



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**“Evaluación del uso de microorganismos en la remoción de
Cromo VI presente en efluentes industriales”**

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

AUTORES

Villegas Romero, Pablo Cesar (ORCID [0000-0002-7658-6857](https://orcid.org/0000-0002-7658-6857))

Yupanqui Cervantes Valeria Ysabel (ORCID [0000-0003-1384-7342](https://orcid.org/0000-0003-1384-7342))

ASESOR

Dr. Cruz Monzón José Alfredo (ORCID [0000-0001-9146-7615](https://orcid.org/0000-0001-9146-7615))

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Calidad y gestión de los recursos naturales

TRUJILLO - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía en este camino lleno de altos y bajos, fortaleciéndome y ayudándome a lograr creer en mi sin dejarme caer tras los obstáculos se presenten.

A mis padres por su apoyo incondicional y sus juiciosas palabras de fortaleza y motivación que hicieron poder culminar esta etapa universitaria con una mira a lograr ser una excelente profesional.

A Ayelén, la niña de mis ojos, mi motor y motivo para permanecer de pie día a día y darme la fortaleza de seguir para adelante sin importar los obstáculos que se presenten.

Dedico esta tesis principalmente a Dios quien ilumino mi camino en cada parte de mi vida universitaria. A mi madre que gracias a su apoyo incondicional estoy terminando esta etapa de mi vida. Gracias por estar a mi lado alentándome incondicionalmente.

A Gabriella y Jacobo que fueron mi motor y motivo para seguir adelante y no decaer en el camino. A mi asesor quien en cada asesoría siempre me impulsó a mejorar cada vez más.

AGRADECIMIENTO

En primera instancia, agradecer a Dios sobre todas las cosas, sobre todo de mantener una buena salud tanto nuestra persona como del entorno; por permitir llevar a cabo esta investigación con el fin de fortalecer nuevos conocimientos como profesional y ser el complemento para culminar nuestra carrera profesional con éxito. Además de agradecer a nuestros familiares, por la confianza que me brindaron pese a las fallas que tuvo en todo este tiempo de estudio.

Y un agradecimiento especial al Dr. José Alfredo Cruz Monzón por brindarnos su tiempo, orientación y paciencia, además de enseñarnos a no rendirnos y seguir siempre para adelante.

Índice de Contenido

Carátula	
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenido	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización	9
3.3. Escenario de Estudio	9
3.4. Participantes	9
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	10
3.6. Procedimiento	10
3.7. Rigor científico	13
3.8. Métodos de análisis de información	13
3.9. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
V. CONCLUSIONES	42
VI. RECOMENDACIONES	43
REFERENCIAS	44
ANEXOS	

Índice de tablas

Tabla 1: Criterio de Inclusión	10
Tabla 2: Ficha de recopilación de información	10
Tabla 3: Proceso de revisión sistemática y procedimientos	15
Tabla 4: Eficiencia de las bacteria reportados en la remoción de Cr VI	16
Tabla 5: Eficiencia de los hongo reportados en la remoción de Cr VI	20
Tabla 6: Eficiencia de las alga reportados en la remoción de Cr VI	23
Tabla 7: Condiciones utilizadas en la remoción de Cr VI	26
Tabla 8: Eficiencia de microorganismos en efluentes de curtiembre	31
Tabla 9: Eficiencia de microorganismos en efluentes de galvanoplastia	35
Tabla 10: Eficiencia de microorganismos en efluentes municipales	37
Tabla 11: Eficiencia de microorganismos en efluentes industrial	39

Índice de figuras

Figura 1: Procedimiento de investigación	12
Figura 2: Tendencia de artículos reportados por año	14
Figura 3: Eficiencia de remoción de Cromo VI por bacterias	17
Figura 4:Eficiencia de remoción de Cromo VI por hongos	21
Figura 5:Eficiencia de remoción de Cromo VI por algas	24
Figura 6:Eficiencia de microorganismos en efluentes de Curtiembre	33
Figura 7:Eficiencia de microorganismos en efluentes de galvanoplastia	36
Figura 8:Eficiencia de microorganismos en efluentes municipales	38
Figura 9:Eficiencia de microorganismos en efluentes industriales	40

RESUMEN

La contaminación de los recursos hídricos generados por los efluentes industriales ha generado preocupación debido a las consecuencias negativas que genera al humano y el medio que lo rodea. Dicho problema aumentara continuamente con el tiempo, por tal razón y frente a esta problemática se están utilizando microorganismos que reduzcan la contaminación dentro de los cuerpos de agua, por ello la presente investigación tuvo como objetivo evaluar el uso de microorganismos y su eficiencia en la remoción de cromo VI presentes en efluentes industriales. Esta investigación fue de tipo básico no experimental, con metodología cualitativa, donde se emplearon artículos científicos indexados en plataformas de búsqueda durante los años 2015 al 2020. Como resultados de la revisión se determinó que los microorganismos más utilizados son bacterias, hongos y algas con una alta eficiencia en la remoción de cromo VI en diferentes tipos de efluentes industriales. Se concluyó que las bacterias *Bacillus sp. G3*, *Klebsiella sp* y *Acinetobacter*, el hongo *Saccharomyces cerevisiae* y el alga de tipo microalga *Chlorella sorokiniana* presentan porcentajes de remoción superiores al 90%. Para cada proceso se tuvo en cuenta el pH, la temperatura y el tiempo, los cuales influyeron en el proceso de remoción de cromo VI.

Palabras clave: Remoción de Cromo VI, efluentes industriales, microorganismos

ABSTRACT

The contamination of water resources generated by industrial effluents has generated concern due to the negative consequences it generates for humans and the environment that surrounds them. This problem will continually increase over time, for this reason and in the face of this problem, microorganisms are being used to reduce contamination within water bodies, therefore the present research aimed to evaluate the use of microorganisms and their efficiency in removal of chromium VI present in industrial effluents. This research was of a basic non-experimental type, with qualitative methodology, where scientific articles indexed in search platforms were used during the years 2015 to 2020. As results of the review, it was determined that the most used microorganisms are bacteria, fungi and algae with a high efficiency in the removal of chromium VI in different types of industrial effluents. It was concluded that the bacteria *Bacillus* sp. G3, *Klebsiella* sp and *Acinetobacter*, the fungus *Saccharomyces cerevisiae* and the microalga-type alga *Chlorella sorokiniana* present removal percentages greater than 90%. For each process, the pH, temperature and time were taken into account, which influenced the chromium VI removal process.

Keywords: Chromium VI removal, Industrial effluents, microorganisms, evaluation.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gran preocupación por la contaminación de los recursos hídricos generados por los metales pesados, es un tema a nivel mundial, debido a que sus consecuencias son demasiado negativas para el ser humano y el medio que los rodea. (Tejada, 2015).

El Perú no es ajeno a esta contaminación ya que las aguas residuales de empresas industriales (formales e informales) no reciben tratamiento previo antes de ser vertidos a los cuerpos de agua, no solo aquí sino también a nivel mundial. Se estima que los volúmenes de aguas residuales para el año 2025 sufrirán una disminución, trayendo como consecuencia que regiones o en algunos casos países atraviesen por escasez de agua debido a la contaminación de los mares y lagos generados por el vertimiento de sus efluentes en estas zonas. (Brañez, 2018).

Los efluentes industriales, son provenientes de distintos procesos, los cuales contienen un índice de contaminación muy alto, por lo general se clasifican dependiendo sus propiedades físicas y químicas y el grado de contaminación que emanan al ser vertidas. En algunos casos, estos efluentes contienen desechos orgánicos los cuales se encuentran diluidos y a su vez, traen consigo elementos tóxicos que incrementan aún más su contaminación. Una de las industrias con mayor contaminante son las de industrias textiles. (Grupo vento, 2017).

Las industrias textiles utilizan grandes cantidades de agua, las cuales durante su proceso de curtido se ponen en contacto con el cromo generando de esta manera efluentes industriales los cuales son vertidos sin ningún tratamiento previo a los cuerpos de agua. (Rosales, 2018)

Debido a esto se buscó una alternativa diferente que ayudará a reducir la contaminación del recurso agua. Los tratamientos biológicos surgen como alternativa más viable debido a que son más económicos y fáciles de conseguir, también son utilizados en procesos biotecnológicos por ser generadores de biomasa. Entre los tratamientos biológicos el uso de los microorganismos es la alternativa que ayudará en la reducción de

contaminantes dentro del recurso hídrico (Rosales, 2018). Existen microorganismos remediadores de cromo VI en las raíces y rizosfera de las plantas que centran su reducción de cromo a través de iones metálicos. También existen especies enterobacterias como: *Bacillus*, *Pseudomonas* y *Vibrio*, hongos tales como los: *Candida*, *Saccharomyces*, *Paecilomyces*, *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Trichoderma* y *Penicillium*, siendo estos los más eficientes en la remoción de Cr VI. (Chapoñan y Medina, 2016).

Los microorganismos también son utilizados en la biosorción de cromo VI a través de reacciones enzimáticas o indirectamente con el metabolito, es decir biotransformándolo, de cromo VI a cromo III, debido a que su pH es neutro, consiguiendo así la disminución de cromo en aguas residuales. Los microorganismos son una muy buena opción tecnológica debido a su alta capacidad de biorremediación en ambientes contaminados. (Chapoñan y Medina, 2016).

Por ello, en la presente investigación se plantea la siguiente problemática: ¿Qué nivel de eficiencia tiene el uso de microorganismos en la remoción de cromo VI presente en efluentes industriales de acuerdo a las evidencias que existen en las bases de datos indexadas? Por esta razón, es importante plantear la siguiente hipótesis que existen evidencias de altos niveles de eficiencia de remoción de cromo VI en efluentes industriales mediante el uso de microorganismos.

Dicho esto, el siguiente trabajo de investigación tuvo como objetivo Evaluar el uso de microorganismos y su eficiencia en la remoción de cromo VI presentes en efluentes industriales. Como objetivos específicos se planteó: Evaluar las especies de microorganismos reportadas y su eficiencia en la remoción del cromo VI presente en efluentes industriales. Evaluar las condiciones de fermentación en la que se genera la mayor eficiencia de remoción de cromo VI presente en efluentes industriales. Y, por último, Evaluar la eficiencia de remoción de Cromo VI usando microorganismos en función al tipo de agua residual.

El trabajo de investigación se justificó porque tuvo una relevancia social, pues el uso de microorganismos permitirá la reducción de los contaminantes dentro de los cuerpos de agua generando bienestar no solo por la calidad del agua sino por el mantenimiento de los ecosistemas. A la vez tuvo un componente económico porque la investigación permitirá dar a conocer un tratamiento económico y viable, reduciendo costos en comparación de tratamientos convencionales que muchas veces generan gastos excesivos, también contribuyó en la reducción de contaminantes presentes en los cuerpos de agua el cual es problema serio para el medio ambiente. Por otro lado, esta investigación tuvo un valor teórico puesto se demostró la eficiencia del uso de microorganismos en la remoción de Cromo VI presente en efluentes industriales los cuales contribuirán de ayuda para futuras investigaciones relacionadas con este tema.

II. MARCO TEÓRICO

Para Rivera et al., (2015) según su estudio “Remoción de Cromo (VI) por una Cepa de *Aspergillus niger* Resistente a Cromato” tuvo como objetivo utilizar a la Cepa de *Aspergillus niger* como removedor de Cromo (VI), su trabajo consistió en incubar el hongo de forma mínima con glucosa y otras fuentes de carbono comercial como el azúcar. A una temperatura de 28° por una semana, obteniendo como resultados que la Cepa de *Aspergillus niger* puede utilizarse para eliminar cromo VI en tu totalidad puesto que alcanza un porcentaje de remoción del 100%.

Zapana (2018) en su investigación “Biorremediación de efluentes de curtiembres mediante hongos aislados del parque industrial de Rio Seco (PIRS) – Arequipa, en condiciones de biorreactor tipo airlift”, tuvo como objetivo determinar la biorremediación de los hongos en el efluente de curtiembre. Para realizar este estudio se utilizaron 03 cepas (*Trichoderma viridae*, *Penicillium citrinum* y *Penicillium sp.*) con el fin de determinar la tolerancia del cromo VI a través de la Concentración Mínima Inhibitoria (CMI) e Índice de Tolerancia (IT), teniendo como resultado que la especie *Trichoderma viridae* alcanzo valores de CMI por encima de los 1000mg/L de cromo VI y el *Penicillium citrinum* por encima 500 mg/L de cromo VI, proceso que duro 21 días , además se realizaron ensayos en el laboratorio a través de medios de cultivo líquidos para determinar el Porcentaje de Inhibición de cromo VI. Se determinó que este tratamiento no es efectivo para el porcentaje de inhibición resultando ser negativo. Se determino que *Penicillium citrinum* tiene una alta capacidad de remoción de cromo VI pues mediante un sistema de biorreactores alcanzo un porcentaje de eliminación del 79.8%, demostrando así su eficiencia en la eliminación del cromo VI en efluentes especialmente de curtiembre.

Guerrero et al., (2017) en su estudio “Eficiencia en la reducción de Cromo por una bacteria silvestre en un tratamiento tipo Batch utilizando como sustrato agua residual del municipio de Pasto, Colombia” donde se tuvo como objetivo determinar la eficiencia del cromo, mediante un tratamiento de tipo Batch presente en aguas residuales municipales, este trabajo se basó en verificar el porcentaje de reducción de cromo VI, utilizando

bacterias (*Bacillus thuringiensis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Paenibacillus sp.*), las cuales fueron previamente aisladas seleccionando el aislado con porcentaje alto de reducción de Cromo VI , sometiéndose a diversos tratamientos obteniendo porcentajes de reducción de cromo VI de 82.01%, 80.85% y 79.27% para cada bacteria utilizada. Se concluyó que *Bacillus thuringiensis* genera más porcentaje de remoción de cromo VI.

Escorcia y Saez (2019), en su estudio “Evaluación in vitro de biorreducción de cromo hexavalente mediante microorganismos marinos aislados en la bahía de Cartagena para tratamiento de aguas residuales”, el cual tuvo como objetivo utilizar microorganismos de manera *in vitro* para evaluar la reducción de Cromo VI con aislados de agua y el sedimento de la zona industrial por el método de bioreducción. Durante esta investigación, se utilizaron bioensayos para determinar la reducción de cromo VI, los cuales a través de medio de cultivo King lograron obtener que las cepas de los cocos positivos como negativos y los bacilos negativos demostraron porcentajes de reducción del 92% y superior al 95% con concentraciones de cromo VI a 300 ppm; concluyendo que la capacidad de biorremediación de los microorganismos es ideal en una escala real.

