nuestros padres por habernos forjado valores de lucha, perseverancia y a no dejarse derrotar por los obstaculos presentados durante nuestro proceso de formación profesional. Además, por estar siempre guiandonos en cada paso que escalamos y por celbrar junto a nosotros los logros y las derrotas.

Así mismo, a nuestros hermanos quienes con sus sonrisas y ánimos nos dan el coraje y la confianza que si podemos lograr nuestros objetivos.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, dar gracias a Dios, por darnos la vida, salud para poder seguir avanzando cada paso que damos y relucir nuestra mente, para así poder cumplir nuestros objetivos trazados.

A nuestros padres por ser los principales promotores de este sueño, por el apoyo y fortalecimiento que nos dan cada día.

Al programa Nacional de Becas y Crédito Educativo Beca 18 por el sustento económico de nuestros estudios universitarios.

A nuestra asesora Ing. Gladys Licapa Rodolfo por compartir sus sugerencias, conocimientos y así ayudarnos a realizar nuestra tesis.

TABLA CONTENIDO

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
INDICE DE TABLAS	5
INDICE DE FIGURAS	6
RESUMEN	7
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	8
1.1. Realidad problemática	8
1.2. Formulación del Problema	21
1.3. Objetivos	21
1.4. Hipótesis	22
CAPITULO II. METODOLOGIA	23
2.1. Tipo de investigación	23
2.2. Población y muestra (materiales, instrumentos y métodos)	23
2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.	25
2.4. Procedimiento	26
2.5. Aspectos éticos	31
CAPITULO III. RESULTADOS	32
3.1. Porcentaje de remoción de sulfatos mediante el uso de Intercambiadores Iónicos ...	32
3.2. Concentración Inicial de Sulfatos en Agua de Río.	35
3.3. Concentración de sulfato de antes y después del tratamiento.	36
3.4. Comparación de la concentración final de SO_4^{2-} con los ECAs categoría I y la normativa Internacional para agua.	38
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	41
4.1. Discusión	41
4.2. Conclusiones	45
REFERENCIAS	47
ANEXOS	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Estándares de Calidad Ambiental para agua Categoría I	16
Tabla 2: Documentos analizados para la realización del estudio según las palabra clave ...	28
Tabla 3: Cantidad de sulfatos en estudios de referencia	32
Tabla 4: Concentración inicial de sulfatos	35
Tabla 5: Concentración inicial y final de SO_4^{2-}	36
Tabla 6: Cocentración final de SO_4^{2-} y ECAs y Normativas Internacionales para agua.....	38
Tabla 7: Concentración final de SO_4^{2-} y estándares de las normativas de estudios incluidos en la investigación	39

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Selección y exclusión de documentos	28
Figura 2: Porcentaje de remoción de sulfatos después del tratamiento.....	33
Figura 3: Cantidad de remoción de sulfatos después del tratamiento	34
Figura 4: Concentración inicial de sulfatos.....	35
Figura 5: Comparación de la concentración de sulfatos	37
Figura 6: Comparación de la concentración de SO_4^{2-} con los ECAs y Normas Internacionales.....	38
Figura 7: Comparación de la concentración de SO_4^{2-} con los Estándares de las normativas de estudios incluídos en la investigación	40

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo evaluar la eficiencia de los intercambiadores iónicos para remover sulfatos en aguas de río, empleando la técnica de análisis documental y el uso del “resumen selectivo” se recopiló información teórica de diversos documentos académicos como, tesis, artículos y revistas, la cual los encontramos plasmados en los diferentes buscadores académicos, se determinó palabras claves y los criterios de exclusión e inclusión. Toda la información es citada y referenciada en formato APA 6ta edición. Después de estudiar todos los artículos seleccionados, se recopiló de cada estudio los porcentajes de remoción de sulfatos, mostrando los siguiente; resina IRA 910 con un porcentaje de 90 y 80%, MIEX® 74 %, IRA 400 77%, IRA 420 74.40 %, Purolite C – 100 E 60.08 %, las concentraciones de sulfato antes del tratamiento están en un rango de 1000 mg/L a 130.77 mg/L y al relacionarlo con las concentraciones después del tratamiento con los intercambiadores iónicos mostro una diferencia de remoción de sulfato de 770 mg/L a 96.77 mg/L. Por ende, se concluye que los intercambiadores iónicos si muestran eficiente remoción de sulfatos y otros parámetros en agua de río.

Palabras clave: Intercambiadores Iónicos, aguas, Sulfatos, Río y eficiencia.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La contaminación del agua siempre ha existido y más en los ríos, ya que algunos de ellos atraviesan las ciudades en la cual, el ser humano no tiene algún reparo en protegerlos y simplemente arroja los restos de contaminantes. Por otro lado, los factores naturales también influyen en la contaminación en cierta parte ya que, ciertos yacimientos mineros que se encuentran en la cabecera de cuenca de donde discurren los ríos influenciando más la presencia de sulfatos, y es uno de los casos presentes en la ciudad de Cajamarca.

Asimismo, la alta concentración de sulfatos en agua que es consumida por la población ocasiona enfermedades, especialmente en los más pequeños, según Bolaños, Cordero y Segura (2017) los sulfatos actúan como un laxante que surge al tomar agua con alta concentración de SO_4^{2-} , además actúa como un deshidratante produciendo así un cuadro diarreico en personas de la tercera edad y niños, si bien el agua que ingiere la población de diferentes ciudades de nuestro país es tratada por una planta de tratamiento no hace que la concentración de sulfatos específicamente este acorde con los parámetros establecidos por los ECAs para consumo humano

Por ello, esta investigación está respaldada por los siguientes antecedentes de investigación empezando por:

Sancho (2019). Con su proyecto “Propuesta de sistema de tratamiento para la reducción del contenido de Dureza Total y Sulfato del agua en el acueducto de la ASADA Santa Cruz de Turrialba”, realizó la evaluación del agua que abastece al mencionado acueducto, eligiendo un sistema de tratamiento para realizar la reducción de dureza total y SO_4^{2-} en agua para el consumo de las personas y la determinación de la capacidad del ablandamiento de la cal y el intercambio iónico con resinas para disminuir el contenido de los parámetros antes mencionados. La cual, a partir de la muestra de datos de la caracterización del recurso hídrico y la comparación de resultados con Límites Máximos Permisibles que estable la normativa de Costa Rica, concluyó que los datos adquiridos de la curva de ruptura de la resina, así como de los modelos experimentales que se manejaron para la retención del ión calcio como resultado del 84, 30 mg de sulfato por gramo de resina, lo cual definió que la concentración es óptima y favorable.

Asimismo, Solórzano y Tinoco (2016). En su investigación, “Diseño, construcción y puesta en marcha de una unidad de intercambio iónico”, donde se hizo un bosquejo para la construcción de un equipo de intercambio iónico para la desmineralización de distintos tipos de agua, en la cual primero realizó los cálculos básicos para adquirir las dimensiones, flujos requeridos y en lo relacionado al diseño mecánico se ha tomado como base la altura de relleno de las resinas, flujo de alimentación y tiempo de retención. Concluyendo que la eficiencia del equipo diseñado es alta ya que removió el 97 % de iones de dos tipos de agua, asimismo señala que, a menor tamaño del grano de resina, menor será el tiempo que tarde en llegar al equilibrio y las columnas de intercambio catiónico y aniónico remueven eficientemente los cationes y aniones del agua.

Por otro lado, Puma (2016). En su investigación "Variación de Concentración de Cationes del Agua Dura al Paso por la Resina Catiónica", indica que el agua de abastecimiento a la Ciudad Universitaria de la UNA - Puno, contiene una dureza de 556,4 mg/L, la cual es un agua muy dura, por ello la eficiencia del intercambiador se determinó mediante la gráfica de Freundlich, por un balance de materia se alcanzó para este proceso un rendimiento de intercambio de 61,36% para la dureza total, 77,09% para el catión Calcio (Ca^{2+}) y 85,21% para el catión magnesio (Mg^{2+}). Así mismo el tiempo para la regeneración de las resinas se determinó en periodos de 2 – 2.5 horas para uso continuo. Finalmente, se logró reducir de 556, 40 mg/L a 92.12 mg/L de la dureza total equivaliendo un 83.4 %.

Además, Briones y Castro (2019). En su “Estudio de la calidad del agua del sistema de potabilización en el caserío Shahuindo, Cajabamba, Perú” realizó el monitoreo de sus subsistemas de abastecimiento de agua que suministra a la población del caserío Shahuindo, en la que se estableció 13 estaciones de monitoreo; estas se repartieron en una muestra de agua para cada estación de muestreo (captación, línea de conducción, tanque de almacenamiento y grifo de la vivienda) en tres campañas diversas. Obteniendo los siguientes resultados, los sulfatos y coliformes termotolerantes no cumplen con las normas establecidas; los sulfatos en 10 de 12 muestras superan los 250 mg/L, con concentraciones de 250 a 420 mg/L. En el cual, los investigadores recomiendan instaurar filtros de resina aniónica de base débil como medida de remoción de sulfatos.

Finalmente, Rando (2010). En su investigación “Estudio de la efectividad de una resina magnética de intercambio iónico para la reducción de aniones y materia orgánica de las aguas del río Llobregat” evaluó la efectividad de remoción de materia orgánica y aniones, mediante una resina magnética de intercambio iónico MIEX®. El estudio se realizó a través

de la validación del método analítico para la determinación de aniones y cationes del agua del río por cromatografía iónica y el estudio cinético optando por los parámetros de tiempo de contacto, dosis de resina. Esta investigación se realizó de manera descriptiva, analítica y experimental debido a que se recogieron muestras y se analizaron en un laboratorio para tener conocimiento de la concentración de aniones en el agua del río, en la cual se validó mediante el método analítico dando la concentración de SO_4^{2-} de 200 mg/L, y se concluyó que la resina MIEX® redujo el 40 % de la materia orgánica del agua, siendo 5 ml/L la dosis óptima de resina MIEX®, 10 minutos el tiempo de contacto óptimo y 30 minutos el tiempo de contacto máximo. Se produce un aumento de la turbidez ya que se desprenden finas partículas que quedan suspendidas, pero se reduce la concentración de iones nitrato y sulfato de un 25 % y un 30%, respectivamente.

Considerando que este sistema ha sido estudiado y aplicado en diversos países con éxito especialmente en zonas rurales, es muy importante la investigación universitaria en temas del ámbito ambiental y social, así fomentar iniciativas para mejorar los servicios y calidad de vida de familias de las pequeñas y medianas comunidades. Desde, este punto de vista se plantea la presente investigación teórica o de revisión sistemática que busca determinar la eficiencia de intercambiadores iónicos para remover SO_4^{2-} en aguas de río.

La base teórica que sirvió para entender los aspectos principales de la investigación, menciona.

Intercambio iónico

Es una transformación química que permite la desunión de especies iónicas disueltas a través de la transferencia desde la fase líquida a un material intercambiador sólido, en el que reemplacen a otros iones del mismo signo eléctrico, que a su vez pasan a la fase líquida. En el proceso, de naturaleza reversible, no se originan transformaciones químicas en las especies iónicas que intervienen en el material intercambiador.

El interés por las aplicaciones del intercambio iónico reside precisamente en la posibilidad de reutilizar una y otra vez el material intercambiador. Para ello, el material debe ser anticipadamente sometido a un proceso de regeneración antes de recuperar las condiciones de partida.

Muchas de las aplicaciones del intercambio iónico tienen por materia la eliminación de una determinada especie iónica de una solución líquida, dando como resultado su disociación defina y su concentración en la fase sólida. Las aplicaciones industriales de los procesos de intercambio iónico están unidos a la recuperación de cationes metálicos en disolución, separación de mezclas de especies iónicas, depuración de líquidos, recuperación de sales (Sánchez, 2015).

Proceso de Intercambio Iónico

El sistema consta de una fase sólida, insoluble (material intercambiador de iones), rodeada por una fase líquida en la que se halla el soluto de interés que se pretende separar. El proceso se establece, cuando la fase sólida incorpora dicho soluto a su estructura sin que se origine una modificación permanente de la misma.

