



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“BIOTECNOLOGÍAS APLICADAS A LA
REDUCCIÓN DE CONTAMINANTES EN
EFLUENTES PARA INDUSTRIAS DE CURTIDO,
UNA REVISIÓN SISTEMÁTICA ENTRE 2009-2019”

Trabajo de investigación para optar al grado de:

Bachiller en Ingeniería Ambiental

Autores:

Lilia Angélica Gutierrez Cabanillas

Sebastian Rogelio Varela Osada

Asesor:

Mg. Ing. Jessica Marleny Lujan Rojas

Trujillo – Perú

2020

DEDICATORIA

El presente estudio lo dedicamos a nuestros familiares quienes nos apoyaron incondicionalmente a lo largo de nuestra etapa universitaria, permitiéndonos llegar a las últimas etapas de ella. A dios por dar nos vida y salud, abriendo las puertas para seguir nuestros objetivos.

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros docentes que compartieron sus
conocimientos y experiencias con nosotros.

A nuestra asesora que mantuvo su apoyo constante y
preocupación para que podamos lograr una
investigación exitosa.

Tabla de contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	5
RESUMEN	6
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	7
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	11
CAPÍTULO III. RESULTADOS	14
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	26
REFERENCIAS	29

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Matriz de registro de investigaciones	15
Tabla 2 Matriz de indagación de investigaciones.....	18
Tabla 3 Características de los estudios	22
Tabla 4 Inducción a categorías	23

RESUMEN

La industria del curtido genera utilidades económicas sustentosas pero impacta negativamente el ambiente por sus efluentes sin tratar, lo cual puede solucionarse de manera poco costosa aplicando biotecnologías como tratamiento. El objetivo de esta revisión sistemática es dar a conocer los beneficios del uso de biotecnologías para la reducción de contaminantes en efluentes de industrias de curtido; de esta manera, presentar opciones más viables para disminuir impactos negativos en el ambiente por el vertido de efluentes en cuerpos de agua. Para ello, se realizó una recopilación de información seleccionando en su mayoría artículos científicos, algunos artículos de revisión y trabajos de tesis, encontrados en registros de búsqueda confiables como SCielo, Redalyc, ProQuest, entre otras bibliotecas virtuales. Los cuales presentaban biotecnologías innovadoras para tratar los efluentes de estas industrias. Durante la selección, se escogieron 20 trabajos de investigación que tengan como máximo 10 años de antigüedad, plasmándose así en una matriz de registro de investigaciones donde se contempló que el 75% de los trabajos fueron artículos científicos y el 20% del total se realizaron en el 2012. Por lo que concluimos que la biotecnología más efectiva y menos costosa a usar es la corteza de comino *Syzygium*.

PALABRAS CLAVES: Biotecnologías, Reducción, Contaminación, Efluentes, Curtiembre.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

La contaminación generada en los efluentes de las industrias de curtido provoca impactos ambientales significativos de manera negativa, esto manifiesta un uso de tecnologías inadecuadas en sus procesos, siendo una falta de responsabilidad social y ambiental. Artuz, Martínez y Morales (2011, p. 51) han podido identificar como las curtiembres artesanales, son las que tienen mayor impacto en el ambiente, debido a sus procesos de producción de pieles; así también, Cortizo, Scelsio, Perotti, Castro, Markán, Mariñelarena, López y Martegani (2015, p. 3) recalcan que sus emisiones y efluentes causan daños en los ecosistemas debido a las altas concentraciones de sustancias nocivas que contienen al ser expulsadas sin un tratamiento previo.

Las biotecnologías son usadas en distintos rubros empresariales como método para evitar o solucionar perjuicios al medio ambiente, producto de las actividades económicas desenvueltas por el hombre al querer satisfacer sus necesidades. Blasco y Castillo (2014, p. 1) contemplan como objetivo de la biotecnología ambiental tratar los impactos causados por industrias que alteran los ecosistemas naturales mediante contaminación química o biológica, causando fenómenos de gran escala como el calentamiento global, lluvias ácidas y deterioro de la capa de ozono. Estos fenómenos ocurren cuando hay cambios en los ciclos biogeoquímicos por ello consideran trabajar a nivel microbiano o con material de origen biológico.

Un tipo de biotecnología es el biosistema de tratamiento de aguas residuales de la industria de curtiembre, como se puede evidenciar por Sayago (2016, p.77, 81) donde un modelo a escala de laboratorio de este, con la planta acuática "*Eichhornia crassipes*" debido

a la gran biomasa que puede generar como su afinidad para absorber cromo y materia orgánica, otro estudio que cumple el objetivo de las biotecnologías ambientales, presentado por Rodríguez, Salinas, Ríos y Vargas (2012, p. 151) donde usan la cascarilla arroz activada con NaOH, siendo un desecho de material orgánico proveniente del proceso de producción de arroz, el cual se ve aprovechado como absorbente de cromo producido por la industria de curtido.

La finalidad de una curtiduría es estabilizar el colágeno de la piel animal mediante agentes curtientes obteniendo así el cuero, estos agentes curtientes son altamente nocivos para el medio ambiente, los cuales terminan presentes en sus efluentes. Barba, Ballesteros, Patiño y Callejas (2013, p. 89) afirman que se puede encontrar altos niveles de toxicidad en este tipo de efluentes, los cuales superan a la máxima admisible recomendado por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, indicando el fuerte impacto de este sobre el ecosistema acuático; a su vez evidenciamos por Barba, Ballesteros, Patiño y Ramírez (2013, p. 85) en un análisis de un cuerpo acuático receptor de efluentes de la industria de curtiembre, una elevada toxicidad, estimadas con la especie de peces "*Poecilia reticulata*." propia del cuerpo acuático, lo que ocasiona estos niveles elevados son los procesos productivos de pelambre y curtido, donde se usan sulfuros y cromo, sustancias químicas tóxicas reflejadas en los resultados del análisis.