Delgado et al., (2020) en su artículo titulado “Biorremediación de Cromo VI mediante el uso de *Rhodopseudomonas palustris* en efluentes industriales provenientes de curtiembres”, este estudio consistió en eliminar el cromo VI utilizando la bacteria *Rhodopseudomonas palustris*, utilizando 2 cantidades de cromo VI con 2 cantidades de solución de bacterias en biorreactores y a diferentes días, se evaluó la remoción de cromo VI por cada bacteria. En donde los resultados fueron óptimos y por debajo de los límites máximos permisibles.

Soto et al., (2017) en su artículo titulado “Remoción de cromo hexavalente de aguas residuales con microorganismos adaptados a medios ricos en cromo” donde se determinó la capacidad de remoción de Cr VI en altas concentraciones, utilizando bacterias y levaduras. Estos tratamientos se realizaron en medio de cultivo BHI y en agua residual en donde se le

añadió dicromato de potasio, los resultados obtenidos demostraron que las bacterias y levaduras aisladas y adaptadas son efectivas para la remoción de cromo VI, a su vez se determinó que las bacterias aisladas como los aislados *Raoultella sp*, *Serratia sp* y *Klebsiella sp* alcanzaron el total de reducción de cromo VI en un tiempo de 30 horas, tanto en medio de cultivo y en aguas residuales con concentraciones de dicromato de potasio evaluadas pero los aislados de levaduriformes como *Candida tropicalis*, *Candida famata* y *Cryptococcus neoformans* no presentaron remoción alguna del metal.

Hernández et al. (2016) menciona en su artículo “Reducción de cromo hexavalente y degradación de rojo de metilo por bacterias aisladas de sedimentos del Lago de Chapala, México”, en donde se tuvo como objetivo evaluar la reducción de Cr (VI) y la degradación del rojo metilo de las bacterias, las cuales son resistentes al cromo y fueron aisladas a partir del sedimento, se utilizó el método de la Ditzona a una longitud de onda de 540 nm en el espectrofotómetro, 4 cepas fueron separadas, aisladas y llegando tener como resultado un porcentaje de reducción entre 46.5% a 52.3% posterior a 72 horas en una concentración total de 50 mg/l de cromo y de 16.9 a 83.4 pasando 7 horas para la degradación del rojo metileno.

Mahringer et al., (2020) en lo que corresponde a su estudio “Eliminación de cromo hexavalente a escala piloto con reducción, coagulación, filtración y oxidación biológica del hierro” tuvo como objetivo alcanzar reducir las concentraciones de cromo VI presente en los efluentes, para este proceso fue necesario el uso de pilotos de obras hidráulicas a escala, pese a que se realizó modificaciones en sus mediciones o concentraciones se alcanzó concentraciones muy por debajo de lo permitido. Demostrando que este tratamiento es totalmente confiable para la reducción de cromo VI ya que los resultados fueron dentro de los límites permitidos.

Príncipe et al., (2020) en su trabajo “Reducción de cromo hexavalente por *Morganella morganii* (1Ab1) aislada de sitios contaminados con efluentes

de tenerías de Tamil Nadu, India” su trabajo consistió en aislar cepas bacterianas de diferentes ubicaciones para luego realizar un análisis de restricción ribosómico. De las cuales menos del 10% de cepas bacterianas demostraron ser aptas para remoción de cromo VI, alcanzando más del 90% de remoción. Se concluyó que de ellas la cepa de *Morganella morganii* (1Ab1) se transformó potencialmente reduciendo el cromo a un estado no tóxico.

Jobby et al., (2018) mostró en su estudio “Biosorción y biotransformación del cromo hexavalente [Cr (VI)]: una revisión completa” donde señala las diferentes métodos o estrategias tales como la biosorción y biotransformación para la remoción de cromo VI, a su vez nos demuestra a la biorremediación como tecnología para aplicación in situ. Este trabajo demuestra los diferentes desarrollos tecnológicos para la remoción de cromo VI dejando de lado los experimentos de laboratorio como el uso de productos industriales.

Las aguas residuales tienen propiedades que han sido alteradas por actividades humanas y por ende necesita un procedimiento previo para ser reutilizadas a un cuerpo natural de agua. Estas se clasifican en domésticas, municipales e industriales. Según su base legal expuesta por el Ministerio del Ambiente dice: “El gobierno declara en fundamento a la capacidad de los cuerpos destinados un permiso anticipado para el vertido de aguas residuales que se desarrollan por las actividades económicas siempre que este no ocasione daños en la calidad del recurso hídrico como receptor, así como tampoco afecte su reúso conforme a lo establecido en los ECAs del estado peruano”. (Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. 2014, p. 42).

Por otra parte, los microorganismos son utilizados en el tratamiento de aguas residuales de manera eficaz y logrando reducir el problema de la contaminación en los cuerpos de agua. Los microorganismos pueden utilizar los compuestos contaminantes del agua tales como el carbono y energía para el metabolismo y el crecimiento. Por lo tanto, es necesario monitorear los cambios físicos, químicos y microbiológicos que ocurren en

los cuerpos de agua al usar los microorganismos. (Romero y Vargas, 2017).

Otros conceptos a estudiar son:

Los microorganismos son utilizados en procesos ecológicos los cuales facilitan el funcionamiento debido de los ecosistemas, gracias a su capacidad biotecnológica son esenciales en la industria farmacéutica, la alimenticia y médica. Los microorganismos tienen la principal responsabilidad de descomponer la materia orgánica y de la alteración de los nutrientes como: el carbono, el nitrógeno, el fósforo, el azufre, etc. (Montaño Noe, 2010)

El Cromo es un metal, que es utilizado de manera anticorrosiva, con firmeza para el calor, y para la galvanoplastia; es un elemento químico que se puede encontrar en diferentes formas químicas como Cromo VI toxico y Cromo III no toxico; uno más perjudicial que el otro, pero comprobándose por distintos estudios que se encuentran presentes en industrias textiles, eléctricos, entre otros. (Covarrubias y Peña, 2017).

III. METODOLOGÍA

III.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación fue de tipo básica no experimental y con metodologías cualitativas donde se buscó, analizó e intentó explicar con justificación los datos que se obtuvieron en las diferentes fuentes de bases indexadas, pudiendo corroborar lo planteado inicialmente logrando una efectividad en cuanto a la investigación y a la vez pudiendo profundizar los objetivos planteados inicialmente.

A su vez, el diseño de investigación fue longitudinal de tendencia, porque se pretendió brindar información acerca de estudios realizados anteriormente a través de la recopilación de datos nacionales e internacionales con el fin de evaluar los artículos relaciones con el tema en estudio, así como los resultados que lograra hacer más verídica la investigación

III.2. Categoría, subcategoría y matriz de categorización

Las categorías y subcategorías apriorísticas de la presente investigación, se definen por la recopilación de datos informativos, a su vez basados en los objetivos específicos planteados, por ello se detalla a continuación la matriz de categorización. (Ver Anexo 01)

III.3. Escenario de Estudio

El escenario de estudio está conformado por los artículos científicos, recuperados de las diferentes bases de datos indexados, los cuales contienen información tanto nacional como internacional y que guardan en relación al tema de estudio.

III.4. Participantes

La investigación tuvo como participantes a los artículos los cuales fueron seleccionados utilizando el criterio de inclusión en los términos más resaltantes como:

Tabla 1: Criterio de Inclusión

Tipo de artículo	Artículo científico
Tipo de acceso	Acceso Libre
Fecha de publicación	Del 2015 al 2020
Tipo de microorganismos	Bacterias, algas y hongos
Idioma	Español - Inglés

Fuente: Elaboración Propia

III.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

En esta investigación fue necesario utilizar un análisis documental que permitió identificar y recopilar la información adecuada con fines de interés.

Tabla 2: Ficha de recopilación de información

Ficha de registro de datos

Recursos de búsqueda	Palabras clave
Science direct	"Chromium VI removal with microorganisms" or "use of microorganisms for the removal of chromium VI present in industrial effluents"
Scielo	"Removal of chromium VI present in industrial effluents"
ProQuest	"microorganisms and industrial effluents" "chromium VI"
Scopus	"microorganisms", "removal of chromium VI", "industrial effluents"

Fuente: Elaboración Propia.

III.6. Procedimiento

El presente trabajo de investigación tuvo un procedimiento el cual se realizó a través de palabras claves utilizando las plataformas de Scopus, ScienceDirect, Dialnet, Researchgate, ProQuest y Scielo.

Una vez encontrados los documentos se aplicó el primer filtro el cual fue el descarte de algunos artículos por duplicidad; para luego filtrarlos con respecto a los temas de interés y finalmente se procedió al análisis de la información, teniendo como ayuda a los instrumentos de recolección de datos. En la siguiente figura se muestra el procedimiento seguido:

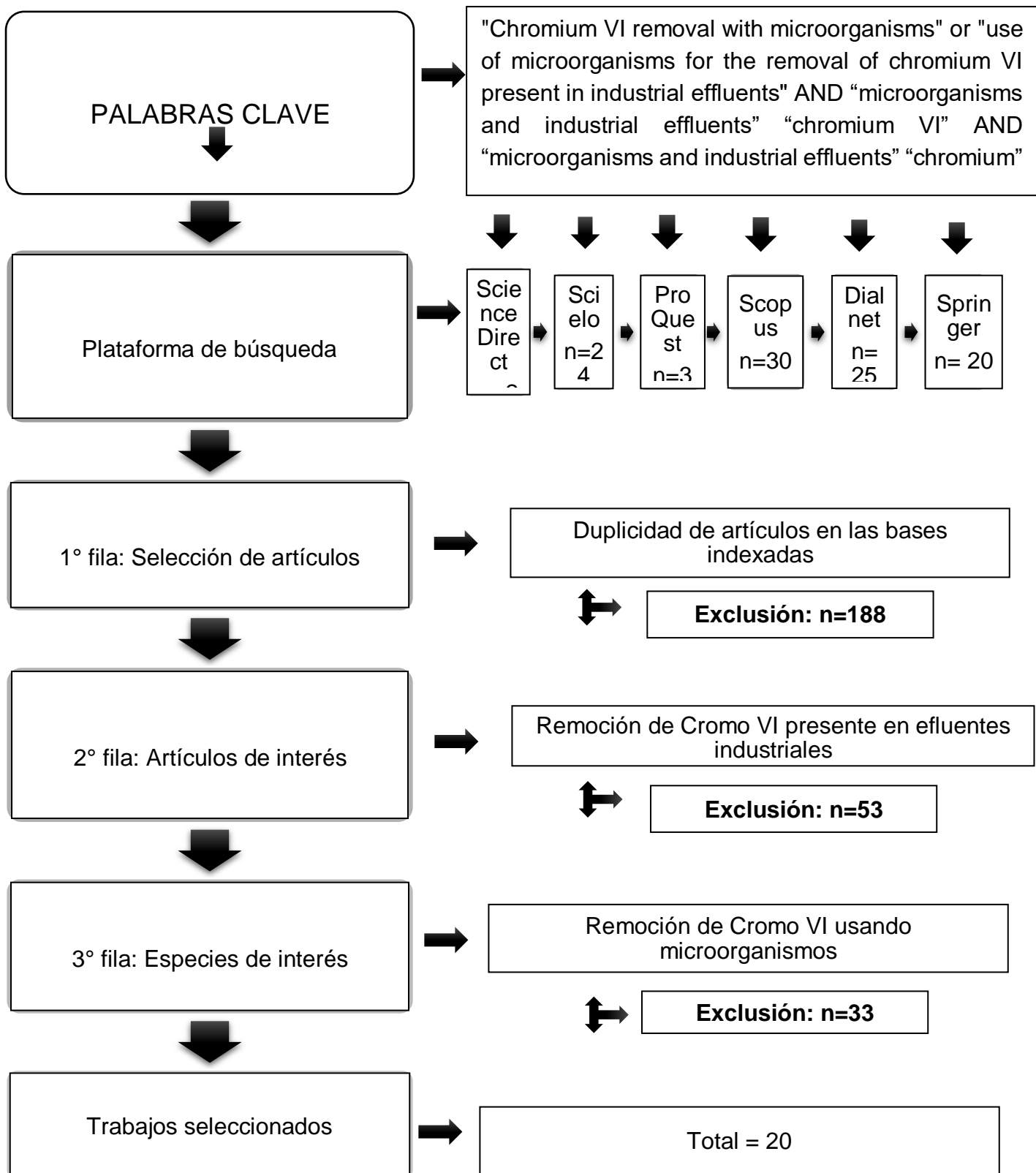


Figura 1: Procedimiento de investigación

Fuente: Elaboración Propia

III.7. Rigor científico

El proyecto utilizó diferentes artículos de las bases de datos de acceso libre, las que tuvieron que cumplir con los diversos criterios de autenticidad, veracidad, confiabilidad, criterio y coherencia, garantizando de esta manera el uso de la información encontrada en los artículos y los criterios ya mencionados.

III.8. Métodos de análisis de información

Para la tabulación de los datos se utilizó una hoja de procesador de cálculo Microsoft Excel 2016, el cual permitió sistematizar la información obtenida de los diferentes artículos que formaron parte de la presente investigación, con el fin de desarrollar los objetivos propuestos. Dicha información se clasificó en filas y columnas donde se mostró: el año de publicación, título del artículo, tipo de investigación, técnica que utilizo, porcentaje de remoción, tipo de microorganismos, medio de cultivo, tipo de efluente industrial y parámetros físico-químicos.

III.9. Aspectos éticos

La presente investigación tuvo en cuenta y respetó la autoría de los artículos, considerando los criterios éticos de la Universidad César Vallejo regidas bajo la resolución N°0126-2017/UCV, evitando la propagación del plagio a fin de que los resultados sean usados de manera objetiva, precisa y sin ningún tipo de manipulación sobre la información recopilada. Además de garantizar el correcto uso de la norma ISO 690, para las citas de los artículos consultados brindando veracidad y objetividad en el tema de investigación, considerando podría ser de guía para futuras investigaciones a realizar.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se encontraron un total de 734 a partir de la búsqueda en las plataformas de Scopus, ScienceDirect, Dialnet, Researchgate, ProQuest y Scielo, correspondientes a los años 2015 a 2020.



Figura 2: Tendencia de artículos reportados por año

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 2, Presenta los artículos encontrados entre el 2015 a 2021, se observa que el incremento de artículos fue entre los años 2018 al 2020, lo que nos da a entender el interés por parte de los investigadores al utilizar microorganismos como tratamiento en la remoción de cromo VI en efluentes industriales.