El intercambio se establece siempre entre equivalentes químicos de especies iónicas del mismo signo eléctrico. Si los iones intercambiados son positivos, el material de intercambio se denomina catiónico, y aniónico si las especies iónicas tienen carga negativa. Cationes tales como calcio, magnesio, bario, estroncio y radio pueden ser separados de una disolución acuosa a través del empleo de una resina catiónica. Y aniones como fluoruro, nitratos, sulfatos, fosfatos, cromato y ácidos pueden ser separados mediante una resina aniónica (Sánchez, 2015).

Resinas de Intercambio iónico

Los materiales de intercambio iónico que se utilizan actualmente en aplicaciones industriales están constituidos por compuestos sintéticos denominados como resinas. Estas se logran por la copolimerización de estireno y vinilbenceno, o de materiales acrílicos.

Son minúsculas esferas o gránulos de plástico, con un diámetro aproximado de 0.6mm. Estas bolitas son porosas y contienen agua, que es invisible y no se puede eliminar. Esta proporción de agua presente en las resinas de intercambio iónico se denomina como “retención de humedad”. La estructura de la resina es un polímero en la cual un ion fijo, ha sido inmovilizado de manera permanente. Este ión no se puede eliminar o reemplazar ya que pertenece a la estructura de la resina (Reyna, 2014).

De acuerdo a su porosidad, las resinas se clasifican en resinas de tipo gel o microporosas, y resinas de tipo macroporoso, de retícula menos empacada. La porosidad de las resinas tipo gel es del mismo rango que los tamaños iónicos, mientras que las resinas macroporosas presentan una red de canalizaciones en su matriz estructural, conocidos como

macroporos, que favorecen la adsorción y desorción de sustancias de mayor tamaño molecular, como compuestos orgánicos.

Clasificación de las resinas según su estructura química y sus propiedades:

Resina Catiónicas Ácido fuerte

Se caracterizan por tener grupos sulfónicos $-SO_3^-$, como grupos funcionales. Los grupos sulfónicos se comportan como ácidos fuertes, que en disolución acuosa se exhiben totalmente hidrolizados. Las resinas de esta categoría son monofuncionales, y sus propiedades químicas y físicas varían en función de la relación de copolimeración entre divinilbenceno y estireno, que está entre el 6 y el 16%. Las resinas ácido fuerte atraen iones cargados positivamente, que intercambian por protones o sodio, dependiendo de su presentación en forma ácida o sal sódica, y tiene una capacidad de remoción de 1.9 a 2.2 eq/L (Na^+).

Resinas Catiónicas ácido Débil

Son resinas categorizadas por la presencia del grupo carboxilo $-COOH$, como grupo funcional. Suspenden cationes en equilibrio con otros ácidos débiles en la disolución, como bicarbonatos, pero no pueden intercambiar iones que se hallan en equilibrio con aniones ácidos fuertes. Su regeneración es más fácil, alcanzándose tasas próximas a la regeneración máxima y tiene una capacidad de remoción de 3.7 a 4.8 eq/L (H^+).

Resinas Aniónicas Base Fuerte

Eliminan todos los aniones. Su uso ha sido generalizado para eliminar aniones débiles en bajas concentraciones, tales como: carbonatos y silicatos. Intercambian iones negativos (aniones), está destinada para la aplicación del suavizado de agua, elimina los

aniones del agua y necesitan una gran cantidad de regenerante, normalmente son los (hidróxido sódico - NaOH).

Resinas Aniónicas Base Débil

Eliminan con gran eficiencia los aniones de los ácidos fuertes, tales como sulfatos, nitratos y cloruros. Se trata de una resina eficiente y no se puede utilizar a pH altos pueden sufrir problemas de oxidación o ensuciamiento. (Coronel, 2018)

Iones

Las sustancias solubles ionizadas disueltas en agua se encuentran presentes como iones, que son átomos o moléculas que señala una carga eléctrica. Los iones con carga positiva se llaman cationes, los de carga negativa aniones. Los iones pueden llevar una carga o más, generalmente entre 1 y 3; puede ser un solo átomo (iones mono atómicos) o una combinación de varios átomos juntos, como moléculas (poli atómica). (Reyna, 2014)

Sulfatos

Estos aniones están presentes de manera natural en numerosos minerales y se utilizan comercialmente, sobre todo en industrias químicas. Se descargan a través de los desechos industriales y de los depósitos atmosféricos; no obstante las altas concentraciones se dan, por lo general, en aguas subterráneas en la se forman al moverse el agua a través de formaciones rocosas y suelos que contienen minerales sulfatados, una parte del sulfato se disuelve en las aguas subterráneas.

El sulfato (SO_4^{2-}) se distribuye ampliamente en la naturaleza y puede presentarse en aguas naturales en concentraciones que van desde uno o varios miles de mg/L. Los residuos del drenado de minas pueden aportar grandes cantidades de SO_4^{2-} debido a la oxidación de la pirita.

Algunos riegos que produce la alta concentración de sulfatos son; catarsis, deshidratación e irritación gastrointestinal. Las personas que no estén acostumbradas a beber agua con niveles elevados de sulfato experimentan diarrea y deshidratación. La población más sensible son los niños y en una mayoría los adultos. La alta concentración de sulfato en agua potable tiene un efecto laxativo cuando se combina con calcio y magnesio, componentes más comunes de la dureza del agua (DIGESA, 2006, p. 16)

El valor establecido de sulfatos según las normas nacionales como; D.S N° 004 – 2017 – MINAN (ECA) y el D.S N° 031 – 2010 SA (LMP) de agua potable es de 250 mg/L.

Tabla 1:

Estándares de Calidad Ambiental para agua Categoría I.

Tipo de agua	Parámetro	
	Sulfatos	Unidad
ECA para agua potable	250	mg/L

Tipos de sulfatos

Sulfatos de Orgánicos e Inorgánicos

En los primeros, grupos orgánicos alquilo, sustituyen unos o varios protones de los compuestos orgánicos o ésteres. Resultando de la mezcla de ácido sulfúrico y alcohol o de la unión del alcohol, cloruro de sulfurilo y una base. Identificándose con la fórmula $R - O - SO_2 - R'$.

Sulfatos Orgánicos

El Sulfato de dimetilo $(CH_3)_2SO_4$, es el sulfato orgánico más frecuente, se emplea en la preparación de alimentos y bebidas, acentúa los sabores y favorece la sinergia de todos los compuestos. Es innegable su aporte a la industria del vino, interviene en el sabor y aroma.

Sulfatos Inorgánicos

Los sulfatos inorgánicos son sales que se crean cuando el azufre con un elemento químico o un radical, entran en contacto con el oxígeno. La oxidación de los sulfuros produce sales que tienen en común el ion sulfato:

Sulfato de Cobre

Acorde al grado de oxidación del átomo de cobre, es clasificado como sulfato cuproso o sulfato pentahidratado. Siendo el sulfato cuproso una sal blanca insoluble y raramente utilizada. En cambio, el sulfato de cobre pentahidratado es de color azul, siendo en su estado natural calcantita, materia prima de desinfectantes y fungicidas. Además, actúa como alguicida para estanques y piscinas, y complemento nutritivo para animales.

Sulfato de aluminio

También llamado sal de aluminio. Se obtiene de la unión de hidróxido de aluminio y ácido sulfúrico. Es un polvo blanquecino soluble en agua y altamente ácido, corrosivo. Tiene muchos usos en la industria y se encuentra en los productos más sencillos. Se utiliza para equilibrar el pH de las plantas en suelos alcalinos.

Por su carácter higroscópico, el sulfato de aluminio es utilizado en los tratamientos y purificaciones del agua. Logrando que las impurezas se concentren de manera que es posible filtrarlas. El sulfato de aluminio disuelto en agua actúa como fijador de tintas en los tejidos. Habilita colorantes y telas para que no se arruinen al lavarla. Anteriormente era utilizado para la fabricación del papel.

Sulfato de Hierro

Conocido también como caparrosa verde y vitriolo de hierro, en color va de verde a marrón, asimismo puede presentarse azul cristalino. Teniendo diversos usos, fundamentalmente en la agricultura para la preparación de los suelos, controla el pH y contribuye hierro a las plantas. Entre tanto los iones de hierro disueltos en agua obtienen una apariencia rojiza bastante llamativa, ansiada en hormigones, estanques y otras estructuras al aire libre.

Sulfato de Calcio

El sulfato de calcio, anhidrita (yeso) es muy utilizado en la agricultura, dado que controla las sales y desliza el sodio en los suelos halomórficos. Contribuye el calcio necesario a suelos ácidos. Encontrándose en la naturaleza en modo de roca blanca poco soluble. Tanto

que, hoy se mercantiliza en fórmulas accesibles con el sistema de riego, para servir de fertilizante y/o alimentación de los suelos.

Sulfato de Amonio

El ácido sulfúrico reacciona al amoníaco creando gránulos blancos, insolubles en alcohol, pero solubles en agua. Las contentivas de nitrógeno, azufre y las sales de nitrógeno se utilizan esencialmente como fertilizante en cultivos, Asimismo tienen usos sustanciales en la industria química, el sulfato de amonio es un elemento de medicamentos, cosméticos, polvos y pinturas para extintores de fuego. (Gil, 2018)

Agua

Sustancia de total importancia para la vida con excepcionales propiedades consecuencia de su composición y estructura. Es una molécula sencilla formada por tres pequeños átomos, uno de oxígeno y dos de hidrogeno, con enlaces polares que permiten establecer puentes de hidrogeno entre moléculas adyacentes. De ahí sus elevados puntos de fusión y ebullición, imprescindibles para que el agua se encuentre en estado líquido a la temperatura de la tierra. Su alto calor especifico la convierte en un excepcional amortiguador y regulador de los cambios térmicos, manteniendo la temperatura corporal constante. (Carbajal, A. y Gonzales, M. 2012, p. 63).

Agua potable

“El agua potable, también llamada agua para consumo humano, es el agua que por su calidad química, física, bacteriológica y organoléptica es apta para el consumo humano” (SUNASS, 2004, p. 252).

En el Perú para que el agua se considere potable, es decir apta para el consumo humano, debe cumplir con los rangos para los aspectos fisicoquímicos y microbiológicos, establecidos por los Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA) y el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (DIGESA, 2006).

Se designa agua potable al agua “bebible” que puede ser consumida por las personas y animales sin tener riesgo de contraer enfermedades. Tanto que al agua se realiza un tratamiento para el consumo humano, según las normas de calidad decretadas por las autoridades internacionales como locales. El agua potable, es aquella que debe cumplir las características físicas, químicas y microbiológicos, siendo esta apta para consumo humano utilizándose en bebidas directa, en la preparación de alimentos o en la higiene personal (OMS, 2010).

1.2. Formulación del Problema

¿Cuál es la eficiencia de los intercambiadores iónicos para remover los sulfatos en aguas de río, en los últimos 10 años?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Evaluar la eficiencia de los intercambiadores iónicos para remover sulfatos en aguas de río, en los últimos 10 años.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Identificar el contenido de sulfatos en agua de río antes del tratamiento con intercambiadores iónicos, en los últimos 10 años.

- Comparar la concentración de sulfatos en agua de río antes y después de tratamiento con intercambiadores iónicos, en los últimos 10 años.

- Comparar la concentración de sulfatos después del tratamiento con intercambiadores iónicos con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua categoría I y Normativas Internacionales.

1.4. Hipótesis

1.4.1. Hipótesis General

Los intercambiadores iónicos tienen una eficiencia alta para remover sulfatos en agua de río, en los últimos 10 años.

1.4.2. Hipótesis Especificas

- El contenido de sulfatos en agua de río está por encima de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua categoría 1 antes de ser tratada por un sistema de intercambio iónico, en los últimos 10 años.
- La concentración de sulfatos antes y después del tratamiento con intercambiadores iónicos si muestra un cambio, en los últimos 10 años.
- La concentración de sulfatos después del tratamiento con intercambiadores iónicos no superara los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) ni las Normativas Internacionales para agua.