Por su parte, Lazo (2017, p. 2) reconoce que las aguas residuales de la industria de curtiembres contienen una gran cantidad de contaminantes tanto orgánicos como inorgánicos como cationes de metales y sustancias orgánicas de origen animal, lo cual es debido gran parte a que se desecha un 80% de la piel a utilizar. Por ello, evidencian de estas industrias

son altamente espesos y densos, provocando así el desequilibrio que producen los efluentes de curtiembres en cuencas hídricas como ríos o lagos, principalmente en las zonas donde se vierten directamente los efluentes, presenciando un impacto significativo en los parámetros físico - químicos de los cuerpos de agua. (Suárez, García y Vaca, 2012, p. 192)

Las biotecnologías aplicadas en la reducción de contaminantes en efluentes para industrias de curtido, son una opción viable, debido a la gran capacidad que tiene para remover las concentraciones elevadas de cromo y sulfuros que se usan, a su vez son amigables con el medio ambiente haciendo óptimos los procesos evitando provocar daños a la salud y el ambiente. En una investigación sobre la posible forma de remover el cromo proveniente de la industria curtiembre, Hashem, Momen, Hasan, Nur-A-Tomal y Sheikh (2019, p.1) sugieren el uso de adsorbentes indígenas de bajo costo como el comino *Syzygium*, el cual podría ser una opción para la eliminación de cromo de las aguas residuales de la curtiduría, comprobando que llega ser eficientemente al eliminar el cromo, y en la reducción en DBO, DQO y cloruro.

Esta revisión sistemática tiene como objetivo principal dar a conocer las biotecnologías aplicadas a la reducción de contaminantes en efluentes para industrias de curtido. Porque como sabemos, estos efluentes tienen un cuerpo receptor, que a su vez se pueden rehusar, evitando así la producción excesiva de residuos por la industria de curtido. De esta manera, se logra que la industria pueda implementar en sus procesos dicha biotecnología, como una acción de responsabilidad social y ambiental. A lo que se plantea la siguiente pregunta: ¿Cuáles son las biotecnologías aplicadas al tratamiento de efluentes más viables para las industrias de curtido entre los años 2009-2019?

Benitez (2011, p. 30) recomienda para la industria de curtido el uso de biotecnologías debido a las características que tienen, estas se acoplan a la contaminación producida, una de ellas es la biorremediación, siendo una buena opción a implementar en la industria de la curtiembre, por su gran especificidad en la absorción de cromo, como también su bajo costo al usarse. Por ello, se considera a esta revisión un método de innovación para las industrias de curtido al proporcionar un análisis de información necesaria para la utilización de tratamientos de bajo costo en sus contaminantes.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

Tipo de estudio

El presente artículo de investigación es clasificado como una revisión sistemática de literatura científica, definida en palabras de Sánchez (2010) como un estudio que parte de una pregunta objetivamente clara para recopilar información, analizarla, sintetizarla y así obtener conclusiones precisas. En este caso, los estudios seleccionados evalúan la efectividad y sustentabilidad de diversas biotecnologías aplicadas a la reducción de contaminantes en efluentes.

Criterios de inclusión

Para realizar la selección se consideraron los siguientes criterios: En primer lugar, es imprescindible que los estudios tengan las variables de la investigación entre sus palabras claves del resumen o título. El siguiente factor es que vengan de bases de datos confiables como revistas indexadas y, se verifica si son trabajos de investigación para tesis de título, postgrado o artículo de redacción o científico.

Luego, se revisa la antigüedad del artículo, en este caso tomamos solo a los que han sido publicados hasta diez años antes del presente estudio. Por último, se identifica que tenga la estructura de "IMRD" quiere decir que los artículos deben tener: Introducción, Metodología, Resultados y Discusión.

Proceso de recolección de datos

Se utilizaron artículos científicos, artículos de redacción y tesis de postgrado, descargados de las plataformas SCielo, Redalyc, ProQuest, EBSCO, Dialnet, bibliotecas virtuales de universidades y google académico. Se debe tomar en cuenta la procedencia de

los artículos para garantizar que la información sea confiable, en este caso las plataformas anteriormente mencionadas contienen artículos indexados en su mayoría.

Otro punto muy importante es la búsqueda en las plataformas, en las que se utilizaron términos como "biotecnologías", "reducción de contaminantes en efluentes", "contaminación por industrias de curtidos" y "biotecnologías para tratamiento de efluentes". De esta manera se pudieron conseguir artículos de distintos años con la misma temática de nuestro trabajo de investigación, asimismo con distintas estructuras como IMRD e IMR.

Muestra

Toda la información recopilada, como se mencionó anteriormente, se pasó a una base de datos donde se realizó el descarte de los artículos. Se llegaron a plasmar 28 artículos de los cuales se descartaron 8 porque no utilizaban biotecnologías para descontaminar los efluentes de industrias de curtido. Por ello, solo quedan 20 artículos donde se encuentran nuestras dos variables, en este caso "biotecnologías" y "efluentes", y son publicaciones entre los años 2009 y 2019.

Proceso de revisión

La base de datos creada contiene los 20 artículos escogidos rigurosamente, donde tiene distintos campos de extracción de información: En primera instancia, se toma a la procedencia del estudio, en este caso las bibliotecas virtuales de las que se extrajo, en su mayoría son de Google Académico. En segundo lugar, se tiene el título del estudio, en el que nuestras variables y el rubro donde serán aplicados, con las palabras usadas en el título, siendo "biotecnologías", "efluentes" e "industria de curtido".

El siguiente campo indica si el artículo tiene la estructura IMRD, de tal forma que podemos ver de manera más generalizada cuales si tienen y cuáles no. Luego, se encuentran los campos de autor, tipo de estudio, país, año y en qué universidad se llevó a cabo este, por lo que la mayoría de nuestra información son artículos científicos internacionales. Finalmente, se identifican los fragmentos esenciales como la justificación del estudio, los objetivos, metodología y los resultados conjuntamente con las conclusiones del artículo.

CAPÍTULO III. RESULTADOS

Durante el proceso de recopilación de estudios que tengan relación con nuestro tema de investigación se obtuvo un total de 35 artículos, de los cuales se tuvieron que descartar 7 artículos por ser publicados antes del 2009, luego exoneramos 8 estudios más al no coincidir con nuestra variable de "biotecnología". Por lo que quedaron solo 20 investigaciones para analizar puntualmente la información requerida por el tema del presente estudio.

