

Uso de la Electrocoagulación para la Remoción de Agentes Patógenos en Aguas Residuales.Revisión Sistemática:2022

por Oliver Edison Loayza Damiano

Fecha de entrega: 16-dic-2022 08:46a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 1982818560

Nombre del archivo: RUIZ_TERRONES_JUAN_MANUEL.pdf (1.28M)

Total de palabras: 14189

Total de caracteres: 74889



²
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Uso de la Electrocoagulación para la Remoción de Agentes Patógenos en Aguas Residuales. Revisión Sistemática: 2022

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORES:

Loayza Damiano, Oliver Edison (0000-0003-0208-8643)

Ruiz Terrones, Juan Manuel (0000-0002-0002-8391)

²
ASESOR:

Dr. Sernaque Auccahuasi, Fernando Antonio (ORCID: 0000-0003-1485-5854)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2022

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el crecimiento de la población y el crecimiento industrial son rápidos en la mayoría de los países del mundo, el tratamiento de aguas residuales se ha convertido en una tarea inevitable (Flores 2020). La Organización Mundial de la Salud informó en 2016 que aproximadamente 748 millones de personas no tienen acceso a fuentes de agua potable y desde 14 años se producen diariamente más de 4.500 muertes por enfermedades transmitidas por el agua (Avelar-gonzález, Harel eta Guerrero-barrera 2015). Como resultado 4,3 millones de personas mueren anualmente en los países en desarrollo (Zacharia et al. 2018).

Estas corrientes de aguas residuales engloban muchos tipos de patógenos que estas ocasionan un riesgo importante para la salud, estos elementos microbianos patógenos transmiten enfermedades agudas transmitidas por el agua y la muerte ocurre en todo el mundo,(Ghernaout 2019). hasta el momento se han identificado más de cien diferentes tipos de agentes patógenos que se han transmitido por el agua que pertenecen a bacterias, virus y protozoos (Singh et al. 2020). la mayoría de ellas son bacterias del tracto digestivo de los animales y humanos llamadas bacterias fecales , su desplazamiento para subsistir y procrear en el agua está limitada por la tensión fisiológico del medio ambiente acuático (Ríos, Agudelo eta Gutiérrez 2017)

En general, el agua no es el habitat natural de estas bacterias, por lo que su destino primordial es la de actuar como vehículo o puente de transmisión de enfermedades (Abdallah Zacharia, Anne H, Billy Ngasala 2018) ,muchos de estos patógenos que se encuentran generalmente en el agua potable son resistentes a los procesos de tratamiento químico(Mohammed 2019), estos pueden habitar en el tracto intestinal humano, amenazando así la salud humana (Wee, Kim eta B 2016), por ende los patógenos microbianos en el agua requieren el monitoreo adecuado por lo tanto, la muerte de los microorganismos patógenos en los medios acuáticos es más que vital para los humanos, animales y las plantas (Ghernaout 2019)(Yadav et al. 2016).

En las últimas décadas se ha ampliado numerosas tecnologías de diferentes tratamientos para tratar las aguas residuales industriales y abordar su impacto ambiental. Las experiencias más comunes son la biología, la filtración, la floculación, la absorción, la ingeniería térmica, física, química y electroquímica (Sarasti 2015). La cloración se ha utilizado durante décadas y es la tecnología líder para reciclar el agua reutilizada (Chahal et al. 2016), la fotocatalisis impulsada por energía solar para la desactivación de microorganismos ha atraído recientemente un gran interés (Ghernaout, Touahmia eta Aichouni 2019).

Las técnicas electroquímicas incluyen la electrolisis de la coagulación, la electrooxidación y la peroxidación, estos métodos consisten en la utilización de un campo eléctrico entre un ánodo y un cátodo de los materiales propios de cada tecnología. la corriente utilizada proporciona la energía requerida e induce en las reacciones que ayudan a la desestabilización de moléculas contaminantes estimulando su precipitación y/o oxidación a compuestos más biodegradables (Tetsuya, Madhav eta Shacham-Diamand 2010). Entre las técnicas electroquímicas destaca la electrocoagulación (EC) esta técnica puede verse más cautivadora, especialmente si se compara con la coagulación química (Jiménez et al. 2016), que se utiliza cuando se necesita remover partículas que no han podido separarlos por filtración, decantación o separación (Wylęgała 2010).

La EC es el proceso que utiliza un electrodo a modo de fuente de iones metálicos para tratar ciertos contaminantes en las aguas residuales (Jiménez et al. 2016), estos iones, al entrar en contacto con el agua, forman ciertos hidróxidos metálicos oligómeros que actúan como coagulantes y se inmovilizan en condiciones de PH controlado. Los polímeros son grupos catiónicos con carga superficial limitada y pueden atraer microorganismos patógenos caracterizados por tener membranas externas cargadas negativamente (Marlière eta Dhahri 2015) (Rofifah 2020).

En la eliminación de patógenos usando electrodos de hierro con irradiación U (foto-electrocoagulación) para disminuir la turbidez y desactivación *E. Coli* del agua tratada en un municipio los autores mencionan que la remoción de *E. Coli*

se lleva por el enredo ³ de los microorganismos en la formación de flóculos, además de los posibles ataques de especies desinfectante de cloro producidas electroquímicamente (hipoclorito y cloroaminas) (Ramírez Gastulo 2017). Una mejor comprensión de este comportamiento nos permitirá identificar formas de alterar el proceso para alterar la distribución de patógenos, así como identificar estrategias terapéuticas alternativas para controlar los patógenos asociados a las semillas (Chahal et al. 2016).

Por ello , es recomendable buscar nuevas tecnologías más amigables con el medio ambiente , como la electrocoagulación , que es un método probado para eliminar contaminantes (Lee eta Gagnon 2014). Esta técnica se encuentra extensa escala de utilidad que logra disminuir la aparición de diferentes contaminantes, como metales pesados (Garcia-Segura et al. 2017). Como ventajas del método de EC sobre el método de las reacciones químicas de coagulación, la reacción coagulante in situ (Moussa et al. 2017); Los costos de implementación son más accesibles , la cantidad de lodos se reduce (Brillas eta Martínez-Huitle 2015) durante el proceso de la coagulación química ya que se manejan varias reacciones químicas como también sales metálicas (Moussa et al. 2017).

Esta investigación se justifica analizar teóricamente los aspectos más relevantes para la remoción de agentes patógenos por el aporte al conocimiento, ya que no hay suficientes estudios relevantes sobre la remoción de agentes patógenos en aguas residuales mediante la EC. Por esta razón se encontró la penuria de investigar, estudiar y recopilar información selecta de los resultados de los estudios esmeradamente seleccionados y disponibles en los posteriores años para ayudar a las nuevas investigaciones reflexionar e influir en discusiones académicas del tema de estudio, lo que facilitara a generaciones futuras y hace que ciertas decisiones sean más prácticas y relevantes. Este proyecto intenta llenar estos vacíos de investigación y conocimientos mediante una revisión exhaustiva y crítica.

Sobre la realidad problemática se planteó una pregunta general ¿Cómo estructurar el uso de la electrocoagulación ¹ en la remoción de agentes patógenos en aguas residuales? De igual manera se formularon los problemas específicos:

¿Cuál es el modelo de reactor más usado de la electrocoagulación ³ para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales?, ¿cuál es valor óptimo de control de los parámetros ¹ frecuentemente evaluados en el uso de la electrocoagulación para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales?, ¿Cuáles son los principales aspectos que permiten alcanzar los porcentajes más altos ¹ en el uso de la electrocoagulación para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales?, ¿Cuáles son las ventajas e inconvenientes ¹ en el uso de la electrocoagulación para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales?

Se dieron los siguientes objetivos en la actual investigación, a modo que el objetivo general se planteó estructurar el uso de la electrocoagulación en la remoción agentes patógenos en aguas residuales. Asimismo, se tuvo como objetivos específicos: Identificar el modelo de reactor más usado de la electrocoagulación ³ para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales; Definir el valor óptimo de control de los parámetros ¹ frecuentemente evaluados por el uso de la electrocoagulación para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales; Determinar los principales aspectos que permiten alcanzar los porcentajes más altos ¹ en el uso de la electrocoagulación para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales e Identificar las ventajas e inconvenientes en el uso de la electrocoagulación para la remoción de agentes patógenos en aguas residual.

II. MARCO TEÓRICO

Consideramos todos los antecedentes (**Tabla N°1**) que consistirán en contribuir a nuestro trabajo de investigación en relación a distintos trabajos que se plasmaron sobre la remoción de agentes patógenos mediante la electrocoagulación(EC) ¹⁶ para el tratamiento de aguas residuales, se encontró que los parámetros de más utilizados, los mejores valores de control más óptimos, los parámetros estimados para el uso de la EC y asimismo su porcentaje de remoción , en la mayoría de todos los trabajos investigados se ha conseguido una adecuada remoción de diferentes contaminantes tal como el *E. Coli*, *Enterobacter*, *Pseudomonas aeruginosa*, entre otros.

Tabla 1 Antecedentes del uso de la EC para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales

ELECTROCUAGULACION						
N°	Agentes Patógenos	Andos	Carga/Conductividad	Tiempo	Remoción	Referencia
1	Escherichia coli	Fe	200 A / m ²	60 min	90% 95%	La discusión de una vía confiable para matar bacterias durante la CE asegura que este enfoque electroquímico puede ser una herramienta viable para matar bacterias. (Ghernaout 2019)
2	Escherichia coli	Al	Voltaje 30V; corriente 0.22A	60 min	99%	La eliminación de bacterias de las soluciones que contenían E. coli se realizó mediante EC utilizando electrodos de aluminio. Bajo condiciones de dosis equivalentes, la EC fue más efectiva que la coagulación química con sulfato de aluminio. Con una eficiencia del 97%, EC. (Ricordel et al. 2014)
3	Pseudomonas aeruginosa (gramnegativa)	Al	200 mA	12 min	100%	Los resultados de este trabajo muestran una eficiencia de remoción del 100% en aguas residuales contaminadas con Pseudomonas aeruginosa o E. coli, y una eficiencia de remoción del 99,86% en aguas con Staphylococcus aureus. (Gameró Quijano, García eta IGómez 2020)

4	Escherichia coli	Fe y Al	3A/m2 (2.65 A / m2.)	60 min	99.90 %	La tasa de remoción alcanzó 99.9% a (pH 7), amperaje (3 A), tiempo 60 min. Sin embargo, se obtienen valores 99% similares para el pH del agua. Residuo natural de 8.5.	(Aguilar Ascón 2015)
---	------------------	---------	-------------------------	--------	---------	--	----------------------

5	Escherichia coli	AL	1,5 mA / cm2	20 min	96%	Se descubrió que un reactor EC con deflectores a base de aluminio podía matar el 96 % de E. coli en aguas residuales sintéticas. Esto está en línea con el desempeño reportado en la literatura. Además, el reactor EC basado en aluminio con deflectores consume menos energía que la eficiencia del dispositivo. Dado que no se requiere equipo de mezcla de agua externo, por lo general	(Ghernaout eta Elboughdiri 2020)
---	------------------	----	--------------	--------	-----	---	----------------------------------

Coliformes
totales
(bacterias
coliformes por
6 Klebsiella,
Enterobacter,
Escherichia
coli y
Citrobacter)

60 a
90
min

12_15 V

AI

99.99
%

El procedimiento electroquímico dura (90min). Así que para el duración de reacción para eliminar las concentraciones coliformes totales y fecales tubo una remoción de un 99.99%. Se sostuvo en un tiempo aproximado entre 60 - 90 min.

(Araujo
Salazar
2017)

8 coliformes
totales

Cu

30 V

60
min

Los resultados mostraron que, al aumentar el tiempo de reacción y la diferencia de potencial, la eficiencia de eliminación total de coliformes aumentó después de 60 minutos a 10 voltios, y las bacterias en las aguas residuales se eliminaron por completo después de 30 minutos a 30 voltios.

(Zarei,
Biglari,
Mobini,
Dargahi,
Ebrahimzade
h, Narooie,
Mehrizi,
Mohammadi,
et al. 2018)

9	Escherichia coli	Al	2 mA/cm ²	20 min	83%	Se trabajó para evaluar el efecto del método CE en la inactivación de E. coli. Densidad actual. Este resultado indica que nunca se debe descuidar la densidad de corriente en la electrocoagulación para eliminar la proliferación de bacterias y neutralizar E. coli mejoró aproximadamente un 50 % con el extensión de la densidad de la corriente (0,5–1,5 mA/cm ²). Esto indica que el rendimiento de CE del aluminio se puede mejorar aumentando la densidad de corriente.	(Abdul-Husain eta Alramahi 2021)
---	------------------	----	----------------------	--------	-----	---	----------------------------------

En los efluentes secundarios reales, la eliminación de bacterias fue superior a 3,5 log10, la eliminación de ARB fue superior a 2,5 log10, las esporas se eliminaron entre 2 y 3 log10 y la eliminación de virus fue superior a 2,3 log10.

(Bicudo et al. 2021a)

AGENTES

PATOGENOS

10 . Fe 1000µS / cm 2h 10log
perfringensesp
oras

La ejecución de CE a 200 A-2 metros durante 90 min utilizando la celda de Fe/Fe eliminó lentamente la carga orgánica y redujo la flora microbiana en las plantas de tratamiento de aguas servidas. El Fe(OH n) y las masas orgánicas microbianas se adsorben como lodos, algunos de los cuales parecen estar sobreactivados. Bacterias heterótrofas Escherichia coli, enterococos, C. Los perfringens son los organismos más persistentes.

(Anfruns-Estrada et al. 2017b)

AGENTES

PATOGENOS

11 (Amebas, Flagelados , Ciliados, Metazoos) Fe / Fe 200 A m-2 90 min 100%

<p>virus adenovirus, echovirus y calicivirus</p>	<p>Para tres de los cuatro bacteriófagos probados (fr, MS2 y P22), tanto la inactivación aparente como la eliminación física fueron mecanismos importantes de relajación de EC. Sin embargo, FX17 y tres virus de mamíferos (ADV, ECV y FCV) mostraron la mayor atenuación por eliminación física y fueron los menos susceptibles a la inactivación por hierro. FX17 representa la atenuación viral y es resistente a la inactivación del hierro, posiblemente debido a la repulsión electrostática entre FX17 y el hierro ferroso a pH 6 y/o protección de los viriones FX17 en agregados cerca de pH neutro. Fue el único bacteriófago sustituto</p>	<p>(Heffron et al. 2019)</p>
<p>12</p>	<p>felino</p>	<p>Fe (100 mA) 60 min 99.90 %</p>
<p>Bacteriófagos</p>		

13	E. coli (electrocoagulación ultrasónica)	Al	1,5 mA = cm ²	11 min	100%	a capacidad de un novedoso reactor híbrido de electrocoagulación ultrasónica para neutralizar patógenos (E. coli) presentes en el agua, investigado. Los resultados confirman que el nuevo reactor UE puede ser una alternativa útil y rentable a los métodos convencionales. desinfección del agua. E. fue confirmado con vida. E. coli ha disminuido significativamente con el tiempo, Se utilizan electrólisis, tiempo ultrasónico o densidad de corriente. Por el contrario, al aumentar la distancia entre los electrodos Deshabilitar E. bacterias coliformes	(Hashim, Ali, et al. 2020)
----	---	----	-----------------------------	-----------	------	---	----------------------------

14	Cipermetrina (procedente del ganado aguas residuales)	Fe y Al	7.5 mA cm ⁻²	30 min	96%	CE redujo efectivamente la cipermetrina (96%) y COD (93%). Máxima eficiencia de eliminación de DQO (79 %), cloro (78 %), bromo (77%)	(Ramya et al. 2019) (Pinedo-Hernández, Marrugo-Negrete et al. 2020)
----	--	---------	-------------------------	-----------	-----	---	--

Gramnegativas

Salmonella,

patógeno E. coli) y

15 Grampositivos Fe 10 mA / cm² 90 min 1.6log Este estudio muestra que, en ausencia de carroñeros oxidantes, la presión de HCO₃, una propiedad de concentración intrínseca del agua facilita en gran medida la inactivación bacteriana importante. (Delaire 2016)

(p.ej, Bacillus

cereus,

Staphylococcus

s aureus)

coliformes 93.80 (Quijada 2016)
totales %
16 termotolerantes 93.80 %
E. coli. 100%

coliformes 100%
totales 98.90 %
17 Al 32,72 A/m² 20 min Los resultados fueron: 12400 NMP/100mL de coliformes totales y 447 NMP/100mL de escherichia coli. La corriente óptima fue 32,72 A/m², en área total de 0,08253 m² y 2,7 A (Poma eta Quispe 2016)

escherichia coli

Por lo tanto, como se indica en los antecedentes, se describen las teorías relacionadas con el estudio de investigación como agentes patógenos (enfermedades transmitidas); electrocoagulación, sus aspectos más relevantes como también los parámetros más resaltantes en el procedimiento de remoción mediante el uso de la electrocoagulación.