CAPITULO II. METODOLOGIA

2.1. Tipo de investigación

El estudio presenta un diseño No experimental – Transversal donde Sampieri, R, et al (2014), señala que “Una investigación no experimental son los estudios que se realizan sin la manipulación de las variables y solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos”. Al mismo tiempo, “las investigaciones transversales o transaccionales recolectan datos en un solo momento y tiene un único propósito es describir y analizar la incidencia e interrelación en un momento dado de las variables” (Liu, 2008 y Tucker, 2004, citado en Sampiere, 2013).

Asimismo, presenta un tipo de investigación documental, en la cual, “busca que el investigador indague una fuente, pretenda entender y darle sentido a lo que dice un autor determinado, mostrando los aspectos originales de su planteamiento” (Gómez, 2011).

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

150 estudios que tenían relación con la remoción de sulfatos en agua de río mediante el uso de intercambiadores iónicos.

2.2.2. Muestra

30 estudios donde se analizaron el porcentaje de remoción de sulfatos en agua de río mediante el uso de intercambiadores iónicos.

2.2.3. Materiales

Para elaborar la presente investigación se utilizaron los siguientes materiales.

- Laptop hp de 14 pulgadas.
- Buscadores académicos.
- Internet 13 Mbps de velocidad.
- Cuaderno de apuntes.
- Lapiceros.
- Carpetas de archivos de todos los artículos.
- Artículos
- Revistas.
- Tesis.

2.2.4. Métodos

Estrategia de búsqueda

En primer lugar, se determinó las palabras claves para buscar los estudios relaciones con en el tema de investigación, en los buscadores académicos de confianza.

Criterio de Elegibilidad

Se seleccionó los criterios de exclusión e inclusión para elegir los estudios relacionados a los objetivos de nuestra investigación.

Extracción de datos

Para la extracción de datos se hizo uso una base de datos de Excel.

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos.

En la recolección y análisis de datos la principal técnica es el análisis documental y el instrumento que interviene es la base de datos de Excel.

En la técnica de análisis documental se extrae nociones específicas de los documentos para representarlo y facilitar el acceso a los documentos originales. En ella, se recolectan datos de fuentes secundarias como; tesis, artículos científicos, revistas entre otros y se utilizan como fuentes para recolectar datos de variables de interés.

El tipo de análisis documental utilizado fue el resumen o descripción sustancial que consiste en extraer lo fundamental del contenido de un documento sin ninguna interpretación o crítica.

En el instrumento de recolección de datos seleccionado como es la base de datos de Excel se incluyó la siguiente información de cada una de las bibliografías seleccionadas; Autor, Título, año de publicación, tipo de documento y el resumen, la cual nos centramos básicamente en los resultados obtenidas en las investigaciones.

2.4. Procedimiento

La investigación que se presenta es de tipo descriptiva, la cual, para escoger el tema a investigar primero, se realizó una amplia revisión bibliográfica en diversas fuentes confiables como Google académico y el mismo buscador Google, Scielo, REMERI, Upcommons.upc.edu, Dialnet, Redalyc, Dspace – Universidad de Trujillo, UNAC, Uchile, SISIB – Universidad de Chile y Sciencedirect. Mediante ello se consiguió conocer si se contaba con información relacionada con alguna técnica de tratamiento de agua para la remoción de sulfatos.

Después de la revisión de distintos artículos, tesis y revistas se definió el tema de investigación que es “Eficiencia de intercambiadores iónicos para la remoción de sulfatos en aguas de ríos”. Durante la revisión bibliográfica se utilizaron una serie de palabras claves como; “reducción de sulfatos presentes en agua”, “remoción de sulfatos en agua”, “remoción de la concentración de sulfatos”, “intercambiadores iónicos para tratar aguas”, “tecnologías para remover sulfatos”, “intercambiadores de iones para remover sulfatos”, “eficiencia de intercambiadores iónicos en la remoción de contaminantes”; donde estas palabras facilitaron la búsqueda de información.

Los criterios de inclusión seleccionados son los siguientes; artículos originales publicados en los buscadores académicos, entre los años 2010 – 2019, en idioma español e inglés que describen información relacionado al tema de la eficiencia de los intercambiadores iónicos para la remoción de sulfatos en aguas de río, mencionados documentos fueron registrados y organizados en una tabla Excel que contenía información de; Autor, título, año, país, fuente y resumen.

Como criterios de exclusión, fueron los estudios que no estaban dentro del rango de años seleccionados (2010 – 2019), los intercambiadores iónicos que removían otros parámetros como; nitratos, nitritos, carbonatos, entre otros; y se trataban de aguas residuales domésticas y aguas residuales de minería, otros estudios que carecían de autor, no se encontraban en buscadores académicos de confianza.

Luego los documentos recopilados se han revisado a fondo para elegir las mejores investigaciones con las que se trabajó el marco teórico y nos brinden información importante relacionada con el tema que se está investigando. Cabe recalcar que se realizó la revisión de 150 documentos en los diferentes buscadores, pero los que tenían cercana relación con el tema a investigar fueron 30.

Por último, de los 30 estudios seleccionados se revisaron a detalle los que tenían mayor información del porcentaje de remoción de sulfatos, y se procedió a agruparlos en una tabla (Tabla 1) donde se indica el porcentaje de remoción que logro los intercambiadores iónicos objeto de análisis para cada estudio para el parámetro de sulfatos, y para obtener un rango general de remoción entre los diversos estudios se agrupo en un gráfico, y se comprobó que los intercambiadores tienen una eficiencia necesaria para remover sulfatos en agua.

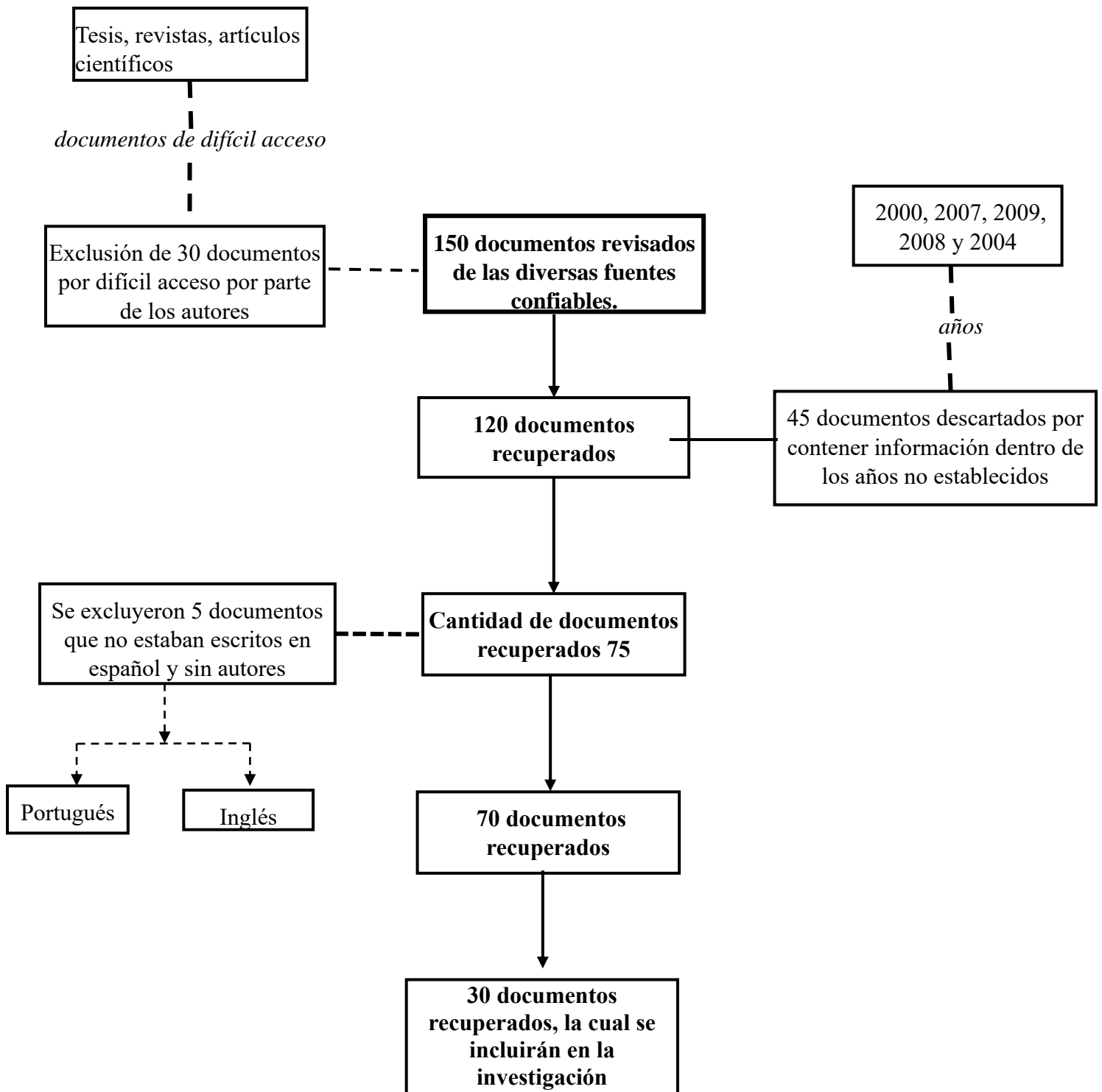


Figura 1: Selección y exclusión de documentos.

Tabla 2:

Documentos analizados para la realización del estudio según las palabras clave.

Fuente	Tipo de Documento	Lugar	Título
Google académico	Artículo	España	Estudio de la efectividad de una resina magnética de intercambio iónico para la reducción de aniones y materia orgánica de las aguas del río Llobregat
Rraae	Tesis	Ecuador	Diseño, construcción y puesta en marcha de una unidad de intercambio iónico
upcommons. upc.edu	Artículo	España	Determinación del origen de los sulfatos disueltos en las aguas de la cuenca del Llobregat en el bages
Repositorio. unac	Tesis	Perú	Remoción de Iones sulfatos de agua de rechazo de una planta de osmosis inversa mediante precipitación química y micro filtración
repositorio uchile	Tesis	Chile	Identificación de las propiedades fisicoquímicas que mejora las características de un sustrato de hierro específicamente diseñado para la remoción de sulfato desde medios acuosos vía proceso de adsorción
Redalyc	Artículo	Santiago de Cuba, Cuba	Determinación de sulfato por el método turbidimétrico en aguas y aguas residuales. validación del método
repositorio.u nap.edu.	Tesis	Puno – Perú	Variación de concentración de cationes del agua dura al paso por la resina catiónica
Google académico	Tesis	Cajamarca- Perú	Estudio de la calidad del agua del sistema de potabilización en el caserío Shahuindo, Cajabamba – Perú
Kimuk	Tesis	Costa Rica	Propuesta de sistema de tratamiento para la reducción del contenido de Dureza Total y Sulfato del agua en el acueducto de la ASADA Santa Cruz de Turrialba
google académico	Artículo	Perú	Obtención de agua ultra pura en la Industria mediante intercambiadores iónicos
google académico	Tesis	Perú	Determinación de las condiciones de operación para el tratamiento de agua de relaves de una empresa minera en Cajamarca mediante reducción de sulfatos con lechada de CAL
google académico	Artículo	Nueva Granada - Bogotá	Estudio Preliminar de la Capacidad de Remoción de Iones Inorgánicos de Una Zeolita Sintética Tipo Faujasita
(SISIB) - Universidad de Chile	Tesis	Chile	Remoción de sulfato y metales pesados en medios filtrantes de piedra caliza con bacterias sulfato reductoras
redalyc	Artículo	Lima- Perú	Desalcalinización del agua mediante intercambio iónico
Google académico	Articulo	Japón	Competitive removal of dissolved organic matter (DOM) and inorganic anions by anion exchange resins (AERs)
Google	Tesis	Chile	Extracción de sulfato mediante resinas de intercambio iónico para su aplicación al tratamiento de aguas