En las siguientes tablas se muestra el registro de investigaciones (Tabla 1.) seleccionados de manera cualitativa por su base de datos, título, año y el tipo de investigación, como también el registro de indagación de investigaciones (Tabla 2.), donde se describe los aportes seleccionados de cada investigación enfocándonos en sus objetivos, resultados y conclusiones, posteriormente se proporciona la caracterización de los estudios (Tabla 3.), trabajando de manera cuantitativa el número y porcentaje, de tipo de estudios, el año y base de datos, finalizando con la inducción a categorías (Tabla 4.), donde resaltamos la información utilizada de cada investigación científica.

Tabla 1

Matriz de registro de investigaciones

N°	BASE DE DATOS	TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	UNIVERSIDAD	AUTOR	AÑO	TIPO DE INVESTIGACIÓN		
						TESIS	AC	AR
1	Microsoft Academic	Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosan obtenido de desechos de camaron	Universidad Tecnológica de Pereira	Edisson Duarte R. Jesus Olivero Verbel Beatriz Jaramillo C.	2009		X	
2	Google Académico	Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo	Universidad de Medellín	Álvaro Chávez Porras	2010			X
3	Dialnet Plus	Estudio comparativo de diferentes tecnologías de higienización de lodos de depuradora con fines para su reutilización.	Universidad Politécnica de Madrid	José Alberto Rodríguez Morales	2010	X		
4	Dialnet Plus	Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis	Universidad de Murcia	Julio Sánchez Meca	2010		X	
5	Google Academic	Las industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del río bogotá	Universidad Santo Tomás	Luis Alberto Artuz Myriam Sara Martínez Claudia Johanna Morales	2011		X	
6	Google Academic	Producción limpia y biorremediación para disminución de la contaminación por cromo en la industria de curtiembre	Universidad del Valle	Neyla Benitez Campo	2011		X	
7	Redalyc	Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón	Universidad Libre Universidad Distrital Francisco José de Caldas Universidad de los Andes	Andrés Felipe Suárez Escobar César Augusto García Ubaque Martha Lucía Vaca Bohórquez	2012		X	
8	Dialnet Plus	Adsorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres	Industrial University of Santander	Rios Carlos Alberto Rodríguez Yansy Milena Salinas Lizbeth Paola	2012		X	

Vargas Luz
Yolanda

9	Google Académico	Remediación natural para completar la depuración del cromo (VI) en efluentes de curtiembres	Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Villa María	Romina Quezada Eliana Varela	2012	X
10	Google Académico	Reducción de DQO y cromo, y decoloración de las aguas residuales de la curtiduría por carbonos activados de los desechos agrícolas	Rashtrasant Tukadoji Maharaj Nagpur University	S L Pandharipande Y D Urunkar Ankit Singh	2012	X
11	Google Académico	Estudio sobre la identificación de los componentes de las aguas residuales de la industria del cuero y su tratamiento fotocatalítico	Islamic Azad University	T. S. Natarajan K. Natarajan H. C. Bajaj R. J. Tayade	2013	X
12	Google Académico	Impacto generado por los vertimientos de las curtiembres en corrientes superficiales usando pruebas de toxicidad	Universidad del Valle	Luz Edith Barba, Yojana V. Ballesteros, Paola J. Patiño, Carlos Ramírez Callejas	2013	X
13	Google Académico	Gestión de residuos en curtiembres de la provincia de salta	Universidad Nacional de Salta	W.A. Tejerina V.I. Liberal M.A. Iribarnegaray L. Seghezzo	2013	X
14	Dialnet Plus	Acerca de la biotecnología ambiental	Universidad de Extremadura	Rafael Blasco Pla Francisco Castillo Rodríguez	2014	X
15	Redalyc	Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la <i>Eichhornia crassipes</i>	Universidad Nacional de Colombia	Carreño Sayago, Uriel Fernando	2016	X
16	Google Académico	Fitorremediación de las aguas residuales de la curtiduría utilizando especies de microalgas <i>Scenedesmus</i>	Universidad de Annamalai Universidad de Calicut	Kayil Veedu Ajayan Muthusamy Selvaraju Pachikaran Unnikannan Palliyath Sruthi	2015	X
17	ProQuest	Hexavalent chromium removal in a tannery industry wastewater using rice husk silica	Vel Tech High Tech Dr.Rangarajan Dr.Sakunthala Engineering College	D. Sivakumar	2015	X

18	Google Académico	Adsorción de cromo (Cr) de las aguas residuales de la curtiduría con adsorbente de hojas de té gastadas de bajo costo	University of Engineering and Technology	Md. Nur-E-Alam Md. Abu Sayid Mia Farid Ahmad Md. Mafzur Rahman	2018	X
19	Google Académico	Eliminación de cromo de las aguas residuales de la curtiduría con adsorbente de corteza de comino <i>Syzygium</i>	Islamic Azad University	Md. A. Hashem Md. A. Momen · M. Hasan Md. S. Nur-A-Tomal Md. H. R. Sheikh	2019	X
20	Google Académico	Estudio de las tecnologías para el tratamiento de los efluentes generados por una planta de curtiembres en Ecuador	Universidad de los Andes	Parada, Mabel Manobanda, Paúl Tapia, Zoila Zambrano, Mayra Rennola, Leonardo Castillo, Yoana	2019	X

Nota: AC = Artículo científico; AR = Artículo de redacción. Caracterización cualitativa de las investigaciones recopiladas.