El agua residual se refiere a un tipo de agua cuyas propiedades principales han cambiado debido al uso humano intensivo y debe ser pretratada antes de ser reutilizada porque los humanos contribuyen a su contaminación tanto sólido y líquido (Daughton, 2018).

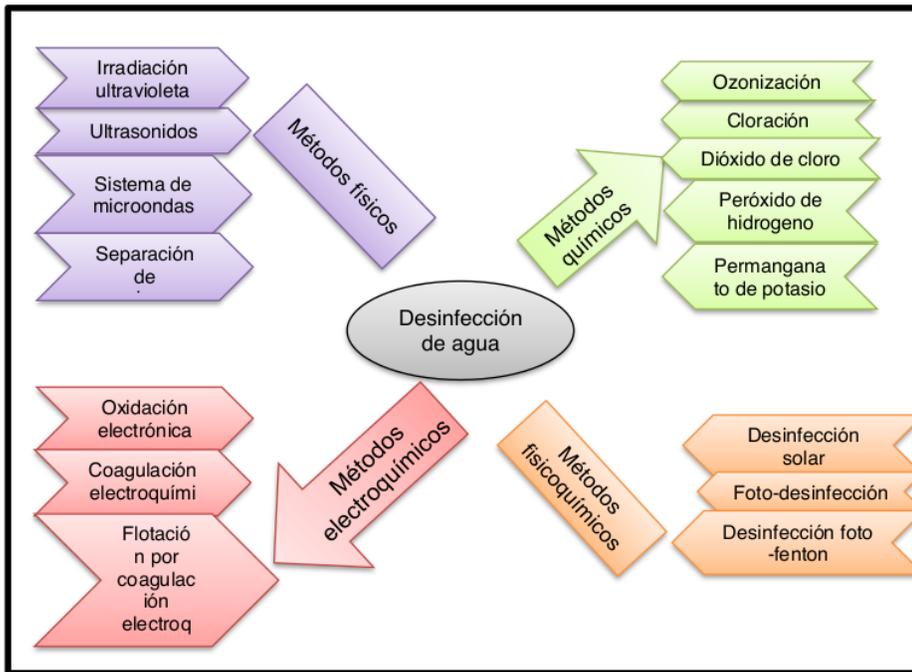
A continuación, se enumeran los diferentes tipos de aguas residuales según su uso que se da: a) Aguas residuales domésticas o sanitarias: Se originan en lugares urbanos, comerciales, públicos y similares. b) Efluentes Industriales: Conocidos como emisiones industriales, cuya composición depende del proceso de producción de alimentos y bebidas, cada uno de los cuales elimina diversos residuos en pequeñas concentraciones. c) Ingresos filtrados y no controlados: Son aquellas que directa o indirectamente ingresan al sistema de alcantarillado. (Lara, 2011).

La mayoría de las tecnologías innovadoras de purificación de agua se basan en la aplicación de técnicas de tratamiento físico y químico. Los métodos tradicionales para controlar los patógenos en las vías de agua potable incluyen calentamiento,(Zaman et al. 2019) tratamiento con ozono, cloro e irradiación UV,(Antony, Blackbeard eta Leslie 2012) o filtración a través del sistema de membranas.(Ostarcevic et al. 2018).

La cloración es el método de tratamiento más común y ampliamente utilizado para matar microorganismos. La cloración del agua consiste en inyectar cloro y/o productos químicos similares al cloro para matar las bacterias dañinas,(Branz et al. 2017) las técnicas microbiológicas de base molecular detectan simultáneamente miles de patógenos presentes en una muestra de agua. Dichos métodos son rápidos, efectivos y potencialmente pueden ser adaptados por las autoridades sanitarias (Alhamlan, Al-qahtani eta Al-ahdal 2014) En términos de efectividad y costo, es el desinfectante de elección para la mayoría de las

bacterias virulentas..(Ghernaout, Touahmia eta Aichouni 2019). En la **Ilustración 1** muestra una clasificación de diferentes métodos probados hasta ahora para la desactivación microorganismos en las aguas como el proceso de cloración también se ha investigado técnicas adicionales que comprenden.

Ilustración 1 Diferentes métodos de desinfección del agua para la eliminación de patógenos



Fuente: (Ghernaout; 2014)

Las fuentes de agentes infecciosos son principalmente fuentes puntuales, como las descargas de aguas residuales, o fuentes no puntuales, como la agricultura, la vida silvestre y la escorrentía urbana. Una descarga formal se puede gestionarse fácilmente tratando la fuente (es decir, alcantarillado) (Alhamlan, Alqahtani eta Al-ahdal 2014). En tales casos, la transmisión fecal-oral podría permitir que la mayoría de estos protozoos infecten a los humanos a través de varios modos de contaminación fecal de suelos y ríos con fuentes fecales de origen humano y animal (Efstratiou, Ongerth eta Karanis 2017).

La mayor parte de las bacterias que afectan a la salud están las bacterias entéricas que provienen del tracto gastrointestinal de los humanos y animales

(Chowdhury S, 2012), estas también son clasificados como bacterias fecales, por su facultad de mantenerse y su relativa reproducción en las aguas, está se adapta por el estrés fisiológico a diversos climas del tiempo climático del medio ambiente acuático (Avelar-gonzález, Harel eta Guerrero-barrera 2015). Estas cualidades son indicadores que presentan y está asociada con contagios nuevos y recurrentes ya que se presentan en circunstancias favorables como es la de humedad, PH, temperatura y materia orgánica que facilitan su supervivencia y reproducción (Swaffer et al. 2018) .

Los organismos (patógenos) no pueden crecer en el agua, pero pueden sobrevivir durante días o incluso varios años (Flores 2020), El mapa microbiológico de la calidad del agua es que los organismos que se comportan de manera similar a los microbios patógenos, en gran medida, tienen orígenes y concentraciones de diferentes tipos hábitats y ciertos factores externos,(Ríos, Agudelo eta Gutiérrez 2017)(Rodríguez et al. 2018). Los primordiales microorganismos patógenos presentes en el agua se clasifican en 5 grupos: virus, helmintos, protozoos, bacterias y cianobacterias (Tabla 2). De los cuales estos son las causantes de diferentes enfermedades y su posible transmisión en el agua , además de la fuente hídrica estos se puede transmitir a través de persona a persona mediante los alimentos, etc. (Armengol 2017).

Por consiguiente, el conjunto de bacterias que reúne cualidades de ser el latente bioindicador de la calidad del elemento líquido fundamental de las bacterias como también de los coliformes, *Enterobacteriaceae*, *enterobacterias* y las anaerobias facultativas. Estas corresponden a un (10%) de microorganismos presentes en animales y humanos, por lo cual su estadía en fuente hídrica está relacionada con contaminación con heces e indica tratamientos deficientes o posterior contaminación (Szymańska y Sitkowska,2013).

Ilustración 2 Síntomas causados por consumo de algunas bacterias presentes en el agua

Bacteria	Síntomas	Duración
5 <i>Salmonella typhi</i>	Tos, Fiebre, dolor de cabeza, diarrea, vómito, náusea	5 - 7 días (semanas/ meses)
<i>Salmonella sp.</i>	Diarrea con presencia de sangre	3 - 5 días
<i>Shigellae sp.</i>	Fiebres altas, disentería (diarrea con presencia de sangre), pujos, retortijones y convulsiones.	4 - 7 días
<i>Vibrio cholerae</i>	Vómito, diarrea, deshidratación	3 - 4 días
<i>Vibrio cholerae No. -01</i>	Diarrea	3 - 4 días
<i>E. coli enterohemorrágica</i>	Dolor abdominal, no se presenta fiebre, vómitos, diarrea con moco y sangre	1-9 días
<i>E. coli enteroinasiva</i>	Cefalea, fiebre, mialgias, diarrea, dolor abdominal, heces mucosas y con presencia de sangre	1- 2 semana
<i>Eschericia coli enterotoxígena</i>	Diarrea, náuseas, dolor abdominal, fiebre con escalofríos, mialgia	3-19 días
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Diarrea con moco y sangre, fiebre, vómito, dolor abdominal	1-21 días
<i>Campylobacter jejuni</i>	Diarrea, fiebre, heces con sangre, dolor abdominal, dolor de cabeza	7-10 días
<i>Plesiomonas shigelloides</i>	Dolor abdominal, fiebre, escalofríos, náusea, náuseas o diarrea	1-2 días
<i>Aeromonas sp.</i>	Diarrea, náuseas, dolor abdominal, fuertes dolores de cabeza y colitis, heces acuosas y sin sangre	1-7 días

Fuente:(Prólogo Alicia Fernández Cirelli et al. 2014)

Los virus que afectan a la salud pública tienden a ser los causantes originales del índice de mortalidad por enfermedad de propagación hídrica, se estima que (87%) de todas las enfermedades propagadas por medio del agua son comúnmente ocasionadas por Rotavirus, Adenovirus y Virus de la Hepatitis Según (Joshi et al. 2018). En la actualidad se tienen datos de alrededor de 140 virus patógenos entéricos encontrados en fuentes hídricas, los principales son:

Virus de la hepatitis: Dentro de este grupo podemos encontrar a los diferentes virus de las cuales podemos encontrar como: hepatitis (A), (B), (C), (D), (E), (F), (G). Por lo cual el grupo (A) y (E), son las que comúnmente son propagadas por las aguas contaminadas, (Wang ;2020). Por otro lado, la infección provocada por la hepatitis E se puede clasificar en aguda y crónica, así como manifestaciones extrahepáticas como enfermedades neurológicas y renales; es el motivo más frecuente de hepatitis viral aguda en el mundo (Kamar,2017).

Rotavirus: Lo conforman siete grupos siendo los más notorios el A, B y C, causante de afecciones como el vómito y la diarrea acuosa en particular en el sector más vulnerable como los niños, son permanentes en el ecosistema y tiene una facilidad de transmisión.

Calicivirus: pertenece a la familia Caliciviridae, esta es la principal causante de gastroenteritis en el ser humano. Son el tipo de virus no envueltos, muy invulnerables a desinfectantes comunes y a las condiciones ambientales. El género de Norovirus, está considerado a nivel mundial a manera de los más grandes causantes de las enfermedades diarreicas en la propagación hídrica y es clasificado como el perfecto bioindicador viral de las enfermedades propagadas por los alimentos y el líquido elemental (Sarin et al. 2020).

Ilustración 3 Síntomas causados por consumo de virus presentes en el agua

Virus	Síntomas	Duración
<i>Enterovirus</i>	Hepatitis, dolor abdominal, diarrea, vómitos, encefalitis, meningitis, enfermedades respiratorias, conjuntivitis, hiperangina	Variable
<i>Astrovirus</i>	Diarrea, dolor abdominal, náusea, vómito y fiebre	2-3 días
<i>Virus de la Hepatitis A</i>	Debilidad muscular, cansancio, síntomas gastrointestinales como la pérdida de apetito, vómito, diarrea, dolor de cabeza, fiebre, escalofríos, ictericia, presencia de un color fuerte de la orina y heces pálidas.	1-2 semanas e incluso hasta meses
<i>Virus de la Hepatitis E</i>	Descripción similar a la de VHA	Similar a VHA
<i>Rotavirus (Grupo A)</i>	Gastroenteritis con vómito y náusea	5-7 días
<i>Rotavirus (Grupo B)</i>	Gastroenteritis	3-7 días
<i>Calicivirus</i>	Gastroenteritis	1-3 días
<i>Virus Norwalk-like</i>	Diarrea, vómito, náusea, dolor abdominal y dolor de cabeza	1-4 días

Fuente:(Prólogo Alicia Fernández Cirelli et al. 2014)

Dentro de la gama de los distintos parásitos patógenos que son propagados por el agua podemos encontrar a dos conjuntos: protozoos y helmintos.

Protozoos: En la mayoría de los casos estos son detenidos en el paso de filtración de los sistemas de las PTAP ya que algunos grupos o especies son persistentes a los sistemas de cloración. Estos son causantes de enfermedades

graves ya que pueden provocar la muerte de pacientes inmunocomprometidos, niños y ancianos. La mayoría de los protozoos con presencia en aguas contaminadas esta: *Entamoeba histolytica*, *Toxoplasma gondii*, *Giardia intestinalis*, *Balantidium coli*, *Blastocystis* spp., *Encephalitozoon intestinalis*, *Enterocytozoon bieneusi*, *Cryptosporidium* spp. y otras distintas especies como la coccidias, *Cyclospora cayetanensis* y *Cystoisospora belli* (Gupta et al. ,2020).