Google	Articulo	Turquía	Sulphate Removal from Flotation Process Water Using Ion-Exchange Resin Column System
Google académico	Articulo	Brasil	Studies of sulfate ions removal by the polyacrylic anion exchange resin Amberlite IRA458: batch and fixed-bed column studies
Google académico	Tesis	Colombia	Diseño y montaje de un tren de intercambio iónico para el laboratorio de operaciones unitarias de la universidad san buenaventura, seccional Cartagena
Google académico	Tesis	Argentina	Determinación de sulfatos en aguas de consumo mediante resinas de intercambio iónico
Google	Tesis	Ecuador	Diseño y construcción de un desmineralizador de lecho múltiple
Google	Articulo	España	Intercambio iónico
Google académico	Tesis	Ecuador	Diseño de un sistema de tratamiento para la potabilización del agua en la comunidad la Candelaria, Parroquia San Luis
Google	Tesis	México	Combinación de Electrodiálisis, Intercambio Iónico, Osmosis Inversa para la Desnitrificación de Aguas Potencialmente Potables
Google	Articulo	Eslovaquia, Europa	Application of ion – exchange process for sulphates removal from acid mine drainage
dspace (Universidad Nacional de Trujillo)	Tesis	Trujillo-Perú	Influencia del pH y dosis de hidróxido de aluminio sobre el porcentaje de eliminación de sulfatos en agua de mina artificial mediante tratamiento por precipitación
repositorio.unap.edu.	Tesis	Perú	Variación de Concentración de Cationes del Agua Dura al Paso por la Resina Catiónica
Google académico	Articulo	Uruguay	Tratamiento de agua subterránea para eliminación de nitratos con resina de intercambio iónico portátil, ose
Google académico	Tesis	Perú	Capacidad de la resina Amberlite IR-120 para mejorar la calidad de agua subterránea en la urbanización San Sebastián – Comas, 2017.
Google académico	Artículo	México	Removal of Arsenic and Sulfates from an Abandoned Mine Drainage by Electrocoagulation. Influence of Hydrodynamic and Current Density

2.5. Aspectos éticos

Los aspectos éticos de la presente investigación descriptiva estuvieron definidos desde el inicio de la formulación del tema de investigación, ya que lo que prima es la transparencia en la utilización de información sin ningún tipo de alteración de las diversas citas bibliográficas.

Asimismo, la ética y el profesionalismo está presente en el proceso de desarrollo de la investigación mediante la estimación y la no alteración de los resultados y autores de cada artículo científico, siempre redactando información correcta, veraz y contundente. En la que sobresalga los valores éticos más importantes que se practica como; la honestidad al momento de brindar datos y resultados tal y como está en los documentos utilizados citando y referenciando en formato APA 6ta edición a cada estudio; la objetividad al agenciarse de una información contrastable y verdadera; el respeto al utilizar material autorizados por los autores.

CAPITULO III. RESULTADOS

Los resultados de la evaluación y análisis de los documentos considerados para esta investigación se presentan a continuación.

3.1. Porcentaje de remoción de sulfatos mediante el uso de Intercambiadores Iónicos

En primera instancia se identificó la cantidad y los porcentajes de remoción de sulfatos SO_4^{2-} presentes en agua de río, que se lograron con los intercambiadores iónicos en el cual fue en un rango de 60 % a 90 % (Tabla N°3).

Tabla 3:

Cantidad de sulfatos removidos en estudios de referencia.

Estudio	Tipo de resina	Cantidad de sulfatos removidos	Unidades	% de remoción
“Propuesta de sistema de tratamiento para la reducción del contenido de dureza total y sulfato del agua en el acueducto de la asada santa cruz de Turrialba”.	Amberlite® IRA 910	335.26	mg/L	80%
“Estudio de la efectividad de una resina magnética de intercambio iónico para la reducción de aniones y materia orgánica de las aguas del río Llobregat”.	Resina MIEX®	26.47	mg/L	74 %
"Extracción de sulfatos mediante resinas de intercambio iónico para su tratamiento en aguas".	IRA 400	770	mg/L	77%
	IRA 420	744	mg/L	74.4%

"Eliminación Competitiva de Materia orgánica disuelta (DOM) y aniones inorgánicos por resinas de intercambio aniónico (AER)".	Macroporosa IRA 910	121	mg/L	90%
“Diseño de un Sistema de Tratamiento para la Potabilización del Agua en la Comunidad la Candelaria, Parroquia, San Luis”	Purolite C – 100 E	102.27	mg/L	60.08%

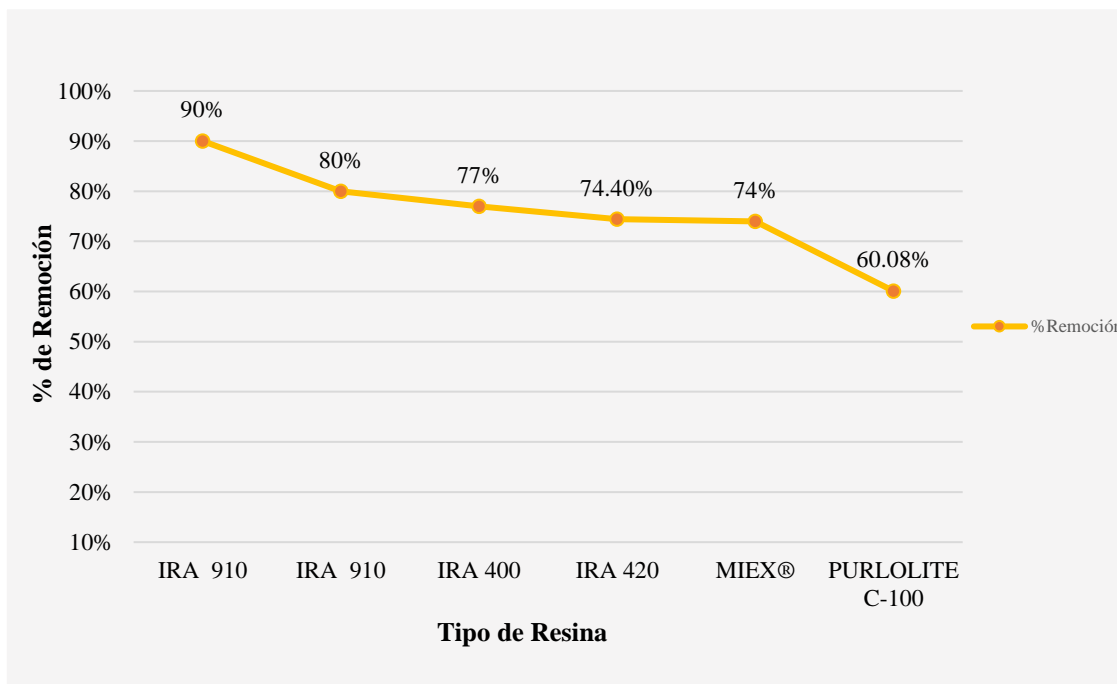


Figura 2: Porcentaje de remoción de sulfatos después del tratamiento.

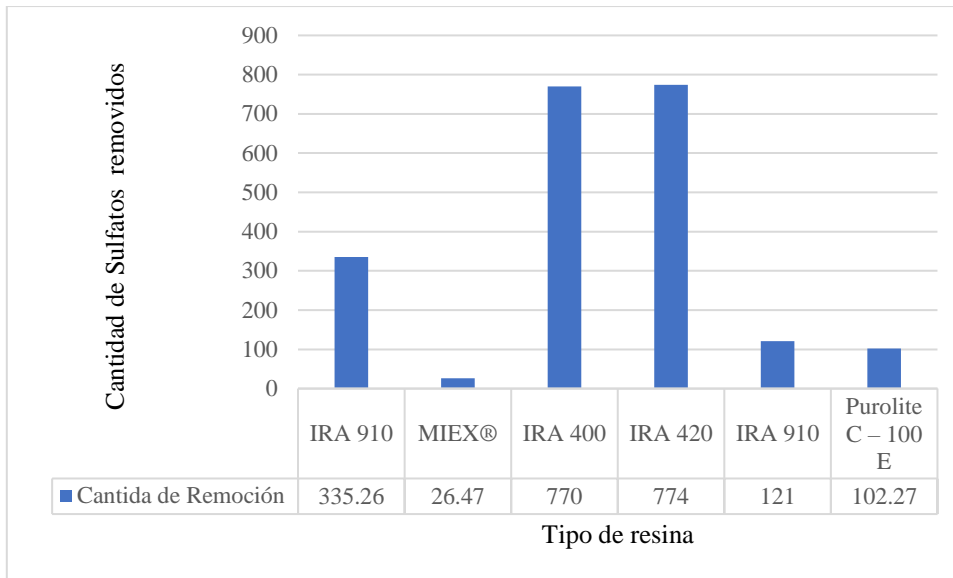


Figura 3: Cantidad de remoción de sulfatos después del tratamiento.

En la figura 2 y 3 se encuentran los rangos de remoción de sulfatos SO_4^{2-} removidos después del tratamiento con intercambiadores iónicos (IRA 910, MIEX®, IRA 400, IRA 420, IRA 910, Purolite C – 100 E), tanto en cantidad que va desde 26.47 mg/L a 770 mg/L y en porcentaje desde 60.08 % a 90%. Este indica que un intercambiador compuesto por una resina Amberlite® IRA 910 remueve un 80 % y la Macroporosa IRA 910 remueve un 90 % de sulfatos presentes en agua de río, no siendo una buena opción elegir la resina Purolite C – 100 E ya que remueve 60.08 % de sulfatos SO_4^{2-} .

El porcentaje de remoción de sulfatos haciendo uso de intercambiadores iónicos se calcularon a partir de la concentración de antes del tratamiento y del después de este, en la cual han estado detallados en los estudios que hemos analizado.

3.2. Concentración Inicial de Sulfatos en Agua de Río.

Tabla 4:

Concentración inicial de sulfatos

Autor de la investigación	Tipo de resina	Concentración inicial de SO_4^{2-} (mg/L)
Sancho, M. (2019)	Amberlite® IRA 910	419.56
Rando, J. (2010)	Resina MIEX®	130.77
Basualto, F. (2019)	IRA 400	1000
	IRA 420	1000
Phetrak, A., Lohwacharin, J; et al. (2012)	Macroporosa IRA 910	134.34
Abarca, E. (2014)	Purolite C – 100 E	256.17

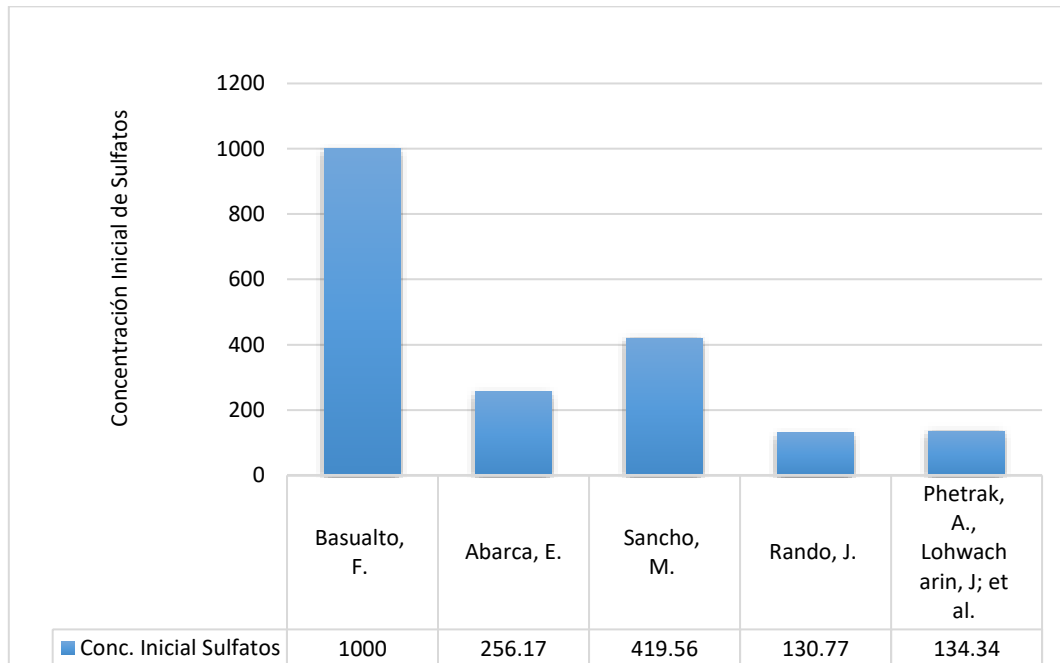


Figura 4: Concentración inicial de sulfatos.