Tabla 2

Matriz de indagación de investigaciones

N°	BASE DE DATOS	TÍTULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	INVESTIGACIÓN		
			OBJETIVO	RESULTADOS	CONCLUSIÓN
1	Microsoft Academic	Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando <i>quitosan</i> obtenido de desechos de camarón	Emplear <i>quitosano</i> como bioadsorbente para remover cromo de las aguas residuales de la industria de curtiembre.	El <i>quitosano</i> adsorbió 52 mg Cr (III)/g a un pH de 4.0.	Modelos Langmuir y Freundlich fueron aplicados; observándose que un incremento en la concentración inicial de cromo trae como consecuencia una disminución en el proceso de adsorción.
2	Google Académico	Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo	Describir la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre e identificar las posibles formas de removerlo.	Revisión se presenta una descripción de algunas de las técnicas de remoción como la electrolítica o electrodeposición; el intercambio iónico; la precipitación y los sistemas biológicos.	Las técnicas de remoción ofrecen una solución práctica y viable en términos económicos, ambientales y de mejoramiento continuo de los procesos, permitiendo pensar en una producción sostenible y responsable.
3	Dialnet Plus	Estudio comparativo de diferentes tecnologías de higienización de lodos de depuradora con fines para su reutilización.	Comparar las diferentes tecnologías para estabilizar lodos de depuración y así evaluar su eficacia en la reducción de patógenos con vistas a la posible reutilización de los lodos digeridos.	El sistema de digestión anaerobia monoetapa mesofílica reduciendo 3 log para Coliformes Fecales en los diferentes periodos de Carga.	Los sistemas de digestión monoetapa mesofílica previo calentamiento a 70°C durante 30 minutos produjo mayor cantidad de biogás.
4	Dialnet Plus	Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis	Describir las fases en que se lleva a cabo un meta-análisis.	Se destaca cada fase de la revisión sistemática desde el correcto planteamiento correcto del problema, búsqueda de los estudios correspondiente, realización de la codificación de los estudios hasta su publicación.	Las revisiones sistemáticas y los metanálisis se han imbricado en el enfoque de la Práctica Basada en Evidencia como una herramienta metodológica imprescindible para desvelar a las mejores evidencias científicas.
5	Google Académico	Las industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del río bogotá	Evaluar el impacto del vertimiento de aguas residuales de las industrias de curtiembre en el río Bogotá.	Por cada aumento de un millón en la producción anual de la industria curtiembre, la contaminación en el río Bogotá aumenta en 108.59 toneladas de residuos sólidos anuales.	Las industrias curtidoras tienen efluentes con altas cargas de contaminantes, que causan afecciones graves tanto al agua como al suelo. Por lo que se necesita exigir a las industrias unos tratamientos previos de dichos efluentes.

6	Google Académico	Producción limpia y biorremediación para disminución de la contaminación por cromo en la industria de curtiembre	Explicar los efectos de la relación antropogénica con los recursos naturales como consecuencia de la industrialización. Así mismo, plantear los beneficios de emplear métodos biotecnológicos para la recuperación de cromo en las industrias de curtiembre.	Los métodos biotecnológicos pueden ser utilizados tanto para el tratamiento de los desechos al final del proceso como para la recuperación y reúso de los efluentes de cromo en el proceso de curtido del cuero.	La biorremediación es una alternativa biológica muy eficiente para el tratamiento y/o recuperación de sustancias tóxicas y peligrosas como el cromo, por su alta especificidad y bajo costo, y es una tecnología que va de la mano con las estrategias de PM.
7	Redalyc	Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón	Establecer el efecto de los vertimientos sobre los parámetros físicos y químicos del río Bogotá en el sector de Villapinzón.	Se aprecia un aumento significativo en la carga orgánica y una depleción del oxígeno disuelto de esta fuente.	La principal causa de contaminación del río a esa altura de la cuenca proviene de la actividad de curtiembre.
8	Dialnet Plus	Adsorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres	Evaluar la viabilidad de las aplicaciones de la cascarilla de arroz y su producto calcinado activado para la eliminación de cromo a partir de un efluente de la industria de curtiembres.	Se obtuvo una mayor remoción en el carbón que removió 72,8% de cromo, la cascarilla de arroz activada con H3PO4 que fue del 54,5% y la ceniza de cascarilla de arroz 49,2%.	Las condiciones óptimas de activación fueron: concentración del 1% p/p de NaOH, temperatura de activación de 600 °C y tiempo de activación de 30 min. Ya que logró remover 72.8%.
9	Google Académico	Remediación natural para completar la depuración del cromo (VI) en efluentes de curtiembres	Presentar las variedades que logran más captación del metal y buscar los ejemplares que mejor podrían adaptarse a la problemática de desechos de las curtiembres nacionales	La mayoría de los casos, toma bastante tiempo el proceso de eliminar el cromo por vía de los vegetales, aun así, es una buena manera de utilizar recursos naturales. En el caso de los hongos y algas es más rápido el proceso de remoción, y es relativamente fácil encontrar las cepas para cultivar.	Llegaron a concluir que pueden lograrse altos porcentajes de remoción utilizando la fitorremediación como un post tratamiento.
10	Google Académico	Reducción de DQO y cromo, y decoloración de las aguas residuales de la curtiduría por carbonos activados de los desechos agrícolas	Desarrollar el método más económico para tratar aguas residuales de curtiduría usando adsorción para decolorar los tanques con cromo y los tanques de agua con cal.	El carbón activado de aserrín redujo la DQO de las aguas residuales de CCT en un 94,8%, mientras que el carbón activado de bagazo de caña de azúcar redujo la DQO del tanque de recolección de agua de %.	El carbón activado de bagazo de caña de azúcar es más efectivo para la eliminación de cromo, mientras que todos los carbonos activados desarrollados son igualmente efectivos para la decoloración de muestras de aguas residuales de tanques de agua con cromo y tanques de agua de cal.
11	Google Académico	Estudio sobre la identificación de los componentes del agua residual de la industria del cuero y su tratamiento fotocatalítico	Encontrar información útil sobre identificación, separación y degradación fotocatalítica de compuestos orgánicos presentes en las aguas residuales de la industria del cuero.	Los resultados del análisis elemental mostraron que el calcio (62.46%), cromo (6.77%), hierro (8.8%), magnesio (3.73%), silicio (9.77%), aluminio (2.80%) y azufre (2.11%) estuvieron presentes principalmente en las aguas residuales y residuos sólidos.	La separación y purificación de los otros compuestos orgánicos presente en las aguas residuales todavía está en progreso.