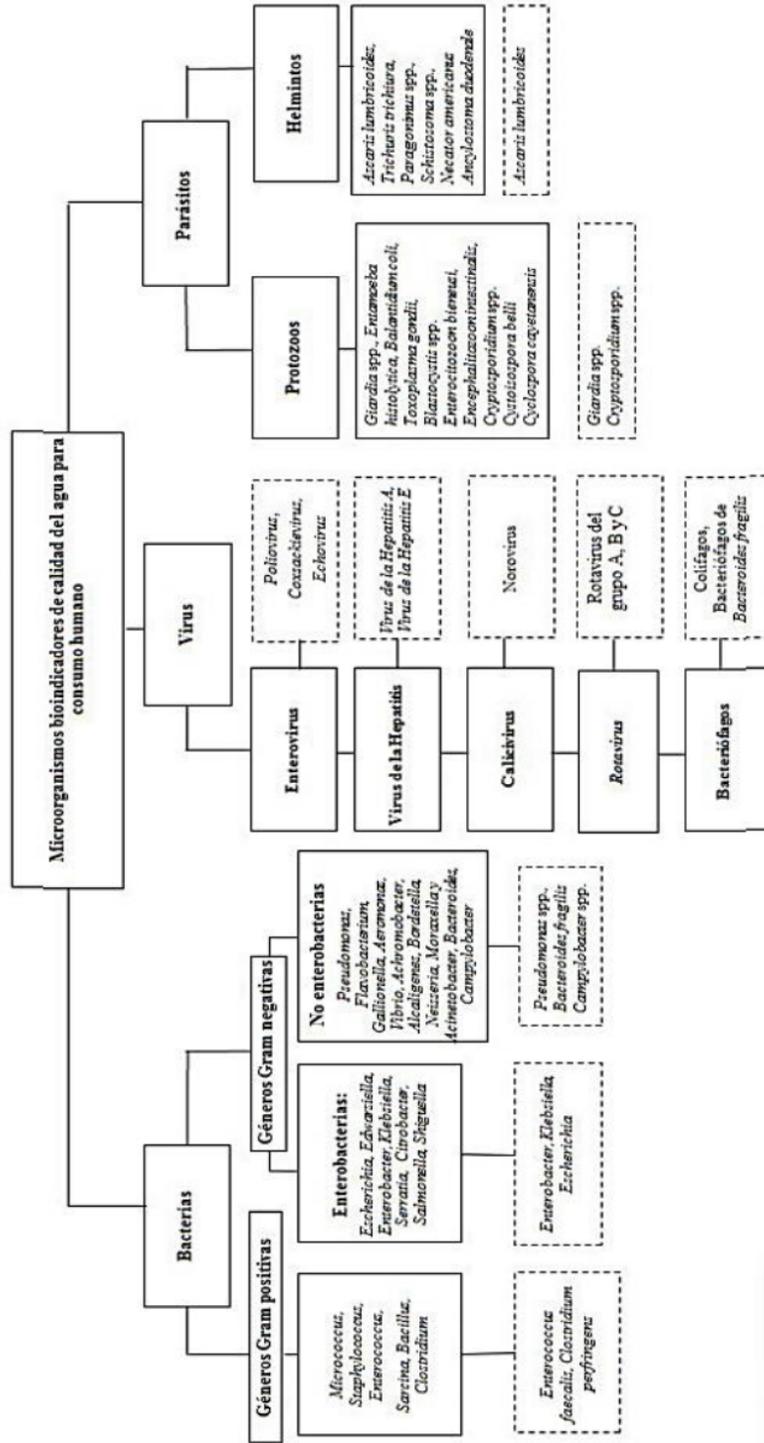
Helmintos: Estos son resistentes a las variaciones frecuentes en el pH, humedad y también la temperatura; podemos encontrar que la cualidad más interesante es que se caracteriza por su pequeña dosis infectiva y la alta fortaleza de la desecación de los huevos de estos mismos, por lo que se puede conseguir extensos períodos en un ambiente externo. Entre los helmintos patógenos principales propagados por el agua podemos encontrar a: *Trichuris trichiura*, *Ascaris lumbricoides*, *Paragonimus* spp., *Necator americanus*, *Ancylostoma duodenale* y *Schistosoma* spp. (Romero,2019).

Ilustración 4 Síntomas causados por consumo de parásitos presentes en el agua

Virus	Síntomas	Duración
<i>Enterovirus</i>	Hepatitis, dolor abdominal, diarrea, vómitos, encefalitis, meningitis, enfermedades respiratorias, conjuntivitis, hiperangina	Variable
<i>Astrovirus</i>	Diarrea, dolor abdominal, náusea, vómito y fiebre	2-3 días
<i>Virus de la Hepatitis A</i>	Debilidad muscular, cansancio, síntomas gastrointestinales como la pérdida de apetito, vómito, diarrea, dolor de cabeza, fiebre, escalofríos, ictericia, presencia de un color fuerte de la orina y heces pálidas.	1-2 semanas e incluso hasta meses
<i>Virus de la Hepatitis E</i>	Descripción similar a la de VHA	Similar a VHA
<i>Rotavirus (Grupo A)</i>	Gastroenteritis con vómito y náusea	5-7 días
<i>Rotavirus (Grupo B)</i>	Gastroenteritis	3-7 días
<i>Calicivirus</i>	Gastroenteritis	1-3 días
<i>Virus Norwalk-like</i>	Diarrea, vómito, náusea, dolor abdominal y dolor de cabeza	1-4 días

Fuente:(Prólogo Alicia Fernández Cirelli et al. 2014)

Ilustración 5 Microorganismos presentes en el agua

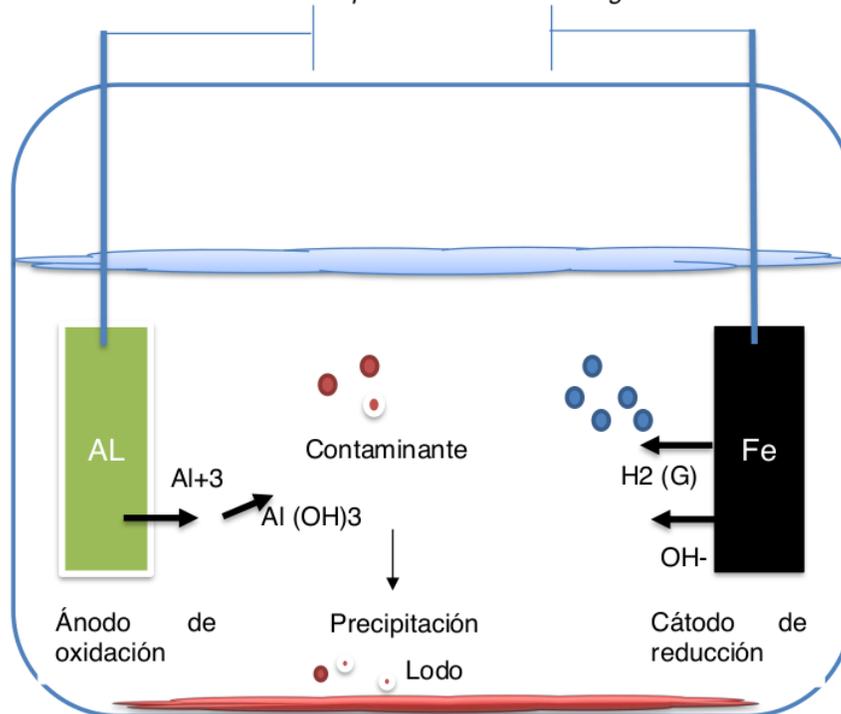


Fuente: Ríos, 2017

Numerosos estudios han avanzado sobre los nuevos conocimientos en el proceso de la electroquímica, utilizadas en el tratamiento de hídrico, uno de los cuales es la electrocoagulación, cuyo principio básico es la electrólisis, es decir, la separación de sustancias usando electricidad (Sahu, Mazumdar y Chaudhari,2014); es decir, consiste en la desestabilización de las cargas de impurezas del agua por la vía de una corriente eléctrica, que accede a eliminar las impurezas. La EC radica sobre la creación de coagulantes in situ mediante la oxidación del ánodo, utilizando una corriente eléctrica acoplada con dirección a los electrodos ya sea de hierro o aluminio (Aitbara et al. 2016). Por lo general, en la cámara de electrocoagulación tienen lugar a 3 pasos primordiales:

1. Generación electrolisis con electrodos
2. La creación del coagulante lo que permite la de desestabilización de los contaminantes
3. los contaminantes son atrapados para su eliminación por medio de la formación de espuma (flotación) o sedimentación(Ghahremani et al. 2012).

Ilustración 6 Reacciones del proceso de electrocoagulación

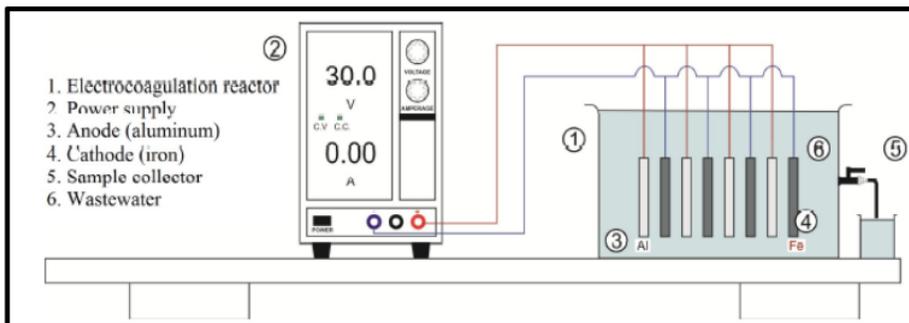


Fuente: Elaboración propia

La EC es esencialmente un proceso de adsorción que envuelve varios componentes químicos y físicos para eliminar los contaminantes. (Mollah,2004). La electrocoagulación utiliza electrodos como hierro, aluminio y zinc. Estos iones metálicos migran a iones de carga opuesta y se produce una aglomeración debido a la neutralización de la carga. El ánodo también hace que el agua reaccione/se oxide, liberando iones de hidrógeno y oxígeno en el sistema de agua. En la región del cátodo, las reacciones químicas del agua tienen lugar en la superficie del electrodo(Nadeem, Jilani eta Qadeer 2016). La cantidad de iones metálicos generados se basa en la densidad de corriente aplicada (Ley de Faraday), y cuanto mayor sea la densidad de corriente, más fácil será que los iones metálicos se disocien.(Singh eta 2014).

Estudios anteriores han demostrado la eficacia de los EC en la eliminación de una amplia gama de microorganismos, desde bacterias hasta virus, en varios sustratos de agua, principalmente para el suministro de agua potable,(Bicudo et al. 2021a) la EC es una técnica alternativa o moderna, comparado con las técnicas habituales de coagulación-floculación en tratamientos de aguas contaminadas, ahora esta técnica se utiliza para tratar aguas residuales domésticas, industriales y domésticas.,(Gamero-Quijano, García eta la Rosa-Toro-Gómez 2020) en el tratamiento se utilizan una gran pluralidad de ánodos y cátodos geométricos generalmente de (Fe o Al) de los cuales circula la corriente requerida para que comience a reaccionar con el medio de manera análoga a un proceso de corrosión,(Cristancho Montenegro, Pinto Hernández eta Tique Hilarión 2019) Los cationes altamente cargados desestabilizan cualquier partícula coloidal, formando complejos polihidróxido multivalentes. Estos complejos tienen altas propiedades de adsorción y forman agregados con impurezas (Pooja 2017).

Ilustración 7 Esquema del reactor de electrocoagulación



Fuente: (Aguilar-Ascon 2019)

Hay muchos tipos diferentes de reactores de electrocoagulación hoy en día, que en la actualidad los más resaltantes son: los tipos batch también de tipo continuo (Koby, Gengec y Demirbas, 2016). Estos reactores están sujetos a la inactivación particularmente de contaminantes encontrados ya que no necesita algún químico para su tratamiento, la cantidad de aguas residuales a tratar es importante, el reactor tipo batch opera normalmente por su tipo de modelo y un volumen determinado de agua contaminada para que sea tratada en la etapa de ejecución, en condiciones sujetas al tiempo porque decimos que los coagulantes en formación constantemente en la oxidación del ánodo (Bazrafshan et al. 2015). No obstante, el reactor de tipo continuo se emplea con mayores cantidades de agua continua, ya que requiere un mayor incremento en los costos y en la operación (Holt, Barton eta Mitchell 2005).

Un reactor modelo Bach, hallamos que tiene que trabajar con cierta cantidad de agua residual para procesar en su proceso reacción. Su inconveniente en las condiciones del tiempo varía en cada proceso de reacción, pero también tiene la ventaja de que el tratamiento local del agua es simple y económico. (Restrepo, 2006). En su forma más simple, el reactor usado para efectuar el proceso de la EC en tipo Bach consta de una cámara (celda) electroquímica con el ánodo y el cátodo colocados verticalmente y acoplado (conectado) a una fuente de alimentación externa. Cómo se muestra en la Ilustración 6 (Arango, 2005).

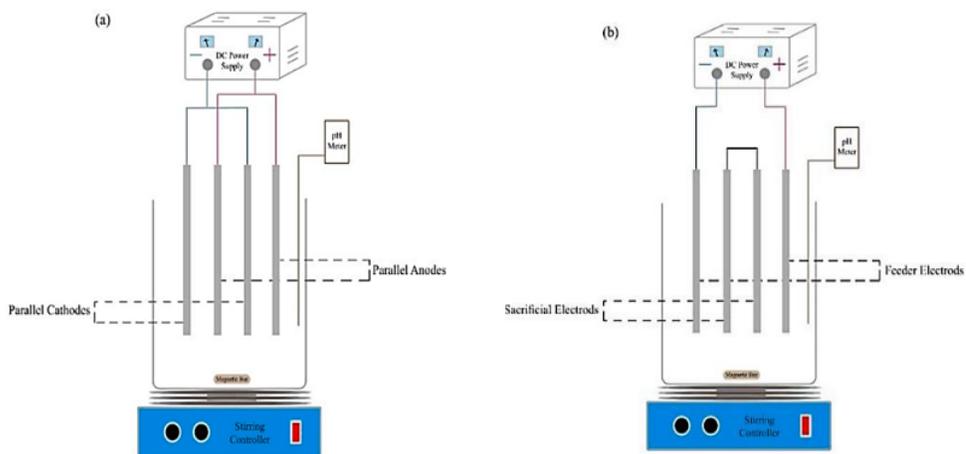
En modelo de un reactor de tipo continuo los electrodos se colocan regularmente para la electrocoagulación de tres maneras: Ilustración 8, el orden de los

electrodos influye en la eficacia de anulación de contaminantes, así como en el costo del consumo de energía (Zaiedet al.2020). Las conexiones de electrodos más distintivas se clasifican en, monopolar-paralelo (MP-P), monopolar-serie (MP-S) y serie bipolar (BP-S) (Al-Qodah; 2017).

Se conecta los electrodos monopolares (MP-P) en paralelo como se muestra en la Ilustración 8 (a). Esta es una configuración de electrodos que consiste en alternar ánodos y cátodos con el mismo potencial de cátodo o ánodo según un método secuencial. Cada par de ánodo/cátodo se refiere a una pequeña celda electrolítica. El reactor consta de celdas electrolíticas paralelas de igual voltaje. Por lo tanto, la corriente es positiva para todas las celdas electrolíticas (Abdulkhadher eta Jaeel 2021).

la conexión los electrodos monopolares (MP-S) en serie como se muestra en la Ilustración 8 (b). Todo el par de electrodos internos está conectado y los dos electrodos externos (Abdulkhadher eta Jaeel 2021).

Ilustración 8 Múltiples aspectos de los reactores EC: (a) monopolar-paralelo, (b) monopolar-serie

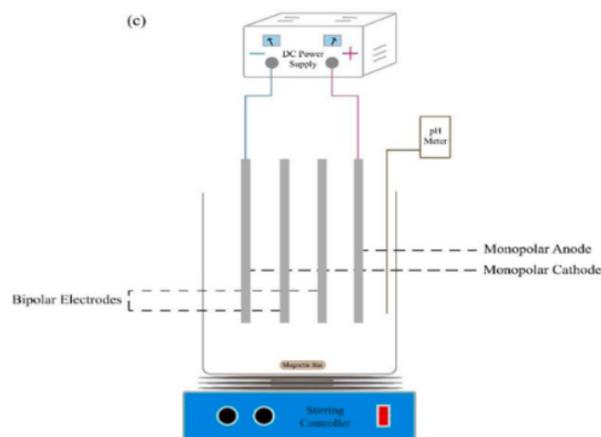


Fuente: (Mousazadeh et al. 2021)

Conecte los electrodos bipolares (BP-S) en serie como se muestra en la Ilustración 9 (c). Consta de dos electrodos exteriores unipolares sobre los que se colocan electrodos interiores dipolares no unidos. La dirección negativa sufre reacciones catódicas, mientras que la descomposición anódica tiene lugar en la dirección opuesta. Las direcciones opuestas de cualquier dipolo pueden llamarse de carga opuesta, y cada una de sus direcciones actúa como cátodo y ánodo. (Mollah MYA, 2001). Normalmente, los electrodos unipolares funcionan con corrientes más altas y voltajes más bajos, a diferencia de los electrodos bipolares que funcionan con corrientes bajas y voltajes altos. (Bayramoglu M, 2007).