Tabla 3:Proceso de revisión sistemática y procedimientos

Tipo de Documento	Tema del Artículo	Tipo de Industria	Tipo de Micro-organismo	Tipo de Investigación	Idiomas
Artículos 20	Remoción de Cromo – 08	Industria General – 07 Industrial Municipal – 01	Bacterias 10	Experimental 20	Español 13
	Biorre- mediación – 01				
	Aislamiento - 04	Industrial de Curtiembre – 07	Hongos 03		Inglés 07
	Biosorción de Cromo - 05	Absorción de Cromo - 02	Industria De Galvanoplastia -05		Algas 07

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 3, se presenta el resumen de los artículos descargados requeridos para este trabajo de investigación, este resumen parte de la ficha general de recopilación de datos, en la cual se descargaron de diversos buscadores un número de 20 artículos, los mismos que fueron pasados por tres diferentes filtros. Para seleccionar la información para el desarrollo de esta investigación, se llevó a cabo del siguiente proceso: El primer filtro fue el de duplicidad, en este filtro se desechó todos los artículos que fueron publicados en más de dos revistas indexadas, y los posteriores fueron filtros relacionados a los temas de interés, incluyéndose al grupo de revistas seleccionadas artículos en los idiomas de español, e inglés.

Tras este proceso de filtración de los artículos descargados, se seleccionaron, 13 artículos en idioma español y 07 en inglés, todas son de tipo de investigación experimental, con un nivel de investigación de laboratorio. Siete investigaciones fueron desarrolladas en curtiembres, cinco de Galvanoplastia, y siete fue de industria general y una de industria municipal. Los tipos de microorganismos utilizados en estos estudios fueron tres: Bacteria, Hongos y Algas. Los temas de investigación fueron con referencias de remoción, biorremediación, aislamiento, absorción y biosorción de cromo VI.

Tabla 4: Eficiencia de las bacterias reportados en la remoción de Cr VI

Nº	Autores	Título	Técnica Utilizada	Tipo de Microorganismo	Nombre de Microorganismo	Resultados	Género
1	Guerrero deisy et al	Eficiencia en la reducción de Cromo por una bacteria silvestre en un tratamiento tipo Batch utilizando como sustrato agua residual del municipio de Pasto, Colombia	Aislamiento	Bacteria	<i>B. thuringiensis</i> <i>Amyloliuefaciens</i> <i>Paenibacillus sp.</i>	99,4% 80,8% 79,3%.	Aerobia
2	Mora, Alexander	Bacillus sp. G3 un microorganismo promisorio en la biorremediación de aguas industriales contaminadas con cromo hexavalente	Biorremediacion	Bacteria	<i>Bacillus sp. G3</i>	100%	Aerobia
3	Soto, Eliana; Landazuti, patricia; Loango, Nelsy.	Remoción de cromo hexavalente de aguas residuales con microorganismos adaptados a medios ricos en cromo	Remocion	Bacteria	<i>Klebsiella sp</i> <i>Raoultella sp</i> <i>Serratia sp.</i>	100%	Anaerobia
4	Mora, Alexander y Bravo, Enrique.	Aislamiento de microorganismos electrogénicos con potencial para reducir cromo hexavalente	Aislamiento	Bacteria	<i>Exiguobacterium</i> <i>Acinetobacter</i> <i>Aeromonas</i> <i>Serratia marcescens</i>	100%	Aerobia
5	Princy selvakumar et al	Reducción de cromo hexavalente por Morganella morganii (1Ab1) aislada de sitios contaminados con efluentes de tenerías de Tamil Nadu, India	Aislamiento	Bacteria	<i>Morganella morganii</i>	90%	Anaerobio
6	Delgado Pavel et al	Biorremediacion de cromo VI mediante el uso de rhodopseudomonas palustris en efluentes industriales provenientes de curtiembres	Biosorcion	Bacteria	<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	90%	Aerobia
7	González Ana et al	Biotransformation of chromium (VI) in liquid effluents by resistant bacteria isolated from the Matanza - Riachuelo basin, in Argentina	Remocion	Bacteria	<i>Mycobacterium sp.</i>	99%	Aerobio
8	Sharma V, Singh P	Biosorption of Chromium by Bacillus subtilis isolated from Ganga River	Biosorcion	Bacteria	<i>Bacillus subtilis</i>	97.6%	Aerobia
9	Moreno J, Peña E y Benítez N	Reducing Cr6+ in electroplating wastewater with Bacillus cereus strain B1	Biosorcion	Bacteria	<i>Bacillus cereus</i>	74.4%	Anaerobio

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 4, se presenta las especies de bacterias que se recopilaron de acuerdo a los artículos científicos y donde demuestran la eficiencia que tienen en la remoción de Cromo VI, de acuerdo a las técnicas utilizadas para los tratamientos. Se logra evidenciar la capacidad de cada especie de bacteria en función al porcentaje de remoción del Cromo VI. Las distintas bacterias, se separaron de acuerdo a la necesidad de oxígeno como aerobias y anaerobias.

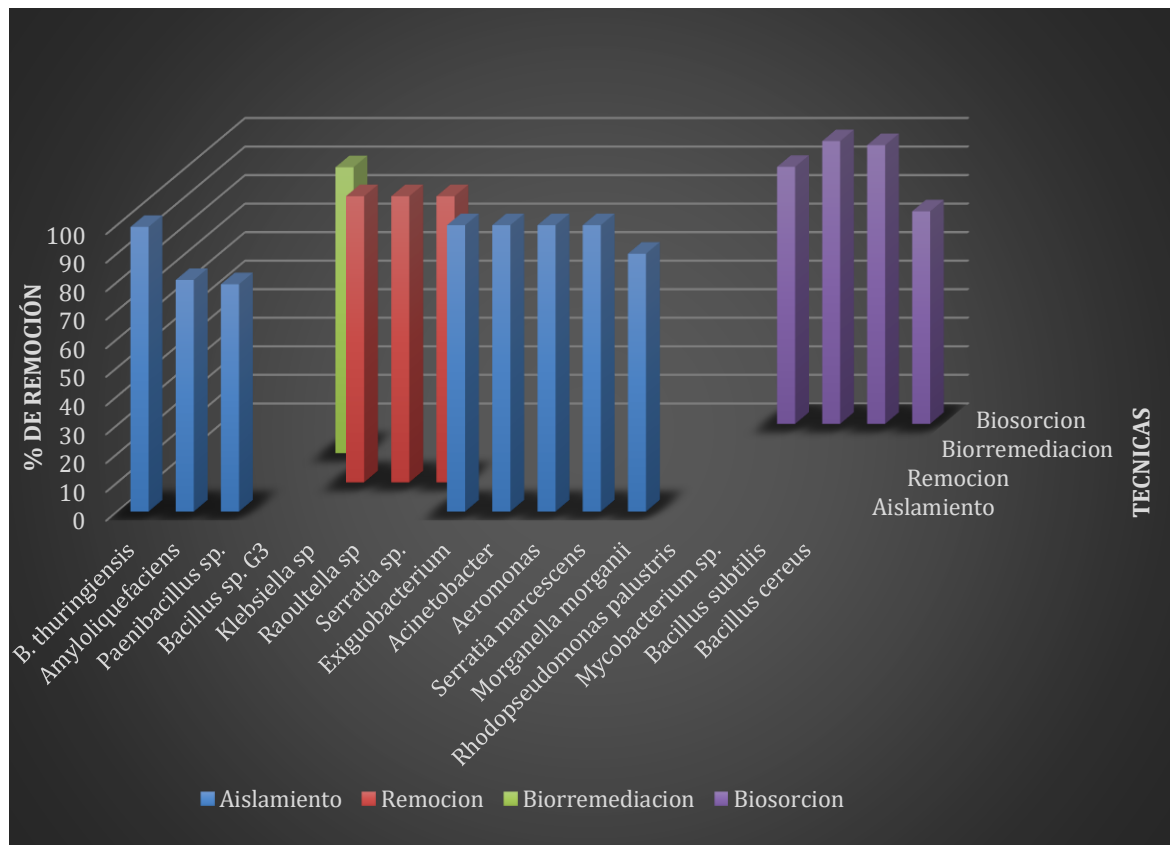


Figura 3: Eficiencia de remoción de Cromo VI por bacterias

Fuente: Elaboración Propia.

De acuerdo a las especies de bacterias utilizadas para la remoción de Cromo VI empleando distintas técnicas, se observa en la Figura 3 la eficiencia que tiene cada una de ellas en los distintos procedimientos, en el artículo de (Guerrero Deisy et al, 2017) el cual utilizó tres distintas bacteria aerobia *B. thuringiensis*, *B. amyloliquefaciens*, y *Paenibacillus sp* en una escala de laboratorio, en donde se determinó que la bacteria *Bacillus thuringiensis* presenta mayor remoción de Cromo VI, el autor en mención utilizó biorreactores tipo Batch tomando muestras cada 12 horas,

probablemente porque estos permiten un muestreo seguro, durante el medio de cultivo, la producción y la estandarización; para realizar el proceso de remoción empleo la técnica de aislamiento e incubación, teniendo como resultado una eficiencia del 79,3% para *Paenibacillus sp*, 80,8% para *B. amyloliquefaciens* y 99,4% para *B. thuringiensis*, este último debe haber absorbido aún más, por la presencia de los grupos funcionales (carboxilo, amino e hidroxilo) los cuales al localizarse en la superficie de la membrana facilitó la interacción con el metal. También (Sharma V y Singh P, 2019) realizaron una investigación donde se utilizó la bacteria *Bacillus subtilis*, la cual es aerobia y demostró una efectividad alta, está fue preparada usando biomasa viva y muerta, debido a que son utilizados como un intercambiador iónico para facilitar y agilizar la remoción y mediante el proceso de biosorción; se evaluó llegando a tener como resultado una eficiencia de la bacteria al añadirle biomasa viva del 92% y biomasa muerta del 91%. Mientras que en artículo de (Mora Alexander, 2016), utilizó la técnica de biorremediación para la remoción de Cromo VI usando la bacteria aerobia *Bacillus sp*. la que por bioensayos permitió la selección del aislado bacteriano G3, siendo este el que demostró mayor remoción alcanzando una eficiencia del 100% en un tratamiento de 10 horas. Asimismo, (Moreno J, Peña E y Benítez N, 2019) al usar la bacteria anaerobia *Bacillus cereus* en la comparó la utilización de agua residual real y artificial con y sin glucosa empleando la técnica de biosorción. El análisis alcanzo los niveles de reducción del 100% al añadirle glucosa y sin glucosa el 71% para el tipo real mientras para el artificial fue den 75,6% y 31% dejando constancia que en cualquier tratamiento las concentraciones se encuentran por debajo de los LMP.

Por otro lado, (Soto Eliana, Landazuti Patricia, Loango Nelsy, 2017) emplearon las bacterias anaerobias *Raoultella sp*, *Serratia sp* y *Klebsiella sp* para la remoción de Cromo VI; las eficiencias de las bacterias se demostraron en un 100% para las tres especies empleadas, las cuales fueron expuestas a un medio de cultivo BHI adicionándole K₂Cr₂O₇ además de utilizar agua residual tratada y sin tratar, con la finalidad de comparar la remoción de cromo, pese a ello, ambos alcanzaron los niveles

de porcentaje de remoción óptimos. A la vez, (Mora Alexander y Bravo Enrique, 2017), utilizaron cinco bacterias aerobias en escala de laboratorio para la remoción de Cromo VI; la técnica que usaron los autores fue un proceso de aislamiento e incubación. La eficiencia se demostró mediante una comparación entre las bacterias y el tiempo de remoción; mientras que la cepa *E. acetylicum* mostro una eficiencia en menos de 24 horas; las cepas de *S. marcescens*, *A. jandaei* y *A. bereziniae* al cabo de 28 a 30 horas, destacando la cepa de *A. hydrophila* en un periodo de 10 horas, determinando que el tiempo jugó un papel importante en la efectividad, la cual alcanzó un 100%. Para (Princy Selvakumar et al, 2016), la eficiencia de la bacteria anaerobia *Morganella morgani* en la remoción de Cromo VI tuvo un porcentaje del 90% empleando la técnica de aislamiento debido a que utilizaron 126 cepas y quedando esta como la más efectiva, resultando reducir el Cromo VI toxico a Cromo III no toxico. También (Delgado Pavel et al, 2020) evaluó la eficiencia de la remoción de Cromo VI usando la bacteria aerobia *R. palustris*, utilizando mini biorreactores se sacaron muestras en un periodo de 20 a 23 días y pasaron por el espectrofotómetro, obteniendo una eficiencia del 90% y al igual que otros autores antes mencionados usaron la biosorción como técnica para la remoción de Cromo VI. Mientras que (González Ana et al, 2017) mencionó un muestreo en 8 distintos puntos para la remoción de Cromo VI utilizando la bacteria aerobia *Mycobacterium sp.* la cual formo parte de un experimento de laboratorio, pasando por un proceso de incubación logrando la efectividad del 99% en un periodo de 24 horas.

Esto da a entender que con base científica podemos resaltar que la familia de los *Bacillus* tras distintas metodologías utilizadas demostró que la eficiencia de remoción por los tratamientos puesto en distintos estudios, tienes una alta efectividad, sin dejar de lado las distintas bacterias que también se hacen mención, siempre recalcando los niveles de remoción de Cromo VI.

Tabla 5: Eficiencia de los hongos reportados en la remoción de Cr VI

Nº	Autores	Título	Técnica Utilizada	Tipo de Microorganismo	Nombre de Microorganismo	Resultados	Género
1	Rivera Eduardo et al	Remoción de Cromo (VI) por una Cepa de <i>Aspergillus niger</i> Resistente a Cromato	Remoción	Hongo	<i>Cepa de Aspergillus niger.</i>	70%	Levadura
2	Ordoñez Didier y Benítez Neyla	Remoción de cromo trivalente en aguas residuales de curtiembres mediante un proceso biotico - abiotico basado en el uso de <i>Yarrowia lipolytica</i> y <i>Candida fluvialilis</i>	Remoción	Hongo	<i>Yarrowia lipolytica</i>	97.5%	Levadura
				Hongo	<i>Candida fluvialilis</i>		
3	Rossi Andrea et al	Chromium (VI) biosorption by <i>Saccharomyces cerevisiae</i> subjected to chemical and thermal treatments	Absorción	Hongo	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	99.66%	Levadura

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 5, se muestra un total de 3 artículos de distintas bases indexadas, las cuales están relacionadas con el estudio de la eficiencia de remoción de Cromo VI en los microorganismos de tipo hongos, de acuerdo a las técnicas utilizadas para los tratamientos. Se logra evidenciar la capacidad de cada especie de hongo en función al porcentaje de remoción del Cromo VI. Los distintos hongos, se separaron de acuerdo a la necesidad de oxígeno como levaduras

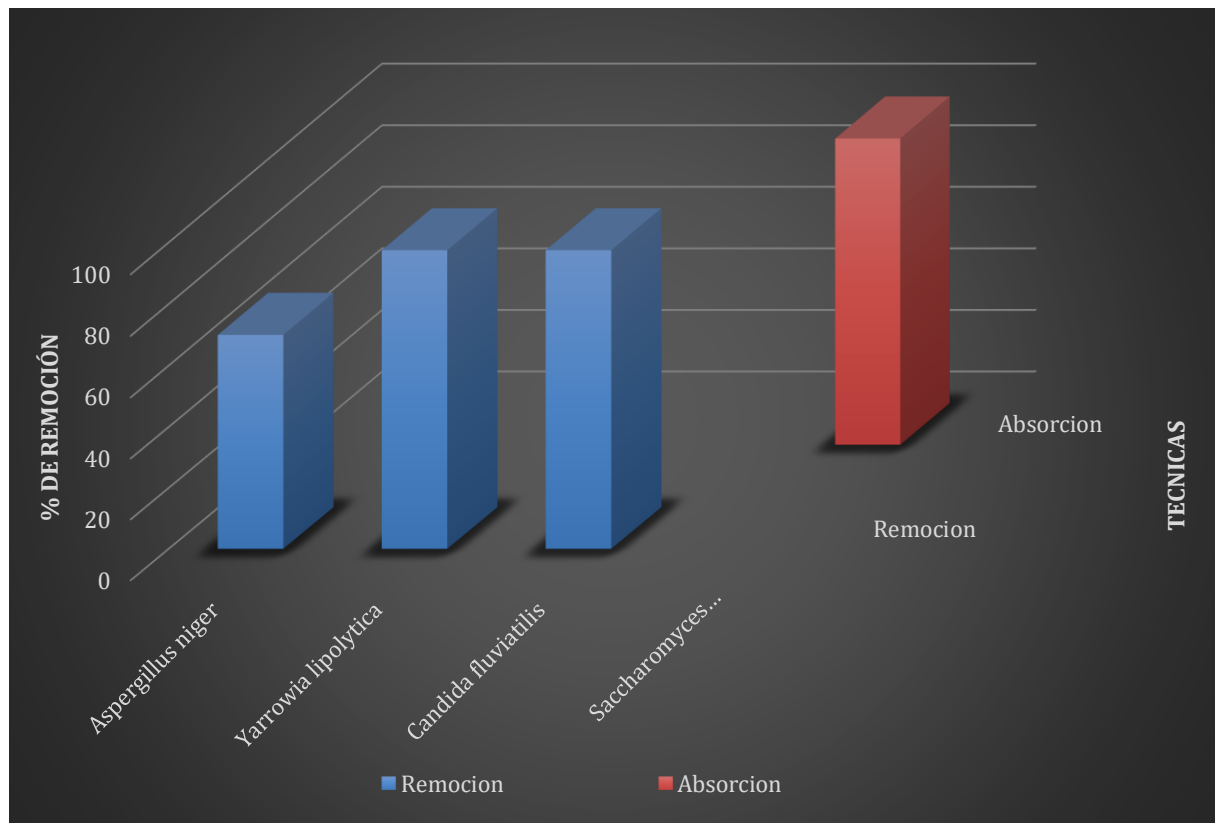


Figura 4:Eficiencia de remoción de Cromo VI por hongos

Fuente: Elaboración Propia

Con respecto a la eficiencia que tienen los hongos para la remoción de Cromo VI, se observa en la Figura 4 el porcentaje de acuerdo las técnicas utilizadas, (Rivera Eduardo et al, 2015) determinó que el porcentaje que alcanzo la levadura *Aspergillus niger* fue del 70%; en el caso de los hongos *Candida fluvialilis* y *Yarrowia lipolytica* los resultados de la eficiencia variaron, obteniéndose un promedio del 65% en un periodo de 5 días y corroborando su eficiencia en 21 días con una técnica de remoción del 97,5% (Ordoñez Didier y Benítez Neyla, 2019).

Mientras que la levadura *Saccharomyces cerevisiae* demostró en sus resultados por el tratamiento al que fue sometido alcanzar una efectividad del 99,66% a diferencia de los autores antes mencionados, este utilizó la técnica de absorción para la remoción de Cromo VI llegando a ser muy viable debido a que este hongo se encuentra en el residuo de las industrias de fermentación además de ser conocida como levadura liofilizada (Rossi Andrea et al, 2018).

Por lo que podemos recalcar que el tiempo puede ser un posible factor positivo para el tratamiento de disminución de cromo VI, más aún al utilizar hongos llevando a demostrar la efectividad de los microorganismos en efluentes industriales.

Tabla 6: Eficiencia de las algas reportados en la remoción de Cr VI

Nº	Autores	Título	Técnica Utilizada	Tipo de Microorganismo	Nombre de Microorganismo	Resultados	Género
1	Sutkowy Malgorzata y Klosowski Grzegorz	Use of the Coenobial Green Algae <i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Chlorophyceae) to Remove Hexavalent Chromium from Contaminated Aquatic Ecosystems and Industrial Wastewaters	Biosorción	Alga	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Chlorophyceae)	70%	Macroalga
2	Meneses Yeni, Patiño Paula y Betancur Jhon	Remoción de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de <i>Spirulina</i> sp, sedimentación primaria y precipitación química.	Remoción	Alga	<i>Spirulina</i> sp.	96.5%	Microalga
3	Rosales A, Rodríguez C y Ballen M	Remoción de contaminantes y crecimiento del alga <i>Scenedesmus</i> sp. en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas	Remoción	Alga	<i>Scenedesmus</i> sp	90%	Microalga
4	Shen Liang et al	La utilización crítica de microalgas heterótrofas activas para la biorremoción de Cr (VI) en aguas residuales co-contaminadas con sustancias orgánicas	Remoción	Alga	<i>Botryococcus</i> sp .	94,2%	Microalga
5	Ballen M, Rodríguez H, Ospina P, Bolanos V, Perez K	Uso de <i>Scenedesmus</i> sp. para la Fitorremediación de Aguas Residuales de Curtiembres	Absorción	Alga	<i>Scenedesmus</i> sp.	98%	Microalga
6	Husien, S et al	Absorption of hexavalent chromium by green micro algae <i>Chlorella sorokiniana</i> : live planktonic cells	Remoción	Alga	<i>Chlorella sorokiniana</i>	99.9%	Microalga
7	Madhusudhanan, J; Badhusha, S y Saranya, D.	Biosorption of chromium from aqueous solution by <i>Chaetomorpha antennina</i>	Biosorción	Alga	<i>Chaetomorpha antennina</i>	83%	Microalga

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 6; se muestra un total de 7 artículos, los cuales están relacionadas con el estudio de la eficiencia de remoción de Cromo VI en algas, de acuerdo las técnicas utilizadas para los tratamientos. Se logra evidenciar la capacidad de cada especie de algas en función al porcentaje de remoción del Cromo VI. Las distintas algas, se separaron de acuerdo a la necesidad de oxígeno como microalgas y macroalgas.

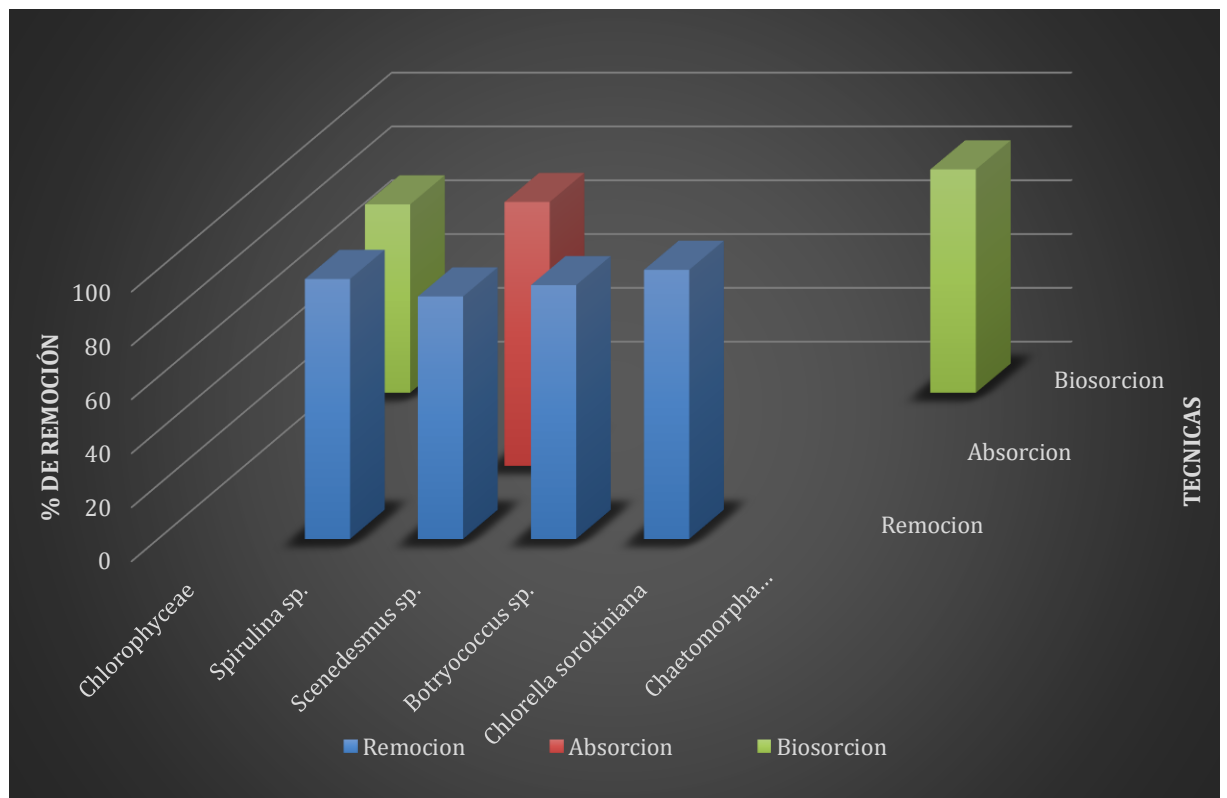


Figura 5:Eficiencia de remoción de Cromo VI por algas

Fuente: Elaboración Propia.

Se muestra en la Figura 5, la eficiencia de cada alga, en cuanto a la remoción de Cromo VI, teniendo en cuenta las técnicas utilizadas. Por ejemplo, al utilizar las microalgas *Chlorella sorokiniana* (Husien S et al, 2019), *Spirulina sp.* (Meneses Yeni, Patiño Paula y Betancur Jhon, 2019), *Botryococcus sp* (Shen Liang et al, 2019) y *Scenedesmus sp* (Rosales A, Rodriguez C y Ballen M, 2018) se determinó que tienen la misma técnica de remocion y la similitud de su efectividad es relativa teniendo como resultados el 99,68%y 96,5%, 94,2% y 90% respectivamente, pero cabe recalcar que no coinciden en el mismo tratamiento, puesto que la *Chlorella sorokiniana* se utilizó como un material biosorbente alcanzo su efectividad

en un periodo de 3 días denominándose como un captador de Cromo VI. Para la *Spirulina sp.* fue trabajado a una escala de laboratorio, haciendo uso de reactores, en una primera fase se esperó por una sedimentación logrando una remoción del 16%, seguidamente una precipitación añadiendo $Al_2(SO_4)_3$ y CaO removió hasta un 99% pero generando lodos del 30% y por último una biosorción utilizando biomasa viva y muerta por un periodo de 1 a 4 días el cual alcanzo una remoción de 96,5% y con presencia de lodos de 10%. La microalga *Botryococcus sp* por su lado siguió un proceso bioquímico reduciendo los niveles de concentración de Cromo VI y la *Scenedesmus sp* fue comparada por dos procesos, el crecimiento células libres y otras inmovilizadas, pero en ambos casos la remoción la efectividad fue alta. Mientras (Ballen M, Rodriguez H, Ospina P, Bolanos V y Perez K, 2016) emplearon la microalga *Scenedesmus sp* aplicando un tratamiento por un periodo de 15 días usando la técnica de absorción en el proceso de remoción de Cromo VI demostrando una efectividad del 98%. También, (Madhusudhanan J, Badhusha S y Saranya D, 2019) realizaron una investigación usando la *Chaetomorpha antennin* una especie de microalga que siguió un proceso de biosorción al igual que la macroalga *Pseudopediastrum boryanum (Chlorophyceae)* que se empleó en el artículo de (Sutkowy Malgorzata y Klosowski, Grzegorz, 2018); pero en donde los procesos fueron distintos pues la microalga utilizó el pH como equilibrio en la solución mientras que la macroalga se apoyó en las condiciones de un fotobiorreactor para la biosorción de iones de cromo en la solución, determinándose la eficiencia del 83% y 70% respectivamente.

Tabla 7: Condiciones utilizadas en la remoción de Cr VI

Nº	Autores	Titulo	Técnica Utilizada	Tipo de Microorganismo	Nombre de Microorganismo	Parámetros Físicoquímicos	
						PH	RPM, TIEMPO Y Tº
1	Guerrero deisy et al	Eficiencia en la reducción de Cromo por una bacteria silvestre en un tratamiento tipo Batch utilizando como sustrato agua residual del municipio de Pasto, Colombia	Aislamiento	Bacteria	<i>B. thuringiensis</i> <i>Amyloliuefaciens</i> <i>Paenibacillus sp.</i>	-	37°C, 48 hrs
2	Sutkow, Malgorzata y Klosowski, Grzegorz.	Use of the Coenobial Green Algae <i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Chlorophyceae) to Remove Hexavalent Chromium from Contaminated Aquatic Ecosystems and Industrial Wastewaters	Biosorción	Alga Coenobial	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Chlorophyceae)	2 a 6	250 - 22°C
3	Mora, Alexander	<i>Bacillus sp. G3</i> un microorganismo promisorio en la biorremediación de aguas industriales contaminadas con cromo hexavalente	Biorremediación	Bacteria	<i>Bacillus sp. G3</i>	6,5	28° C
4	Soto, Eliana; Landazuti, patrici; Loango, Nelsy.	Remoción de cromo hexavalente de aguas residuales con microorganismos adaptados a medios ricos en cromo	Remoción	Bacteria	<i>Klebsiella sp</i> <i>Raoultella sp</i> <i>Serratia sp.</i>	7.8 a 8.1	30 hrs
5	Ordoñez, Didier y Benítez, Neyla.	Remocion de cromo trivalente en aguas residuales de curtiembres mediante un proceso biotico - abiotico	Remoción	Hongo	<i>Yarrowia lipolytica</i>		21 dias

		basado en el uso de <i>Yarrowia lipolytica</i> y <i>Candida fluviatilis</i>					
6	Meneses, Yeni; Patiño, Paula y Betancur, Jhon.	Remoción de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de <i>Spirulina</i> sp, sedimentación primaria y precipitación química.	Remoción	Microalga	<i>Spirulina</i> sp.	valor final de cromo de 1.02 mg/l	24 hrs
7	Mora, Alexander y Bravo, Enrique.	Aislamiento de microorganismos electrogénicos con potencial para reducir cromo hexavalente	Aislamiento	Bacteria	<i>Exiguobacterium</i> <i>Acinetobacter</i> <i>Aeromonas</i> <i>Serratia marcescens</i>	7	24°C, 24-30hrs
8	Princy selvakumar et al	"Reducción de cromo hexavalente por <i>Morganella morganii</i> (1Ab1) aislada de sitios contaminados con efluentes de teneñas de Tamil Nadu, India"	Aislamiento	Bacteria	<i>Cepa Morganella morganii</i>	7,0	37°C, 48hrs
9	Delgado Pavel et al	Biorremediación de cromo VI mediante el uso de <i>Rhodopseudomonas palustris</i> en efluentes industriales provenientes de curtiembres	Biosorción	Bacteria	<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	4	300ml a 23 días
10	González Ana. et al	Biotransformación de cromo (VI) en efluentes líquidos por bacteria resistente aislada de la Matanza - Riachuelo, en Argentina	Remoción	Bacteria	<i>Microbacterium</i> sp.		84 hrs
11	Sharma, V. and Singh, P	Biosorción de Cromio por <i>Bacillus subtilis</i> aislada de Ganga River	Biosorción	Bacteria	<i>Bacillus subtilis</i>	3/ 7	60 min, 2,5 mg / mL/ 72 hrs a 32° C

12	Husien, S. et al	Absorption of hexavalent chromium by green micro algae <i>Chlorella sorokiniana</i> : live planktonic celis	Remoción	Microalga	<i>Chlorella sorokiniana</i>	7	25°C
13	Moreno, J.; Peña, E. y Benítez, N.	Reducing Cr6+ in electroplating wastewater with <i>Bacillus cereus</i> strain B1	Biosorción	Bacteria	<i>Bacillus cereus</i>	8.2	241°C

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 7 muestra las principales condiciones de fermentación utilizadas en los artículos encontrados en la base de datos indexados de acceso libre, en donde bajo estas condiciones y medidas exactas para cada microorganismo estudiado se obtuvo una mayor remoción de cromo VI. Por ejemplo, en el estudio que se realizó utilizando *Bacillus sp. G3* para la biorremediación de cromo hexavalente en aguas industriales, el autor aplicó la bacteria en un medio de cultivo Luria Bertani (LB), para llevar a cabo este proceso de remoción empleó la técnica de biorremediación a una Temperatura (T°) de 28°C y a un pH de 6.5, también se utilizó el ARI en donde se le añadió glucosa al 0.5 mM, (Mora, Alexander, 2016). La bacteria *Cepa Morganella morganii*, fue utilizada para reducir cromo VI en efluentes contaminados, los resultados demuestran que *Cepa Morganella morganii* demostró tener una eficiente capacidad para la remoción, mediante la técnica de aislamiento durante 48 horas, y con pH igual a 7, se determinó la alta capacidad de la bacteria y su potencial de reducir cromo VI a cromo III. (Princy selvakumar et al, 2016). Para el estudio que se realizó a microorganismos cultivables procedentes de una biopelícula, en donde se evaluó la capacidad para producir energía en las celdas de combustibles microbianas con el fin de reducir cromo hexavalente, se utilizó 4 microorganismos de género bacteriano mediante el análisis gen del ARNr 16s, los microorganismos utilizados fueron: *Exiguobacterium* (CrMFC1), *Acinetobacter* (CrMFC2), *Aeromonas* (CrMFC3 y CrMFC5), y *Serratia* (CrMFC4), en donde todos mostraron la capacidad de reducción de cromo por su actividad electrogénica, resaltando la cepa *Acinetobacter* CrMFC2, esta cepa registró una densidad potencial de 18.61 mW/m², logrando un porcentaje de remoción de cromo (VI) en menos de 10 horas, a comparación de los demás microorganismos pero en un mayor tiempo (34 horas). (Mora, Alexander y Bravo, Enrique, 2017). En el país de Colombia se hizo un estudio, en donde se utilizó aislados bacterianos como: *Raoultella sp*, *Serratia sp* y *Klebsiella sp*, determinando así la capacidad de remoción que tienen estas bacterias con respecto al cromo VI. Estos microorganismos bacterianos presentaron un alto porcentaje de reducción de cromo VI tanto en Agua residual mediante un medio de cultivo BHI y en todas las concentraciones de K₂Cr₂O₇ realizadas,

demostrando así la alta capacidad de remoción de cromo VI que tienen estos microorganismos, así como también su autotrecimiento dependiendo de las cantidades de este metal. (Soto, Eliana; Landazuri, Patrici y Loango, Nelsy, 2017). En Colombia se estudió la eficiencia de una bacteria silvestre en la reducción de cromo VI presente en agua residual municipal mediante un tratamiento de tipo batch. El estudio consistió en utilizar tres bacterias, las cuales fueron aisladas previamente, estas bacterias fueron: (*Bacillus thuringiensis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Paenibacillus sp.*). Estos aislados bacterianos demostraron una alta capacidad de tolerancia para cantidades de 59mg/L de cromo VI. Pero cuando la bacteria *Bacillus thuringiensis* fue tratada en un laboratorio con agua residual sin esterilizar, presentó una eficiencia mayor en la remoción de cromo VI. (Guerrero, Deisy et al, 2017). En Buenos Aires, Argentina se utilizó una bacteria *SP de microbacterium* con el fin de evaluar el potencial de remoción de cromo VI proveniente de efluentes industriales de galvanoplastia, este estudio consistió en la eliminación de cromo VI mediante la cinética donde se hizo dos muestras de 50 mg L⁻¹ y 100 mg L⁻¹, mediante un caldo de nutrientes como medio de cultivo y con tiempos de 36 y 66 horas respectivamente, los resultados de esta investigación mostraron que la bacteria *SP de microbacterium* muestra un potencial de remoción de cromo VI en efluentes líquidos de galvanoplastia. (González, Ana et al, 2017). En Polonia se hizo un estudio para eliminar cromo hexavalente, tanto de los ecosistemas acuáticos contaminados como de las aguas residuales industriales en donde se evaluó el uso potencial del alga *Pseudopediastrum boryanum (Chlorophyceae)*, mediante un proceso de biosorción de iones de cromo (VI), el cual consistió en mezclar todo el sistema dentro de una coctelera (Pol-Eko LS 500, Wodzislaw Slaski, Polonia), la concentración de biomasa fue de 2g/L, a una temperatura de 22°C durante 180 minutos, la velocidad de agitación fue de 250 rpm, a El pH tuvo una eficiencia significativa debido a que se apreció una remoción más alta aun pH de 2. (Sutkowy, Malgorzata y Klosowski, Grzegorz, 2018). En el año 2019 se realizó un trabajo en México donde se utilizó hongos (*Yarrowia lipolytica* y *Candida fluviatilis*), este estudio se basó en la remoción de cromo Trivalente mediante un proceso biotico-abiotico

incubado durante 21 días, el pH en este estudio tuvo un incremento de 6 a 9 y su temperatura fue menor a 40°C. Los resultados obtenidos demostraron que las condiciones en este estudio fueron eficientes en la remoción de cromo trivalente. (Ordoñez, Didier y Benítez, Neyla, 2019). En Colombia se realizó un estudio que consistió en remover el cromo proveniente de las aguas residuales industriales usando la microalga *Spirulina sp.* como biomasa. Los resultados obtenidos demostraron que las mejores remociones se obtuvieron en un tiempo de 24 horas. Con el fin de mantener su óptimo de coagulación se le añadió cal al pH, demostrando así que las condiciones utilizadas en este estudio fueron eficientes para obtener una mejor remoción de cromo VI en efluentes industriales. (Meneses, Yeni; Patiño, Paula y Betancur, jhon, 2019). Con respecto a la bacteria *Bacillus subtilis*, se demostró su condición de fermentación para la eficiencia en la remoción de cromo VI presentes en efluentes. Este proceso de remocion empleo la técnica de biosorcion, con una concentración de 2.5mg/L durante un tiempo de 72hrs, expuesta a una temperatura de 32°C, el pH utilizado fue de 3 a 7, Los resultadosde este estudio demostraron ser eficientes en la remoción de cromo VI. (Sharma, V. and Singh, P, 2019). Para la microalga *Chlorella sorokiniana* (Husien, S. et al, 2019) y la bacteria *Bacillus cereus* (Moreno, J.; Peña, E. y Benítez, N., 2019), sus condiciones de fermentación fueron favorables para los resultados obtenidos con respecto a la remoción de cromo VI, ya que se demostró que influyeron en su eficiencia de manera significativa para la remoción de cromo VI presentes en efluentes industriales, esteos procesos estuvieron con temperaturas de 25°C y 241°C siendo pH 7 y 8.2 pH, respectivamente para cada microorganismo. En un estudio realizado en la paz, Bolivia, se demostró que la bacteria (*Rhodopseudomonas palustris*), logro generar una alta eficiencia de remoción de cromo VI, este proceso consisitio en el uso de un biorreactor y con una concentración de 300ml durante 23 días y a un pH de 4. Se determinó que este microorganismo genero una alta capacidad de remoción de cromo VI. (Delgado Pavel et al, 2020).

Tabla 8: Eficiencia de microorganismos en efluentes de curtiembre

N ^o	Autores	Título	Resultados	Tipo de Microorganismo	Nombre de Microorganismo	Tipo de Industria
1	Soto, Eliana; Landazuti, patrici; Loango, Nelsy.	Remoción de cromo hexavalente de aguas residuales con microorganismos adaptados a medios ricos en cromo	100%	Bacteria	<i>Klebsiella sp</i> <i>Raoultella sp</i> <i>Serratia sp.</i>	Curtiembre
2	Ordoñez, Didier y Benítez, Neyla.	Remoción de cromo trivalente en aguas residuales de curtiembres mediante un proceso biotico - abiotico basado en el uso de <i>Yarrowia lipolytica</i> y <i>Candida fluviatilis</i>	97.50%	Hongo	<i>Yarrowia lipolytica</i> <i>Candida fluviatilis</i>	Curtiembre
3	Mora, Alexander y Bravo, Enrique.	Aislamiento de microorganismos electrogénicos con potencial para reducir cromo hexavalente	100%	Bacteria	<i>Exiguobacterium</i> <i>Acinetobacter</i> <i>Aeromonas</i> <i>Serratia marcescens</i>	Curtiembre
4	Princy selvakumar et al	Reducción de cromo hexavalente por <i>Morganella morganii</i> (1Ab1) aislada de sitios contaminados con efluentes de tenerías de Tamil Nadu, India	90%	Bacteria	<i>Cepa Morganella morganii</i>	Curtiembre

5	Rosales, A; Rodríguez, C y Ballen, M.	Remoción de contaminantes y crecimiento del alga <i>Scenedesmus</i> sp. en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas	90%	Microalga	<i>Scenedesmus</i> sp	Curtiembre
6	Delgado Pavel et al	Biorremediación de cromo VI mediante el uso de <i>rhodopseudomonas palustris</i> en efluentes industriales provenientes de curtiembres	90%	Bacteria	<i>Rhodopseudomonas palustris</i>	Curtiembre
7	Ballen Miguel et al	Uso de <i>Scenedesmus</i> sp. para la Fitorremediación de Aguas Residuales de Curtiembres	98%	Microalga	<i>Scenedesmus</i> sp.	Curtiembre

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 8, podemos observar diferentes microorganismos utilizados en la remoción de cromo VI en efluentes de curtiembre con porcentajes de remoción superiores al 90%, demostrando la eficiencia de los microorganismos en efluentes de curtiembre, logrando evidenciar la capacidad de cada microorganismo en función al porcentaje de remoción del Cromo VI.

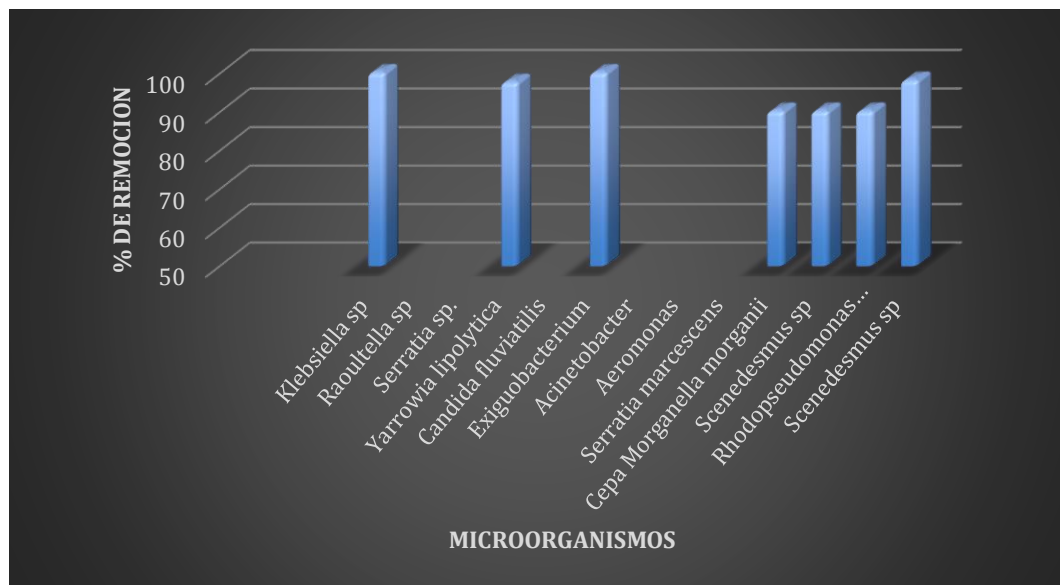


Figura 6:Eficiencia de microorganismos en efluentes de Curtiembre

Fuente: Elaboración Propia.

La figura 6, se muestra los porcentajes alcanzados por los microorganismos en la relación a su eficiencia. En donde la bacteria *Cepa Morganella morganii* demostró tener una alta capacidad de reducir el cromo VI en un 90% reduciéndolo a tu forma trivalente en aguas provenientes de empresas industriales de curtido. (Princy selvakumar et al, 2016). Para el caso de la microalga *Scenedesmus sp.*, la cual se utilizó en la ficorremediacion de aguas contaminadas de curtiembre donde no solo demostró su eficiencia en la remoción de cromo VI con un porcentaje de 98% sino su calidad de crecimiento mejorado durante el proceso. (Ballen, M et al, 2016). Las bacterias siguen siendo microorganismos eficientes en la remoción de cromo VI, en un estudio realizado en Colombia donde se utilizaron bacterias, como la *Klebsiella sp.*, *Rhodopseudonomas palustris*, *Exiguobacterium*, quienes obtuvieron un

porcentaje del 100%, mediante el método de remoción, demostrando así su capacidad y eficiencia en la reducción de cromo VI y su crecimiento bacteriano gracias a las concentraciones de este metal. (Soto, Eliana; Landazuti, patrici; Loango, Nelsy, 2017). Para el siguiente trabajo donde se utilizó 4 bacterias (*Exiguobacterium*, *Acinetobacter*, *Aeromonas* y *Serratia marcescens*), tuvo como resultado un alto porcentaje de remoción de cromo VI, debido a su capacidad electrogénica que cuentan estas bacterias alcanzando el 100% de efectividad, demostrando así su alta eficiencia de la remoción de cromo VI para efluentes de curtiembre. (Mora, Alexander y Bravo, Enrique, 2017). En el 2018 podemos ver que la microalga *Scenedesmus sp.* se utilizó en un estudio que consistió en remover contaminantes de aguas residuales de curtiembre en donde al comparar las células libres e inmóviles, se observaron no tener alguna diferencia significativas entre ambos experimentos y con remociones superiores a los 90% para ambos casos demostrando así tener una elevada eficiencia en la remoción de cromo VI. (Rosales, A; Rodriguez, C y Ballen, M., 2018). Todo lo contrario, ocurrió con el hongo *Yarrowia lipolytica* y *Candida fluviatilis*, estos microorganismos demostraron disminuir el cromo VI a cromo III utilizando un método biológico y alcanzando un 97.5% de remoción de cromo VI en efluentes industriales de curtiembre. También se demostró la importancia de potenciar la remoción del cromo en aguas provenientes de curtiembres a través de la interacción de los factores bióticos y abióticos. (Ordoñez, Didier y Benítez, Neyla, 2019). Y para el año 2020 mediante un proceso de biorremediación se utilizó a la bacteria *Rhodopseudomonas palustris*, con el fin de reducir cromo VI presente en efluentes industriales de curtiembre. Demostrando que los inóculos de esta bacteria tolerante pueden ser usados de manera eficiente en la eliminación de cromo VI, con un porcentaje de 90% de remoción, reduciendo su concentración a niveles inferiores de los permitidos. (Delgado Pavel et al, 2020).

Tabla 9: Eficiencia de microorganismos en efluentes de galvanoplastia

Nº	Autores	Titulo	Resultados	Tipo de Microorganismo	Nombre de Microorganismo	Tipo de Industria
1	González Ana. et al	<i>Biotransformation of chromium (VI) in liquid effluents by resistant bacteria isolated from the Matanza - Riachuelo basin, in Argentina</i>	99%	Bacteria	<i>Microbacterium sp.</i>	Galvanoplastia
2	Moreno, J.; Peña, E. y Benítez, N.	<i>Reducing Cr6+ in electroplating wastewater with Bacillus cereus strain B1</i>	74.40%	Bacteria	<i>Bacillus cereus</i>	Galvanoplastia
3	Meneses, Yeni; Patiño, Paula y Betancur, Jhon.	<i>Remocion de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de Spirulina sp, sedimentacion primaria y precipitacion quimica.</i>	96.5%	Microalga	<i>Spirulina sp.</i>	Galvanoplastia
4	Mora, Alexander	"Bacillus sp. G3 un microorganismo promisorio en la biorremediación de aguas industriales contaminadas con cromo hexavalente"	100%	Bacteria	<i>Bacillus sp. G3</i>	Galvanoplastia.

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 9, se aprecia cuatro microorganismos utilizados en artículos encontrados dentro de las bases de datos indexados con respecto a la remoción de cromo VI en efluentes de tipo Galvanoplastia, Estos artículos demuestran la eficiencia de los microorganismos en efluentes de galvanoplastia, logrando evidenciar la capacidad de cada microorganismo en función al porcentaje de remoción del Cromo VI.

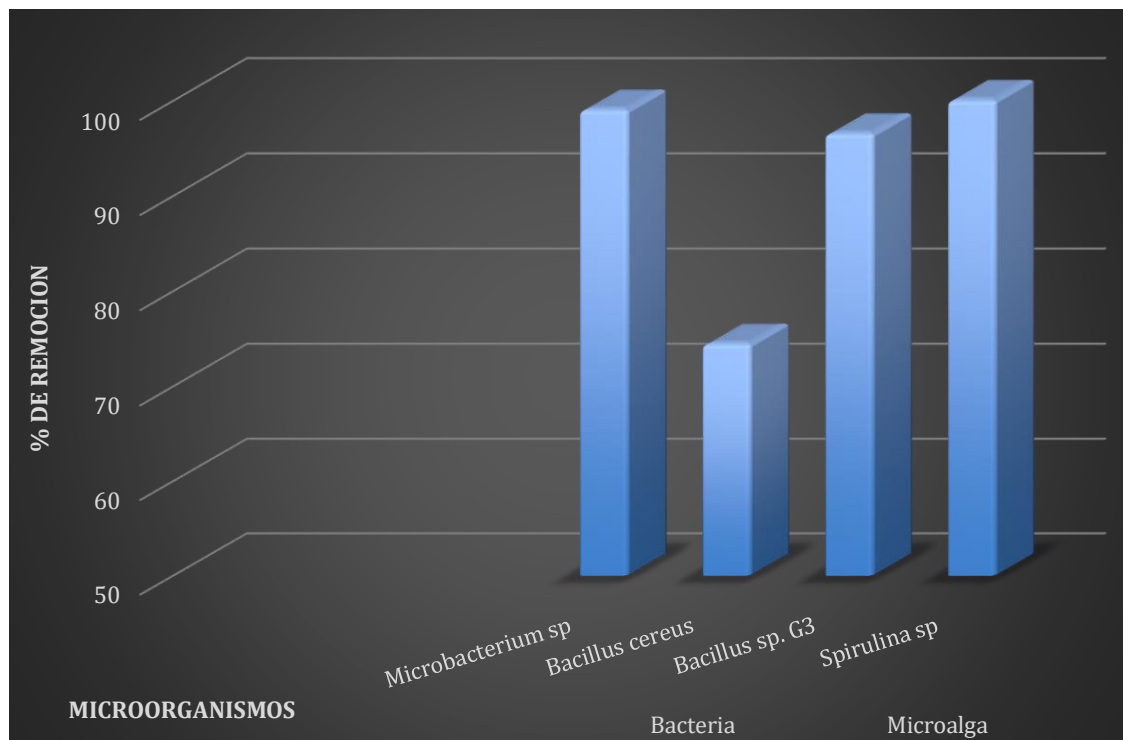


Figura 7:Eficiencia de microorganismos en efluentes de galvanoplastia

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 7, se aprecian los cuatro microorganismos utilizados en la remoción de cromo VI en efluentes de tipo Galvanoplastia en donde la bacteria *Bacillus sp. G3*, alcanzo un porcentaje de 100% de remoción de cromo hexavalente. Esta bacteria demostró tener un alto potencial en procesos de biorremediación en la remoción de cromo VI presente en aguas residuales. (Mora Alexander, 2016). En Argentina, se hizo un estudio con la bacteria *Microbacterium sp*, el cual mediante la técnica de remoción se trató de evaluar su resistencia ante el cromo VI en corrientes de agua. Los resultados demostraron una eficiencia del 99% en la remoción de cromo VI lo que indica la alta capacidad de remoción de

cromo VI que tiene esta bacteria. (González Ana. et al, 2017). Para el año 2019 se encontró dos estudios con microorganismos en la remoción de efluentes provenientes de la galvanoplastia entre ellos la bacteria *Bacillus cereus* que mediante la biosorción se buscó reducir la cantidad de cromo VI presente en efluentes industriales de la industria de galvanoplastia, obteniendo como resultado el 74.40% de remoción de cromo. (Moreno, J.; Peña, E. y Benítez, N, 2019). A diferencia de la microalga *Spirulina sp.* la cual mediante la técnica de remoción obtuvo un 96.50% de eliminación de cromo VI, demostrando que la microalga también tiene una alta eficiencia en la remoción de cromo VI para aguas provenientes de esta industria. (Meneses, Yeni; Patiño, Paula y Betancur, jhon, 2019).

Tabla 10: Eficiencia de microorganismos en efluentes municipales

Nº	Autores	Título	Resultados	Tipo de Microorganismo	Nombre de Microorganismo	Tipo de Industria
1	Guerrero deisy et al	Eficiencia en la reducción de Cromo por una bacteria silvestre en un tratamiento tipo Batch utilizando como sustrato agua residual del municipio de Pasto, Colombia	82.01%/99,42%	Bacteria	<i>B. thuringiensis</i>	Municipio
			80,85%		<i>Amyloliqefaciens</i>	
			79,27%.		<i>Paenibacillus sp.</i>	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 10, se aprecia un estudio donde se demuestra la eficiencia de los microorganismos de tipo bacteria, en relacionados con el estudio de la eficiencia de los microorganismos en efluentes municipales. Se logra evidenciar la capacidad de cada microorganismo en función al porcentaje de remoción del Cromo VI.

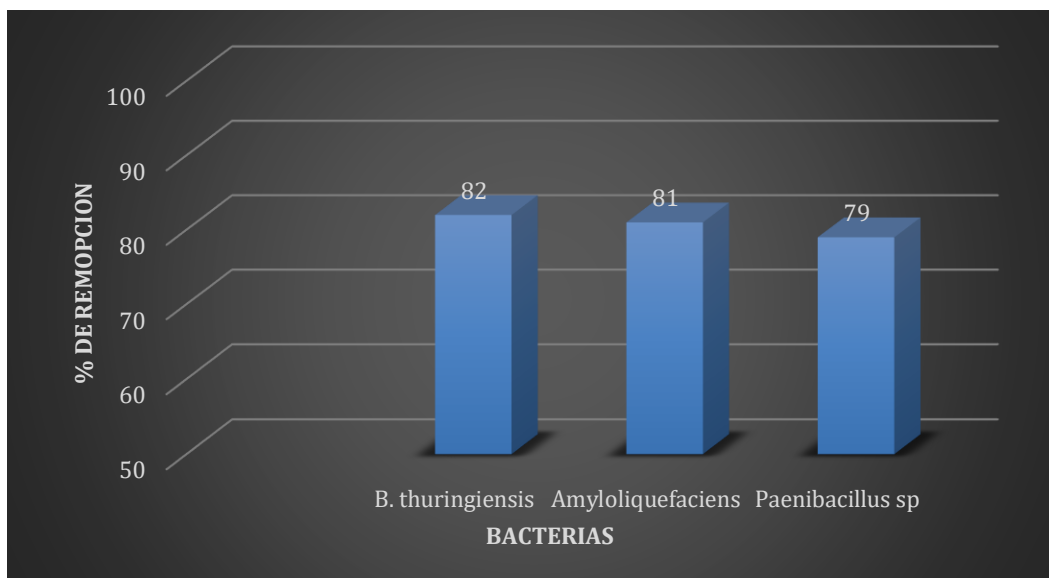


Figura 8:Eficiencia de microorganismos en efluentes municipales

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 8, se aprecia un estudio realizado a tres bacterias, el cual consistió en reducir el nivel de contaminación de cromo VI presente en aguas residual municipal. Este trabajo se realizó con bacterias silvestres (*Bacillus thuringiensis*, *Bacillus amyloliquefaciens* y *Paenibacillus sp.*) en donde se obtuvo niveles de remocion de 82%, 81% y 79% respectivamente, destacando la bacteria *B. thuringiensis* la cual mediante el análisis de estadística descriptiva alcanzo una eficiencia del 82% de remoción de cromo VI. La bacteria *Bacillus thuringiensis* demostró una alta capacidad y eficiencia en la remoción de VI pues en escala de laboratorio utilizando agua residual no esterilizada demostró un 99,42% en remoción, demostrando que los microorganismos bacterianos tienen una alta eficiencia en la remoción de Cromo VI en efluentes de tipo municipal. (Guerrero Deisy et al, 2017).

Tabla 11:Eficiencia de microorganismos en efluentes industrial

Nº	Autores	Titulo	Resultados	Tipo de Microorganismo	Nombre de Microorganismo	Tipo de Industria
1	Rivera Eduardo et al	Remoción de Cromo (VI) por una Cepa de <i>Aspergillus niger</i> Resistente a Cromato	70%	Hongo	<i>Cepa de Aspergillus niger.</i>	Industrial
2	Rossi Andrea et al	Chromium (VI) biosorption by <i>Saccharomyces cerevisiae</i> subjected to chemical and thermal treatments	99,66 %	Hongo	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Industrial
3	Shen Liang. et al	La utilización crítica de microalgas heterótrofas activas para la biorremoción de Cr (VI) en aguas residuales co-contaminadas con sustancias orgánicas	94,2%	Microalga	<i>Botryocossuss</i> sp.	Industrial
4	Sharma, V. and Singh, P	Biosorption of Chromium by <i>Bacillus subtilis</i> isolated from Ganga River	97.64%	Bacteria	<i>Bacillus subtilis</i>	Industrial
5	Husien, S. et al	Absorption of hexavalent chromium by green micro algae <i>Chlorella sorokiniana</i> : live planktonic celis	99.68%	Microalga	<i>Chlorella sorokiniana</i>	Industrial
6	Madhusudhanan, J; Badhusha, S y Saranya, D.	Biosorption of chromium from aqueous solution by <i>Chaetomorpha antennina</i>	83%	Microalga	<i>Chaetomorpha antennina</i>	Industrial
7	Sutkowy, Malgorzata y Klosowski, Grzegorz.	Use of the Coenobial Green Algae <i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Chlorophyceae) to Remove Hexavalent Chromium from Contaminated Aquatic Ecosystems and Industrial Wastewaters	70%	Alga Coenobial	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Chlorophyceae)	Industrial

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 11, se aprecia los diferentes microorganismos utilizados en los artículos de distintas bases indexadas, los cuales están relacionados con el estudio de la eficiencia de los microorganismos en efluentes industriales. Se logra evidenciar la capacidad de cada microorganismo en función al porcentaje de remoción del Cromo VI.

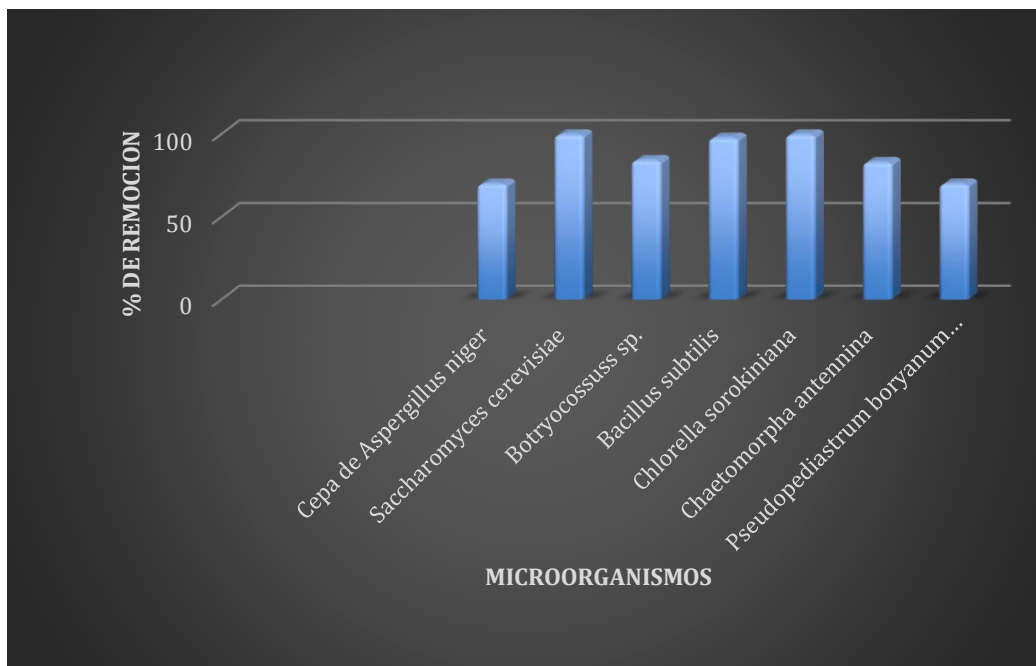


Figura 9:Eficiencia de microorganismos en efluentes industriales

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 9, se aprecia los diferentes microorganismos utilizados y su eficiencia en la remoción de cromo VI en efluentes de tipo industrial. Por ejemplo, en el 2018 en Polonia se utilizó un alga coenobial (*Pseudopediastrum boryanum* (*Chlorophyceae*) para la eliminación de cromo VI proveniente de aguas residuales industriales, que mediante un el proceso de biosorción de iones y a condiciones de fermentación exactas se obtuvo un 70% de este metal, demostrando la eficiencia de esta microalga para la remoción de cromo VI. (Sutkowy, Malgorzata y Klosowski, Grzegorz, 2018). Un porcentaje similar ocurre con el hongo *Cepa de Aspergillus niger*, el cual fue utilizado en el 2015 en un estudio que consistió en la remoción de cromo VI por el método colorimétrico donde se determinó la capacidad de este microorganismo para reducir cromo VI en un 70%, pasando de cromo VI a cromo III. (Rivera Eduardo

et al, 2015). Las Microalgas también son microorganismos utilizados para la remoción de cromo VI, en el 2019 se realizaron estudios con microalgas como: *Botryococcus sp.* (Shen Liang et al, 2019), *Chlorella sorokiniana*, (Husien, S. et al, 2019), y *Chaetomorpha antennina* (Madhusudhanan, J; Badhusha, S y saranya, D., 2019), las cuales a través de diferentes técnicas utilizadas como la reducción simultánea, la remoción y la biosorción obtuvieron un alto índice de remoción de cromo VI, siendo los porcentajes 94.2%, 99.68% y 83% respectivamente para cada estudio, esto demuestra que las microalgas tienen una alta eficiencia en la remoción de cromo VI para aguas contaminadas industriales. Las bacterias han demostrado una alta eficiencia en la remoción de cromo VI, como el estudio realizado con la bacteria *Bacillus subtilis*, donde se evaluó la capacidad de biosorción de cromo VI con la biomasa viva y muerta de esta bacteria. Los resultados obtenidos en sus tres muestras para cada biomasa fueron de 81,64%, 96,79% y 95,89% de biomasa viva y de 95,64%, 97,25% y 97,11% de biomasa muerta, cada muestra se realizó bajo condiciones de fermentación específicas determinadas para cada biomasa. (Sharma, V. and Singh, P, 2019).

V. CONCLUSIONES

- Se determinó que las especies de microorganismos tales como Bacterias, Hongos y Algas de tipo microalgas presentan un elevado nivel de remoción de cromo VI, donde resaltan las bacterias *Bacillus sp. G3*, *Klebsiella sp* y *Acinetobacter*, el hongo *Saccharomyces cerevisiae* y el alga de tipo microalga *Chlorella sorokiniana* con una eficiencia mayor a los 95% de remoción de cromo VI presentes en efluentes industriales
- Las condiciones de fermentación tales como pH, temperatura, Tiempo, velocidad de agitación y concentración utilizadas para cada estudio de remoción con microorganismos influyen de manera significativa, pues gracias a estas condiciones se logra generar una mayor eficiencia en la remoción de cromo VI presente en efluentes industriales.
- Se determinó que los microorganismos presentan una alta eficiencia de remoción de cromo VI dentro de los 04 tipos de efluentes industriales (Curtiembre, Galvanoplastia, Municipal, e Industrial) ubicados dentro de los artículos utilizados para este estudio, donde sobre salen: la alga de tipo microalga *Scenedesmus sp* con un 98% de remoción, los hongos *Yarrowia lipolytica* y *Candida fluviatilis* y *Saccharomyces cerevisiae* con porcentajes de remoción superiores a los 97% y las bacterias *B. thuringiensis*, *Bacillus sp.* , *Klebsiella sp.* , *Acinetobacter*, con porcentajes superiores al 80%, determinando su eficiencia en la remoción de cromo VI en efluentes industriales.

VI. RECOMENDACIONES

- Comparar las técnicas de remoción con microorganismos y determinar en cuál de ellas se alcanza la mayor eficiencia en la remoción de cromo VI.
- Realizar comparaciones con distintos estudios donde se demuestre el grado de efectividad que tienen los microorganismos con distintos metales pesados.
- Profundizar más acerca de otros estudios en donde se determine si a mayor concentración de microorganismos existe mayor eficiencia en la remoción de cromo VI.

REFERENCIAS

Absorption of hexavalent chromium by green micro algae *Chlorella sorokiniana*: live planktonic cells. Husien sh. [et al.]. *Water Practice and Technology*; London. [En Línea]. 2019. Vol. 14. n. 3. pp. 515-529. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/absorption-hexavalent-chromium-green-micro-algae/docview/2300451524/se-2?accountid=201395>

Bioabsorción de cromo (VI) por *Saccharomyces cerevisiae* sometida a tratamientos químicos y térmicos. De Rossi Andrea [et al.]. *Ciencia ambiental e investigación de la contaminación*, [En línea]. 2018. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-2377-4>

Biorremediación de cromo VI mediante el uso de *Rhodospirillum rubrum* en efluentes industriales provenientes de curtiembres. Delgado Pavel [et al.]. *Rev. Bol. Quim.* [En línea]. 2019. vol.37 n.1. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org/bo/scielo.php?pid=S0250-54602020000100003&script=sci_arttext ISSN: 0250-5460

Biosorción y biotransformación del cromo hexavalente [Cr (VI)], Jobby Renitta [et al.]. una revisión completa. [En línea]. 2018. Vol. 27 Pág. 255-256. [Fecha de consulta: 2020 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653518308981>

Biotransformation of chromium (VI) in liquid effluents by resistant bacteria isolated from the Matanza-Riachuelo basin, in Argentina González Ana [et al.]. *Environmental Technology*. [online]. 2018 [En línea]. 2017. Vol. 39. n. 22. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/citedby/10.1080/09593330.2017.1367844?scroll=top&needAccess=true>

CHAPOÑAN, Luis; MEDINA, Yessica, "Eficiencia de la remoción de Cr⁶⁺ por microorganismos aislados de raíces de plantas tolerantes al ion metálico en

humedales de flujo subsuperficial”, [En línea]. 2016. [Fecha de consulta: 10 de junio de 2021]. Disponible

en:<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/838/BC- TES-5406.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil. Brañez Marco [et al.]. [En línea]. 2018. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2021]. Disponible en:

<https://www.aulavirtualusmp.pe/ojs/index.php/rc/article/viewFile/1369/1109>

¿Cuál es la definición de efluentes industriales? [En línea]. Grupo Vento. 2017. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://evaporadoresindustriales.grupovento.com/efluentes-industriales-definicion/>

¿Cuáles son las propiedades químicas del cromo, efectos del cromo sobre la salud, efectos ambientales del cromo? [En línea]. LENNTECH. 2021. [Fecha de consulta: 11 de mayo 42 de 2021]. Disponible en: <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cr.htm#:~:text=Elemento%20qu%C3%ADmico%2C%20s%C3%ADmbolo%20Cr%2C%20n%C3%BAmero,o%20cuando%20est%C3%A1%20muy%20puro>

DAVILA Tatiana., Evaluación de residuos agroindustriales como biofiltros de cromo (VI) en efluentes de curtiembres sintéticos. *Rev.Bio.Agro*. [online]. 2017, vol.15, n.spe, pp.49-58. [Fecha de consulta: 28 de octubre 2020]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612017000300006&script=sci_abstract&tlng=e ISSN 1692-3561

Eficiencia en la reducción de Cromo por una bacteria silvestre en un tratamiento tipo Batch utilizando como sustrato agua residual del municipio de Pasto, Colombia. Guerrero deisy [et al.]. Univ. Salud [online]. 2017, vol.19, n.1, pp.102-115. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-71072017000100102&script=sci_abstract&tlng=es ISSN: 2389-7066

Eliminación de cromo hexavalente a escala piloto con reducción, coagulación, filtración y oxidación biológica del hierro, por Mahringer Daniel et al. [En línea]. 2020 vol. 253. [Fecha de consulta: 2020 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586620319523> ISSN [1383-5866](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586620319523)

MADHUSUDHANAN, J; BADHUSHA, M and SARANYA, D. Biosorption of chromium from aqueous solution by *Chaetomorpha antennina*. *Journal of Environmental Biology*, [online]. 2019. Vol. 40. n. 4. pp. 742-747. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/177408d6857b9b07712f048878e183d8/1?pq-origsite=gscholar&cbl=636374>

MENESES, Yeni; PATIÑO, Paula y BETANCUR, jhon. Remoción de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de *Spirulina* sp, sedimentación primaria y precipitación química. [online]. 2019. Vol. 10.n. 1. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6756090> ISSN: 2145-6453

Metal Uptake from Complex Industrial Effluent by Cyanobacteria *Arthrospira platensis*. *Zinicoscaia inga* [et al.]. *Water Air Soil Pollut.* [online]. 2018. Vol. 229 n. 220. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11270-018-3873-3>

MORA, Alexander. *Bacillus* sp. G3 un microorganismo promisorio en la biorremediación de aguas industriales contaminadas con cromo hexavalente. *Nova scientia* [online]. 2016, vol.8, n.17. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-07052016000200361 ISSN: 2007-0705

MORA, Alexander y BRAVO, Enrique. Aislamiento de microorganismos electrogénicos con potencial para reducir cromo hexavalente. *Acta biol.Colomb.* [online]. 2017. vol.22 n.1. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible

en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2017000100003&lang=es ISSN: 0120-548X

ORDOÑEZ, Didier y BENÍTEZ, Neyla. Remoción de cromo trivalente en aguas residuales de curtiembre mediante un proceso biotico-abiotico basado en el uso de *yarrowia lipolytica* y *candida fluviatilis* Rev. Int. Contam. Ambient. [online]. 2019. vol.35 n.4. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S0188-49992019000400945&script=sci_arttext ISSN: 0188-4999

ORGANISMO DE EVALUACIÓN Y FISCALIZACIÓN AMBIENTAL. Fiscalización en Aguas Residuales. [En línea] 2014. p. 42. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2020]. Disponible en: https://www.oefa.gob.pe/?wpfb_dl=7827

Reducción de cromo hexavalente por *Morganella morganii* (1Ab1) aislada de sitios contaminados con efluentes de tenerías de Tamil Nadu. Princy selvakumar [et al.]. [En línea]. 2020. Vol. 23 [Fecha de consulta: 2020 de diciembre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818119316846> ISSN: 1878-8181

Reducción de Cr6+ en aguas residuales de galvanoplastia con una cepa de *Bacillus cereus* B1. Moreno Jennifer [et al.]. Univ. Sci. [En línea]. 2019. Vol. 25. n. 1 [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-74832019000100073 ISSN: 0122-74

Reducción hexavalente de cromo por *Morganella morganii* (1Ab1) aislada de sitios contaminados con efluentes de curtido de Tamil Nadu, India. Princy selvakumar [et al.]. Biocatálisis y Biotecnología Agrícola. [online]. 2020. Vol.23. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818119316846>

ROMERO, Karla, Contaminación por metales pesados. Rev Cient Cienc Méd. [En línea]. 2009. Vol. 12. n.1. [Fecha de consulta: 2020 de diciembre de 2020].

Disponible en:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1817-7432009000100013 ISSN: 2220-2234

ROMERO, Teresita y VARGAS, Daniel, Uso de microorganismos eficientes para tratar aguas contaminadas. INGENIERÍA HIDRÁULICA Y AMBIENTAL. Residuales [En línea] 2017. VOL. 38, n. 3 p. 88-100. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v38n3/riha08317.pdf>

Remoción de cromo de efluentes de la industria curtiembre mediante electrodiálisis. Pilco Alex [et al.]. Diseño y Tecnología. [En línea] 2018. Vol. 21. n. 1. [Fecha de consulta: 20 de diciembre de 2020]. Disponible en:
<https://doi.org/10.15381/idata.v21i1.14908>

Remoción de cromo (VI) por una Cepa de *Aspergillus niger* resistente a cromato. Rivera Eduardo [et al.]. Inf. tecnol. [En línea]. 2015 vol.26 n.4. [Fecha de consulta: 2020 de diciembre de 2020]. Disponible en:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642015000400003 ISSN: 0718-0764

ROSALES, A; RODRIGUEZ, C y BALLEEN, M. Remoción de contaminantes y crecimiento del alga *Scenedesmus* sp. en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas. ing.cienc. [online]. 2018, vol.14, n.28, pp.11-34. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1794-91652018000200011&script=sci_abstract&tlng=es ISSN: 1794-9165

SHARMA, Vani y SINGH, Padma. Biosorption of Chromium by *Bacillus subtilis* Isolated from Ganga River. Nature Environment and Pollution Technology; Karad. [online]. 2019. Vol. 18. n. 4. Pp. 1119-1129. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.proquest.com/scholarly-journals/biosorption-chromium-bacillus-subtilis-isolated/docview/2327881941/se-2?accountid=201395>

SOTO, Eliana; LANDAZURI, Patricia y LOANGO, Nelsy. Remoción de cromo hexavalente de aguas residuales con microorganismos adaptados a medios ricos en cromo. Rev. Asoc. Col. Cienc. [En línea]. 2017. Vol. 29: pp.49-57. [Fecha de consulta: 2020 de diciembre de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/323073781_REMOCION_DE_CROMO_HEXAVALENTE_DE_AGUAS_RESIDUALES_CON_MICROORGANISMOS_ADAPTADOS_A_MEDIOS_RICOS_EN_CROMO_REMOVAL_OF_HEXAVALENT_CHROMIUM_FROM_WASTEWATER_USING_MICROORGANISMS_ADAPTED_TO_CHROMIUM-RICH_MED

SUTKOWY, Malgorzata y KLOSOWSKI, Grzegorz. Uso de las algas verdes coenobiales *Pseudopediastrum boryanum* (Chlorophyceae) para eliminar el cromo hexavalente de los ecosistemas acuáticos contaminados y aguas residuales industriales, [En línea]. 2018. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/6/712>

TEJADA, Candelaria; VILLABONA, Angel y GARCÉS, Luz, “Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico”, Technol. [En Línea]. 2015. Vol. 18, n. 34, pp. 109-123. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992015000100010 ISSN: 2256-5337

The critical utilization of active heterotrophic microalgae for bioremoval of Cr(VI) in organics co-contaminated wastewater. Shen liang [et al.]. chemosphere. [online]. 2019. Vol. 228. pp. 536-544. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519308069> ISSN: 0045-6535

Uso de Scenedesmus sp. para la Fitorremediación de Aguas Residuales de Curtiembres. Ballen miguel [et al.]. Tecciencia. [En línea]. 2016. Vol. 11. n. 21. [Fecha de consulta: 11 de mayo de 2021]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-36672016000200011 ISSN: 1909-3667

ESCORCIA, Andres y SAEZ, Yordan. "Evaluación *in vitro* de biorreduccion de cromo hexavalente mediante microorganismos marinos aislados en la bahia de Cartagena para tratamiento de aguas residuales" [En línea]. 2019. [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2020]. Disponible en: http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/7488/1/Evaluaci%C3%B3n%20in%20vitro%20de%20biorreducci%C3%B3n_Andres%20C.%20Escorcia%20H_2019.pdf

Reducción de cromo hexavalente y degradación de rojo de metilo por bacterias aisladas de sedimentos del Lago de Chapala, México. Hernández Peña [et al]. Rev. Latin. de Recursos Naturales. [En línea]. 2016. Vol 12. n.2 [Fecha de consulta: 28 de noviembre de 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Sergio-De-Los-Santos-Villalobos/publication/327023474_REDUCION_DE_CROMO_HEXAVALENTE_Y_DEGRADACION_DE_ROJO_DE_METILO_POR_BACTERIAS_AISLADAS_DE_SEDIMENTOS_DEL_LAGO_DE_CHAPALA_MEXICO_HEXAVALENT_C_HROMIUM_REDUCTION_AND_METHYL_RED_DEGRADATION_BY_SEDIMENT_ISOL/links/5c3d199792851c22a375b9c0/REDUCCION-DE-CROMO-HEXAVALENTE-Y-DEGRADACION-DE-ROJO-DE-METILO-POR-BACTERIAS-AISLADAS-DE-SEDIMENTOS-DEL-LAGO-DE-CHAPALA-MEXICO-HEXAVALENT-CHROMIUM-REDUCTION-AND-METHYL-RED-DEGRADATION-BY-SEDIMENT-ISO.pdf

ZAPANA, Shirley. "Biorremediación de efluentes de curtiembres mediante hongos aislados del parque industrial de Rio Seco (PIRS) – Arequipa, en condiciones de biorreactor tipo airlift". [En línea]. 2018. [Fecha de consulta: 06 de diciembre de 2020]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7322/BIzahusv.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Los microorganismos: pequeños gigantes Elementos: Ciencia y cultura, Montaña Noe [et al]. [En línea]. 2010. Vol. 17, n. 77. pp. 15-23. [Fecha de

consulta: 28 de noviembre de 2020]. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/pdf/294/29411989003.pdf> ISSN: 0187-9073

COVARRUBIAS, Abraham y PEÑA, Juan. “Contaminación ambiental por metales pesados en México: problemática y estrategias de fitorremediación”. [En línea]. 2017. [Fecha de consulta: 6 de diciembre del 2020]. Disponible en:
<https://www.revistascca.unam.mx/rca/index.php/rca/article/view/RICA.2017.33.esp01.01/46640>

Ámbito temático	Problema de Investigación	Pregunta de Investigación	Objetivo General	Objetivos Específicos	Categorías	Subcategorías
Evaluación del uso de microorganismos en la remoción de Cromo VI presente en efluentes industriales	¿Qué nivel de eficiencia tiene el uso de microorganismos en la remoción de cromo VI presente en efluentes industriales de acuerdo a las evidencias que existen en las bases de datos indexadas?	¿Cuáles son las especies de microorganismos reportados y su eficiencia en la remoción del cromo VI presente en efluentes industriales?	Evaluar el uso de microorganismos y su eficiencia en la remoción de cromo VI presentes en efluentes industriales.	Evaluar las especies de microorganismos reportadas y su eficiencia en la remoción del cromo VI presente en efluentes industriales.	Bacterias	Aerobias Anaerobias
		¿En qué condiciones de fermentación se genera la mayor eficiencia de remoción de cromo VI presente en efluentes industriales?		Evaluar las condiciones de fermentación en la que se genera la mayor eficiencia de remoción de cromo VI presente en efluentes industriales.	Hongos	Levadura Moho
					Algas	Micro alga Macro alga
	¿Cuál es la eficiencia de remoción de Cromo VI usando microorganismos en función al tipo de agua residual?	Evaluar la eficiencia de remoción de Cromo VI usando microorganismos en función al tipo de agua residual			Condiciones físicas	pH T° tiempo Velocidad de agitación Medio de Cultivo
					Condiciones químicas	Uso de bio-absorbentes Concentración de microorganismos
					Curtiembre Galvanoplastia	% de Remoción
	Municipal Industrial					

ANEXOS

Anexo N° 01: Matriz de categorización

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo N° 02: Recolección de datos

Autores	Titulo	Tipo De Investigacion	Tipo De Microorganismo	Tecnica Utilizada	Resultados	Nombre De Microorganismo	Medio De Cultivo	Tipo De Industria	Parametros Fisicoquimicos	
									PH	RPM Y T°
Guerrero Deisy et al	Eficiencia en la reducción de Cromo por una bacteria silvestre en un tratamiento tipo Batch utilizando como sustrato agua residual del municipio de Pasto, Colombia	Experimental	Bacteria	Aislamiento	99,42%	<i>B. thuringiensis</i>	Se conservaron en agar inclinado (agar nutriente) con glicerol al 30 % y fueron refrigerados a -4°.	Municipio	-	-
					80,85%	<i>Amyloliquefaciens</i>				
					79,27%.	<i>Paenibacillus sp.</i>				
Sutkowy Malgorzata y Klosowski Grzegorz	Use of the Coenobial Green Algae <i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Chlorophyceae) to Remove Hexavalent Chromium from Contaminated Aquatic Ecosystems and Industrial Wastewaters	Experimental	Alga	Biosorcion	70%	<i>Pseudopediastrum boryanum</i> (Chlorophyceae)	Fotobiorreactor	Industrial	2 a 6	250 - 22°C

Mora Alexander	"Bacillus sp. G3 un microorganismo promisorio en la biorremediación de aguas industriales contaminadas con cromo hexavalente"	Experimental	Bacteria	Biorremediación	100%	<i>Bacillus sp. G3</i>	Medio Luria Bertani (LB) y ARI suplementada con glucosa al 0.5 mM	Galvanoplastía	6,5	28° C
Soto Eliana, Landazuti Patricia, Loango Nelsy	"Remoción de cromo hexavalente de aguas residuales con microorganismos adaptados a medios ricos en cromo"	Experimental	Bacteria	Remoción	100% en 30 h-	<i>Klebsiella sp</i> <i>Raoultella sp</i> <i>Serratia sp.</i>	Cultivo BHI y AR	Curtiembre		
Rivera Eduardo et al	"Remoción de Cromo (VI) por una Cepa de <i>Aspergillus niger</i> Resistente a Cromato"	Experimental	Hongo	Remoción	70%	<i>Cepa de Aspergillus niger.</i>	1.0% de agar	Industrial		
Ordoñez Didier y Benítez Neyla	Remoción de cromo trivalente en aguas residuales de curtiembres mediante un proceso biotico - abiotico basado en el uso de <i>Yarrowia lipolytica</i> y <i>Candida fluvialtilis</i>	Experimental	Hongo	Remoción	97.5% a los 21 días	<i>Yarrowia lipolytica</i> <i>Candida fluvialtilis</i>	Agua residual artificial (ARA) en concentración de 100, 75 y 50%. Y Agua residual real (ARR)	Curtiembre		
Meneses Yeni Patiño Paula y	Remoción de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de	Experimental	Alga	Remoción	96.5% en 24 h. y un valor	<i>Spirulina sp.</i>	Zarrouk	galvanoplastía	-	-

Betancur Jhon.	<i>Spirulina sp</i> , sedimentacion primaria y precipitacion quimica.				final de cromo de 1.02 mg/l					
Mora Alexander y Bravo Enrique.	Aislamiento de microorganismos electrogénicos con potencial para reducir cromo hexavalente	Experimental	Bacteria	Aislamiento	100% entre 24 a 30 h.	<i>Exiguobacterium</i> <i>Acinetobacter</i> <i>Aeromonas</i> <i>Serratia marcescens</i>	Biopelícula formada sobre el ánodo de las MFC. Placas de ARA solidificadas con agar-agar	Curtiembre	7,0	24°C
Princy selvakumar et al	"Reducción de cromo hexavalente por <i>Morganella morganii</i> (1Ab1) aislada de sitios contaminados con efluentes de tenerías de Tamil Nadu, India"	Experimental	Bacteria	Aislamiento	90% en 48 h.	<i>Cepa Morganella morganii</i>	cajas Petri con agar nutritivo suplementado a 20 mg l-1 de Cr(VI)	Curtiembre	7,0	37°C
Zinicovscaila et al	Absorción de metal de efluentes industriales complejos por <i>Cyanobacteria Arthrospira platensis</i> .	Experimental	Bacteria	Aislamiento	100%	<i>Arthrospira platensis</i>		Industrial	-	-

Rosales A, Rodriguez C y Ballen M	Remoción de contaminantes y crecimiento del alga <i>Scenedesmus</i> sp. en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas	Experi mental	Alga	Remocion	90%	<i>Scenedesmus</i> <i>sp</i>	Reactores	Curtiembre	
Shen Liang et al	La utilización crítica de microalgas heterótrofas activas para la biorremoción de Cr (VI) en aguas residuales co- contaminadas con sustancias orgánicas	Experi mental	Alga	Remocion	94,2%	<i>Botryocossus</i> s p .	<u>Proceso</u> <u>bioquímico integr</u> <u>al</u>	Industrial	
Delgado Pavel et al	Biorremediacion de cromo VI mediante el uso de <i>rhodopseudomonas</i> <i>palustris</i> en efluentes industriales provenientes de curtiembres	Experi mental	Bacteria	Biosorcion	90%	<i>Rhodopseudom</i> <i>onas palustris</i>	inóculacion	Curtiembre	< 4
Rossi Andrea et al	Chromium (VI) biosorption by <i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i> subjected to chemical and thermal treatments	Experi mental	Hongo	Absorción	99.66%	<i>Saccharomyces</i> <i>cerevisiae</i>	Modelo BET	Industrial	

Ballen M, Rodriguez H, Ospina P, Bolanos V, Perez K.	Uso de Scenedesmus sp. para la Fitorremediación de Aguas Residuales de Curtiembres	Experimental	Alga	Absorción	98%	<i>Scenedesmus sp.</i>	Medio basal negra (BBM)	Curtiembre		
González Ana et al	Biotransformation of chromium (VI) in liquid effluents by resistant bacteria isolated from the Matanza - Riachuelo basin, in Argentina	Experimental	Bacteria	Remoción	99%	<i>Microbacterium sp.</i>	Caldo nutritivo	galvanoplastia		
Sharma V y Singh P	Biosorption of Chromium by <i>Bacillus subtilis</i> isolated from Ganga River	Experimental	Bacteria	Biosorción	97.64%	<i>Bacillus subtilis</i>	Placas de agar nutritivo	Industrial		
Husien S. et al.	Absorption of hexavalent chromium by green microalgae <i>Chlorella sorokiniana</i> : live planktonic cells	Experimental	Microalga	Remoción	99.68%	<i>Chlorella sorokiniana</i>	Medio Z bajo intensidad de luz	Industrial	7	25°C
Madhusudhanan, J, Badhusha S y Saranya, D.	Biosorption of chromium from aqueous solution by <i>Chaetomorpha antennina</i>	Experimental	Microalga	Biosorción	83%	<i>Chaetomorpha antennina</i>	Transformada de Fourier Infrarroja (FTIR) y Microscopio Electrónico de Barrido (SEM)	Industrial		

Moreno J, Peña E, y Benítez N.	Reducing Cr6+ in electroplating wastewater with <i>Bacillus cereus</i> strain B1	Experi mental	Bacteria	Biosorcion	74.40%	<i>Bacillus cereus</i>	medio sólido Luria-Bertani	galvanoplasti a	8.2	241° C
--------------------------------------	---	------------------	----------	------------	--------	------------------------	-------------------------------	--------------------	-----	-----------

Fuente: Elaboración Propia