12	Redalyc	Impacto generado por los vertimientos de las curtiembres en corrientes superficiales usando pruebas de toxicidad	Estimar el impacto generado por los vertimientos de la industria de curtiembres en corrientes superficiales	Indican que el vertimiento de la curtiembre presenta niveles elevados de toxicidad, superiores a 100 Unidades de Toxicidad -UT, que permiten calificarlo como "muy tóxico".	Los niveles de toxicidad hallados en el vertimiento reflejan de forma integral su condición y el efecto de éste sobre la biota acuática, complementando la información fisicoquímica del vertimiento. Las pruebas de toxicidad se constituyen en una herramienta valiosa en la evaluación integral de la contaminación causada por este sector productivo.
13	Google Académico	Gestión de residuos en curtiembres de la provincia de Salta	Identificar y cuantificar los residuos sólidos y líquidos de curtiembres de la provincia de Salta	El consumo de productos químicos para curtido vegetal fue de 725,9 kg por tonelada de piel en la Curtiembre A y de 723,7 kg en la Curtiembre B, mientras que el consumo total de reactivos para el proceso de curtido al Cromo fue de 540 kg/tnphs. Además, se determinó que la sección Curtido es la que mayor cantidad de reactivos requiere durante el procesamiento.	La Curtiembre A debería realizar la evaluación y análisis periódico de los consumos (agua, reactivos, energía). La Curtiembre B debe asumir como tarea prioritaria la evaluación del contenido de cromo de las soluciones de proceso y de descarte, y la segregación de las corrientes de residuos líquidos y sólidos.
14	Dialnet Plus	Acerca de la biotecnología ambiental	Encontrar las biotecnologías encaminadas a corregir los desequilibrios bioquímicos y que abarcan desde actuaciones directas sobre el medio ambiente	En los ciclos biogeoquímicos se desequilibran por la contaminación industrial, los cuales se pueden tratar con la implementación de biotecnologías.	Es necesario avanzar en el conocimiento a nivel molecular de la ecología microbiana y del funcionamiento de los ciclos biogeoquímicos, así como corregir las actuaciones desequilibrantes, actuales o futuras, de la biogeoquímica planetaria
15	Redalyc	Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la <i>Eichhornia crassipes</i>	Diseñar, desarrollar y evaluar un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la <i>Eichhornia crassipes</i> .	Se obtuvieron remociones de cromo por encima del 60%, y en la remoción de DBO se logró un 66%	<i>Eichhornia crassipes</i> se comprobó que es una alternativa para usarse como retenedor de metales pesados y materia orgánica, siendo fácil su implementación
16	Google Académico	Fitorremediación de las aguas residuales de la curtiduría utilizando especies de microalgas <i>Scenedesmus</i>	La fitorremediación de las aguas residuales de la curtiduría, usando <i>Scenedesmus sp.</i> aislado de un hábitat local.	La biomasa de algas durante el período de crecimiento no solo redujo la carga de contaminación de los metales pesados, sino también los nutrientes	Las aguas residuales generadas durante el proceso de bronceado azul húmedo son un medio potencial de crecimiento de biomasa del alga de prueba para la fitorremediación de sustancias tóxicas en las aguas residuales de la curtida.

17	ProQuest	Eliminación de cromo hexavalente en aguas residuales de la industria del curtido utilizando sílice de cáscara de arroz	El efecto de dosis de adsorción, tiempo de contacto y pH contra la concentración inicial de Cr (VI) en aguas residuales de la industria de la curtiduría utilizando polvo de sílice de cáscara de arroz.	Los experimentos realizados para la eliminación de Cr (VI) en aguas residuales de la industria de la curtiduría pueden estar reproduciendo la capacidad para analizar varios parámetros junto con el agua basada en Cr (VI) y las aguas residuales de la industria. El modelo de isoterma indicó que los datos de equilibrio se ajustaban bien con la isoterma de Langmuir que con la de Freundlich, debido a la mayor correlación creada entre las variables dependientes e independientes. Logrando eliminar el Cr (VI) en un 83.3 % en las aguas residuales industriales de la curtiduría	Usar polvo de sílice de cáscara de arroz se utilizó de manera efectiva para eliminar Cr (VI) en las aguas residuales industriales de la curtiduría, parece ser una alternativa económica y valiosa sobre otros métodos convencionales, debido a su fuente abundante, bajo precio y multipropósitos. y propiedades antimicrobianas.
18	Google Académico	Adsorción de cromo (Cr) de las aguas residuales de la curtiduría con adsorbente de hojas de té gastadas de bajo costo	Eliminar el cromo (Cr) de las aguas residuales de la curtiduría con adsorbente de hojas de té gastadas de bajo costo	La eliminación máxima de Cr por las hojas de té gastadas fue del 95,42%, la capacidad máxima de adsorción de Cr en los desechos de té se encontró 10,64 mg / g.	Las hojas de té gastadas son un material barato y disponible que se desecha como material de desecho de las tiendas de té a los hoteles en el medio ambiente sin ningún tratamiento que pueda convertirse en un producto valioso como adsorbente para la eliminación del cromo (Cr) de las aguas residuales de la curtiduría
19	Google Académico	Eliminación de cromo de las aguas residuales de la curtiduría con adsorbente de corteza de comino <i>Syzygium</i>	Indicar la eficiencia de eliminación de cromo del adsorbente preparado de la corteza de <i>comino Syzygium</i>	La eficiencia de eliminación de cromo se obtuvo 99.9%. La reducción en DBO, DQO y cloruro fue del 97, 94 y 56%, respectivamente.	El uso de adsorbentes indígenas de bajo costo podría ser una opción para la eliminación de cromo de las aguas residuales de la curtiduría
20	Google Académico	Estudio de las tecnologías para el tratamiento de los efluentes generados por una planta de curtiembres en Ecuador	Estudiar y revisar las distintas tecnologías para el tratamiento de las aguas residuales producidas por una industria de curtiembres	Las opciones de tratamiento consideradas fueron: tratamiento biológico de lodos activados + ozonización; lodos activados + electrólisis; reactor anaerobio UASB + ozonización y reactor anaerobio UASB + electrólisis. Los balances de masa indican que los efluentes de todos los esquemas cumplen con la normativa ambiental ecuatoriana	Considerando los siguientes factores: flexibilidad, facilidad operacional, generación de desechos, madurez de la tecnología y costos, la combinación de tratamiento anaerobio UASB + electrólisis resulta la opción con mayores ventajas

Nota: Distribución de información extraída de las investigaciones recopiladas.

Tabla 3

Características de los estudios

Tipo de investigación	Trabajos	%	Año de publicación	Trabajos	%	Base de datos	Trabajos	%
Artículo de científico	15	75	2009	1	5	Dialnet Plus	4	20
Artículo de revisión	4	20	2010	3	15	Google Académico	11	55
Tesis doctoral	1	5	2011	2	10	Microsoft Academic	1	5
			2012	4	20	ProQuest	1	5
			2013	3	15	Redalyc	2	10
			2014	1	5	Springer Link	1	5
			2015	2	10			
			2016	1	5			
			2018	1	5			
			2019	2	10			
Total	20	100	Total	20	100	Total	20	100

Nota: Distribución de la cantidad de estudios recopilados con sus respectivas características.

Tabla 4

Inducción a categorías

Categorías	Aportes
<p>Biotecnologías aplicadas en la reducción de contaminantes</p>	<p>El quitosano del exoesqueleto del camarón (<i>Litopenaus vanamei</i>) llegó a remover hasta el 45% de cromo en aguas residuales de la industria de curtiembre. Duarte, Olivero y Jaramillo (2009, p. 295)</p> <p>El uso de biotecnología y biomateriales, son beneficiosos para la remoción de los contaminantes generados en la industria de la curtiembre, aportando un cuidado en el medio ambiente y trabajadores. Chávez (2010, p.48)</p> <p>Una manera de disminuir el impacto ambiental generado en los procesos de las curtiembres artesanales, es la implementación de tecnologías. Artuz, Martínez y Morales (2011, p. 51)</p> <p>Se considera el uso de alternativas biológicas como biorremediación, biolixiviación y mecanismos microbianos, para tratar o recuperar sustancias tóxicas como el cromo, debido a su bajo costo en su implementación. Benitez (2011, p. 30)</p> <p>Determinó bajo ensayos de absorción de Cromo, en muestras de 50 ml de efluente de industria curtido que la cascarilla de arroz activada con NaOH presentó una eficiencia de 72.8%, superando al resto de absorbentes utilizados. Rodríguez, Salinas, Ríos y Vargas (2012, p. 151)</p> <p>El uso de algas, hongos, plantas tropicales e hiperacumuladoras de cromo, tienen un alto porcentaje de remoción, llegando al 100% con los hongos <i>Paecilomyces sp</i> en 3 horas, y con las plantas tropicales <i>Canna Glauca</i> y <i>Canna Indica</i> en 15 días, resaltando que en un menor tiempo las algas <i>Scenedesmus Obliquus</i> de 40 horas removieron el 92.4% Quezada y Varela (2012)</p> <p>Durante el período de crecimiento de la biomasa de algas <i>Scenedesmus sp</i>, esta disminuyó tanto la carga de los metales pesados como el de los nutrientes presentes en el agua residual de curtiembre. Ajayan, Selvaraju, Unnikannan & Sruthi. (2015)</p> <p>La utilización efectiva de polvo de sílice de cáscara de arroz para eliminar Cr (VI) en las aguas residuales industriales de la curtiduría, parece ser una alternativa económica y valiosa sobre otros métodos convencionales ya que logra eliminar el Cr (VI) en un 83.3 % en las aguas residuales industriales de la curtiduría. Además, tiene bajo precio, multipropósitos y propiedades antimicrobianas. Sivakuma (2014, p. 1).</p>

Se usa como biotecnología un biosistema de tratamiento a escala de laboratorio, con la planta acuática *Eichhornia crassipes*. debido a su afinidad para absorber cromo y materia orgánica. Sayago (2016, p.77,81)

En una investigación se usó el residuo de las bolsas de té para hacer un material absorbente de metales pesados, debido a su bajo costo en su obtención, logrando así una forma rentable para remover el cromo de las aguas residuales en las pequeñas industrias de curtiembre, evidenciando la capacidad máxima de absorción de las hojas de té fue del 95.42%. Nur-E-Alam, Mia, Ahmad, y Rahman (2018, p.129)

El uso de adsorbentes indígenas de bajo costo podría ser una opción para la eliminación de cromo de las aguas residuales de la curtiduría. Ya que se comprobó la eficiencia del absorbente de corteza de comino *Syzygium* al eliminar eficientemente el 99.9% de cromo, la reducción en DBO, DQO y cloruro fue del 97%, 94% y 56%, respectivamente. Hashem, Momen, Hasan, Nur-A-Tomal y Sheikh (2019, p.1)

Efluentes de curtido

Las aguas residuales de la industria de curtiembres contienen una gran cantidad de contaminantes como cationes de metales y sustancias orgánicas de origen animal, esto lo manifestaron cuando en sus procesos de remoción de cromo III con quitosano del exoesqueleto del camarón, encontraron un mayor porcentaje de absorción en una muestra preparada con la solución cromosal BA que en las muestras de las aguas residuales de la industria de curtiembre. Duarte, Olivero y Jaramillo (2009, p. 295)

Los cuerpos de agua sufren un impacto ambiental cuando reciben descargas de efluentes provenientes de la industria de curtido, alterando parámetros de pH, turbiedad, sólidos disueltos, conductividad, evidenciando sulfatos, nitritos y nitratos a causas del ácido sulfúrico empleado como el uso del cromo III. Suarez, Garcia y Vaca (2012, p.192)

Con un estudio sobre la propiedades fisico-químicas del agua residual de curtiembre demostró que diferentes elementos como calcio (62.46%), cromo (6.77%), hierro (8.8%), magnesio (3.73%), silicio (9.77%), aluminio (2.80%) y azufre (2.11%) estuvieron presente en su composición. S. Natarajan, K. Natarajan, Bajaj y Tayade (2013, p. 863)

En un análisis de un cuerpo acuático receptor de efluentes de la industria de curtiembre, se evidencia una elevada toxicidad, estimadas con la especie de peces *Poecilia reticulata*. propia del cuerpo acuático, lo que ocasiona estos niveles son los procesos productivos de pelambre y curtido, donde se usan sulfuros y cromo, sustancias químicas tóxicas reflejadas en los resultados del análisis. Barba, Ballesteros, Patiño y Ramírez (2013, p. 85).