Según la rentabilidad, los electrodos monopolares pueden considerarse preferibles, ya que proporcionan un menor consumo de energía con una mayor eliminación de contaminantes en diversas condiciones. (Kobya M, 2011) Al elegir el método tiene un menor costo de mantenimiento en su operación (Abdulkhadher eta Jaeel 2021).

Ilustración 9 Distintas configuraciones eléctricas de reactores EC: (c) bipolar-serie.



Fuente: (Mousazadeh et al. 2021)

En cuanto a la composición de la celda de coagulación, el estilo constituye de una cámara electrolítica formada por el ánodo como también de un cátodo (Khandegar y Saroha 2013), Los materiales de los electrodos dependen del

sistema utilizado, es hierro, aluminio, cobre, acero. Los distintos electrodos de hierro (Fe) y aluminio (Al) son los metales más utilizados porque son eficientes, económicos y no tóxicos. (Moussa et al. 2017).

Hay varios factores que intervienen para el correcto trabajo del proceso de electrocoagulación. Indique los parámetros de funcionamiento de la siguiente manera: tipo de electrodos, pH, conductividad eléctrica, distancia de electrodos y tiempo de operación (Restrepo Mejía, Arango Ruíz eta Garcés Giraldo 2012).

El material de los electrodos es un elemento clave que define un papel trascendental en el proceso de EC. Estos factores están relacionados con el tipo de iones liberados por el mineral. Los iones metálicos se utilizan como floculantes altamente cargados debido a sus altas propiedades de aglomeración de contaminantes (Abdulkhadher eta Jaeel 2021). Los electrodos de hierro o aluminio se usan comúnmente debido a sus propiedades de fortalecimiento de iones multivalentes, bajo costo, alta tasa de disolución electrolítica y disponibilidad (Pearse MJ 2003).

El pH del agua afecta la disolución de los hidróxidos metálicos y la eficiencia real de la electrocoagulación. El pH de las aguas residuales se reduce durante el tratamiento de electrocoagulación debido al efecto alcalino, pero aumenta debido al efecto ácido. En una reacción catódica, un aumento del pH en un medio ácido conduce a la liberación de hidrógeno (Barun Kumar Nandi, 2017). El pH se reduce por la creación de $Al(OH)_3$ en el ánodo, lo que conduce a la liberación de iones H además de la reacción de evolución de oxígeno.

La conductividad y la energía iónica del agua son factores considerables que afectan la eficacia de la densidad de corriente. Un aumento en la conductividad minimiza la resistencia óhmica del agua, multiplicando efectivamente la densidad de corriente. Además, la conductividad acorta el tiempo de procesamiento requerido para la eliminación.

La resistencia del electrodo suma a medida que aumenta la distancia del electrodo. Se espera que el aumento del espaciado de los electrodos resulte en un menor contacto entre los iones y los compuestos de hidróxido. La distancia

entre cada uno de los electrodos es el principal parámetro que perjudica los costos de operación. Si la conductividad del agua residual es muy alta, se recomienda aumentar la distancia entre cada uno de los electrodos. La distancia entre el ánodo y el cátodo disminuye a medida que aumenta la distancia entre ellos.

El tiempo EC afecta la eficiencia de la electrólisis porque durante la electrólisis se libera el coagulante cuando se disuelve el ánodo. Prolongar el tiempo de electrólisis conduce a un aumento en la concentración de iones metálicos y acumulación de hidróxido de aluminio, el tiempo de reacción (tiempo de electrólisis) determina la carga, afectando así la eficiencia de la electrocoagulación.

1

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Este proyecto es de enfoque básico ya que complementa el estudio sistemático en la administración de datos basada en evidencias. El trabajo de investigación no es experimental porque no se manipula deliberadamente por variables a estudiar (Hernandez, Roberto 2014).

El diseño de este proyecto de investigación realizada fue cualitativo y temático narrativo tópico, involucrando un proceso de selección de información narrativa sobre las prácticas de los miembros relevantes para su abordaje del problema. Esto significa que los investigadores ubican las historias y eventos de los miembros (Neill eta Cortez 2018). La investigación cumple con un modelo narrativo de tópico ya que se utilizan artículos de varias fuentes confiables para abordar los problemas.

2

3.2 Categorías, Subcategorías y matriz de categorización apriorística

A continuidad, se muestra la matriz apriorística de categorías y también subcategorías, que está basado en formar objetivos y responder preguntas relacionado a nuestro tema estudiado de investigación, por lo cual se muestra en el anexo 1.

3.3 Escenario de estudio

Esta tesis detalla con estudios específicos, que son, los artículos científicos, tesis elaboradas y estudios relacionados al tema que nos ayudaran en la elaboración de nuestra tesis basada en una revisión sistemática.

3.4 Participantes

Esta tesis buscó información en repositorios digitales como EBSCOhost, Science Direct, Scielo, Scopus. Donde todos estos repositorios digitales se obtuvo la mayor y resaltante información. En donde se realizó una búsqueda de información con palabras claves de acomodo a nuestra tesis.

1 3.5 Técnicas e instrumentos de recopilación de datos

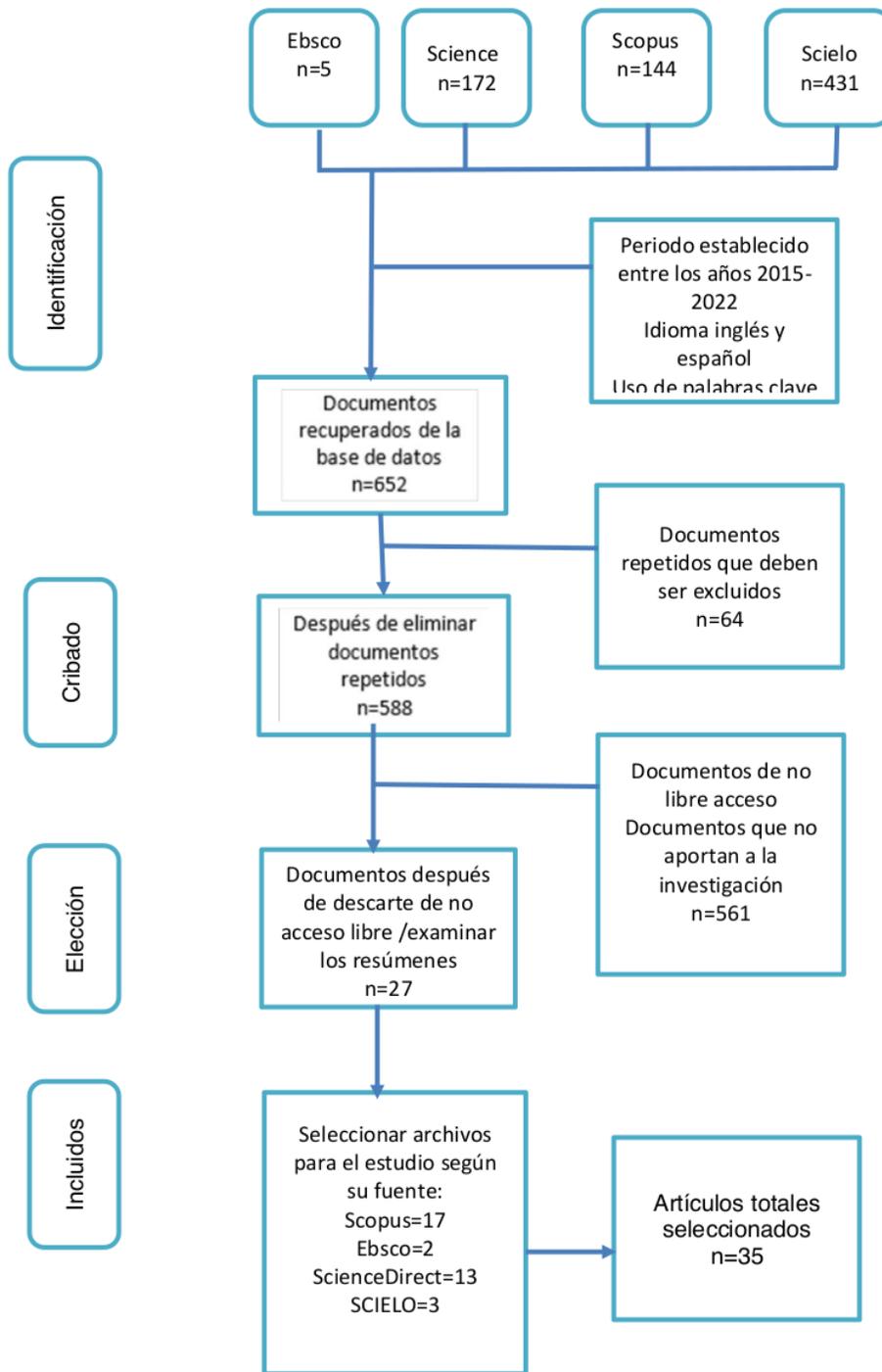
Se aplicó métodos sistemático y explícito, que se opta con el fin de disminuir y eliminar sesgos, proporcionando así resultados confiables de los que se pueden extraer conclusiones y tomar decisiones. Para la presente investigación se utilizaron fichas para registros de datos (**Anexo 2**), las cuales elaboramos considerando la matriz apriorística y los Criterios de inclusión porque se debe dar prioridad a los estudios orientados a comprender plenamente el problema y así responder a las preguntas de investigación permitiendo así la reproducibilidad del trabajo.

1 3.6 Procedimiento

Para el desarrollo de la presente revisión sistemática se establecieron una serie de etapas, considerando la secuencia lógica para el aislamiento de los artículos relevantes, la evaluación de calidad y análisis de la investigación.

En esta etapa se realiza un estudio detallado de los artículos utilizados en el proyecto de investigación, a partir del cual se recopilan todos los artículos que son páginas como de, EBSCOhost, Science Direct, Scielo, Scopus, Etc. se presentarán como algunas palabras clave en búsquedas como, por ejemplo: Remoción, Agentes Patógenos, agua residual y electrocoagulación (pathogenic, electrocoagulation, removal) usando la siguiente cadena: (ALL (electrocoagulation) AND ALL (removal) AND ALL (pathogenic) AND ALL (water)) AND (LIMIT-TO (OA , "all") OR LIMIT-TO (OA , "publisherfullgold")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR , 2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2017) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2016) OR LIMIT-TO (PUBYEAR , 2015))

Ilustración 10 Esquema de flujo de artículos identificados y excluidos



Fuente: Elaboración propia

3.7 Rigor científico

Al ser nuestra investigación cualitativa se adhiere a un enfoque científico, y demuestra valor y la calidad de la metodología. Se han establecido cuatro los criterios: dependencia, credibilidad, transferibilidad y auditabilidad.

La dependencia crea mención al aportación de indagación que nos ayuda a comprender la técnica que se ha usado y su respectiva efectividad. También se agrega el diseño de estudio (Varela Ruiz et al Vives Varela 2016). La investigación respeta el principio de dependencia ya que demuestra la consistencia de los datos con relevantes para la investigación sobre el uso de la electrocoagulación.

La credibilidad La confiabilidad indica un vínculo entre el logro y la supervivencia, ya que también está relacionada con la aplicación de métodos y herramientas de comprensión del diseño de investigación: análisis de literatura, entrevistas y análisis de grupos de estudio (Varela Ruiz et al Vives Varela 2016). La investigación efectúa con el criterio de credibilidad ya que cuenta como instrumento la fiabilidad en el uso de la ficha de recopilación de datos.

La transferibilidad Describe al deber de investigar y brindar una apropiada información sobre la investigación y dominio de cotejar los nuevos conocimientos con otros nuevos (Varela Ruiz et al Vives Varela 2016). Este estudio respeta la transferibilidad ya que la información ha sido comparada con varios estudios similares sobre el uso de electrocoagulación.

La auditabilidad nos referimos a la competencia o habilidad de otro para enfocarse sobre las ideas la dirección de investigación concisa y clara acerca del uso de la que el investigador original ha efectuado sobre la investigación (Varela Ruiz et al Vives Varela 2016). La investigación cuenta con el criterio de auditabilidad ya que mantiene electrocoagulación para remover patógenos.

1

3.8 Método de análisis de datos

Esta tesis se planteó en la recopilación de información de artículos científicos, páginas institucionales, etc. Por tanto, el análisis de la información se realiza luego de recolectar información para identificar y comenzar a reducir, clasificar, sintetizar y finalmente. El estudio de la indagación organizada por categorías como también de subcategorías se deriva a la formación de objetivos que ayuden a gestionar adecuadamente la información recopilada para la investigación para conseguir los objetivos del proyecto de investigación.

3.9 Aspectos éticos

El presente estudio ha sido elaborado bajo principios éticos como responsabilidad y honestidad que permiten el uso correcto de los datos obtenidos de los participantes mediante el uso del consentimiento informado. Cumple con la disposición dado por la UCV- resolución N° 0262-2020 /UCV.

Por eso, el artículo 9 del Código de Ética en este presente estudio de Investigación de la UCV (2020) también hace énfasis en una política anti-plagio, al señalar que el plagio, si es detectado e identificado por un investigador, estará revisado por la comisión de ética responsable. Sancionar a los investigadores por este sentido nuestra investigación está optando de verificación mediante el programa de tuniting para respetar los estudios de diferentes autores.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Mostramos posteriormente los siguientes resultados ya alcanzados en la recopilación de información por la literatura científica mediante una revisión sistemática por medio de justificar de los datos indexados, los datos se presentan para permitir que otros investigadores tomen decisiones más informadas sobre la remoción de patógenos por medio de la electrocoagulación. Los resultados que se presentan en seguida corresponden a las preguntas específicas, planteada al principio ¹ de la investigación como son: ² Identificar el modelo ³ de reactor más usado de la EC para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales sobresaliendo esencialmente el uso del modelo batch, asimismo definir el valor óptimo de control de los parámetros frecuentemente evaluados, determinar los principales aspectos que permiten alcanzar los porcentajes más altos e ³ Identificar las ventajas e inconvenientes en el uso de la EC para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales, seguidamente presentaremos ³ los resultados por medio tablas y gráficos .