En la figura 4 indica la concentración de sulfatos del antes del tratamiento mediante el uso de intercambiadores iónicos, siendo el documento de investigación de (Basualto, 2019, p. 27-36) con concentración de 1000 mg/L, seguido de (Sancho, 2019, p. 62-69) con una concentración de 419.56 mg/L estos dos estudios indican las más altas concentraciones iniciales de sulfatos SO_4^{2-} en agua, que al pasar por tratamiento los sulfatos se redujeron a 230 mg/L y 256 mg/L respectivamente ya que se trató con dos tipos de resina y en el otro estudio los sulfatos SO_4^{2-} se redujo a 84.17 mg/L.

3.3. Concentración de sulfato de antes y después del tratamiento.

Tabla 5:

Concentración inicial y final de SO_4^{2-}

Autor de la investigación	Tipo de resina	Concentración inicial de SO_4^{2-} (mg/L)	Concentración final de SO_4^{2-} (mg/L)
Sancho, M. (2019)	Amberlite® IRA 910	419.56	84.17
Rando, J. (2010)	Resina MIEX®	130.77	34
Basualto, F. (2019)	IRA 400	1000	230
	IRA 420	1000	256
Phetrak, A., Lohwacharin, J; et al. (2012)	Macroporosa IRA 910	134.34	13.34
Abarca, E. (2014)	Purolite C – 100 E	256.17	153.9

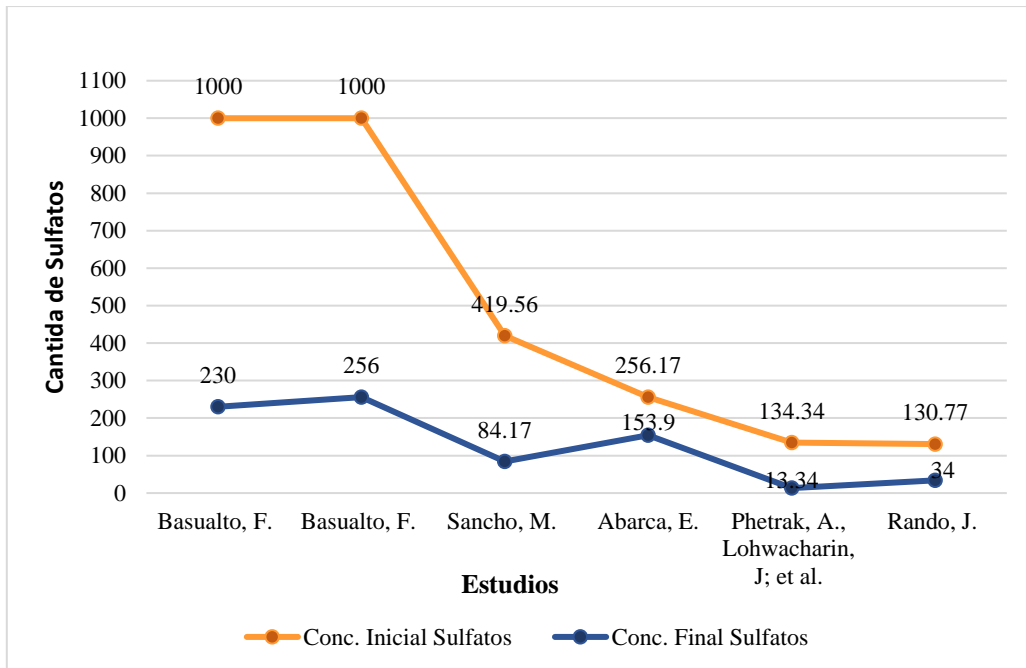


Figura 5: Comparación de la concentración de sulfatos.

En la figura 5 se describe las concentraciones de sulfatos antes y después del tratamiento con intercambiadores iónicos, donde la diferencia es de 770 mg/L y 774 mg/L en la concentración inicial de 1000 mg/L, en la concentración inicial de 419.56 mg/L la diferencia fue de 335.39 mg/L con la concentración final, y en las tres últimas concentraciones iniciales y finales la diferencia fue de 102.27 mg/L, 120.94 mg/L y 96.77 mg/L de remoción de sulfatos en agua de río haciendo uso de intercambiadores iónicos.

3.4. Comparación de la concentración final de SO_4^{2-} con los ECAs categoría I y la normativa Internacional para agua.

Tabla 6:

Concentración final de SO_4^{2-} y ECAs y Normativas Internacionales para agua

Autor de la investigación	Conc. Final Sulfatos (mg/L)	ECA	EU	OMS
Basualto, F.	256			
Basualto, F.	230			
Abarca, E.	153.9	250 mg/L	250 mg/L	500 mg/L
Sancho, M.	84.17			
Rando, J.	34			
Phetrak, A., Lohwacharin, J; et al.	13.34			

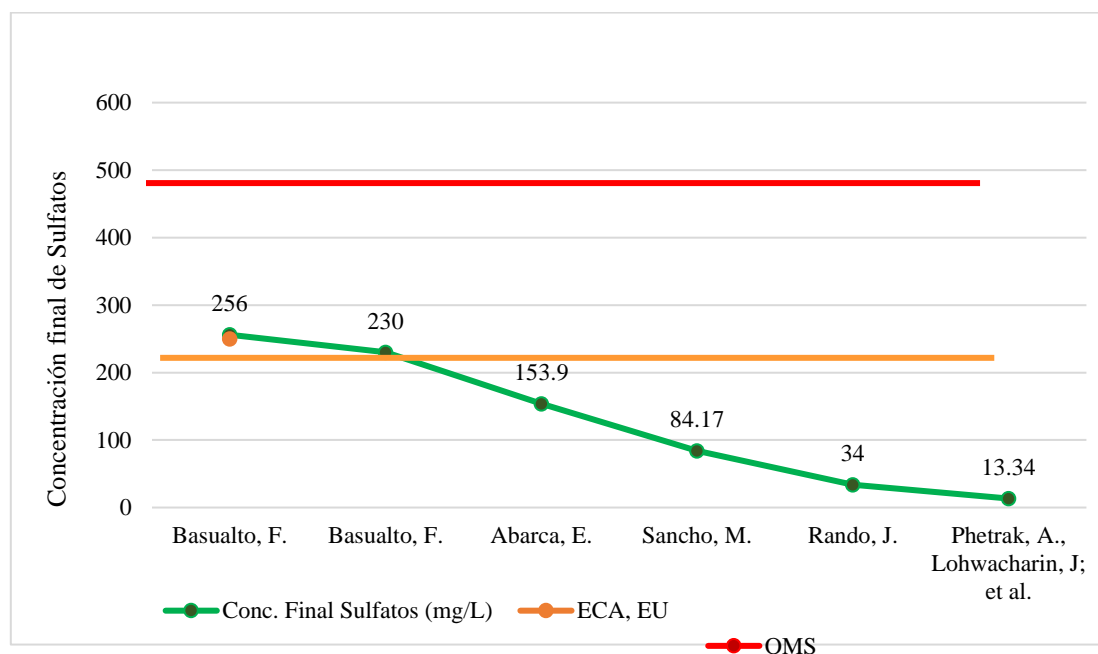


Figura 6: Comparación de la concentración de SO_4^{2-} con los ECAs y Normas Internacionales

En la tabla 6 y figura 6 describe una comparación entre las concentraciones de sulfato después del tratamiento mediante el uso de intercambiadores iónicos con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) categoría I y la Normativa Internacional (UE) para agua, en la cual estas dos normas nos dan como estándar 250 mg/L de la cantidad de sulfatos en agua para consumo humano y en la tabla como en la figura se identifica que los resultados del estudio de (Basualto, 2019, p. 27-36) con una concentración de 256 mg/L no cumplen con los estándares establecidos, Pero sí cumple con la Normativa Internacional de la OMS ya que esta tiene como estándar dado de 500mg/L.

Tabla 7:

Concentración final de SO_4^{2-} y estándares de las normativas de estudios incluidos en la investigación.

Autor de la investigación	Conc. final de SO_4^{2-} (mg/L)	Norma Calidad del agua Potable NCh 409-2005 (Chile)	Standards for Drinking Water Quality GB 5749-2006 (China)	Decreto N° 3516 - Norma de Calidad Ambiental (Ecuador)	Reglamento de la calidad del Agua Potable N° 38924-2015 (Costa Rica)	Real Decreto 140/2003 (España)	D.S 004-2017-MINAM (Perú)
Basualto, F. (2019)	256 230						
Abarca, E. (2014)	153.9						
Sancho, M. (2019)	84.17	500 mg/L	250 mg/L	250 mg/L	250 mg/L	250 mg/L	250 mg7L
Rando, J. (2010)	34						
Phetrak, A., Lohwacharin, J; et al. (2012)	13.34						

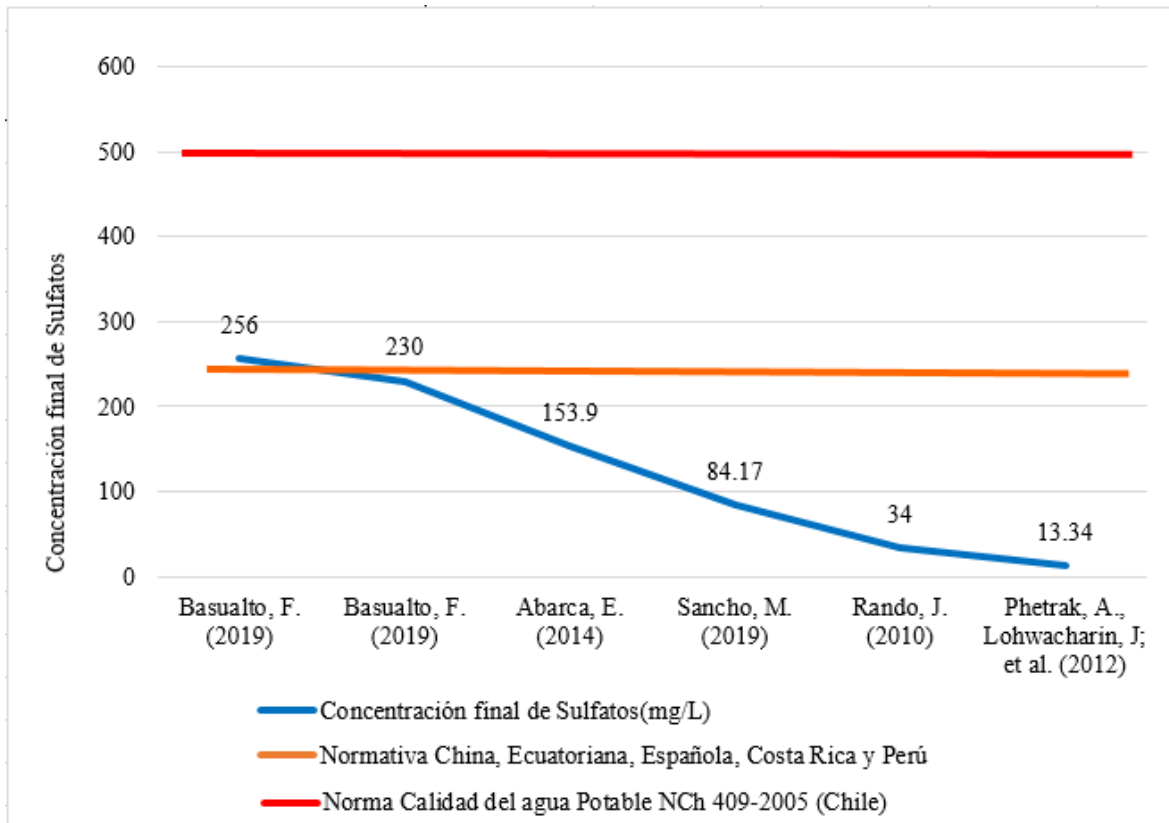


Figura 7: Comparación de la concentración de SO_4^{2-} con los Estándares de las normativas de estudios incluidos en la investigación.