Durante el análisis de dos plantas de curtido se llegó a determinar que hay un consumo por tonelada de piel de productos químicos de 723, 7 kg a 725.9 kg en un curtido vegetal, y para el curtido por cromo se usa 540 kg/tn, llegando a tener un volumen de efluente de 25.7 a 29.3 m³ /tnphs. Tejerina, Liberal, Iribarnegaray y Seghezzeo (2013, p.87)

El agua residual proveniente de industrias de curtido viene con los parámetros fisicoquímicos fuera de lo convencional como es el DBO DQO, Sulfuros, Ph, sólidos totales entre otros, esto sucede por los 4 principales procesos de la industria de curtiembre que son ribera, curtido, postcurtido, acabado. en los cuales se usa principalmente químicos. Parada, Manobanda, Tapia, Zambrano, Rennola y Castillo (2019, p. 126,127)

Nota: Categorización según variables

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De los estudios a evaluar, como podrá visualizar en la tabla 3, el 75% de los trabajos tienen como tipo de investigación artículos científicos, siguiendo por un 20% de artículos de revisión y solo el 5% de tesis doctoral. El 20% de los trabajos son publicados en el año de 2012 continuando con un 15% cada uno el 2010 y 2013, en un 10 % cada año en 2010, 2015 y 2019, con tan solo en un 5% respectivamente cada año 2009, 2014, 2016 y 2018. El 55% de los trabajos fueron extraídos de la base de datos Google Académico, con el 20% de Dialnet Plus, un 10% de Redalyc, y en 5% respectivamente de manera individual en Microsoft Academic, ProQuest, Springer Link.

Desde la perspectiva de biotecnologías aplicadas a la estabilización del medio ambiente frente a la contaminación, el estudio de Blasco y Castillo (2014, p. 1) determinan que el desarrollo e innovación de las biotecnologías está basado en los ciclos biogeoquímicos, ya que los contaminantes usualmente lo que hacen es alterar la microbiota de un ecosistema. La única manera de intervenir en la contaminación de un elemento como el agua o el suelo es extrayendo los contaminantes de este; por ello, se encontraron bastantes estudios acerca de métodos como absorbente de cromo a base de cascarilla de arroz, dándose a conocer que logra remover hasta un 72.8% de este metal pesado. (Ríos, Rodríguez, Salinas y Vargas, 2012, p. 1).

Así mismo, en el trabajo de Rangarajan y Sakunthala (2015, p. 38) la cascarilla de arroz se preparó en polvo de sílice, el cual llegó a absorber un 83.3% de cromo en los efluentes de industrias curtidoras, además aseguran que este método tiene un precio bajísimo como para implementarse en este tipo de industrias.

Ocurren muchas incidencias entre autores al afirmar los impactos negativos de los efluentes de industria de curtido en los ríos, ya que Artuz, Martínez y Morales (2011, p. 9) afirman en su trabajo de investigación que es necesario exigir a las industrias un tratamiento bajo una guía ambiental previa expulsión al medio ambiente. Así mismo, Suárez, García y Vaca (2012, p.8) establecieron los efectos físicos y químicos del vertimiento aguas residuales de curtiembres, asegurando con esto que el río analizado tiene como principal contaminante a este tipo de efluentes. Por su parte, Natarajan, Natarajan, Bajaj y Tayade (2013, p. 9) un año después reafirman la existencia de elementos químicos inorgánicos y compuestos orgánicos en el agua residual de estas industrias. Indicando que estas aguas son consideradas como altamente tóxicas superando a los límites máximos permisibles dados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (Barba, Ballesteros, Patiño y Ramírez, 2013, p. 89).

Luego de los análisis y relación que se realizó entre los artículos recopilados en la presente revisión sistemática, se pudo dar a conocer que una de las biotecnologías más efectivas a usar es la corteza de comino *Syzygium* como absorbente ya que logra eliminar el 99.9% de cromo, reducir en DBO, DQO y cloruro fue del 97%, 94% y 56%, respectivamente. La eficiencia de este método coincide con su bajo costo, siendo así en un método viable. Hashem, Momen, Hasan, Nur-A-Tomal y Sheikh (2019, p.1) Por otra parte, no se puede ignorar el estudio de Nur-E-Alam, Mia, Ahmad, y Rahman (2018, p.129) donde se usó el residuo de las bolsas de té para hacer un material absorbente de metales pesados evidenciando que la capacidad máxima de cromo fue 95.42%. Además, este material absorbente al ser un residuo tiene mayor accesibilidad económica y es bastante rentable el costo en su obtención e implementación en el caso de las pequeñas industrias de curtiembre.

Se debe tener en cuenta que las revisiones sistemáticas requieren dedicación en la extracción eficaz y comparación de trabajos de investigación, por lo tanto, se recomienda el uso de gráficos para distribuir la información de los trabajos recopilados para cada variable. Esto ayudaría a una mejor contemplación de los hallazgos de cada uno de los trabajos. También es indispensable verificar la procedencia de las investigaciones, como se puede apreciar se recopiló artículos de fuentes confiables, pero por temas de limitación económica para acceder a inscripción de ciertas revistas de investigación, no se logró tener acceso a una mayor cantidad de estudios realizados en los últimos 5 años, lo cual hubiese sido un contenido sustenoso para la realización de este trabajo. Por último, las condiciones poco favorables en las que se realizó el presente trabajo se centran en la conexión saturada a internet, debido a la sobrecarga de la red satelital usada a nivel global.

REFERENCIAS

- Ajayan, K., Selvaraju, M., Unnikannan, P., y Sruthi, P. (2015). Phycoremediation of tannery wastewater using microalgae *Scenedesmus* species. *International journal of phytoremediation*, 17(10), 907-916. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15226514.2014.989313?scroll=top&needAccess=true>
- Artuz, L., Martínez, M., y Morales, C. (2011). Las industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del río Bogotá. *Isocuanta*, 1(1). Recuperado de <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/4973/Contaminaci%F3n%20del%20r%EDo%20Bogot%E1.pdf;jsessionid=FF26F457F1925F511550D4B6B9AEDA60.jvm1?sequence=1>
- Barba, L., Ballesteros, Y., Patiño, P., y Callejas, C. (2013). Impacto generado por los vertimientos de las curtiembres en corrientes superficiales usando pruebas de toxicidad. *Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (12), 79-90. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2311/231130851008.pdf>
- Benites, N. (2011). Producción limpia y biorremediación para disminución de la contaminación por cromo en la industria de curtiembres. *Ambiente y sostenibilidad*, 1, 25-31. Recuperado de <http://revistaambiente.univalle.edu.co/index.php/ays/article/view/4335/6555>

- Duarte, R., Verbel, J., & Jaramillo, E. (2009). Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosan obtenido de desechos de camaron. *Scientia Et Technica*, 2(42), 290–295. Recuperado de <https://academic.microsoft.com/paper/1614932129/citedby/search?q=REMOCION%20DE%20CROMO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20DE%20CURTIEMBRES%20USANDO%20QUITOSAN%20OBTENIDO%20DE%20DESECHOS%20DE%20CAMARON&qe=RIId%253D1614932129&f=&orderBy=0>
- Escobar, A., Ubaque, C., & Bohórquez, M. (2012). Identificación y evaluación de la contaminación del agua por curtiembres en el municipio de Villapinzón. *Tecnura*, 16, 185-193. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/2570/257025147015.pdf>
- Hashem, M., Momen, M., Hasan, M., Nur-A-Tomal, M., & Sheikh, M. (2019). Chromium removal from tannery wastewater using *Syzygium cumini* bark adsorbent. *International journal of environmental science and technology*, 16(3), 1395–1404. Recuperado de https://www.researchgate.net/profile/Md_Abul_Hashem2/publication/325275054_Chromium_removal_from_tannery_wastewater_using_Syzygium_cumini_bark_adsorbent/links/5b0bad57aca2725783ea6bbf/Chromium-removal-from-tannery-wastewater-using-Syzygium-cumini-bark-adsorbent.pdf
- Lazo, E. (2017) Evaluación de la contaminación ambiental generada por efluentes industriales en el proceso productivo de una curtiembre de mediana capacidad del

parque industrial de Rio Seco, Arequipa. Recuperado de:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2413>

Meca, J. (2010). Cómo realizar una revisión sistemática y un meta-análisis. *Aula abierta*, 38(2), 53-64. Recuperado

de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3316651>

Morales, J. (2010). *Estudio comparativo de diferentes tecnologías de higienización de lodos de depuradora con fines para su reutilización* (Doctoral dissertation,

Universidad Politécnica de Madrid). Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=86989>

Natarajan, T., Natarajan, K., Bajaj, H., & Tayade, R. (2013). Study on identification of leather industry wastewater constituents and its photocatalytic treatment. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10(4), 855-864. Recuperado de <http://www.bioline.org.br/pdf?st13084>

Nur-E-Alam, M., Mia, M., Ahmad, F., & Rahman, M. (2018). Adsorption of chromium (Cr) from tannery wastewater using low-cost spent tea leaves adsorbent. *Applied Water Science*, 8(5), 129. Recuperado de <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13201-018-0774-y.pdf>

Pandharipande, S., Urunkar, Y., & Singh, A. (2012). Reduction of COD and chromium, and decolourisation of tannery wastewater by activated carbons from agro-wastes. Recuperado de

<http://nopr.niscair.res.in/bitstream/123456789/14293/1/JSIR%2071%287%29%20501-503.pdf>

Parada, M., Manobanda, P., Tapia, Z., Zambrano, M., Rennola, L., & Castillo, Y. (2019). Estudio de las tecnologías para el tratamiento de los efluentes generados por una planta de curtiembres en Ecuador. Recuperado de <http://erevistas.saber.ula.ve/index.php/cienciaeingenieria/article/viewFile/1511021921926207>

Pla, R., & Rodríguez, F. (2014). Acerca de la biotecnología ambiental. *arbor*, 190(768), 157. Recuperado de http://dehesa.unex.es/bitstream/handle/10662/4303/arbor_2014_768n4011.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Porras, A. (2010). Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. *Revista Ingeniería Universidad de Medellín*, 9(17), 41-49. Recuperado de <https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/869/Descripci%c3%b3n%20de%20la%20nocividad%20del%20cromo%20proveniente%20de%20la%20industria%20curtiembre%20y%20de%20las%20posibles%20formas%20de%20removerlo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Quezada, R., Varela, E., & Rosa, M. (2012). Remediación natural para completar la depuración del cromo (VI) en efluentes de curtiembres. *In Proceedings of the Quinto Congreso Deficiencia y Tecnología para Alumnos, Simposio Llevado a*

cabó en el Congreso de la Facultad Regional de Villa María, Córdoba, Argentina

(pp. 15-16). Recuperado de

http://www.edutecne.utn.edu.ar/cytaal_frmv/CyTAL_2012/TF/TF020.pdf

Rios, C., Rodríguez, Y., Salinas, L., & Vargas, L. (2012). Adsorbentes a base de

cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*,

10(1), 146-156. Recuperado de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6117725>

Sayago, U. (2016). Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de

aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*. *Revista Colombiana de*

Biotecnología, 18(2), 74-81. Recuperado de

<https://www.redalyc.org/pdf/776/77649147009.pdf>

Sivakumar, D. (2003). Hexavalent chromium removal in a tannery industry wastewater

using rice husk silica, 1 (4), 2015, 27-40. Soltan ME, and Rashed MN, Laboratory study on the survival of water hyacinth under several conditions of heavy metal

concentrations. *Adv. Environ Res*, 7, 82-91. Recuperado de

https://www.gjesm.net/article_9526_fe1e9dc2a4b00bbc247129575ba967db.pdf

Tejerina, W., Liberal, V., Iribarnegaray, M., & Seghezzi, L. (2016). Gestión de residuos

en curtiembres de la provincia de Salta. *Energías Renovables y Medio Ambiente*

(*ERMA*), 32. Recuperado de

[https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/975/Tejerina_et_al_2013_Gesti
n_de_residuos_de_curtiembres.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/975/Tejerina_et_al_2013_Gestion_de_residuos_de_curtiembres.pdf?sequence=1&isAllowed=y)