Tabla 2 ³ Modelo de reactor más usado de la electrocoagulación para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales

MODELO DE REACTORES

N° de Placas

AUTORES

		MODELO DE REACTORES	N° de Placas	AUTORES
Reactores Batch y Continuo	Monopolares	conexiones paralelas	Se usaron 4 placas electrodos de hierro (0,01cm) espesor, (10cm, ancho y 10cm largo)	(Aguilar-Ascon 2019)
			Se utilizaron 4 placas de electrodos	(Abdelkader eta Mehdi 2015)
			Se utilizaron 4 placas de electrodos	(Matboo, Soudabeh Alizadeh; Mokhtari, Seyed Ahmad; Jeddi, Fariba; Atayi, Fatemeh; Sadeghi, Tayebe; Asgari, Esrafil; Nazari 2022)
			2 electrodos de acero inoxidable y fieltro de grafito, de los cuales tiene unas dimensiones de 2 x 40 x 100 mm	(Nazari et al. 2017)
			2 placas de (3-10cm)	(Zainab Gholami (C) licenciatura7 Abdul Ayman Amoui () Doctor2, 9, 4*Hayar Tabarinia () Maestria4 2019)
			4 electrodos que mide 0,6 cm de ancho, 12 cm de largo	(Ramya et al. 2019)
		conexiones en serie	4 placas Deflectoras perforadas (como electrodos) tiene unas dimensiones de 4 cm de ancho y 9 cm de alto, y Contiene 35 agujeros	(Hashim, Kot, et al. 2020)
			6 placas de los cuales tienen 10 cm de ancho, 6,5 cm de alto y 0,1 cm	(Hashim, Ali, et al. 2020)
			Se utilizaron 4 placas de electrodos como también de 5 placas y 6 placas de espesor 1 mm	(Fikri, Djuhriah eta Hanurawaty 2021)
			Se utilizaron electrodos rectangulares de aluminio (185 mm x 75 mm x 5 mm) como ánodo y cátodo	(Makwana eta Ahammed 2016)
			6 placas (grosor de 0,25 cm), (ancho de 2,5 cm) y (una altitud de 15 cm)	(Pinedo-Hernández, Marrugo-Negrete eta Díez 2020)
	Bipolar	Bipolar en conexiones en serie	6 electrodos de hierro y cobre (75% de pureza) dimensiones 12 x 12 x 16 cm (largo x ancho x profundidad)	(Zarei, Biglari, Mobini, Dargahi, Ebrahimzadeh, Narooie, Mehrizi, Yari, Mohammadi, Baneshi, et al. 2018)
			Se utilizaron 6 placas de electrodos	(Ricordel et al. 2014)
			Se utilizaron 4 placas de electrodos	(Lynn, Heffron eta Mayer 2019)

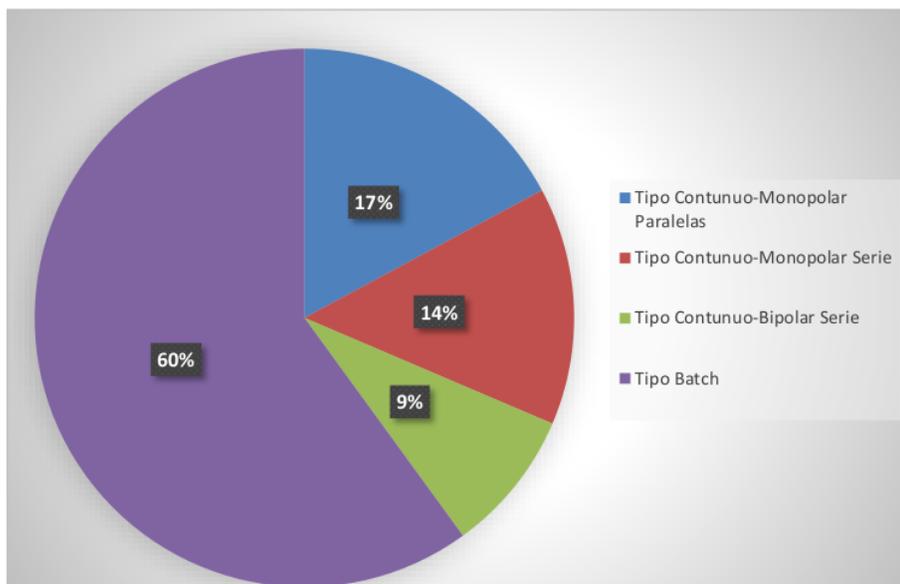
Disposición de electrodos de tipo continuo

tipo Disposición de
electrodos de Batch

2 placas de acero 6cm x 4cm	(Bicudo et al. 2021b)
Se utilizaron 2 placas de electrodos, tenía unas dimensiones de 10,8x11.8x0,2cm y 10,8x11.8x0,7 cm	(Meiramkulova et al. 2020)
Se utilizaron 2 placas de electrodos, el ánodo y el cátodo tenían 10 cm ²	(Anfruns-Estrada et al. 2017b)
Se utilizaron 2 placas de electrodos	(Araujo Salazar 2017)
Se utilizaron 2 placas de electrodos	(Sruthi, Ahammed eta Makwana 2018)
Se utilizaron 2 placas de electrodos de 0.4 cm ²	(Gamero-Quijano, García eta la Rosa-Toro-Gómez 2020)
2 electrodos cada electrodo tiene una superficie de 450 cm ²	(Abdul-Husain eta Alramahi 2021)
Se utilizaron 2 placas de electrodos, (4,5 cm x 11 cm)	(Ghernaout, Elboughdiri eta Lajimi 2022)
Se utilizaron 2 placas de electrodos	(Ghernaout, Touahmia eta Aichouni 2019)
Se utilizaron 2 placas de electrodos	(Chellam eta Sari 2016)
Se utilizaron 2 placas de electrodos	(Anfruns-Estrada et al. 2017a)
Se utilizaron 2 placas de electrodos Altura= 9 cm Ancho= 7 cm	(Poma eta Quispe 2016)
Se utilizaron 2 placas de electrodos de 10 cmx2cmx0,2 cm cada uno	(Ndjomgoue-Yossa, Nansou-Njiki eta Ngameni 2022)
Se utilizaron 2 placas de electrodos 4,5 cm - 5,5 cm	(Boudjema et al. 2014)
Se utilizaron 2 placas de electrodos	(Ghernaout 2019a)
Se utilizaron 2 placas de electrodos	(Delaire et al. 2016)
Se utilizaron 2 placas de electrodos forma cuadrada (40x40 mm) lados (40x5 mm)	(Bicudo et al. 2022)
Se utilizaron 2 placas de electrodos	(Aguilar Ascón 2015)
Se utilizaron 2 placas de electrodos	(Alidadi et al. 2018)
Se utilizaron 2 placas de electrodos	(Mostafaloo et al. 2019)
Se utilizaron 2 placas de electrodos	(Nadeem, Jilani eta Qadeer 2016)

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 11 Reactores más usados en la remoción de agentes patógenos.



Fuente: Elaboración propia

A manera vemos en la siguiente tabla 2 los modelos de los reactores más usados sobre la remoción de agentes patógenos en tratamiento de hídrico (aguas servidas) mediante la electrocoagulación observamos el tipo batch con 21 artículos revisados lo que equivale a un (60%), el primordial motivo de su uso de este modelo de reactores funcionan con un determinado volumen fijo de agua , ya que no cuenta con un flujo de agua de entra ni de salida Delaire et al. (2015). Su costo de operación es bajo, pero tiene la desventaja de que el óxido producido en el ánodo a menudo genera una capa que dificulta el flujo de la corriente, reduciendo la eficiencia del proceso (Heffron et al. 2019).

Sin embargo el tipo de reactor continuo monopolar con 11 artículos revisados lo que equivale al (31%), este tipo de reactor continuo monopolar en paralelo se caracteriza por el uso de cantidades continuas de agua ya que su funcionamiento entre los ánodos y los cátodos están conectados fijamente a la fuente de alimentación lo que originaría una corriente continua e igual en todas las celdas (Ramya et al. 2019) sin embargo el uso de las corrientes bajas ocasiona menos burbujas ,mientras que el aumento de la corriente va en aumento va

creando un flujo ascendente de alto impulso y promoviendo el proceso de flotación de contaminantes. (Aguilar-Ascon 2019), por otro lado el reactor tipo continuo en serie también cuenta con una corriente de agua continua pero los ánodos y los cátodos externos son conectados a la fuente de alimentación mientras que los internos se encuentran interconectados entre sí por lo cual la corriente fluye de igual manera hacia todos lados y el voltaje se concentraría en todas las celdas (Fikri, Djuhriah eta Hanurawaty 2021), también el reactor bipolar en serie con 3 artículos o equivalente a (9%), encontramos que los electrodos externos se encuentran conectados a la fuente de energía o alimentación mientras que los electros internos no se encuentran conectados y solo actúan mediante el flujo de corriente que fluye de un lado al otro (Lynn, Heffron eta Mayer 2019) Debido a las diferentes métodos en la forma en que se utilizan ambos reactores, se puede determinar que el modelo batch es el más eficaz para la inactivación de agentes patógenos hallados en las aguas residuales por el uso de la electrocoagulación a modo de tratamiento, Es el procedimiento estándar más usado por su sencillez y bajo costo, usando diferentes tipos de electrodos (Hashim, Ali, et al. 2020), que conceden lograr un porcentaje mayor de remoción y con un mínimo gasto de energía en el período de ejecución para lograr el nivel más eficaz en la remoción de patógenos.

Tabla 3 Valores óptimos de control de los parámetros frecuentemente evaluados en el uso de la EC para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales

Valores óptimos de control (parámetros evaluados)						
Autores	pH	Tiempo	Voltaje	Densidad de corriente	Distancia de electrodos	Tipo de electrodos
(Bicudo et al. 2021)			30 V	3A	1 cm	Fe
(Meiramkulova et al. 2020)	5	20 min		15 mA/cm ²	2cm	Al/Fe
(Zarei, Biglari, Mobini, Dargahi, Ebrahimzadeh, Narooie, Mehrizi, Yari, Mohammadi, Baneshi, et al. 2018)	7	60 min	30 V	0,29 kW/2 mS/cm	2 cm	Fe / Cu
(Nadeem, Jilani eta Qadeer 2016)	4	30 min	40 V	40 mA/m ²		Al
(Chellam eta Sari 2016)	6,3		10 V	20 mA/cm ²		inox/ Al
(Hashim, Kot, et al. 2020)	7	20 min		1,5mA/cm ²	5 cm	Al
(Ghernaout, Elboughdiri eta Lajimi	7	60 min	30 V	0,1 a 1 A	5 cm	Fe

2022)						
(Aguilar-Ascon 2019)	7	60 min	3 A			Al /Fe
(Ghernaout, Touahmia eta Aichouni 2019)	7,5	60 min	200 A / m ²			Fe
(Ricordel et al. 2014)	7,5	60 min	30 V 0.22 A			Al
(Aguilar Ascón 2015)	6,9.	10 min	3 A			Al
(Abdul-Husain eta Alramahi 2021)	7.5	20 min	2 mA/cm ²			Al
(Anfruns-Estrada et al. 2017b)	6.9	90 min	200 A m-2			Fe / Fe
(Araujo Salazar 2017)	6.4	60 min	15 V			Al
(Gamero-Quijano, García eta la Rosa-Toro-Gómez 2020)	7.9	12 min	200 mA			Al
(Hashim, Ali, et al. 2020)	7	20 min	1.5mA/cm ²	0,5 cm		Al
(Delaire et al. 2016)	7	11 min	10mA/cm ²	0,1 cm		Fe
(Poma eta Quispe 2016)		20 min	32,72A/m ²	1 cm		Al
(Alidadi et al. 2018)	7.9	35 min	10,17mA/cm ²	1,5 cm		Fe
(Bicudo et al. 2022)	7.5	15 min	30 V 200 mA			Fe
(Boudjema et al. 2014)	7.5	60 min	3,0 A	1,5 cm		Al
(Zainab Gholami, Abdul Ayman Amoui, Hayar Tabarinia 2019)	7	90 min	40 V	2 cm		Al /Fe
(Ghernaout 2019a)	7	5 min	7,2mA/cm ²			Fe
(Fikri, Djuhriah eta Hanurawaty 2021)	7.5	90 min	12 V 2,5 mA/cm ²	3 cm		Al
(Matboo, Soudabeh Alizadeh; Mokhtari, Seyed Ahmad; Jeddi, Fariba; Atayi, Fatemeh; Sadeghi, Tayebe; Asgari, Esrafil; Nazari 2022)	7.5	20 min	2,5 mA/cm ²	2cm		Al I
(Lynn, Heffron eta Mayer 2019)	7.5	90 min	0,6-10 mA/cm ²			Fe
(Heffron et al. 2019)	6	5 min	100 mA/cm ²	1 cm		Fe
(Mostafaloo et al. 2019)	6	60 min	0,7mA/cm ²	2cm		Al
(Abdelkader eta Mehdi 2015)	5	20 min	10 V 52,5 mA/cm ² .	2cm		Al/Fe
(Nazari et al. 2017)	7	20min	3.3 mA/cm ²)	3cm		Inox/fie lto
(Ramya et al. 2019)	7	150 min	2.5 mA/cm	0.6 cm		Fe
(Makwana eta Ahammed 2016)	7	10min	5 mA/cm ²	1.5cm		Al
(Pinedo-Hernández, Marrugo-Negrete eta Díez 2020)	6.2	30min	29.5 V	2.5cm		Fe/Al
(Ndjomgoue-Yossa, Nanseu-Njiki eta Ngameni 2022)	7	2 h	3V 12.5 mA/cm ²	1cm		Al
(Sruthi, Ahammed eta Makwana 2018)	7	30 min	30 V 5 mA/cm ²			Al

Fuente: Elaboración propia

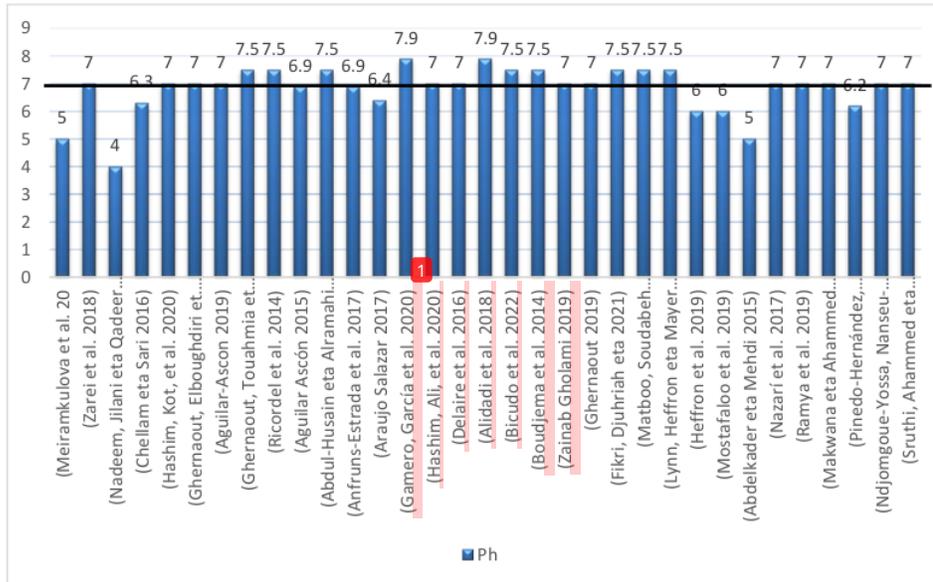
De los 35 artículos desarrollados se observa los datos de los parámetros frecuentemente evaluados del pH, tiempo, voltaje, tipo de electrodo, densidad de corriente eléctrica y la distancia de electros en la remoción de agentes patógenos usando la electrocoagulación. De los cuales a continuación analizaremos los valores óptimos de cada parámetro.