En la tabla y figura 7 se encuentra los resultados de sulfatos después del tratamiento y los estándares de calidad establecidos en cada país donde se ha desarrollado los estudios, en la cual se ve que en la normativa Nch 409-2005 (chilena) tiene un estándar de 500 mg/L para sulfatos en agua de consumo humano y las demás normativas; Standards for Drinking Water Quality GB5749-2006 (China), Decreto N° 3516 Norma de Calidad Ambiental (Ecuador), Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924 – 2015 (Costa Rica), el Real Decreto 140/2003 (España) y el D.S 004 – 2017 – MINAM (Perú) tienen un estándar de 250 mg/L y las concentraciones finales de sulfatos de los estudios está en un rango de 13.34 mg/L y 256 mg/L.

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

De los documentos revisados, podemos deducir que en la Tabla 3 señala que los intercambiadores iónicos demuestran una eficiencia de remoción de sulfatos (SO_4^{2-}) de 80 y 90 % respectivamente siendo el intercambiador iónico la resina IRA 910, los estudios relacionados a esas eficiencias fueron realizados mediante una prueba experimental donde utilizando una columna envuelta con la resina y en el otro estudio se eligió una resina de intercambio aniónico de base fuerte donde el agua de río antes de pasar por el experimento de intercambio iónico fue sometida a filtración con arena rápida, corroborándose esta información con los estudios de (Sancho, 2019, p. 62-69) y Phetrak, A., Lohwacharin, J; et al. (2012) que al comparar con los ECAs categoría 1 para agua potable los resultados de mencionados artículos los están cumpliendo ya que la resina Amberlite® IRA 910 tiene una gran afinidad por los iones sulfatos y mayor facilidad tienden a removerlos ; mientras que en el estudio (Basualto, 2019, p. 27-36) con la aplicación de una resina IRA 420 a pesar que removió el 74.46 % de sulfatos no logro cumplir el ECA, esto debido a que la concentración de sulfatos en agua fue de 1000 mg/L.

La cantidad de sulfatos en el agua de río antes del tratamiento donde en la tabla 4, como en la figura 4 indica las concentraciones iniciales de sulfatos en agua de río, siendo (Basualto, 2019, p. 27-36) con concentraciones de 1000 mg/L, así mismo (Sancho, 2019, p. 62-69) con una concentración inicial de 419.56 mg/L y (Abarca, 2014, p. 27, p.80) con una concentración de 256.17 mg/L, siendo estos tres estudios los que tienen la más alta cantidad de sulfatos (SO_4^{2-}) en agua, sobrepasando el ECA para agua, requiriéndose el Tratamiento de Intercambiadores Iónicos (Resinas IRA 910, MIEX®, IRA 400, IRA 420, IRA 910,

Purolite C – 100 E) respectivamente; mientras que los estudios de Phetrak, A., Lohwacharin, J; et al. (2012) con concentración inicial de 134.34 mg/L y (Rando, 2010, p. 81-82) con 130.77 mg/L de concentración inicial también pasaron por el tratamiento antes mencionado debido que en mencionados estudios utilizaron la tecnología para tratar otros parámetros.

Según la tabla 5 y la figura 5 las concentraciones iniciales y finales de SO_4^{2-} están sistematizadas de acuerdo a; estudio de (Basualto, 2019, p. 27-36) con concentración inicial de 1000 mg/L y la concentración final de 230 mg/L y 256 mg/L dando una diferencia de 770 mg/L al ser tratado con el intercambiador iónico IRA 400 mientras que al utilizar la resina IRA 420 la diferencia fue 744 mg/L. (Sancho, 2019, p. 62-69) en sus resultados con el tratamiento de intercambiadores iónicos (Amberlite® IRA 910) tuvo la concentración final de sulfatos de 84.17 mg/L de una concentración inicial de 419.56 mg/L, dando una diferencia de concentraciones de 335.39 mg/L en comparación con el estudio de (Abarca, 2014, p. 27, p.80) que la concentración inicial de sulfatos fue de 256.17 mg/L que al pasar por intercambiadores iónicos (Purolite C – 100 E) se redujo a una concentración final de 153.9 mg/L teniendo una diferencia de 102.27 mg/L.

Otro estudio como el de (Phetrak, A., Lohwacharin, J; et al. 2012), los sulfatos en concentración inicial es 134.34 mg/L y la concentración después del tratamiento con intercambiadores iónicos (Macroporosa IRA 910) es 13.34 mg/L indicando una diferencia de 121 mg/L equivalente al 90 %; mientras que, (Rando, 2010, p. 81-82) muestra una diferencia de concentraciones de 96.77 mg/L de la cantidad inicial SO_4^{2-} de 130.77 mg/L menos la concentración final de 34 mg/L, ello haciendo uso de la resina MIEX®.

De acuerdo a la tabla y figura 6 comparando los resultados de la concentración de SO_4^{2-} después del tratamiento con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) categoría I y

la normativa Internacional, (EU) solo un estudio supera dichos estándares con una concentración de 256 mg/L y los estándares indica un límite de 250 mg/L; Mas no a la Normativa Internacional de la OMS ya que tiene como dato de 500 mg/L. Mientras que los demás estudios si están cumpliendo con el estándar establecido para cada normativa, ello indica que los intercambiadores iónicos remueven el sulfato de acuerdo a las condiciones tenga el flujo de entrada y la cantidad de resina que se elija para el diseño del intercambiador.

Realizando una comparación entre las concentraciones de sulfatos de después del tratamiento con intercambiadores iónicos y los estándares de calidad de agua de las normativas NCh 409-2005 (chilena) 500 mg/L, Standards for Drinking Water Quality GB5749-2006 (China), Decreto N° 3516 Norma de Calidad Ambiental (Ecuador), Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924 – 2015 (Costa Rica), el Real Decreto 140/2003 (España) y el D.S 004-2017-MINAM (Perú) tienen un estándar de 250 mg/L; los resultados de los estudios obtenidos todos cumplen con la normativa NCh 409-2005, ya que estos están en un rango de 13.34 mg/L a 256 mg/L y la normativa establece un límite de 500 mg/L mientras que al realizar una comparación con las otras normativas Standards for Drinking Water Quality GB5749-2006 (China), Decreto N° 3516 Norma de Calidad Ambiental (Ecuador), Reglamento para la Calidad del Agua Potable N° 38924 – 2015 (Costa Rica), el Real Decreto 140/2003 (España) y el D.S 004-2017-MINAM (Perú) el resultado de Sancho. F no lo cumple ya que tiene una concentración de Sulfatos de 256 mg/L y las normativas señalan un estándar de 250 mg/L.

Limitaciones e Implicancias

- Carencia de información y resultados concretos de la eficiencia de los intercambiadores iónicos para la remoción de sulfatos en aguas de ríos, ya que los que se presenta en la investigación no son todos encontrados en el idioma español.
- Estudios encontrados en las fuentes confiables tenían acceso restringido a los resultados de investigación.
- La investigación realizada es poco aplicada en nuestro país y que decir en nuestra región, la cual limito en la información de antecedentes en el ámbito local.
- Estudios que muestran resultados del tema de investigación requiere de una inscripción y pago para adquirir el documento.

Las implicancias de la presente investigación pueden agruparse en: implicancias académicas para la literatura de intercambiadores iónicos y remoción de sulfatos así mismo las implicancias prácticas para los profesionales dedicados al diseño de sistemas de tratamiento de agua.

Desde el punto de vista académico, nuestro estudio contribuirá: realizar una integración de la literatura sobre tratamiento de aguas con sulfatos, Aportar, desde un punto de vista teórico, una perspectiva contingente al estudio de los Intercambiadores Iónicos para la remoción de sulfatos presentes en el agua de los ríos y de esta manera puedan desarrollarlo de manera experimental el prototipo pudiéndolo aplicar tanto en entidades públicas o privadas, pequeñas y medianas instituciones.

Desde el punto de vista práctico beneficiando a la población aledaña a las riberas de los ríos ya que estos podrían usar el agua para consumo humano, bebida de sus animales,

riego de sus plantas y cultivos puesto que con la remoción de los sulfatos del agua mediante intercambiadores iónicos estas estarían libres ya no recargadas de sulfatos de esta manera no tener que preocuparse por que algo le afecte a su salud mejorando su calidad de vida de la población beneficiada.

4.2. Conclusiones

Se describió que el porcentaje de remoción de sulfatos en agua de río mediante el uso de intercambiadores iónicos está en un rango de 60 a 90 % respectivamente, dando mayor efectividad el uso de la resina IRA 910 para remover sulfatos con porcentajes de 80 a 90 %, debido a que la resina Amberlite® IRA 910 tiene una gran afinidad por los iones sulfatos por ello tienden a removerlos.

Se identificó que el contenido de los sulfatos de agua de río antes del tratamiento con los intercambiadores iónicos está en un rango de 1000 mg/L hasta los 130.77 mg/L correspondientemente, requiriendo el tratamiento antes mencionado con las resinas respectivas para la remoción de sulfatos y así convertirse en un agua apto para su consumo.

Se comparó las concentraciones de sulfatos antes y después del tratamiento con intercambiadores, dando una diferencia de 770 mg/L hasta 96.77 mg/ de las concentraciones iniciales indicando un alto porcentaje de remoción y por ende se cumple los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) categoría I para agua.

Se comparó la concentración de sulfatos después del tratamiento con intercambiadores iónicos en base a los estudios realizados, con la Normativa Nacional para

agua (ECA) así como las Normativas Internacionales (OMS, UE, Ecuador, España, Costa Rica, Chile y China), cumpliendo con los estándares establecidos respectivamente, en consecuencia, los intercambiadores iónicos para el tratamiento de sulfatos en agua de río son eficiente demostrado en los resultados de los estudios analizados.

REFERENCIAS

- Abarca, E. (2014). Diseño de un sistema de tratamiento para la potabilización del agua en la comunidad la Candelaria, Parroquia San Luis. (Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo) Repositorio Institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/3409>
- Bolaños, J., Cordero, G., & Segura, G. (2017). Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones de Alajuela. Revista Scielo. Recuperado de: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>
- Basualto, F. (2019). Extracción de Sulfato mediante resinas de intercambio ionico para su aplicación al tratamiento de aguas. (Tesis de grado, Universidad de Concepción) Repositorio Institucional de Universidad de Concepción. <http://repositorio.udec.cl/jspui/handle/11594/347>
- Carbajal, A. y Gonzales, M. (2012). Propiedades y funciones biológicas del agua. Vaquero y Toxqui (Eds) Agua para la salud: pasado, presente y futuro. (pp. 63) Madrid. Universidad Complutense de Madrid. <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-Carbajal-Gonzalez-2012-ISBN-978-84-00-09572-7.pdf>
- Coronel, A., (Noviembre, 2018). Resina de intercambio Iónico. EcuRed. Recuperado de: https://www.ecured.cu/Resina_de_Intercambio_I%C3%B3nico
- Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua y establecen disposiciones Complementarias. Categoría I. Clase A. (abril, 2017). Ministerio del Ambiente. Recuperado de:

<https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/06/DS-004-2017->

MINAM.pdf

Decreto N° 3516-Norma de Calidad Ambiental. (2012). Criterios de calidad para las aguas de consumo humano y Doméstico y que para su potabilización solo requieren desinfección. (Ecuador). Recuperado de:

<https://www.cip.org.ec/attachments/article/1579/PROPUESTA%20ANEXO%201.pdf>

DIGESA. (2010). Parámetros Físicoquímicos. Gesta de agua – Grupo de estudio técnico ambiental. Recuperado de:

http://www.digesa.minsa.gob.pe/DEPA/informes_tecnicos/GRUPO%20DE%20USO%201.pdf

Gil, I. (Setiembre, 2018). Sulfatos. Rocas y Minerales. Gales, Inglaterra. Rescuperado de:

<https://www.rocasyminales.net/sulfato/#more-996>

Directiva (UE) 2015/1787. (2015). Calidad de las aguas destinadas para el consumo

Humano. Anexo I: Parámetros y valores paramétricos. Parte C: Parámetros

indicadores. Recuperado de: [https://eur-lex.europa.eu/legal-](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:01998L0083-20151027&from=ES)

[content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:01998L0083-20151027&from=ES](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:01998L0083-20151027&from=ES)

Gómez, L. (2011). Un espacio para la Investigación Documental. Vanguardia Psicológica,

Volumen 1 (2), 226 – 233 <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4815129.pdf>

Gutierrez, J. (2017). Cajamarca con escases de agua potable por ausencia de lluvias. RPP.