Tabla 4 Valor óptimo del pH en la remoción de agentes patógenos usando la EC

pH	Frecuencia	%	% acumulado	Autor
4	1	3%	3%	(Nadeem, Jilani eta Qadeer 2016)
5	2	6%	9%	(Abdelkader et al. 2015) (Meiramkulova et al. 2020)
6	2	6%	15%	(Heffron et al. 2019) (Mostafaloo et al. 2019)
6.2	1	3%	18%	(Pinedo-Hernández, Marrug eta 2020)
6.3	1	3%	21%	(Chellam eta Sari 2016)
6.4	1	3%	24%	(Araujo Salazar 2017)
6.9	2	6%	30%	(Anfruns-Estrada et al. 2017) (Aguilar Ascón 2015)
7	13	39%	70%	(Sruthi, Ahammed eta Makwana 2018) (Ndjomgoue-Yossa, eta 2022) (Makwana eta Ahammed 2016) (Ramya et al. 2019) (Nazari et al. 2017) (Ghernaout 2019) (Zainab Gholami Ayman Amoui 2019) (Delaire et al. 2016) (Hashim, Ali, et al. 2020) (Aguilar-Ascon 2019) (Ghernaout, Elboughdiri eta Lajimi 2022) (Hashim, Kot, et al. 2020) (Zarei et al. 2018)
7.5	8	24%	94%	(Ghernaout, Touahmia et 2019) (Ricordel et al. 2014) (Abdul-Husain eta Alramahi 2021) (Bicudo et al. 2022) (Boudjema et al. 2014) (Fikri, Djuhriah eta Hanurawaty 2021) (Matboo, Soudabeh Alizadeh; Mokhtari, Seyed Ahmad; Jeddi, Fariba; Atayi, Fatemeh; Sadeghi, Tayebe; Asgari, Esrafil; Nazari 2022) (Lynn, Heffron eta Mayer 2019)
7.9	2	6%	100%	(Alidadi et al. 2018) (Gamero, García eta la 2020)
Total	33	100%		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 12 Valor óptimo del pH



Fuente: Elaboración propia

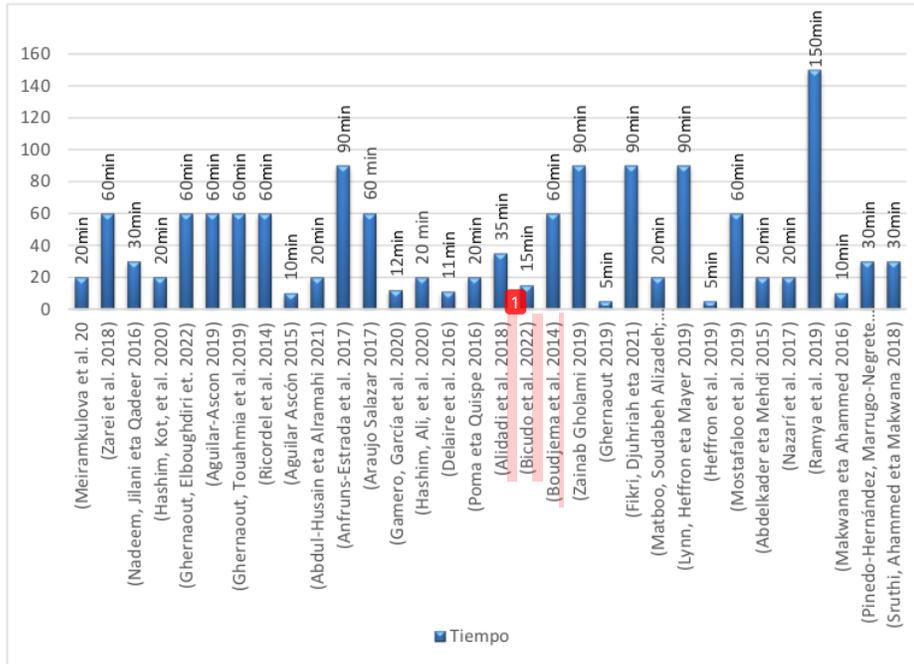
Del total de los 33 artículos podemos visualizar en la tabla 4 se muestra que los estudios revisados de los cuales 13 estudios evidencian que los valores óptimos de los parámetros de pH 7 es el parámetro más beneficioso para una mejor remoción de ciertos contaminantes y patógenos. (Ghernaout, Touahmia eta Aichouni 2019) ; (Matboo, Soudabeh Alizadeh; Mokhtari, Seyed Ahmad; Jeddi, Fariba; Atayi, Fatemeh; Sadeghi, Tayebe; Asgari, Esrafil; Nazari 2022). De igual manera se identificó 8 estudios que demuestran que el parámetro óptimo para el pH es de 7.5 lo cual nos indican que en el proceso del PH óptimo se forman ciertas reacciones como el $Fe(OH)_2$ y $Fe(OH)_3$ (Lynn, Heffron eta Mayer 2019) (Abdul-Husain eta Alramahi 2021), apareciendo en el proceso por lo cual su aparición gelatinosa la cual elimina ciertos patógenos por atracción electrostática determina la eficiencia en la remoción de patógenos.

Tabla 5 Valor óptimo del tiempo en la remoción de agentes patógenos usando la EC

Tiempo	Frecuencia	%	% Acumulado	Autor
5min	2	6%	6%	(Ghernaout 2019) (Heffron et al. 2019)
10min	2	6%	12%	(Aguilar Ascón 2015) (Makwana eta Ahammed 2016)
11min	1	3%	3%	(Delaire et al. 2016)
12min	1	3%	18%	(Gameru García et al. 2020)
15min	1	3%	21%	(Bicudo et al. 2022)
				(Meiramkulova et al. 2020) (Hashim, Kot, et al. 2020) (Abdul-Husain eta Alramahi 2021) (Hashim, Ali, et al. 2020) (Poma eta Quispe 2016)
20min	8	24%	45%	(Matboo, Soudabeh Alizadeh; Mokhtari, Seyed Ahmad; Jeddi, Fariba; Atayi, Fatemeh; Sadeghi, Tayebe; Asgari, Esrafil; Nazari 2022) (Abdelkader eta Mehdi 2015) (Nazari et al. 2017)
				(Nadeem, Jilani eta Qadeer 2016) (Pinedo-Hernández, Marrugo- Negrete eta 2020) (Sruthi, Ahammed eta Makwana 2018)
30 min	3	9%	55%	
35 min	1	3%	58%	(Alidadi et al. 2018)
				(Zarei et al. 2018) (Ghernaout, Elboughdiri eta Lajimi 2022)
60 min	9	27%	85%	(Aguilar-Ascon 2019) (Ghernaout, Touahmia eta 2019) (Ricordel et al. 2014) (Araujo Salazar 2017) (Boudjema et al. 2014) (Mostafaloo et al. 2019) (Ndjongoue, Nanseu-Njiki eta 2022)
				(Anfruns-Estrada et al. 2017) (Zainab Gholami 2019) (Fikri, Djuhriah eta Hanurawaty 2021) (Lynn, Heffron eta Mayer 2019)
90 min	4	12%	97%	
150 min	1	3%	100%	(Ramya et al. 2019)
Total	33	100%		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13 Valor óptimo del tiempo



Fuente: Elaboración propia

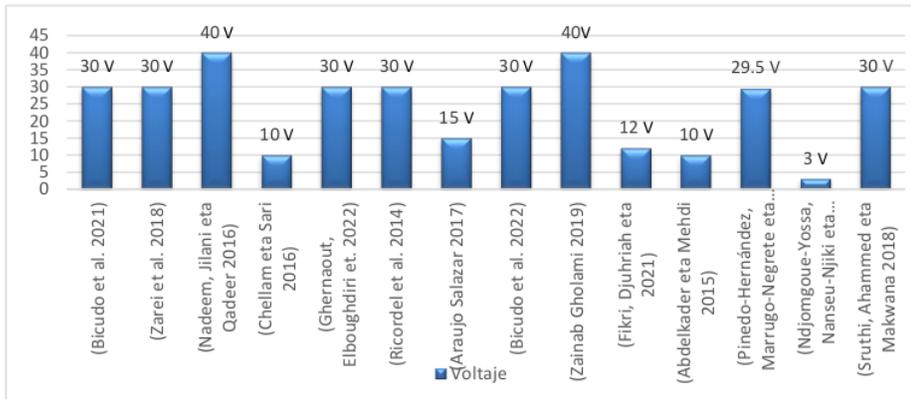
En relación con el análisis de los estudios revisados se investigó que el tiempo óptimo para la remoción de agentes patógenos es distinta en cada investigación por lo cual la tabla 5 se muestra que 8 artículos demostraron que el tiempo óptimo para remover contaminantes es de 20 min por lo que su porcentaje es de 24% del total del porcentaje, ya que se estimó como uno de los más altos. (Meiramkulova et al. 2020) (Hashim, Kot, et al. 2020) (Abdul-Husain eta Alramahi 2021). Sin embargo, se evidencio otro valor óptimo de los 9 artículos también revisados con un tiempo de 60 min lo cual nos indica que es el tiempo óptimo ya que se evidencio con un porcentaje total de 27% para la remoción de contaminantes (Zarei et al. 2018) (Aguilar-Ascon 2019) (Ndomgoue, Nanseu-Njiki eta 2022). Por consiguiente, los 16 artículos restantes demuestran diferentes tiempos en sus investigaciones.

Tabla 6 Valor óptimo del voltaje en la remoción de agentes patógenos usando la EC

Voltaje	Frecuencia	%	% Acumulado	Autor
3V	1	7%	3%	(Ndjongoue-Yossa, eta 2022)
10V	2	14%	21%	(Abdelkader eta Mehdi 2015) (Chellam eta Sari 2016)
12V	1	7%	29%	(Fikri, Djuhriah eta 2021)
15V	1	7%	36%	(Araujo Salazar 2017)
29,5V	1	7%	43%	(Pinedo Hernández, eta 2020)
30V	6	43%	86%	(Bicudo et al. 2021) (Zarei et al. 2018) (Ghernaout, Elboughdiri eta 2022) (Ricordel et al. 2014) (Bicudo et al. 2022) (Sruthi, Ahammed eta 2018)
40V	2	14%	100%	(Nadeem, Jilani eta 2016) (Zainab Gholami 2019)
Total	14	100%		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14 Valor óptimo del voltaje



Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a las investigaciones realizadas de los 14 artículos se analizó que el parámetro del voltaje de 30 - 40 V, podemos indicar que se observa una mayor remoción de patógenos Bicudo et al. (2022), al aumentar el voltaje se comienzan a formar los iones de hierro o aluminio por el cual estas ocasionan la creación de hidróxidos, formando la fase de coagulación y remoción de patógenos. Ghernaout, Elboughdiri eta Lajimi (2022); Sin embargo al ver un aumento

excesivo de voltaje esto generaría el consumo de más energía la cual provocaría un nivel de incremento en el costo de operación y afectan negativamente la eficiencia del proceso de electrocoagulación. Zainab Gholami, Abdul Ayman Amoui, Hayar Tabarinia (2019).

Tabla 7 Valor óptimo de la densidad de corriente eléctrica en la remoción de agentes patógenos usando la EC

Densidad de Corriente	Frecuencia	%	% Acumulado	Autores
0,1 a 1 A	1	3%	3%	(Ghernaout, Elboughdiri et. 2022)
3A	4	13%	16%	(Bicudo et al. 2021) (Aguilar-Ascon 2019) (Aguilar Ascón 2015) (Boudjema et al. 2014)
0.22 A	1	3%	19%	(Ricordel et al. 2014)
0,29 kW/2 mS/cm	1	3%	22%	(Zarei et al. 2018)
0,6-10 mA/cm2	1	3%	25%	(Lynn, Heffron eta Mayer 2019)
0,7mA/cm2	1	3%	28%	(Mostafaloo et al. 2019)
1,5mA/cm2	2	6%	34%	(Hashim, Kot, et al. 2020) (Hashim, Ali, et al. 2020)
2 mA/cm2	1	3%	38%	(Abdul-Husain eta Alramahi 2021)
2,5 mA/cm2	3	9%	47%	(Fikri, Djuhriah eta 2021) (Matboo, Soudabeh, 2022) (Ramya et al. 2019)
3.3 mA/cm2)	1	3%	50%	(Nazari et al. 2017)
5 mA/cm2	2	6%	56%	(Makwana eta 2016) (Sruthi, Ahammed eta 2018)
7,2mA/cm2	1	3%	59%	(Ghernaout 2019)
10mA/cm2	1	3%	63%	(Delaire et al. 2016)
10,17mA/cm2	1	3%	66%	(Alidadi et al. 2018)
12.5 mA/cm2	1	3%	69%	(Ndjomgoue-Yossa, Nanseu-Njiki eta Ngameni 2022)
15 mA/cm2	1	3%	72%	(Meiramkulova et al. 2020)
20 mA/cm2	1	3%	75%	(Chellam eta Sari 2016)
32,72A/m2	1	3%	78%	(Poma eta Quispe 2016)
40 mA/m2	1	3%	81%	(Nadeem, Jilani eta Qadeer 2016)
52,5 mA/cm2.	1	3%	84%	(Abdelkader eta Mehdi 2015)
100 mA/cm2	1	3%	88%	(Heffron et al. 2019)
200 A / m2	4	13%	100%	(Ghernaout, Touahmia et al.2019) (Anfruns-Estrada et al. 2017) (Gamero, García et al. 2020) (Bicudo et al. 2022)
Total	32	100%		

Fuente: Elaboración propia

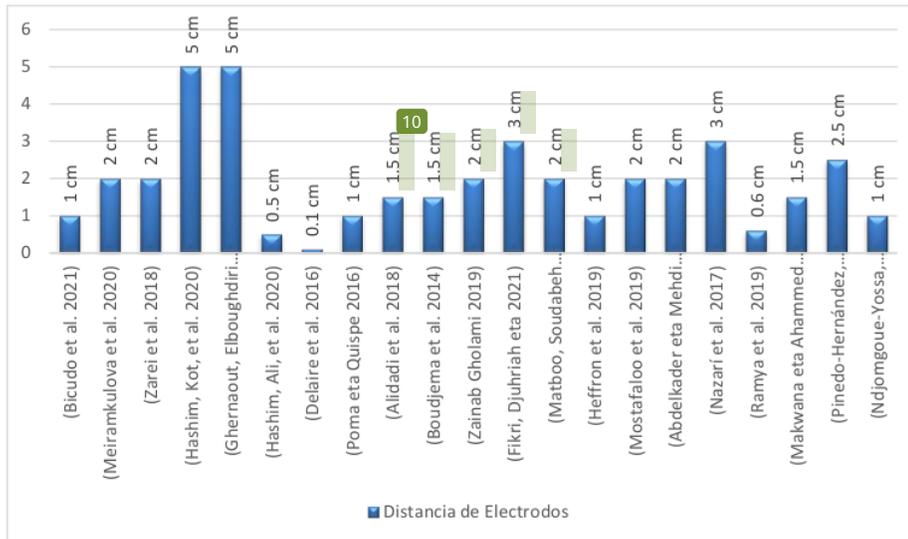
Seguidamente se evaluó el parámetro de la ¹ densidad de corriente eléctrica, de acuerdo con las investigaciones han demostrado el nivel de la densidad de corriente eléctrica entre 100 – 200A/cm² nos da una mayor remoción de ciertos contaminantes y patógenos. Anfruns-Estrada et al. (2017), la densidad de corriente nos facilita potenciar la eficiencia para remover contaminantes; Heffron et al. (2019). De acuerdo con la intensidad de la densidad de corriente ocasiona un aumento de hidróxidos de Fe o Al la cual se forman los flóculos para la remoción, también lo cual aumenta el nivel de burbujas de hidrogeno lo que ocasiona una disminución en el tamaño de las burbujas lo que beneficia un aumento en la remoción de patógenos. Bicudo et al. (2022), sin embargo, si aumentamos la densidad de corriente esto ocasionaría un mayor auge para la energía y disminuye la eficacia en la remoción. Ghernaout, Touahmia eta Aichouni (2019).

Tabla 8 Distancia optima de electrodos en la remoción de agentes patógenos usando la EC.

Distancia Entre Electrodo	Frecuencia	%	% Acumulado	Autores
0,1 cm	1	5%	5%	(Delaire et al. 2016)
0.5 cm	1	5%	10%	(Hashim, Ali, et al. 2020)
06 cm	1	5%	14%	(Ramya et al. 2019)
1 cm	4	19%	33%	(Bicudo et al. 2021) (Poma eta Quispe 2016) (Heffron et al. 2019) (Ndjongoue-Yossa, eta 2022)
1.5 cm	3	14%	48%	(Boudjema et al. 2014) (Alidadi et al. 2018) (Makwana eta 2016)
2 cm	6	29%	76%	(Meiramkulova et al. 2020) (Zarei et al. 2018) (Zainab Gholami 2019) (Matboo, Soudabeh 2022) (Mostafaloo et al. 2019) (Abdelkader eta Mehdi 2015)
2.5 cm	1	5%	81%	(Pinedo-Hernández, 2020)
3 cm	2	10%	90%	(Fikri, Djuhriah eta 2021) (Nazarí et al. 2017)
5 cm	2	10%	100%	(Hashim, Kot, et al. 2020) (Ghernaout, Elboughdiri et. 2022)
Total	21	100%		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15 Distancia optima de electrodos



Fuente: Elaboración propia

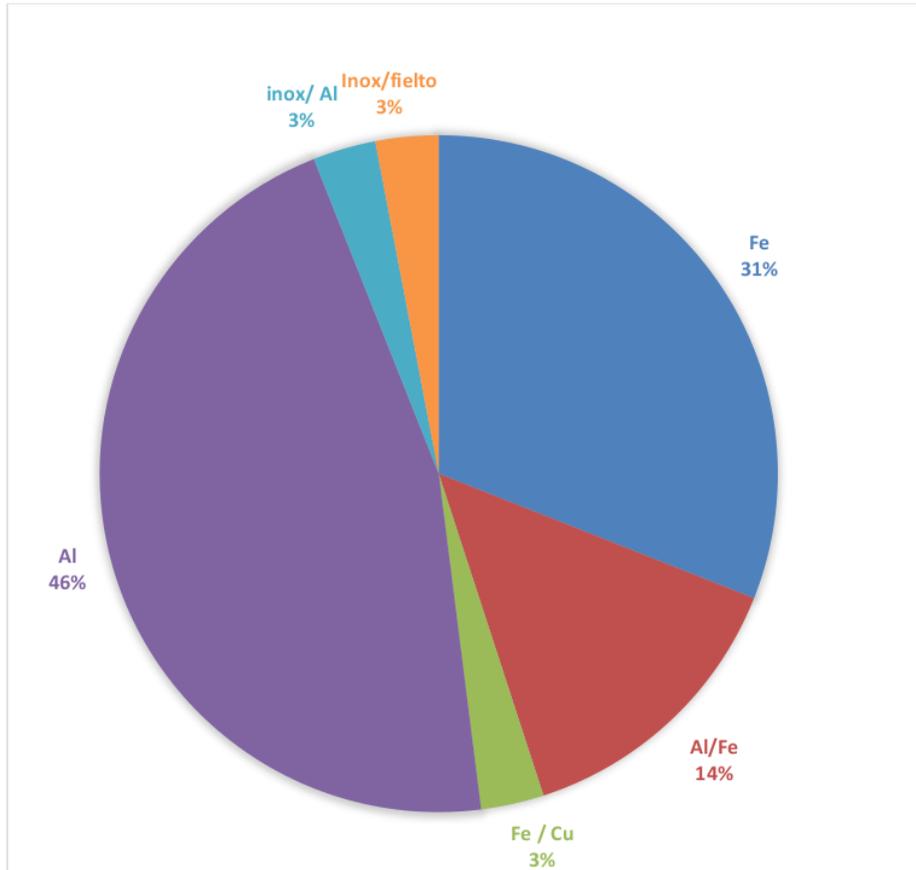
De acuerdo los parámetros de amplitud o distancia de electrodos cierta cantidad de investigaciones o estudios indicaron que el rango de 1 - 1.5 cm cuenta con un mayor porcentaje de remoción de agentes patógenos.(Ngobeni, Basitere eta Thole 2022); (Boudjema et al. 2014); (Alidadi et al. 2018). Sin embargo, la eficacia de la inactivación de contaminantes aumenta a medida que se descubre la distancia apropiada, contar con una mejor distancia de electrodos se origina un aumento mayor que influye en los de iones de hierro como también en los hidróxidos beneficiando la formación de un coagulante y se observa una mayor resistencia de los electrodos la cual ocasiona el aumento generando la creación de flocs (floculos) y aminora el gasto de energía y voltaje, mejorando la eficiencia. Por otro lado, al aumentar la distancia de los electrodos, esto ocasionaría un incremento de energía y una reducción de la conductividad la cual desencadena una reducción de iones de hierro e hidróxido la cual es necesario para formar floculos disminuyendo el porcentaje de remoción de patógenos Heffron et al. (2019).

Tabla 9 Tipo de electrodos más usados en la remoción de agentes patógenos usando la EC.

Tipo de electrodos	Frecuencia	%	% Acumulado	Autores
Fe	11	31%	31%	(Bicudo et al. 2021) (Ghernaout, Elboughdi et. 2022) (Ghernaout, Touahmia et al.2019) (Anfruns-Estrada et al. 2017) (Delaire et al. 2016) (Alidadi et al. 2018) (Bicudo et al. 2022) (Ghernaout 2019) (Lynn, Heffron eta Mayer 2019) (Heffron et al. 2019) (Ramya et al. 2019)
Al/Fe	5	14%	46%	(Meiramkulova et al. 2020) (Aguilar-Ascon 2019) (Zainab Gholami 2019) (Abdelkader eta Mehdi 2015) (Pinedo-Hernández, eta Díez 2020)
Fe / Cu	1	3%	49%	(Zarei et al. 2018) (Nadeem, Jilani eta Qadeer 2016) (Hashim, Kot, et al. 2020) (Ricordel et al. 2014) (Aguilar Ascón 2015) (Abdul-Husain eta Alramahi 2021) (Araujo Salazar 2017) (Gamero, García et al. 2020)
Al	16	46%	94%	(Hashim, Ali, et al. 2020) (Poma eta Quispe 2016) (Boudjema et al. 2014) (Fikri, Djuhriah eta 2021) (Matboo, Soudabeh et 2022) (Mostafaloo et al. 2019) (Makwana eta Ahammed 2016) (Ndjomgoue-Yossa, eta 2022) (Sruthi, Ahammed eta Makwana 2018)
inox/ Al	1	3%	97%	(Chellam eta Sari 2016)
Inox/fielto	1	3%	100%	(Nazari et al. 2017)
total	35	100%		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16 Electrodo más usados



Fuente: Elaboración propia

En cuanto al parámetro de tipo de electrodo, obtenemos de las investigaciones que exponen que los electrodos de Al y Fe han sido los más notables ya que tienen un mayor efecto en la remoción de patógenos. Ricordel et al. (2014); Abdul-Husain eta Alramahi (2021); ya que estas cuentan con una singularidad al contar con excelentes propiedades electroquímicas y muy buena resistencia para el procedimiento de la electrocoagulación. El uso de electrodos de Al son las menos usadas ya que el costo en comparación con el Fe es notable sin embargo el uso adecuado de los electrodos favorece a la remoción de patógenos, Lynn, Heffron eta Mayer (2019).

Tabla 10 Principales aspectos que permiten alcanzar los porcentajes más altos en el uso de la EC para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales

ASPECTOS DE MAYOR INFLUENCIA	MICROORGANISMOS EVALUADOS (AGENTES PATÓGENOS)	PORCENTAJE DE INACTIVACION	AUTORES
Distancia de electrodos, Voltaje, Tipo de electrodos, Densidad de corriente eléctrica	Microbianos <i>E. coli</i> , <i>enterococos</i> , <i>perfringens</i> y colifagos somáticos	99%	Bicudo et al. (2021)
pH, distancia de electrodos, tiempo, tipo de electrodo, densidad de corriente	Microbiana (coliformes fecales <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmonella</i> y <i>Shigelabacterias</i> , huevos de parásitos y <i>Streptococobacterias</i>)	99,83%	(Meiramkulova et al. 2020)
pH, distancia de electrodos, voltaje, tipo de electrodos densidad de corriente eléctrica	<i>Coliformes Totales</i>	100%	Zarei, Biglari, Mobini, Dargahi, Ebrahimzadeh, Narooie, Mehrizi, Yari, Mohammadi eta Baneshi (2018)
pH, tiempo, voltaje, tipo de electrodo, densidad de corriente	Patógenos	81.10%	Nadeem, Jilani eta Qadeer (2016)
pH, voltaje, tipo de electrodo, densidad de corriente	Bacterias y Protozoos	eliminación > 99,9999 % (6 logs)	(Chellam eta Sari 2016)
Tipo de electrodo	Reducción de virus	99%	Ghernaout, Elboughdiri eta Arni (2020)
pH, distancia de electrodos, tiempo, tipo de electrodo, densidad de corriente	<i>E. coli</i>	96%	Hashim, Kot, et al. (2020)

Distancia entre electros, tiempo, tipo de electrodos, densidad de corriente, pH	<i>E. coli.</i> Algas y Coliformes	80 % 98 %.	Ghernaout, Elboughdiri eta Lajimi (2022)
pH, tiempo, tipo de electrodos, densidad de corriente	<i>E. coli</i>	99.99%	Aguilar-Ascon (2019)
pH, tiempo, tipo de electrodos, densidad de corriente	<i>E. coli</i>	95%	Ghernaout, Touahmia eta Aichouni (2019)
pH, tiempo, voltaje, tipo de electrodo, densidad de corriente	<i>Escherichia coli</i>	85%	Ricordel et al. (2014)
pH, tiempo, densidad de corriente	materia orgánica	84%	Aguilar Ascón (2015)
pH, tiempo, tipo de electrodos, densidad de corriente	<i>Escherichia coli</i>	83%	Abdul-Husain eta Alramahi (2021)
pH, tiempo, tipo de electrodos, densidad de corriente	AGENTES PATOGENOS (<i>Amebas, Flagelados, Ciliados Metazoos</i>)	100%	Anfruns-Estrada et al. (2017)
pH, distancia de electrodos, tiempo, tipo de electrodo, densidad de corriente	virus de mamíferos (<i>adenovirus, echovirus y calicivirus felino</i>) bacteriófagos	99.90%	Heffron et al. (2019)

Distancia de electrodos, tiempo, tipo de electrodos, densidad de corriente	AGENTES PATOGENOS (<i>E. coli</i> , <i>enterococos</i> , <i>VRE</i> , <i>C. perfringens</i> esporas y los colifagos somáticos)	99.99%	Bicudo et al. (2021)
pH, tiempo, voltaje, tipo de electrodo	Coliformes totales (<i>bacterias coliformes</i> , por <i>Escherichia coli</i> , <i>Enterobacter</i> , <i>Citrobacter</i> y <i>Klebsiella</i>)	99.99%	Araujo Salazar (2017)
pH, tiempo, tipo de electrodo, densidad de corriente	<i>Pseudomonas aeruginosa</i> (gramnegativa). <i>Escherichia coli</i> (gramnegativa). <i>Staphylococcus aureus</i> (grampositiva)	100% 99,86%	Gamero- Quijano, García eta la Rosa-Toro-Gómez (2020)
pH, distancia de electrodos, tiempo, tipo de electrodo, densidad de corriente	<i>E. Coli</i>	100%	Hashim, Ali, et al. (2020)
pH, distancia de electrodos, tiempo, tipo de electrodo, densidad de corriente	<i>E. Coli</i>	89.9%	Delaire et al. (2016)
Distancia de electrodos, tiempo, voltaje, tipo de electrodos, conductividad, densidad de corriente	<i>E. Coli</i>	98.9%	Poma eta Quispe (2016)
pH, distancia de electrodos, tiempo, tipo de electrodo, densidad de corriente, voltaje	lodos	80.9%	Alidadi et al. (2018)

pH, distancia de electrodos, tiempo, voltaje, tipo de electrodo, densidad de corriente	<i>E. Coli</i>	83.5%	Abdul-Husain eta Alramahi (2021)
pH, tiempo, voltaje, tipo de electrodos, densidad de corriente	<i>E. Coli</i>	80%	Bicudo et al. (2022)
pH, distancia de electrodos, tiempo, voltaje, tipo de electrodo, densidad de corriente, conductividad	<i>E. Coli</i> y Coliformes fecales	99%	Boudjema et al. (2014)
pH, distancia de electrodos, tiempo, voltaje, tipo de electrodo, densidad de corriente, conductividad	Coliformes totales	100%	Zarei, Biglari, Mobini, Dargahi, Ebrahimzadeh, Narooie, Mehrizi, Yari, Mohammadi eta Baneshi (2018)
pH, distancia de electrodos, tiempo, voltaje, tipo de electrodos	coliformes totales	99.90%	Zainab Gholami Abdul Ayman Amoui, Hayar Tabarinia (2019)
pH, tiempo, tipo de electrodos, conductividad, densidad de corriente	<i>E coli</i>	90%	Ghernaout (2019)
pH, distancia de electrodos, tiempo, voltaje, tipo de electrodos, densidad de electrodos	Coliformes totales	88.38%	Fikri, Djuhriah eta Hanurawaty (2021)

pH, distancia de electrones, tiempo, tipo de electrodos, densidad de electrodos	Microorganismos (Coliformes totales y <i>thifymuriun</i>)	100%	Matboo, Soudabeh Alizadeh; Mokhtari, Seyed Ahmad; Jeddi, Fariba; Atayi, Fatemeh; Sadeghi; (2022)
pH, tiempo, tipo de electrodos, densidad de corriente	<i>E. Coli</i>	70%	Lynn, Heffron eta Mayer (2019)
pH, distancia de electrodos, tiempo, tipo de electrodos, densidad de corriente	virus: <i>adenovirus</i> , <i>echovirus</i> y <i>calicivirus felino</i>	20%	Heffron et al. (2019)
pH, distancia entre electrodos, densidad de corriente	<i>Cefixima</i>	90.10%	Ramya et al. (2019)

Fuente: Elaboración propia

Mostramos en la siguiente tabla 10 los 33 artículos resaltan que los parámetros de mayor dominio, como también el porcentaje de remoción de los agentes patógenos estudiados fueron escogidos en la base de los respectivos resultados logrados en las investigaciones, en el sistema de la EC para la purificación de aguas residuales, es decir : distancia de electrodos, tipo de los electrodo, pH, tiempo de funcionamiento, voltaje y densidad de la corriente eléctrica, Varían su impacto en cada ensayo en función de los diferentes contaminantes presentes en cada muestra procesada.

De acuerdo a los resultados obtenidos los agentes patógenos bacterianos más empleados en su inactivación por el proceso de electrocoagulación en aguas residuales que son: E. Coli, coliformes totales, protozoos y virus de mamíferos (adenovirus, echovirus y calicivirus felino) bacteriófagos (Chellam eta Sari 2016) Bicudo et al. (2022) Heffron et al. (2019) se observó el nivel más eficiente que se alcanzó la inactivación de agentes patógenos en el tratamiento de aguas residuales, al aplicar el proceso electrocoagulación donde se dividió en 2 rangos

(20%- 70%), donde 3 artículos científicos mostraron un rango de eficiencia de remoción entre (80% - 90%),(90%-100%) otros 8 artículos científicos mostraron un rango de eficiencia de remoción entre (80% - 90%); 19 artículos científicos mostraron un rango de eficiencia de remoción entre (90% - 100%).