Noticias, Entrevistador.

Lozano, H. (2016). *Evaluación de la concentración de metales pesados, sulfatos en las aguas del río Grande y su relación con la actividad minera*. Cajamarca, Perú. (Tesis de Maestria, Universidad Nacional de Cajamarca) Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Cajamarca. <http://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1299/TESIS%20HERNAN%20post%20privada%202%20final.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

National Standard of the People's Republic of China. (2006). GB 5749-2006 Standards for Drinking Water Quality. Regular water quality indicators and limits. Recuperado de: <http://tradechina.dairyaustralia.com.au/wp-content/uploads/2018/08/GB-5749-2006-Standards-for-Drinking-Water-Quality.pdf>

Norma Calidad del Agua Potable NCH 409. (2006). Parámetros Químicos Tipo IV (Organolépticos). Chile. Recuperado de: https://aguaslosmaitenes.cl/documentos/agua_potable/Normas%20NCh%20409%20Calidad%20y%20Muestreo%20del%20Agua%20Potable%20EEO.pdf

Organización Mundial de la Salud OMS. (2010). Guías para la Calidad de agua de consumo humano. Cuarta Edición. Ginebra. Recuperado de: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/272403/9789243549958-spa.pdf?ua=1>

Phetrak, A., Lohwacharin, J; et al. (2012). Competitive removal of dissolved organic matter (DOM) and inorganic anions by anion exchange resins (AERs). *Water Science and Technology: Water Supply*, 12(5), 630-636.

Puma, R. Q. (2016). *Variación de Concentración de Cationes del Agua Dura al Paso por la Resina Catiónica*. Puno, Perú. (Tesis Pregrado, Universidad Nacional del Altiplano)

Repositorio Institucional de la Universidad Nacional del Altiplano.
[http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2876/Quispe_Puma_Rub%
c3%a9n_Gede%
c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/2876/Quispe_Puma_Rub%c3%a9n_Gede%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Rando, J. (2010). *Estudio de la efectividad de una resina magnetica de intercambio ionico para la reduccion de aniones y materia organica de las aguas del Rio Llobregat*.

Barcelona, España. (Proyecto final de la Carrera de Ingenieria química, Universidad Politecnica de Catalunya). Respositorio Nacional de Catalunya.

[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10689/Memoria%20Estudio%
20de%20la%20efectividad%20de%20una%20resina%20magnetica%20de%20inter
cambio%20ionico%20para%20la%20reduccion%20de%20aniones.pdf?sequence=1
&isAllowed=y](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/10689/Memoria%20Estudio%20de%20la%20efectividad%20de%20una%20resina%20magnetica%20de%20intercambio%20ionico%20para%20la%20reduccion%20de%20aniones.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Real Decreto 140/2003. (2003). Criterios de calidad del agua de consumo humano. Anexo I-C. Parámetros indicadores. (España). Recuperado de:

<https://boe.es/boe/dias/2003/02/21/pdfs/A07228-07245.pdf>

Reglamento para la Calidad de Agua Potable N° 38924. (2015). Parámetros de Calidad de agua N2. Costa Rica. Recuperado de.

[http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.as
px?nValor1=1&nValor2=80047](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=80047)

Reyna, B. (2014). *Intercambio Iónico, su descripción y comportamiento químico*. México. (Proyecto final de la Carrera de Ingenieria química industrial, Instituto Politécnico

Nacional). Repositorio Instituto Politécnico Nacional.

<https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/17311/25-116715.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sampiere, R., Fernández, C. y Baptista, P. (2014). Metodología de la Investigación. (7^a.

Ed.). Mexico: MCGRAW-HILL. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Sancho, M. (2019). “Propuesta de sistema de tratamiento para la reducción del contenido de

Dureza Total y Sulfato del agua en el acueducto de la ASADA Santa Cruz de

Turrialba”. Cartago, Costa Rica. (Grado de Licenciatura en Ingeniería Ambiental,

Instituto Tecnológico de Costa Rica). Repositorio Tecnológico de Costa Rica.

https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10500/propuesta_tratamiento_reduccion_dureza_agua.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sánchez, R. (2015). Tratamientos Terciarios: Intercambio Iónico. España. (Ficha técnica de

etapas de procesamiento de plantas tratamiento de aguas residuales de la industria

textil). Universidad de Coruña-Water and Environmental Engineering Group.

<https://mapazolivanoconalep.files.wordpress.com/2019/04/intercambio-ic3b3nico-ficha-tecnica.pdf>

Solorzano, N. D., & Tinoco, K. A. (2016). *Diseño, construcción y puesta en marcha de una*

unidad de intercambio iónico. Guayaquil, Ecuador. (Tesis de Grado, Escuela

Superior Politécnica del Litoral). Repositorio Superir Politécnica del Litoral.

<http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/46114>

ANEXOS

Anexo 01: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	METODOLOGIA
Problema General: ¿Cuál es la eficiencia de los intercambiadores iónicos para remover los sulfatos en aguas de río?	Objetivo General: Evaluar la eficiencia de los intercambiadores iónicos para remover sulfatos en aguas de río. Objetivos específicos: Describir el porcentaje de remoción de sulfatos en aguas de río mediante el uso de intercambiadores iónicos.	Hipótesis general: Los intercambiadores tienen una eficiencia alta para remover sulfatos en agua de río Hipótesis específicas: El porcentaje de remoción de sulfatos en agua de río está dentro de un rango considerable. El contenido de sulfatos en agua de río está por encima de los ECA para Agua Categoría I antes de ser	V.I: Intercambiadores Iónicos Definición conceptual: Sistema que se basa en la transferencia de materia fluido sólido, que involucra la transferencia de uno o más iones (Fernando, 2012).	-Resinas de intercambio iónicas. -Tipos de resinas. -Tiempo de vida de las Resinas	Tipo: El tipo de investigación que está desarrollando este proyecto es Descriptiva. Diseño: No Experimental – Transversal. Población: Todos los estudios en la cual guardaban relación con la remoción de sulfatos en aguas de río. Muestra: 30 estudios donde se analizaron el porcentaje de remoción
Problemas Específicos: ¿Qué porcentaje de remoción de sulfatos en agua de río se realizará	Identificar el contenido de sulfatos en aguas de río antes del tratamiento				

<p>a través del uso de intercambiadores iónicos?</p> <p>¿Qué contenidos de sulfatos hay en las aguas de río antes del Tratamiento con intercambiadores iónicos?</p> <p>¿Cuál es la concentración de sulfatos antes y después del tratamiento de intercambiadores iónicos?</p>	<p>con intercambiadores iónicos.</p> <p>Comparar la concentración de sulfatos en aguas de río antes y después del tratamiento con intercambiadores iónicos.</p> <p>Comparar la concentración de sulfatos después del tratamiento con intercambiadores iónicos y los Estándares de Calidad Ambiental para Agua categoría I y Normativas Internaciones</p>	<p>tratada por un sistema de intercambiadores iónico.</p> <p>La concentración de sulfatos antes y después del tratamiento con intercambiadores iónicos si muestra un cambio.</p> <p>La concentración de sulfatos después del tratamiento con intercambiadores iónicos no superara los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) ni las Normativas Internacionales para agua.</p>	<p>V.D: Remoción de sulfatos en aguas de ríos:</p> <p>Definición</p> <p>Conceptual:</p> <p>Es la eliminación de la presencia de aniones sulfatos que se encuentran en altas concentraciones en el agua.</p> <p>(Fernando, 2012).</p>	<p>-Factores que intervengan</p> <p>-Agua sin concentración de sulfatos</p>	<p>de los sulfatos en agua de río mediante el uso de intercambiadores iónicos.</p> <p>Técnicas e instrumentos de recolección de datos:</p> <p>-Revisión bibliográfica.</p> <p>-Utilización de palabras claves.</p> <p>-Identificación de fuentes confiables.</p> <p>-Obtención de información relacionada con el tema de investigación.</p> <p>-Exclusión de información que no guarda relación con el tema de investigación.</p>
--	--	--	---	---	--

Anexo 02: Documentos de referencia para trabajar en la investigación.

Autor	Fuente	Diseño Metodológico	País	Año	Resumen del articulo
Rando, J.	Google académico	Artículo	España	2010	La resina MIEX reduce la concentración de iones nitrato y sulfato de un 25 % y un 30%, respectivamente.
Solórzano, N., Tinoco, K.	Rraae	Tesis	Ecuador	2016	La construcción de un equipo de intercambio iónico para la desmineralización de diferentes tipos de aguas entre ellas aguas sulfatadas.
Casado, J.; Calvo, D.; Monterde, E.; Alfonso, M.	upcommo ns.upc.edu	Artículo	España	2013	Procedencia y reducción de sulfatos en agua
Rojas, L.; Valdivia, S.; Vilches, C.	Repositorio unac	Tesis	Perú	2017	Remoción de sulfatos de agua de rechazo (alto contenido de sales disueltas) de una planta de osmosis inversa mediante precipitación química y microfiltración.
Molina, G.	repositorio uchile	Tesis	Chile	2019	Estudiar experimentalmente a escala de laboratorio, la remoción de sulfato, desde aguas que contienen

					concentraciones muy altas, por medio de procesos de adsorción de alta eficiencia
Aguilera, I.; Pérez, R.; Marañón, A	redalyc	Artículo	Santiago de Cuba, Cuba	2010	Determinación de sulfatos por el método turbidimétrico, para analizar la técnica de eliminación de estos mismos.
Puma, R.	repositorio.unap.edu.	Tesis	Puno – Perú	2016	El intercambio catiónico es la transferencia de materia que consiste en la sustitución de uno o varios iones por otros que inicialmente forman parte de la llamada resina de intercambio catiónico.
Lozano, H.	Google	Tesis	Cajamarca-Perú	2016	La investigación reside en que el río Grande es la principal fuente de abastecimiento de agua para consumo humano de la ciudad de Cajamarca
Sancho, M.	Kimuk	Tesis	Costa Rica	2019	Una de las tecnologías para remover sulfato es la columna empacada con la resina Amberlite® IRA 910. De esta manera, se evidencia la posibilidad de emplear el intercambio iónico.
Cabezas, J.	google académico	Artículo	Perú	2016	Utilización de la resina catiónica fuerte de sodio para la desmineralización y eliminación de sulfatos.
Sobrados, O., Vela, B.	google académico	Tesis	Perú	2017	Se empleó el método de precipitación química utilizando lechada de cal para la precipitación de los sulfatos
Lozada, L., Bonilla, N., Buitrago, R., Otalara, J., Salamanca, M.	google académico	Artículo	Nueva Granada - Bogotá	2015	La remoción de iones inorgánicos presentes en aguas residuales se realiza convencionalmente por adsorción e intercambio iónico.

Werner, N.	(SISIB) - Universida d de Chile	Memoria Descriptiva	Chile	2016	El estudio busca cuantificar la eficiencia de remoción de sulfato a través de la instalación experimental con columnas de piedra caliza como medio filtrante.
Cortijo, D.	redalyc	Artículo	Lima- Perú	2013	Este artículo presenta el intercambio iónico como una alternativa viable y de bajo costo para reducir la alcalinidad y los sulfatos del agua.
Phetrak, A., Lohwacharin, J; et al.	Google académico	Articulo	Japón	2012	Se diseñó intercambiadores iónicos con la resina IRA 400 tendrán mayor capacidad debido a que remueven el 90 % de la concentración de sulfatos en agua
Basualto	Google	Tesis	Chile	2019	El método consiste en la utilización de resinas de intercambio iónico, las que tienen por función intercambiar iones en la solución en la que están inmersas.
Bengu, I. Bicak, O; et al.	Google	Articulo	Turquía	2020	Los resultados mostraron que del 60 al 70% de los sulfatos se podían eliminar con éxito del agua de proceso. La capacidad de adsorción de la resina se determinó en 80,3 mg de SO ₄ / g de resina.
Guimaraes, D. &Albis, V.	Google académico	Articulo	Brasil	2011	Los experimentos de lecho fijo produjeron una alta carga de sulfato (70 mg de SO ₄ ²⁻ / L - resina) a pH 2.0 donde la concentración de HSO ₄ ⁻ es relevante. Los datos de avance de la columna se ajustaron a Bohart-Adams, Thomas, Yoon y Nelson.
Lambrano, J., Motta, A. &Narváez, E.	Google académico	Tesis	Colombia	2018	Se realizó el diseño de un tren de intercambio iónico para el laboratorio de Operaciones Unitarias de la Universidad San Buenaventura Cartagena.

Herrera, E.	Google académico	Tesis	Argentina	2017	Estudiaron la posibilidad de aplicar los intercambiadores iónicos, Resina PL9, carbón sulfonado, de Lockwood and cía, y Resina Ionac C-200 de American Cyanamid Company, a la determinación cuantitativa de sulfatos en aguas de consumo.
Hidalgo, E., Guamán, M.	Google	Tesis	Ecuador	2016	Seleccionaron un lecho catiónico y lecho aniónico. Si los dos intercambiadores están mezclados en una sola columna el sistema se identifica como intercambiador de lecho mixto, arreglo que frecuentemente es el más utilizado.
Sánchez, C.	Google	Articulo	España	2015	Muchas de las aplicaciones del intercambio iónico tienen por objeto la eliminación de una determinada especie iónica de una solución líquida, dando como resultado su separación específica y su concentración en la fase sólida.
Abarca, E.	Google académico	Tesis	Ecuador	2014	El proceso de tratamiento que se diseñó para cumplir con los requerimientos de calidad del agua para el consumo de la comunidad La Candelaria consta de un vertedero rectangular, floculador hidráulico de flujo horizontal, sedimentador laminar, filtro rápido de arena, tanque intercambiador de cationes.
Hernández, F.	Google	Tesis	México	2010	Utilizaron la combinación de los procesos de O.I, I,I y E.D para encontrar un proceso alternativo de desnitrificación en agua sintetica, en la que se analizaron, conductividad, SDT y SO42-.

Pavliková, P., Holub, M. & Bálintová, M.	Google	Articulo	Europa	2016	El tipo del material a utilizar se selecciona en función de su capacidad para eliminar impurezas, iones indeseables y para controlar el pH. Las resinas orgánicas a menudo se usan para una serie de ciclos de tratamiento con soluciones adecuadas y luego restaurar el intercambiador de iones.
Castillo, V., Chávez, R.	dspace (Universid ad Nacional de Trujillo)	Tesis	Trujillo- Perú	2016	La influencia del pH y dosis de hidróxido de aluminio sobre el porcentaje de eliminación de sulfatos presentes en agua, mediante el tratamiento por precipitación mineral.
Quispe, R.	repositorio .unap.edu.	Tesis	Perú	2016	El agua dura contiene elevadas cantidades de sales de calcio y magnesio, cuyos minerales son responsables de la dureza del agua, en el Sector de Bellavista, el agua es captada del subsuelo con una dureza alta que mediante análisis Físico Químico se determinó una dureza de 556,40 mg/L debiendo ser tratados mediante procesos como el intercambio iónico con Resinas Catiónicas.
Iriburo, A.; Pessi, M. & Castagnino, G.	Tesis	Articulo	Uruguay	2010	Se instaló un equipo con tres cilindros con resinas que fueran transportables, para lo cual deberían tener un peso inferior a los 75 kg y las que serían usadas en forma alternada.
Ramos, F.	Tesis	Tesis	Perú	2017	Realizaron la caracterización físico-química del agua antes del tratamiento donde se observó los siguientes valores de temperatura (25,3°C), conductividad (1477

					uS/cm), turbiedad (0,26 UNT), oxígeno disuelto (7,09 mg/L), alcalinidad (204 mg/L).
Carreño, G., Nava, J., Martínez, M., Ortiz, J.	google académico	Artículo	México	2014	Eliminación de sulfatos en agua por electrocoagulación usando aluminio como el ánodo de sacrificio en un reactor de filtro prensa continuo.

Anexo 03: DS. N° 004-2017-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental Perú.

ANEXO

Categoría 1: Poblacional y Recreacional

Subcategoría A: Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable

Parámetros	Unidad de medida	A1	A2	A3
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado
FISICOS- QUÍMICOS				
Aceites y Grasas	mg/L	0,5	1,7	1,7
Cianuro Total	mg/L	0,07	**	**
Cianuro Libre	mg/L	**	0,2	0,2
Cloruros	mg/L	250	250	250
Color (b)	Color verdadero Escala Pt/Co	15	100 (a)	**
Conductividad	(µS/cm)	1 900	1 600	**
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	3	5	10
Dureza	mg/L	500	**	**
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L	10	20	30
Fenoles	mg/L	0,003	**	**
Fluoruros	mg/L	1,5	**	**
Fósforo Total	mg/L	0,1	0,15	0,15
Materiales Flotantes de Origen Antropogénico		Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico	Ausencia de material flotante de origen antrópico
Nitratos (NO ₃) (c)	mg/L	50	50	50
Nitritos (NO ₂) (d)	mg/L	3	3	**
Amoníaco- N	mg/L	1,5	1,5	**
Oxígeno Disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	6,5 – 8,5	6,5 – 9,0	6,5 - 9,0
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500
Sulfatos	mg/L	250	500	**
Temperatura	°C	Δ 3	Δ 3	**
Turbiedad	UNT	5	100	**
INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

Anexo 04: Reglamento para la calidad del Agua Potable N° 38924-201. Costa Rica

CUADRO 2. PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA
- SEGUNDO NIVEL DE CONTROL - N2

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	400	500
Cloruro	mg/L Cl ⁻	25	250
Fluoruro	mg/L F ⁻		0,7 a 1,5 ^a
Nitrato	mg/L NO ₃ ⁻	25	50
Sulfato	mg/L SO ₄ ⁻²	25	250
Aluminio	mg/L Al ⁺³	0,2	
Calcio	mg/L Ca ⁺²	100	
Magnesio	mg/L Mg ⁺²	30	50
Sodio	mg/L Na ⁺	25	200
Potasio	mg/L K ⁺		10
Hierro	mg/L Fe		0,3
Manganeso	mg/L Mn	0,1	0,5
Zinc	mg/L Zn		3,0
Cobre	mg/L Cu	1,0	2,0
Plomo	mg/L Pb		0,01

a) 1,5 mg/L para temperaturas de 8 a 12 °C y 0,7 mg/L para temperaturas de 25 a 30 °C

Anexo 05: Standards for Drinking Water Quality GB 5749-2006. China

9-2006 Standards for Drinking Water Quality

Turbidity (scattering turbidity unit)/ NTU	1 3 (when restricted by water source and purification technology)
Smell	No abnormal odor
Visible substances	None
pH	≥6.5 and ≤8.5
Aluminum/ (mg/L)	0.2
Iron/ (mg/L)	0.3
Manganese/ (mg/L)	0.1
Copper/ (mg/L)	1.0
Zinc/ (mg/L)	1.0
Chloride/ (mg/L)	250
Sulfate/ (mg/L)	250
Total dissolved solids/ (mg/L)	1000
Total hardness (as CaCO ₃)/ (mg/L)	450

Anexo 06: Norma Calidad del agua Potable NCh 409-2005. Chile

PARÁMETROS QUÍMICOS	
Tipo IV (Organolépticos)	
Color verdadero, Olor, Sabor, Amoníaco, Cloruro, Sulfato, pH, Sólidos disueltos totales, Compuestos fenólicos.	
> Se cambian:	
Amoniaco (NH ₃)	≤ 1.5 mg/l
Cloruros	≤ 400 mg/l
Sulfatos	≤ 500 mg/l
pH	entre 6.5 y 8.5 unidades
Sólidos disueltos	≤ 1500 mg/l
> Se mantienen:	
Color verdadero:	≤ 20 unidades Pt-Co
Olor:	Inodora
Sabor:	Insípida
Compuestos fenólicos:	≤ 0.002 mg/l

Anexo 07: Real Decreto 140/2003. España

7228

Viernes 21

MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA

3596 *REAL DECRETO 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano.*

La Ley 14/1986, de 25 de abril, General de Sanidad, estableció la obligación de las Administraciones públicas sanitarias de orientar sus actuaciones prioritariamente a la promoción de la salud y la prevención de las enfermedades.

7240

Viernes 21 febrero 2003

BC

Parámetro	Valor paramétrico	
48. Sulfato	250	mg/l
49. Turbidez:		
A la salida de ETAP y/o depósito	1	UNF
En red de distribución	5	UNF

Notas:

(1) En abastecimientos mayores de 10.000 m³ de agua distribuida por día se determinará carbono orgánico total, en el resto de los casos, oxidabilidad.

(2) Los valores paramétricos se refieren a niveles en red de distribución. La determinación de estos parámetros se podrá realizar también «in situ».

En el caso de la industria alimentaria, este parámetro no se contemplará en el agua de proceso.

(3) Se determinará cuando se utilice el cloro o sus derivados en el tratamiento de potabilización.

Si se utiliza el dióxido de cloro se determinarán cloritos y cloratos en la ETAP.

(4) Se determinará cuando se utilice la cloraminación o la cloración para la desinfección.

(5) El agua en ningún momento podrá ser ni agresiva ni corrosiva. El resultado de calcular el índice de Langelier debería estar entre +/– 0,5.

(6) Para la industria alimentaria, el valor mínimo podrá ser de 7 unidades de pH.

Anexo 08: Decreto N° 3516-Norma de Calidad Ambiental. Ecuador

REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA, MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2, 31/03/2003

Acuerdo Ministerial 97
Registro Oficial Edición Especial 387 de 04-nov.-2015
Estado: Vigente

ANEXO 1 DEL LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL
MINISTERIO DEL AMBIENTE: NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE
EFLUENTES AL RECURSO AGUA



PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA

NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA

LIBRO VI ANEXO 1

0 INTRODUCCIÓN

La presente norma técnica ambiental es dictada bajo el amparo de la Ley de Gestión Ambiental y del Reglamento a la Ley de Gestión Ambiental para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental y se somete a las disposiciones de éstos, es de aplicación obligatoria y rige en todo el territorio nacional.

TABLA 2. Límites máximos permisibles para aguas de consumo humano y uso doméstico que únicamente requieran desinfección.

Parámetros	Expresado Como	Unidad	Límite Máximo Permissible
Plata (total)	Ag	mg/l	0,05
Plomo (total)	Pb	mg/l	0,05
Potencial de Hidrógeno	pH		6-9
Selenio (total)	Se	mg/l	0,01
Sodio	Na	mg/l	200
Sulfatos	SO ₄ ⁼	mg/l	250
Sólidos disueltos totales		mg/l	500

Anexo 09: Buscadores académicos utilizados en la búsqueda de documentos.



Anexo 10: Reporte de similitud por el programa Urkund (Ouriginal Report).



Document Information

Analyzed document	TESIS EFICIENCIA DE INTERCAMBIADORES IÓNICOS PARA LA REMOCIÓN DE SULFATOS EN AGUAS DE RÍO..docx (D110502056)
Submitted	7/16/2021 3:02:00 AM
Submitted by	
Submitter email	N00032594@upn.pe
Similarity	18%
Analysis address	gladys.licapa.delnor@analysis.urkund.com