En el rango entre 20% - 70%, son los niveles más bajos en la inactivación de agentes patógenos en el proceso de electrocoagulación. Heffron et al. (2019) obtuvo el nivel más bajo de toda la investigación con un 20% en la inactivación de virus: adenovirus, echovirus y calicivirus felino , con un pH 6 ,una distancia de electrodos de 1cm , tiempo 5min y con cierta densidad de corriente de 100mA/cm²; Lynn, Heffron eta Mayer (2019) En la inactivación del *E.coli* nos mostraron el 70% de inactivación , con un PH7.5, tiempo 90min y con cierta densidad de corriente de 0,6-10mA/cm².

Por otra parte para el rango de 80%-90%,Bicudo et al. (2022) señaló en el uso de la EC para su inactivación de agentes patógenos en aguas residuales, se obtuvo una eficiencia de 80% de inactivación de *E. Coli* con un pH 7.5, tiempo de 15 min, voltaje de 30 Voltios y una densidad de corriente 200mA/cm² ; mientras que , Abdul-Husain eta Alramahi (2021) también obtuvo un nivel de eficiencia de 83.5% de inactivación de *E.coli* , diferenciándose en los aspectos de mayor influencia con un pH 7.5 , distancia de electrodos de 1 cm , tiempo de 20 min y una densidad de corriente 0.45-1.45 mA/cm² respectivamente.

Finalmente para el valor más alto encontrado, se mostraron valores de rango entre 90%-100%,Matboo, Soudabeh Alizadeh; Mokhtari, Seyed Ahmad; Jeddi, Fariba; Atayi, Fatemeh; Sadeghi, Tayebe; Asgari, Esrafil; Nazari (2022) se evidencio la eficiencia de inactivación de microorganismos (Coliformes totales thifymuriun), alcanzando un 100% de eficiencia ; con un pH 7.5 , distancia de electrodos de 2 cm , tiempo de 20 min y con una densidad de corriente 2.5 mA/cm². Por otro lado (Meiramkulova et al. 2020) obtuvo una inactivación de 99.83% de Microbiana (coliformes fecales y *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Shigelabacterias*, huevos de parásitos, quistes amebianos y *Streptococobacterias*); Ghernaout, Elboughdiri eta Arni (2020) obtuvo un 99% de reducción de virus; como también Aguilar-Ascon (2019) presento la inactivación del patógeno *E. Coli* en 99.99% de efectividad respectivamente.

Tabla 11 ventajas e inconvenientes en el uso de la EC ³ para la remoción de agentes patógenos en aguas residuales

VENTAJAS	INCONVENIENTES	AUTORES
	En cuanto al costo promedio de energía en 2019 en los Países Bajos para un usuario mediano =0.0679€/ kWh y el acero ¹⁴ stó = 0,21€/kg	Bicudo et al. 2021)
Ofrecen una alternativa ya que son robustos, requieren poco espacio, son fáciles de operar y son flexibles bajo la composición fluctuante de las aguas	El precio de la electricidad fue de 0,05 US \$/kWh, el precio del material del electrodo de Fe fue de 0,93 US \$/kg, el precio promedio del electrodo de Al fue de 32,25 US \$/kg La variabilidad en los materiales y diseños de los electrodos y en las propiedades de las aguas residuales dificulta la predicción ²⁰ del comportamiento de los sistemas electroquímicos de tratamiento de aguas residuales.	(Meiramkulova et al. 2020)
Mínima producción de los lodos. El uso de energía es razonable, ya que varía de acuerdo con la localidad	El desgaste excesivo de electrodos de sacrificio Los lodos muestran altos niveles de Al y Fe costos altos de la energía de acuerdo con la región	(Ngobeni, Basitere eta Thole 2022)

Provisto que no se adicionan productos químicos, no hay posibilidad de contaminación secundaria debido a las altas concentraciones de productos químicos, como la agregación química y la agregación química.

Los ánodos de sacrificio utilizados en la electrocoagulación deben reemplazarse periódicamente a medida que el ánodo se disuelve en la solución

Las burbujas de gas generadas por la electrocoagulación facilitan la eliminación de contaminantes manteniéndolos, flotando sobre la solución, haciéndolos más fáciles de ingerir.

Puede acontecer la pasivación del cátodo, lo que reduce la eficiencia

(Nadeem, Jilani eta Qadeer 2016)

Por lo tanto, la EC es fácil de manejar debido a su equipo simple. El proceso se puede automatizar por completo

En sitios donde la electricidad es inadecuada, el costo de realizar la EC puede ser alto.

La EC produce mucho menos volumen de lodo que la coagulación química

Las partículas coloidales más pequeñas se eliminan a medida que comienzan a moverse más rápidamente por el campo eléctrico aplicado, promoviendo la coagulación.

Las burbujas de aire generadas pueden transportar los contaminantes a la superficie de la solución, donde se pueden concentrar, recolectar y eliminar fácilmente..

(Chellam eta Sari 2016)

<p>no hay necesidad de aditivos químicos para lograr el proceso de tratamiento</p> <p>Automatizado y fácilmente integrable con otras unidades de tratamiento</p> <p>Resta significativamente el volumen de residuos sólidos formados (lodos)</p>	<p>Falta de diseño del reactor (disposición horizontal simple o verticalmente desde un electrodo de placa cuadrada o rectangular contenedor) y la susceptibilidad de la electrocoagulación a la composición</p> <p>El principal inconveniente es la naturaleza química de los líquidos que se procesan.</p> <p>Tecnología de electrocoagulación</p>	<p>(Hashim, Kot, et al. 2020)</p>
<p>Este es un método no específico que puede eliminar múltiples contaminantes simultáneamente..</p>	<p>En muchos casos, el óxido producido por el ánodo forma una capa específica que inhibe el flujo de corriente, lo que hace que el proceso sea menos eficiente..</p>	<p>(Ghernaout, Elboughdiri eta Lajimi 2022)</p>
<p>Usando un dispositivo simple y fácil de usar</p> <p>Evita requisitos de almacenamiento y químicos y genera tratamiento de agua durante emergencias como terremotos.</p>	<p>Sustitución del electrodo de sacrificio.</p>	<p>(Aguilar-Ascon 2019)</p>
<p>Mejor Verde, Eficiencia, Energía, Selectividad, Rentabilidad</p> <p>Versatilidad, Seguridad, Rentabilidad</p>	<p>Demanda un mantenimiento continuo</p>	<p>(Ricordel et al. 2014)</p>
<p>Puede hacer que el agua sea incolora e inodora y fácil de beber.</p>	<p>El agua para tratar debe tener alta conductividad eléctrica.</p>	<p>(Aguilar Ascón 2015)</p>
<p>Necesita un instrumento simple y fácil de usar con suficiente libertad de operación para manejar los problemas que surgen durante la operación.</p>	<p>Asume ser un tratamiento costoso, en lugares alejados el costo de la energía eléctrica es alto.</p>	<p>Abdul-Husain eta Alramahi 2021)</p>

produce floculos más grandes que las formadas Dado que la coagulación química tiene menos agua ligada, también se puede separar rápidamente por filtración.

crea lodos con metales como el aluminio y el hierro que deben almacenarse, tratarse y eliminarse.

(Anfruns-Estrada et al. 2017b)

Proceso sencillo, equipamiento sencillo, respetuoso con el medio ambiente, adaptabilidad, seguridad, selectividad, rentabilidad, menor generación de lodos, sin contaminación secundaria

(Nazarí et al. 2017)

Menor costo de propiedad ya que se puede usar aluminio más barato (recipientes de bebidas o chatarra). Este proceso elimina el uso de sales de aluminio.

Produce oligómeros de aluminio utilizando equipos simples y fáciles de usar.

La extracción in situ de oligómeros de aluminio elimina todos los procesos logísticos relacionados con el almacenamiento y la manipulación de la sal de aluminio.

(Gamero-Quijano, García eta la Rosa-Toro-Gómez 2020)

Flóculos más grandes y menos agua ligada que la floculación química, lo que facilita la disposición final de los lodos

Consume una cantidad constante de agua, tiene poca acumulación de lodos y concentraciones mínimas de contaminantes.

Forma un recubrimiento en la superficie del electrodo lo que retrasa la transacción de electrodos

(Ramya et al. 2019)

Ofrece un tiempo más reducido, equipos de fácil manejo y eficaz en eliminar partículas coloidales muy pequeñas

(Sruthi, Ahammed eta Makwana 2018)

Fuente: Elaboración propia

La electrocoagulación ha logrado con éxito un importante avance comercial en su técnica por lo cual se ha establecido como una tecnología con una ventaja comparativa sobresaliente a la tecnología de procesamiento convencional. Por lo cual definimos en la tabla N°11 algunas de las ventajas de este tratamiento en la cual mencionamos, que es de fácil uso de equipos (Hashim, Kot, et al. 2020) produce cierta cantidad de lodos más compactos y mínima cantidad lo que implica una menor disposición (Meiramkulova et al. 2020) también crea flóculos más grandes en comparación con la coagulación química y lo cual beneficia en la separación por filtración (Ngobeni, Basitere eta Thole 2022) por la cual traslada las partículas coloidales más finas con lo que con lleva a no utilizar algunas sustancias químicas Abdul-Husain eta Alramahi 2021) sin embargo los inconvenientes que podemos encontrar es que se debe reponer el electrodo de sacrificio eventualmente (Gamero-Quijano, García eta la Rosa-Toro-Gómez 2020) también los lodos generados muestran alta densidad de Fe y Al de acuerdo al material usado y requiere un mantenimiento continuo (Ricordel et al. 2014) ya que también el costo de energía puede ser un factor muy determinante ya que varía el precio de acuerdo a la región en que se aplica .

V. CONCLUSIONES

Como objetivo de esta investigación es contribuir sobre como estructurar el uso de la EC para lograr una mayor eficiencia de eliminación de los agentes patógenos (microorganismos) en el tratamiento hídrico (aguas servidas);¹ A través de una revisión sistemática mediante la síntesis de 35 artículos revisados de las cuales analizamos los resultados que nos permitieron elegir un modelo de reactor,² parámetros que se evaluaron y los valores óptimos de control y que nos permitan alcanzar una mayor inactivación de los microorganismos.

Se identificó cuáles son los modelos de reactores más usados, por lo cual el modelo Bach cuenta (21- artículos) es el más usado por los investigadores y que demuestra mayor utilidad en el procedimiento y utiliza una cierta cantidad de agua, es de menor costo, son más sencillos y se operan en diferentes condiciones con el tiempo sin embargo el modelo continuo(14-artículos) se requiere una gran cantidad de agua ya que estas cuentan con un flujo de agua constante y también necesitan una mayor cantidad de celdas por lo cual aumentaría un mayor costo en su funcionamiento.

Se ha definido que los valores óptimos³ proporcionan un mayor porcentaje en la inactivación de microorganismos patógenos en las aguas residuales se demuestra que utilizando la EC con un pH 7.5, distancia de los electrodos 1-1.5cm, tiempo de operación 20-60 min, voltaje 30-40, tipos de los electrodos aluminio (Al) y hierro (Fe) y densidad de la corriente eléctrica 100 – 200A/cm² y el modelo Bach nos posibilita lograr una mayor remoción de microorganismo patógenos.

Se ha determinado que los principales aspectos más influyentes en el uso de la EC para la remoción de agentes patógenos en la cual se encontró una eficacia de un 99.99% de estos; precisamos que el patógeno E.coli es el más removido e investigado¹ en el tratamiento de aguas residuales por la cual los aspectos más influyentes presentes en los artículos científicos son: pH, distancia de electrodos, densidad de la corriente eléctrica, tiempo de la operación, voltaje y tipo de electrodo que más intervienen en el uso de la EC.²

Se determinó que las ventajas e inconvenientes en el uso de la electrocoagulación, nos demuestra los diferentes tipos de reactores ya sea Bach o continuo se analizó, que uno de los principales inconvenientes es el consumo de energía por lo puede ser muy relevante de acuerdo al modelo del reactor ya que en el modelo Bach contamos con una cierta cantidad de agua fija y dos electrodos un ánodo y un cátodo por la cual el desgaste del ánodo originaría un cambio constante de este ; por otro lado las ventajas en el uso de la electrocoagulación nos demuestra una enorme potencial de remoción de microorganismos como también obtenemos una excelente baja producción de lodos (que son más compactos) , un bajo costo en el funcionamiento y es una técnica de fácil operación.

VI. RECOMENDACIONES

Como recomendación tenemos que impulsar la investigación de ciertas técnicas con el uso de la electrocoagulación para complementar su aplicación en el método de aguas residuales para la inactivación de agentes patógenos.

Se recomienda realizar ciertas investigaciones y comprender sobre la aplicación de modernos materiales en cuanto a sus cualidades funcionales en el uso de electrodos en cámaras de coagulación electrolítica para determinar sus efectos y determinar si son más efectivos el material de hierro o aluminio sobre la eliminación de agentes patógenos en las aguas residuales.

Se recomienda realizar estudios más exactos sobre las nuevas tecnologías que se están aplicando en la eliminación de agentes patógenos como son los métodos de oxidación avanzada.

Se sugiere que en futuros estudios se continúe investigando sobre los mecanismos de remoción y otros aspectos, al mismo tiempo que se evalúa el costo económico y el beneficio del uso de EC en las aguas residuales. Esto puede crear un avance significativo para la tecnología en términos de competitividad de costos de producción.

Uso de la Electrocoagulación para la Remoción de Agentes Patógenos en Aguas Residuales.Revisión Sistemática:2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

4%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

2%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
3	Carlos M. López Vázquez, Germán Buitrón Méndez, Héctor A. García, Francisco J. Cervantes Carrillo. "Tratamiento biológico de aguas residuales: Principios, modelación y diseño", Water Intelligence Online, 2017 Publicación	1%
4	Submitted to University of Ulster Trabajo del estudiante	<1%
5	ri.uaemex.mx Fuente de Internet	<1%
6	tesis.ucsm.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	energy.org.ar Fuente de Internet	<1%

8

Submitted to Tecsup

Trabajo del estudiante

<1 %

9

Manuel César Martí Calatayud. "STUDY OF THE TRANSPORT OF HEAVY METAL IONS THROUGH CATION-EXCHANGE MEMBRANES APPLIED TO THE TREATMENT OF INDUSTRIAL EFFLUENTS", Universitat Politecnica de Valencia, 2014

Publicación

<1 %

10

core.ac.uk

Fuente de Internet

<1 %

11

www.entrepreneur.com

Fuente de Internet

<1 %

12

www.worldslastchance.com

Fuente de Internet

<1 %

13

Ekaterina Kozachenko, Amitabh Anand, Galina Shirokova. "Strategic responses to crisis: a review and synthesis of promising research directions", Review of International Business and Strategy, 2021

Publicación

<1 %

14

dokumen.pub

Fuente de Internet

<1 %

15

idoc.pub

Fuente de Internet

<1 %

transportesynegocios.wordpress.com

16

Fuente de Internet

<1 %

17

www.peru2021.org

Fuente de Internet

<1 %

18

Liviac Muñoz, Danae Marcela, Universitat Autònoma de Barcelona. Departament de Genètica i de Microbiologia. "Riesgo genotóxico de los subproductos de la desinfección del agua", Bellaterra: Universitat Autònoma de Barcelona,, 2011

Fuente de Internet

<1 %

19

gacetadental.com

Fuente de Internet

<1 %

20

www.thefreelibrary.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado