

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“BIOTECNOLOGÍAS APLICADAS EN LA
REMOCIÓN DE CROMO EN EFLUENTES PARA
INDUSTRIAS DE CURTIDO”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Ambiental

Autores:

Lilia Angelica Gutierrez Cabanillas

Sebastian Rogelio Varela Osada

Asesor:

Mg. Wilberto Effio Quezada

<https://orcid.org/0000-0003-0364-5392>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ronald Antonio Alvarado Obeso	44562630
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	Renato Miñano Mera	18130961
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	Liana Cárdenas Gutiérrez	40221041
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

DEDICATORIA

Para mi abuelita que en paz descanse, sé que te hacía ilusión verme siendo ingeniera titulada. Y a mi familia nuclear (mis padres y hermano) quienes estuvieron a mi lado apoyándome durante mi paso por la universidad, viéndome perseverar para ser profesional.

Lilia Gutierrez Cabanillas

Para mi abuelo quien me acompañó a lo largo de mi carrera con mucho optimismo, lo cual me llenaba de motivación por lograr cada vez más, su alegría y orgullo al verme terminar mi carrera, así como también sus enseñanzas que me llenaron de valores como persona y profesional que soy ahora; fuiste y serás un gran ejemplo a seguir Papa David.

También quiero dedicarles a mis padres quienes están viendo los frutos que estoy logrando cosechar debido a mi esfuerzo, y el de ellos al darme los estudios y su apoyo incondicional, a pesar que muchas veces el panorama no era el mejor ellos siempre siguieron apoyándome.

Asimismo, con mucho amor para mi hermana que es una motivación a seguir creciendo, espero ser una inspiración para ti, quien te llene de mucho orgullo y poder guiarte con bien hacia tus objetivos.

Sebastian Varela Osada

AGRADECIMIENTO

Gracias a mis padres queridos, sin ellos no hubiese sido posible lograr este grado de estudios. Asimismo, a mi abuelo Gregorio quien ha estado presente y apoyándome para lograr mis objetivos de vida.

Querido hermanito, Angel, eres mi motivación para dar lo mejor de mi cada día y esforzarme en ser una gran persona y profesional.

Finalmente, un agradecimiento especial para mi grupo de amigas incondicional de la carrera: Alejandra, Betty y Andrea, su motivación constante me ayudó a no rendirme nunca y espero haberlas inspirado para lo mismo.

Lilia Gutierrez Cabanillas

Luego de haber culminado este gran trabajo de tesis solo me queda agradecer a mi padres y hermana, ya que ustedes me dan un respaldo en mi vida, por el esfuerzo y paciencia que han tenido conmigo.

A mi abuelo quien me inculcó este camino de cuidar el medio ambiente, enseñándome lo valioso que es para nuestra existencia y el respeto que deben tener todas las especies, gracias a esto soy un profesional dedicado y comprometido con mi carrera.

Por último, agradezco a mi pareja quien me apoyado en las etapas finales de este gran proyecto de tesis, dándome su apoyo incondicional, motivándome para conseguir objetivos más grandes y ambiciosos cada día.

Sebastian Varela Osada

Tabla de contenido

JURADO CALIFICADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDO	5
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
RESUMEN	8
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	9
1.1. Realidad problemática	9
1.2. Formulación del problema	26
1.3. Objetivos	26
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	28
CAPÍTULO III: RESULTADOS	33
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	42
4.1. Discusión	42
4.2. Conclusiones	44
REFERENCIAS	46
ANEXOS	54

ÍNDICE DE TABLAS

<i>TABLA 1. IDENTIFICACIÓN DE BIOTECNOLOGÍAS APLICADAS EN LA REMOCIÓN DE CROMO Y SU EFECTIVIDAD MEDIDA POR EL PORCENTAJE DE REMOCIÓN DE CROMO.</i>	34
<i>TABLA 2. ANÁLISIS DE VENTAJAS Y DESVENTAJAS SEGÚN EL ORIGEN DE LA BIOMASA: VEGETAL, FÚNGICA Y BACTERIANA.</i>	39
<i>TABLA 3. PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA AMBIENTAL EN BASE A LA BIOTECNOLOGÍA APLICADA MÁS SOSTENIBLE PARA LAS INDUSTRIAS DE CURTIDO EN TRUJILLO.</i>	40

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 <i>RELACIÓN ENTRE LA ESPECIE DEL MATERIAL DE REMOCIÓN CON RESPECTO A LAS CONCENTRACIONES INICIALES Y FINALES DE CR DE LAS MUESTRAS TRATADAS.</i>	35
FIGURA 2 <i>DISTRIBUCIÓN DE LOS PORCENTAJES DE REMOCIÓN DE CR CON SU RESPECTIVA ESPECIE DE MATERIAL DE REMOCIÓN DEL METAL.</i>	36
FIGURA 3 <i>IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS TRATADAS QUE CUMPLEN CON LOS VALORES MÁXIMOS ADMISIBLES (VMA) DE CONCENTRACIÓN DE CROMO SEGÚN LA ESPECIE DE MATERIAL BIOLÓGICO CON EL QUE SE TRATÓ.</i>	37
FIGURA 4 <i>DISTRIBUCIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL BIOLÓGICO SEGÚN LA ESPECIE DE PLANTA, HONGO Y BACTERIA A UTILIZAR EN LA BIOTECNOLOGÍA PARA REMOVER CROMO.</i>	38

RESUMEN

Las industrias de curtido significan por un lado desarrollo económico y por otro, impactos en el medio ambiente, uno de los elementos de la carga contaminante es el cromo, que daña los efluentes sin que las empresas hagan esfuerzos por darle un tratamiento adecuado, por ello, es necesario evaluar las biotecnologías de absorción/adsorción aplicadas en la remoción de cromo en efluentes para industrias de curtido, para ello se analizará la biotecnología más efectiva con respecto al porcentaje de remoción de cromo del efluente de industria de curtido tratado, haciendo una comparación de las diversas tecnologías aplicadas en la remoción de cromo en efluentes para industrias de curtido con respecto a la normativa ambiental nacional y se realizará propuesta ambiental en base a la biotecnología aplicada más sostenible para las industrias de curtido en Trujillo. La presente investigación, es cualitativa, no experimental-transversal, descriptiva y utiliza el método hermenéutico. Concluimos que el 100% de las 17 biotecnologías identificadas en estudios de los últimos 10 años, llegan a remover más del 50% de cromo del efluente tratado, siendo la más efectiva la que usa un biofiltro a base de alga roja, por lo que está incluida en la propuesta planteada en esta investigación.

PALABRAS CLAVES: tecnología ambiental, efluentes, remoción de cromo.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las industrias de curtido son una fuente representativa en el ámbito económico para el desarrollo de muchas ciudades y naciones, pero lamentablemente los efluentes de estas industrias contienen una gran carga de contaminantes, entre ellos tenemos a la materia orgánica, los sulfatos y en especial al cromo (Ramírez & Benítez, 2013). Sabiendo esto, la mayoría de las empresas no se hacen cargo del tratamiento adecuado de sus efluentes, ya que prefieren evitar fuertes inversiones en tecnologías para un tratamiento previo al vertimiento de contaminantes a los cuerpos de agua. Para lo cual, existen normativas donde se limitan las concentraciones de los contaminantes, especialmente del cromo por tener un alto grado de toxicidad para los ecosistemas e individuos afectados tanto directa como indirectamente (Baca, 2018, p. 39).

En distintas partes del mundo se pudo ver cómo los impactos negativos en el ambiente, provocados por el cromo, son estudiados para encontrar los tratamientos más viables y así remover este metal pesado de los efluentes de curtido. Según el estudio de Chávez (2010, p. 3) las estas industrias utilizan sales de cromo para curtir las pieles y entre mayor cantidad usen, de mejor calidad será el producto. Por ello, Tejerina, Liberal, Iribarnegaray y Seghezzeo (2013, p. 87) propusieron tomar medidas preventivas y de solución en disminuir la concentración de cromo en efluentes, usando biotecnologías que permitan disponer los efluentes sin causar impactos negativos además de que tengan un bajo costo para el fácil acceso de las industrias.

De esta manera, gracias a que se empezó a prestar atención a las medidas ambientales, según Pardo (2016, p. 17) en España la legislación comenzó a exigir a las empresas de curtido el uso de tecnologías limpias para el tratamiento de sus efluentes. Así

mismo, se resalta la importancia económica que considera la permanencia de la industria curtiembre en muchos países como en Bangladesh donde Hashem, Momen, Hasan, Nur-A-Tomal y Sheikh (2018, p. 3) afirman que se puede lograr un tratamiento económico de efluentes a partir de insumos naturales.

Por otra parte, en Sudamérica se vive una realidad distinta, ya que, los países latinos aún están experimentando con respecto a la implementación de biotecnologías aplicadas para el tratamiento de efluentes en industrias de curtido. Dichas industrias en países como Colombia siguen afectando negativamente a los humedales producto de la irresponsabilidad por parte de muchas empresas que no cuentan con un tratamiento adecuado para sus efluentes cargados, en su mayoría, de cromo y materia orgánica (Carreño, 2016, p. 2). El mismo problema se evidencia en Argentina, donde las curtiembres tampoco se hacen cargo de un aproximado de dos millones de metros cúbicos diarios de efluentes vertidos en la cuenca Matanza-Riachuelo (Cortizo et al., 2015, p. 2).

La situación nacional es bastante delicada no solo por la inconsciencia de las industrias, sino también por la ausencia de fiscalización ambiental que permite la infracción de las leyes ambientales. Creando así, cierta inconformidad por parte de los pequeños agricultores en zonas del país como Arequipa, donde las curtiembres contaminan con cromo las fuentes de agua utilizadas por estas personas para ejercer su actividad económica (Ito y Madariaga, 2019, p. 3). Por otra parte, según Siccha (2014, p. 7) en su investigación afirma que, en Lima no existe control alguno de los efluentes contaminados con dosis altas de cromo los cuales son expulsados a las cuencas hidrográficas.

Sin duda alguna, una de las localidades más afectadas por la contaminación de industrias de curtido es Trujillo. Esto se debe a que solo en el distrito de Trujillo existen aproximadamente 120 curtiembres, de las cuales se sabe que solo 25 son formales, y las demás tienen la libertad de verter sus desechos al río Moche (Ravello, 2017, p. 11). Por ello,

al no tener exigencias por parte del estado, es que la mayoría de empresas no tienen implementada alguna tecnología limpia para el tratamiento adecuado de sus efluentes; provocando así, un gran daño a la población local y ecosistemas. (Castañeda, 2018, p. 10)

Dentro de los ecosistemas más afectados se encuentra la cuenca del río Moche, la cual no cuenta con un Consejo de Cuencas para que realice monitoreos y verifique el cumplimiento de la Ley de Recursos Hídricos N° 29338. La cual, va de la mano con la normativa del Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE, donde se plasma el límite máximo permisible de efluentes para aguas superficiales de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre (Cr total - 2.5 mg/L--- Cr V I-0.3 mg/L), mientras que para alcantarillado y aguas superficiales de las actividades en curso de los subsectores curtiembre y papel (Cr total - 5 mg/L--- Cr VI-0.5 mg/L).

De acuerdo a la realidad a nivel mundial y nacional plasmada en las investigaciones, los perjuicios al medio ambiente provocados por los efluentes de curtiembres son una preocupación constante. Por ello, las investigaciones proponen contrarrestar estos daños en los ecosistemas utilizando biotecnologías para reducir el cromo en dichos efluentes, las cuales no son muy costosas con la finalidad de motivar a los empresarios a tratar sus efluentes antes de expulsarlos a los ecosistemas. De esta manera, la presente investigación propone el análisis y elaboración de una propuesta ambiental para que los efluentes cumplan con la normativa ambiental (D.S. N°003-2002-PRODUCE); garantizando una adecuada gestión ambiental de las actividades económicas como lo es la industria de curtiembre (D.S. N° 017-2015-PRODUCE).

Buscando mayor información respecto al uso de biotecnologías aplicadas en la remoción de cromo en efluentes para industrias de curtido, elaboramos nuestros antecedentes en el cual se especifican distintas biotecnologías.

En países asiáticos como la India donde una de sus principales actividades económicas es la industria textil, teniendo esta una relación directa con las industrias de curtiembre, crean la necesidad de controlar los impactos ambientales generados por estas. Una forma de mitigación es a través de las biotecnologías, como en el estudio de Ajayan, Selvaraju, Unnikannan y Sruthi. (2015) “Fitorremediación de aguas residuales de tenerías utilizando especies de microalgas *Scenedesmus*” quienes como objetivo implementaron la fitorremediación con algas *Scenedesmus sp* aislado de un hábitat local para ser cultivado en efluentes de curtiembre, en condiciones de laboratorio, logrando disminuir la carga de metales pesados. Evidenciando que estos disminuían cuando se produce un crecimiento de la biomasa llegando a reducir entre 81.2% y 96 % el cromo, debido a que el agua residual del curtido con agua azul permite el crecimiento de una densa población de microalga *Scenedesmus sp*.

La aplicación de biotecnologías lleva a que los investigadores busquen alternativas rentables, por eso Sivakuma (2014) en su artículo de “Eliminación de cromo hexavalente en aguas residuales de la industria curtiduría utilizando sílice de cáscara de arroz” el cual se centró en investigar el efecto de dosis de adsorción, tiempo de contacto y pH frente a la inicial concentración de Cr (VI) en aguas residuales de una industria de curtidos utilizando polvo de sílice de cáscara de arroz. utilizó el polvo de sílice proveniente de la cáscara de arroz aplicando el método de adsorción conjuntamente trabajaron los datos experimentales con los Modelos de isotermas de Langmuir y Freundlich. Obteniendo como resultados una contracción de cromo (VI) de 292 mg/L en aguas residuales de curtiembre, determinando que la concentración óptima del absorbente es 15 g/L, con un tiempo de contacto de 150 min y pH de 4, demostrando 88.3% como el porcentaje máximo de eliminación del cromo.

Otra propuesta fue dada por d-E-Alam, Mía, Ahmad, y Rahman (2018) “Adsorción de cromo (Cr) de aguas residuales de tenerías utilizando adsorbente de hojas de té gastadas”

quienes usaron el residuo de bolsas de té para obtener un absorbente que pueda remover el cromo de los efluentes de curtiembre, al igual que la investigación anterior buscaron la cantidad de absorbente, pH y tiempo de contacto óptimo para poder eliminar el cromo, en este caso fueron 14g/L de absorbente, un pH de 10 y un tiempo de contacto de 60 minutos a 150 minutos, evidenciando así un porcentaje de absorción de 95.42% de cromo en los efluentes.

La investigación de Hashem, Momen, Hasan, Nur-A-Tomal y Sheikh (2019) sobre “Eliminación de cromo de las aguas residuales de tenerías utilizando adsorbente de corteza de *Syzygium cumini*” buscando identificar la eficacia de eliminación de cromo del adsorbente preparado de la corteza de *Syzygium cumini*, lograron realizar absorbentes indígenas de bajo costo para la eliminación del cromo producido en los efluentes de la industria de curtido, basándose en la eficiencia de la corteza de comino *Syzygium* como absorbente. Para este proceso se usó 3 gramos de absorbente en 75 ml de muestra de efluente durante 15 minutos, logrando una eliminación de cromo a un 99.9% de eficacia, mostrando que el uso de absorbentes a base de corteza de *Syzygium cumini* podría ser una opción para la remoción de cromo de las aguas residuales de las curtidurías.

Por su parte, Saranraj, Stella, Reetha y Mythili (2010) hicieron un estudio en la “Bioadsorción de *Enterococcus casseliflavus* resistente al cromo aislado de efluentes de tenerías” aislaron la cepa de *Enterococcus casseliflavus* con la finalidad de evaluar su resistencia que esta tiene al cromo y por supuesto hallar la cantidad de cromo que puede absorber en el efluente de curtiduría. Para ello, se recolectaron efluentes de la industria del cuero en Ambur en el distrito de Vellore, la muestra se recogió después del tratamiento primario en la industria del cuero. La cepa en estudio, logró demostrar un alto nivel de resistencia al cromo, adecuando el medio a un pH neutro de 7.0 a 7.5 y con una temperatura

de 35 °C a 45 °C. Obteniendo de esa forma la absorción máxima del cromo en efluentes de la industria de curtiembre.

En américa podemos evidenciar investigaciones experimentales en el uso de biotecnologías para la remoción del cromo en efluentes de la industria de curtiembre, las cuales encuentran pertinente su uso, ya que trae beneficios económicos y sin dar como resultado subproductos tóxicos. Por ello, Benitez (2011) considera el uso de alternativas biológicas como biorremediación y biolixiviación utilizando microorganismos, para tratar o recuperar sustancias tóxicas como el cromo, debido a su bajo costo en su implementación así como también a su efectividad demostrada en la eficiencia del 84 al 98% que tienen microorganismos como el *Bacillus sp* y *Staphylococcus capitis*.

La investigación de Duarte, Olivero y Jaramillo (2009) titulada "Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosano obtenido de desechos de camarón" presentan la síntesis de quitosano a partir del exoesqueleto del camarón *Litopenaus vanamei* y su uso como adsorbente, realización de este proceso mediante la aplicación de 0.2g de quitosano de camarón como bioabsorbente en la remoción de cromo en 50 ml de efluentes de curtiembre con una concentración inicial de 240-260 mg/L, encontrando un porcentaje aceptable en remoción de un 45% adecuando el medio a un pH de 4 agregando acetato de sodio y un tiempo de contacto entre 45 a 60 minutos. Encontrando una relación inversamente proporcional en el aumento de la concentración inicial de cromo con una disminución proceso de absorción.

Ciertamente se busca el uso de materiales naturales que sean renovables los cuales nos permitan cuidar el medio ambiente, por ello Quezada y Varela (2012) publican "Remediación natural para completar la depuración del cromo (VI) en efluentes de curtiembres" donde realizan un análisis comparativo entre vegetales usados en la fitorremediación, experimentan con posibles formas de absorción aplicando algas, plantas

tropicales hiperacumuladoras de cromo y hongos, obteniendo porcentajes de remoción de cromo en 100% a 30%, usando niveles de cromo inicial de 10 mg/L a 21000 mg/L, y tiempos de contacto desde 3 horas a 21 días. Destacando el uso del hongo *Paecilomyces sp.* por su corto tiempo de contacto de 3h llegando a remover el 100% de una muestra inicial con nivel de cromo en 1000 mg/L. Especificando que contar con sistemas de fitorremediación, son aplicaciones eficaces y de bajo costo para la industria de la curtiembre.

Por su lado, Arias Vinueza (2017), desarrolla en Quito la investigación “Análisis de remoción de cromo por acción de la microalga *Chlorella sp.* Inmovilizada en perlas de Alginato”, para evaluar la capacidad de remoción de *Chlorella sp.*, se produjo biomasa de la misma en botellas de 500mL de capacidad con 3 mL/L de fertilizante foliar Nitrofoska, a temperatura ambiente durante ocho semanas, exponiéndolas 12 horas a la luz y 12 horas a la oscuridad, posteriormente se la introdujo en uno de los tratamientos estudiados para la remoción de cromo. Se concluye que a nivel de laboratorio el nivel de crecimiento de la *Chlorella sp.* Depende de la exposición a la luz y la capacidad de remoción en el tratamiento con perlas de alginato que contenían *Chlorella sp.* es de 56,40% frente al 51,40% del tratamiento sin la microalga; por ello, sería efectivo utilizar este tratamiento.

Pabón y Rosas (2016) “Determinación de la eficiencia de adsorción de la cáscara de café y cáscara de papa en la remoción de Cr (VI) presente en aguas residuales provenientes de una curtiembre de Pandiaco” de donde buscan determinar la eficiencia de las cascaras mencionadas, en dicho proceso de remoción en los efluentes de curtiembre, en el cual usaron cáscara de café y papa activada por KOH para la absorción de cromo residual en efluentes de curtiembre, para ello elaboraron una solución sintética 135 ppm de cromo, la cual se asemeja a los efluentes producidos en las industrias de curtiembre, añadiendo entre 1g a 2g de absorbente activado con un tamaño de 0.5 mm a 0.8mm por un periodo de 4 horas. Obteniendo en el uso de la cáscara de café y papa un promedio en el porcentaje de absorción

de 99.23 - 98.15% respectivamente. Concluyendo que, si respetan las condiciones descritas anteriormente, el carbón activado sería considerado óptimo como biotecnología.

En el mismo año, Carreño en su investigación “Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*” resalta la alta contaminación que significa el sector de curtiembres para los ecosistemas y el Jacinto de Agua o *Eichhornia crassipes* como una alternativa de solución a los contaminantes químicos, por su capacidad de transformar materia orgánica y acumular metales pesados en su morfología (Carreño, 2016). En el diseño en concreto, se aisló la planta en un humedal fuera de Bogotá, utilizando un tipo cuantitativa, diseño experimental; se concluye que a pesar de ser viable por la abundancia de *Eichhornia crassipes*, es una alternativa que no cumple con la norma 631, por lo que debe ser potenciada con otro tratamiento.

El estudio denominado “Diseño y validación de un sistema de adsorción de cromo hexavalente en efluentes de curtiembre usando cáscara de naranja y salvado de trigo”, publicado en el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, Monroy Ávila (2021), emplea el diseño experimental 2k con dos variables: pH de 3 niveles (1, 3 y 5) y tipo de adsorbente con dos niveles (cáscara de naranja y salvado de trigo) y factores constantes como agua residual, diámetro del adsorbente, tiempo de mezcla y velocidad en la agitación, con la finalidad de evaluar la potencialidad de remoción de la cascara de naranja y el salvado de trigo en un solución acuosa y aguas residuales de curtiembre, para diseñar un sistema de implementación en dicha industria. Se concluye que la cáscara de naranja en agua sintética muestra su punto más óptimo, mientras que en aguas residuales su valor disminuye por la cantidad de sustancias en aguas de curtido y el salvado de trigo muestra remoción óptima en el pH 3, por lo que es viable implementar este sistema de bioadsorción en procesos unitarios del curtido de pieles, mientras que en la cuenca alta y media del río Bogotá, es un complemento.

Podemos encontrar en el Perú una serie de investigaciones aplicando biotecnología para la remoción de cromo en efluentes de la industria de curtiembre, en el departamento de Arequipa encontramos estudios que buscan la reducción de cromo con hongos, como el de Zapana (2018) “Biorremediación de efluentes de curtiembres mediante hongos aislados del parque industrial de Rio Seco (PIRS) – Arequipa, en condiciones de biorreactor tipo AIRLIFT” donde evaluaron la capacidad de biorremediación, en el cual utilizan un biorreactor tipo airlift a escala de laboratorio con dos cepas fúngicas tolerantes a Cr+6, logrando disminuir la concentración del cromo hexavalente entre 3.41 mg/L a 2.02 mg/L en un tiempo de 96 horas a 120 horas respectivamente, con *Penicillium citrinu* en el efluente, determinado 79.8% de porcentaje de biorremoción para el cromo. Considerando a la cepa como candidata prometedora para la eliminación de Cr (VI) de efluentes de curtiembres.

También aplican en este tratamiento productos locales de fácil acceso, Ito y Madariaga (2018) “Tratamiento por adsorción con *Petroselinum crispum* (perejil) activado para la reducción de riesgos químicos en el efluente de la etapa de curtido en la Industria de Cuero FECA S.R.L. Arequipa 2018” opta por desarrollar un tratamiento con *Petroselinum crispum* (perejil) activado para absorber la concentración de cromo total en un periodo de 24 horas, para ello se trabajó con una muestra del efluente de la industria de curtido, la cual su concentración fue inicialmente de 2069 mg/L en un pH de 6.38 y se añadió 15 gramos de adsorbente, obteniendo una concentración final de cromo total de 101,5 mg/L equivalente 95.5% de porcentaje de absorción. El *Petroselinum crispum* demuestra eficiencia como adsorbente de cromo total del efluente de la etapa de curtido.

Otra investigación que se basa en el uso de productos locales o de fácil acceso para bioabsorber el cromo de los efluentes de curtido, es Miranda (2017) “Biosorción de cromo Cr (VI) de soluciones acuosas por la biomasa residual de hojas de eucalipto (*Globulus labill*)” enfocados en evaluar la capacidad de absorción de cromo VI con hojas residuales de

eucalipto, con el método de absorción en sistemas de lecho discontinuo batch, encontrando beneficioso aprovechar las hojas de desecho de eucalipto *Globulus labill* en el proceso de absorción el cual fue de 30 minutos, a una agitación de 200 rpm y una temperatura de 25°C, utilizando 3g/L de efluente en un pH de 3 lograron bioabsorber el 90.88% del cromo presente. Por lo cual, se propone el uso del residuo de hojas de desecho del árbol de eucalipto (*Globulus labill*), para la remoción de Cr (VI) de aguas residuales.

En Lima, encontramos investigaciones novedosas para disminuir el impacto que tiene el cromo en los efluentes de las industrias de curtiembre, tenemos a Córdova (2014) “Minimización de emisiones de cromo en el proceso de curtido, por uso de acomplejantes y basificantes de cromo y tratamiento de efluentes” con el uso de acomplejantes y basificantes de cromo, en el proceso de curtido aumenta la fijación del cromo en el cuero en el 58.5% hasta 98.1% mejorando la calidad del cuero, a su vez reduce la demanda del cromo en un 8% y 5%, haciendo disminución de la concentración del cromo total en el efluente de 2000 mg/L a 100 mg/L, logrando que los efluentes del proceso de curtido sean de mayor facilidad al tratar.

Dos años después, Lagos (2016) propone en su estudio “Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local”, lo cual era mucho más viable al ser la borra de café un desecho que no requiere una preparación engorrosa para ser el adsorbente de cromo. Durante la etapa experimental se determinó que logró remover 94.1% de una muestra de efluente de curtiembre a una concentración de 2462 ppm. Lamentablemente, en las conclusiones se recomienda combinar las muestras de los efluentes con precipitaciones de cromo previo tratamiento con la borra de café; de esta manera se puede asegurar que las concentraciones bajen a tal punto que cumplan con los VMA.

Por otra parte, Siccha (2014) presentó "Diseño de un biofiltro a base del alga roja cochayuyo (*Chondracanthus Chamissoi*) para la remoción de cromo de efluentes de la

industria del curtido" donde su objetivo fue diseñar un biofiltro a base de alga eficaz para la remoción de cromo en efluentes de la industria del curtido. la realización un acondicionamiento del alga roja *Chondracanthus Chamissoi* (Cochayuyo) desmineralizándola, se secó en una estufa a 65 °C, para posteriormente ser molida, permitiendo así absorber el cromo de los efluentes generados por la industria de curtiembre. Trabajando en un medio de pH 6 con un tiempo de contacto de 130 minutos. Permitiendo que el alga logre absorber 107.5 mg de cromo por cada gramo usado de ella. Con la finalidad de prevenir las afecciones en la salud humana que trae la contaminación de aguas por cromo.

En Trujillo contamos con una amplia gama de investigadores en busca de la absorción de cromo hexavalente altamente tóxico en efluentes de la industria de curtiembre, Miranda (2017) “Efecto de diferentes concentraciones de *Pseudomonas sp* en la biorreducción de cromo VI en agua residual de curtiembre de la provincia de Trujillo, 2017” donde evaluaron el efecto de diferentes concentraciones de *Pseudomonas sp* en la biorreducción de cromo VI, aplicando *Pseudomonas sp*. en 3 tratamientos con diferentes contracciones de absorbentes 3×10^{-8} , 3×10^{-6} y 3×10^{-4} , en un pH neutro, para biorremediar en una muestra inicial con una contracción de cromo total de 1.6147 mg/L, obteniendo concentraciones finales de cromo total en 0.2486 mg/L, 0.2327 mg/L y 0.2326 mg/L. La reducción del cromo no fue significativa y la más representativa fue la del primer tratamiento.

Inclinándose por el uso de materiales de origen biológico como es la coronta de *Zea mays*, Quiroz y Sanchez (2018) presentaron la investigación “Efecto del peso y granulometría del carbón activado de coronta de *Zea mays* en la adsorción de cromo del efluente de curtido - curtiembre Cuenca, Trujillo” determinando el efecto del peso y la granulometría de carbón activado de coronta de *Zea mays* en la adsorción de cromo. Para encontrar esta relación fue a través de un método experimental donde la concentración inicial

de cromo en el efluente fue de 1631.25 ppm, y los pesos usados del absorbente fueron de 0.5 g, 1.0 g, 1.5 g, con granulometrías de 40 y 60, donde mostró mayor eficacia el peso de 1.5 g con una granulometría de 60 llegando a un porcentaje de absorción de 77.50 %. Afirmando que el peso y granulometría del carbón activado de coronta de *Zea mays* si influye en la capacidad de adsorción de cromo.

Ramírez (2016) “Efecto del pH y el tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* en adsorción de cromo del efluente de curtiembre “Chimú SAC”-Trujillo 2016” buscan la relación del pH y el tamaño de partícula de *Chondracanthus chamissoi* en adsorción de cromo del efluente de curtiembre, la cual presentó una concentración inicial de 209 ppm, logrando determinar las mejores condiciones para el pH y tamaño de partícula fueron respectivamente de 3 y 0.250 mm, estas condiciones permitieron que el porcentaje de absorción sea de 56.33%, permitiendo emplear este tipo de biomasa como una opción para el tratamiento de aguas residuales con concentraciones de cromo.

Otra investigación que estudia la relación de las variables mencionadas anteriormente es la de Baca (2018) “Influencia del pH y granulometría de la cáscara de *citrus sinensis* (naranja) en la bioadsorción de cromo en efluente de etapa de curtido, curtiembre ecológica del norte” el cual usa la cáscara de *Citrus sinensis* (naranja) como absorbente en un pH de 4 y granulometría 0.250 mm, logrando un porcentaje de absorción de 45.35%. Comprobando que el alga seca y triturada, como a su vez el pH igual a 4 influyen positivamente en la adsorción de cromo, sin embargo, la cascara de *Citrus Sinesis* deja de ser eficiente a grandes concentraciones de cromo donde inicialmente es de 6.240 ppm.

Silva (2011) “Estudia el rol de ecotecnologías, tecnologías limpias y tratamiento en el control de la contaminación generada por las curtiembres de Trujillo-Perú”, encuentra que el cromo es uno de los componentes más contaminantes en el efluente de curtiembre, y que la implementación de ecotecnologías son beneficiosas en el aspecto económico, por ello,

implementar un diseño de una planta de tratamiento de efluentes con biofiltros en cada curtiembre, provocaría una reducción de los contaminantes en 50%, siendo beneficioso para el medio ambiente permitiendo que la industria cumpla los VMA establecidos, sin ninguna complicación.

A continuación, se considera importante desarrollar ciertos conceptos a utilizar en la realización de la presente investigación, esto nos permitirá fundamentar e interpretar los resultados obtenidos mediante una discusión apoyada en documentación científica. De esta manera iniciamos describiendo la terminología “biotecnologías”, la cual el Ministerio del ambiente (2012, p. 51) la define como toda tecnología que usa organismos vivos o sistemas biológicos, para la modificación de procesos específicos; así mismo, Renneberg (2019, p. 116) habla sobre la biotecnología blanca o industrial en Alemania, haciendo referencia que es una herramienta que usa material renovable que nos permite cuidar la naturaleza y a su vez hace eficiente el proceso industrial. También podemos encontrar que es el uso de una tecnología a base de organismos vivos con la propiedad de absorber y/o acumular cromo en él, como por ejemplo Porras (2010, p. 47) en su estudio propone el uso de hongos acidófilos adaptando su medio, permitiendo al hongo la absorción del cromo.

En los estudios analizados encontramos 2 métodos predominantes, la primera es la absorción que según MINAM (2016, p. 3) es un proceso por el que una sustancia tóxica atraviesa las membranas de las células de un organismo, llegando acumularse en él, para posteriormente ser tratado. Y la segunda se denomina adsorción que según Muñoz, Urbina y Urbina (2010, p. 4) es una tecnología aplicada para la remoción de metales pesados como el cromo, donde su proceso se basa en el uso de materiales metabólicamente inactivos comúnmente son biomasa de algas, bacterias, hongos, estos para la separación del metal de los efluentes y posteriormente recuperarlo.

Las bacterias se pueden implementar en biotecnologías como la biorremediación donde, según Reinoso (2018, p. 45) las bacterias son la opción más viable para la eliminación de contaminantes como los metales pesados; la gran mayoría de estas bacterias son mesófilas, alcalitolerantes y halófilas, las cuales pueden ser utilizadas como biotecnología con una herramienta de taxonomía polifásica.

Por otra parte, otro organismo vivo utilizado son las plantas, de las cuales no todas pueden ser óptimas para remoción de cromo, esto lo explican Covarrubias y Peña (2017, p. 11) indicando que las plantas reaccionan fisiológicamente diferente al ser expuestas a metal pesado, clasificándose en 3 tipos: las excluyentes acumulan inferiormente el metal respecto a la concentración del medio, las indicadoras realizan la acumulación en el tejido aéreo guardando una relación de concentración con el medio, y las acumuladoras donde la concentración que logran retener un concentración mayor a la del medio. Gracias esta clasificación podemos elegir una planta adecuada para la remoción cromo dependiendo de la concentración del cromo presente en el medio y la capacidad de fijación de iones del metal en la planta.

En el caso de los hongos, estos seres vivos tienen una predominancia de crecer en el suelo, de los cuales, algunas especies de hongos tienen un próspero desarrollo en lugares contaminados por cromo según evidencia el estudio de Gutierrez et al. (2010); esto se sustenta en que los hongos muestran resistencia al ion, debido a que poseen mecanismos activos o pasivos para la remoción, esto les permite interactuar con el cromo en diferentes niveles, desde la pared celular, periplasma y la membrana plasmática, hasta el citoplasma y organelos celulares, toda esta interacción se realiza a través de la homeostasis entre la incorporación, expulsión y captura del metal. Por esta razón muchos buscan desarrollar biotecnologías para el tratamiento de efluentes industriales y para la biorremediación de sitios contaminados.

La biofiltración según Garzon, Buelna y Moeller (2012, p. 154) se describe como un proceso que puede tratar fluidos líquidos como lo son los efluentes de curtido, a base de materiales orgánicos que aportan microorganismos capaces de biodegradar y convertirlas en CO_2 , N_2 y H_2O . Existen factores que influyen en la efectividad de una biotecnología como esta, por ejemplo, el material que se emplea para una biotecnología es de origen biológico como son las algas, hongos, bacterias y plantas la cuales se caracterizan por tener una gran cantidad de biomasa. Según Miranda (2017, p. 24) estos tienen características como porosidad, tamaño de partícula y fuerza iónica para la unión de los contaminantes como el cromo.

Otro factor sería el pH, del cual Lara (2008, p. 68) habla específicamente de la influencia sumamente importante que tienen los niveles de pH en el proceso de acción de una biotecnología como es la bioabsorción, ya que este influye directamente en la química del material empleado para remover un contaminante. Así como también, considerar el tiempo que se demora en absorber un contaminante; según Lara (2010, p. 66), es cuando el material que se emplea en dicho proceso llega a su máximo punto de saturación del contaminante (Cromo), siendo el mayor porcentaje de absorción sucede en los primeros 15 a 20 minutos, obteniendo hasta un 80% de la absorción en el tiempo mencionado.

El cromo se define como un elemento metálico de la tabla periódica, el cual, según Molina, Aguilar y Cordovez (2010) se puede encontrar en la naturaleza como cromo, cromo trivalente, cromo hexavalente. Asimismo, Huamán y Martínez (2019, p. 16) consideran que el cromo se puede encontrar en un medio acuoso comúnmente en cromo trivalente y hexavalente, este último es muy perjudicial para la salud y el medio ambiente. Por ello, para nosotros el porcentaje de absorción dependerá directamente de la concentración inicial del contaminante “cromo”, y de la concentración final que queremos

llegar, en este caso la meta es llegar a estar dentro de los Valores Máximos Admisibles (VMA) establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.

Por su parte, Esparza y Gambo (2001, p. 51) plantean que el cromo es esencial para las personas en una dosificación específica en su estado de oxidación III a diferencia del cromo hexavalente, el cual es tóxico y cancerígeno. La Oficina de Evaluación de Peligros para la Salud Ambiental (2016, p. 1) publicó que el cromo hexavalente se produce por la actividad industrial usualmente en el curtido de cuero, siendo la forma más tóxica o nociva del cromo. Normalmente este metal pesado “cromo” se encuentra en los efluente o aguas residuales, las cuales son generadas por alguna actividad afirma el MINAM (2012, p. 68) diciendo que estas llegan al ambiente, posteriormente de haber sido medidas con los Límites Máximo Permisibles. También se afirma esto en el trabajo de Fernández (2013, p. 15-16) diciendo que los efluentes pueden ser sólidos gaseosos y líquidos, estos últimos son sinónimos de aguas residuales, y estos provienen de los procesos de una actividad industrial usualmente.

La actividad industrial de curtido tiene un gran consumo de agua en sus procesos, provocando una producción de aguas residuales o efluentes proporcional a su consumo, estos efluentes llegan a tener una concentración elevada de cromo, siendo nocivo para el ambiente. Para Esparza y Gambo (2001, p. 58) el ingreso de estos efluentes disminuye la capacidad de uso para consumo humano del agua, y a la biodiversidad acuática por la pérdida del oxígeno disuelto en el medio.

En la industria de curtiembre se estabiliza el colágeno de la piel animal mediante agentes curtientes obteniendo así el cuero. Benítez (2011, p. 27) comenta que esta técnica es ancestral y se viene repitiendo a lo largo de los años, en el proceso se usa grandes cantidades de agua en sus distintas etapas. Los procesos de curtido usualmente se dividen en 3 etapas

ribera, curtido y acabado, esto según la Guía de Practicas Limpias: Industria de Curtiembres, esta guía aún está vigente a la fecha. MITINCI (1999, p. 11)

La etapa de ribera está constituida por 4 operaciones esenciales, el remojo donde se hidrata el cuero en tanques rotativos, en la depilación se retira el pelaje del cuero y se entumece las fibras para facilitar el proceso, esto se lleva a cabo con sulfuro de sodio y cal hidratada, en esta operación sus aguas residuales son las más concentradas de todas. Por consiguiente, tenemos el descarne donde se retiran toda clase de tejidos al cuero, por último, la división mediante maquinas se separa la piel hinchada y depilada.

En la etapa de curtido, solo se trabajan 3 operaciones: en primer lugar, está el descalcinado y purga que se desarrolla en tanques rotativos permitiendo reducir la alcalinidad, así como también retirar el sulfuro y cal del cuero; luego se realiza el piquelado donde evitan el hinchamiento y fijan las sales de cromo en el cuero. Finalmente, está el curtido, donde las pieles se convierten resilientes a la putrefacción, el cual puede ser Vegetal o Mineral, usando también sales de cromo y aluminio sintético acompañado de formol o quinona.

Última etapa de acabado del curtido buscamos que las vaquetas reciban un acabado más perfecto, bajo una serie de operaciones como el prensado para retirar la humedad y mantener la uniformidad, el rebajamiento con el fin de obtener el espesor necesario para la industrialización, la neutralización los cueros, el recurtido para los cueros que tuvieron un curtido mineral y sintético, el blanqueado quitando el ácido presente, evitando así las manchas en el cuero, el entintado, el engrase para suavizar el cuero y el secado luego de haber entintado. Estas etapas específicamente la de curtido genera una gran cantidad de contaminación ambiental el MINAM (2012, p. 61) lo define como la acción del hombre de introducir contaminantes al ambiente en cantidades o concentraciones que superan la máxima permitida del cuerpo receptor. Una de las formas tóxicas de contaminación ambiental es la de metales pesados Delgado, Barrenetxea, Serrano, Blanco y Vidal (2004, p.

88) mencionan que estos provienen de una dilución, generando partículas en suspensión o trazas que con el tiempo se van sedimentando en el ambiente receptor afectando a la biodiversidad.

Las aguas superficiales múltiples veces son usadas como receptores de efluentes industriales, lo cuales tienen que ser monitoreados bajo los Valores Máximos Admisibles referenciales de su sector, para que las concentraciones de sustancias tóxicas no generen una contaminación ambiental; llegando a generar solamente impactos ambientales leves. Vásquez y González (2009, p. 50) observan que anteriormente, estas se ubicaban en zonas con proximidad a fuentes de agua, no solo para el consumo, sino también con la función de sumidero para sus efluentes. Los impactos ambientales pueden ser Según MINAM (2012, p. 80) positivos o negativos, siendo la consecuencia de la ejecución de un proyecto.

1.2. Formulación del problema

Ciertamente, el impacto negativo producido por la nocividad del cromo nos obliga a desarrollar metodologías como la de Esparza y Gambo (2001, p. 51), donde se remueven los complejos no iónicos y aniónicos menos activos del complejo de cromo comercial, considerándose una biotecnología tanto sencilla como poco costosa. Es así como se ha podido encontrar distintos métodos de biotecnologías para la remoción del cromo; por ello, la presente investigación plantea como pregunta ¿Cuáles son las biotecnologías de absorción/adsorción en la remoción de cromo en efluentes de industrias de curtido?

1.3. Objetivos

Es evidente que existe una variedad de biotecnologías para la remoción de cromo en los efluentes de curtido, las cuales pueden aprovecharse en nuestra región, donde la industria de curtiembre es una de las principales actividades económicas. Por lo tanto, la presente tesis tiene como objetivo principal evaluar las biotecnologías de absorción/adsorción aplicadas en la remoción de cromo en efluentes para industrias de curtido.

Para lo cual se desarrollará por medio de los siguientes objetivos específicos:

Analizar la biotecnología de absorción/adsorción más efectiva con respecto al porcentaje de remoción de cromo del efluente de industria de curtido tratado, comparar las diversas tecnologías aplicadas en la remoción de cromo en efluentes para industrias de curtido con respecto a la normativa ambiental nacional y por último, realizar una propuesta ambiental en base a la biotecnología aplicada más sostenible para las industrias de curtido en Trujillo.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

Se considera una investigación cualitativa cuando se recolecta y analiza datos ya existentes para realizar nuevas hipótesis e interpretaciones relacionales de estos, resaltando que el planteamiento del problema no es tan exacto como el cuantitativo que tiene resultados más concisos (Fernández y Baptista, 2014). Por lo tanto, la presente investigación se encuentra dentro del enfoque cualitativo al utilizar la revisión de documentos para compararlos y obtener resultados que respondan a los objetivos de la investigación.

El diseño de una investigación no experimental se define, según Behar (2008), como aquella que no tiene la intención de modificar a sus variables, solo recoge información de ellas observándolas en su estado natural, con la finalidad de responder la pregunta de investigación planteada tras ver los hechos donde se encuentran las variables. Así mismo, es de corte transversal o también llamada transeccional al caracterizarse por tener un periodo de tiempo único para la recolección de información de las variable y hechos necesarios para analizar y concluir un estudio. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.154) Debido a la conceptualización de estos diseños, podemos calificar a este estudio como una investigación no experimental-transversal.

Por otra parte, la investigación se clasifica como descriptiva, ya que Hernández (2018, p. 94) la determina como búsqueda de información para establecer características de estudios recopilados o grupos determinados. Estas características permiten medir de forma cualitativa mediante gráficos, tablas y métodos estadísticos, para así dar a conocer características de nuestros datos recopilados. Por ello, en este estudio se recopiló y analizó información de investigaciones propiamente realizadas por distintos autores, a través de una base de datos electrónica como lo es Google académico, revistas científicas y repositorios institucionales. De esta manera, se pudo desarrollar nuestros objetivos planteados en base a las variables y pregunta de investigación.

Población y muestra

El concepto de población refiere a un grupo de individuos a estudiar, estos pueden ser personas u objetos que posean características en común y de los cuales se extraerá datos determinados afines con la investigación (López, 2004, p. 70). En la presente investigación tenemos una población determinada y conformada por los trabajos científicos sobre tratamientos de efluentes de curtido que aplican remoción para cromo.

Según López (2004), una muestra es una cantidad representativa de la población escogida mediante distintos criterios, teniendo una relevancia clave en un estudio al disminuir esfuerzos cuando se quiere estudiar a una población. En este caso, se realizó un muestreo intencional, con la finalidad de escoger a juicio propio nuestra muestra a estudiar, definida por 17 artículos de investigación.

Para lo cual, se establecieron criterios de inclusión y exclusión para definir la muestra.

- a. **Criterio de inclusión:** Se tomó en cuenta a recopilar los trabajos que hayan sido realizado en los últimos 10 años, de esta manera garantizamos la calidad de información recopilada en nuestra base de datos a analizar; así como también, era necesario que presenten a alguna de nuestras variables entre sus palabras claves del resumen o título.
- b. **Criterio de exclusión:** Las investigaciones que no se consideraron fueron las que habían sido publicadas antes del 2010; o en su defecto, que provengan de plataformas de internet poco confiables, esto quiere decir que no se encuentren en páginas de revistas indexadas, bibliotecas virtuales o repositorios de universidades.

Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

Luego de definir nuestra muestra a estudiar por medio de los criterios de inclusión y exclusión, se desarrollan los métodos a aplicar para la recolección y análisis de datos.

En primer lugar, tenemos al **método Inductivo – Deductivo, el cual nos** permitirá hacer un razonamiento de lo general de nuestros datos hasta lo particular, logrando obtener datos que cumplen la necesidad de nuestros objetivos.

Método Hermenéutico. Consta en realizar una revisión y análisis a partir de bibliografía científica, desarrollando así un nuevo estudio (Quintana & Hermida, 2019). Gracias a estas interpretaciones de comprensión implícita que aplica este método, lograremos construir nuestros propios resultados y discusión, cumpliendo así con los objetivos planteados al inicio de la investigación.

El trabajo se llevó a cabo usando información de investigaciones realizadas, las cuales evaluamos mediante una revisión bibliográfica o análisis documental; buscando obtener de esta manera, un filtrado de investigaciones que jugaron a favor en nuestro estudio sobre el tratamiento de efluentes curtido que aplican la remoción de cromo.

Se tiene como instrumento principal una matriz de datos comparativas, la cual está enfocada en los resultados de las investigaciones realizadas en el tratamiento de efluentes de curtido que aplican remoción de cromo, dichas investigaciones obtenidas de base de datos electrónicas como ya ha sido mencionado anteriormente (Google Académico, Revistas indexadas y Repositorios académicos).

Procedimiento

Con el objetivo de identificar las biotecnologías aplicadas en remoción de cromo en efluentes de la industria de curtiembre, consideramos los factores que influyen en la remoción del cromo (pH, tiempo, concentración inicial.)

Se utilizó como primer recurso el navegador “Google Académico” para acceder a los artículos más actuales sobre el tema de biotecnologías para tratamiento de aguas de industrias de curtido contaminadas con cromo. Este navegador nos permitió el fácil acceso de artículos científicos, artículos de redacción y tesis de titulación y de postgrado, vinculándonos a las siguientes plataformas: SCielo, Redalyc, ProQuest, EBSCO, Dialnet y entre otros repositorios virtuales de universidades. Cabe resaltar que, para la realización de esta búsqueda en las plataformas, se utilizaron términos como “biotecnologías”, “remoción de cromo en efluentes”, “contaminación por industrias de curtidos” y “biotecnologías para tratamiento de efluentes”. Además, se tomó en cuenta la procedencia de los artículos para garantizar que la información sea confiable y verídica, en este caso la mayoría de las plataformas anteriormente mencionadas contienen artículos indexados.

Una vez terminada la búsqueda, se dispuso a almacenar los estudios que contaran con máximo 10 años de antigüedad, para este almacenamiento se creó una hoja de cálculo en drive. De esta manera, se aseguró la información recopilada llegando a ser un total de 23 investigaciones, de las cuales se empezó a descartar según el libre acceso a sus datos u homogeneidad de ellos.

Para ello, se consideró factible incluir a los estudios que tengan los siguientes datos:

- Ph
- Tiempo de contacto
- Porcentaje de remoción de cromo

- Cantidad del material biológico.

Finalmente, se armó una base de datos con esta recopilación de valores según su indicador, para poder comparar los valores de tal forma que se pueda determinar su eficiencia y capacidad de remoción en cada una de las biotecnologías. (ANEXO 3)

Es necesario en todo estudio asegurar la validez y confiabilidad de información, para lo cual nuestro diccionario de información fue revisado por uno de nuestros docentes de la universidad quien era experto en el tema de nuestra investigación.

Se realizó una base de datos diseñada para un estudio comparativo donde obtuvimos como resultado tablas dinámicas y gráficos que explican nuestros resultados utilizando el programa de MS Excel.

Se tuvo en cuenta el respeto de los derechos de autor de las investigaciones a recopilar, mediante citas y referenciación bibliográfica, usando el manual APA 7ma edición. Permitiéndonos así, hacer un adecuado uso de sus resultados relacionados a nuestro estudio de tratamiento de efluentes de curtido que aplican absorción de cromo.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

A continuación, se desarrollaron los resultados mediante 2 tablas y 4 figuras, las cuales se realizaron con el procesamiento de la data recopilada y filtrada a partir de 17 artículos de investigación. Asimismo, se puede visualizar en el ANEXO 3 una tabla donde se organizaron los 17 artículos científicos seleccionados como muestra para el presente estudio de carácter descriptivo.

3.1. Biotechnologías más efectivas en la remoción de cromo en efluentes para industrias de curtido.

Tabla 1.

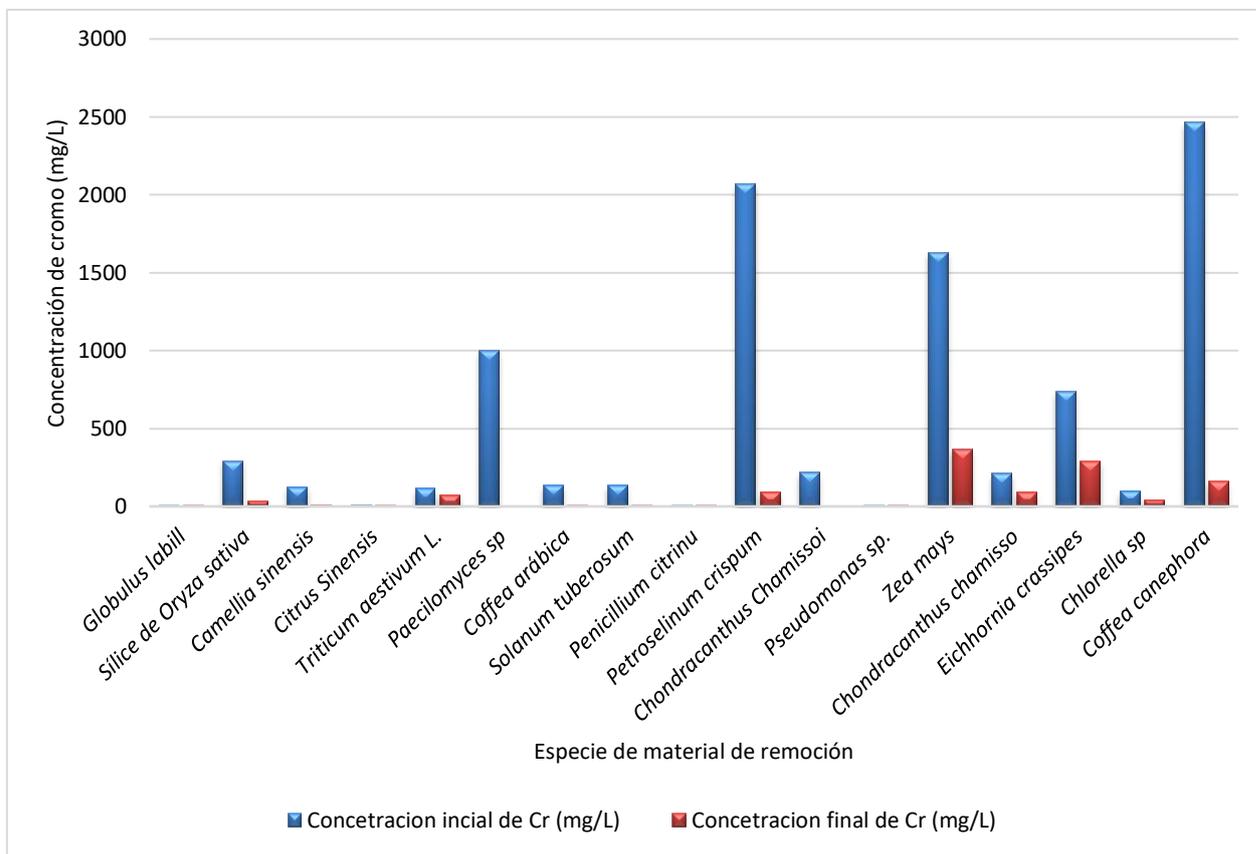
Identificación de biotechnologías aplicadas en la remoción de cromo y su efectividad medida por el porcentaje de remoción de cromo.

N°	Autor (es)	Año	Tipo de biotecnología	Especie	Cantidad de material biológico (g/L)	Concetracion inicial de Cr (mg/L)	Concetracion final de Cr (mg/L)	Porcentaje de absorción (%)
1	Miranda	2017	Adsorcion	<i>Globulus labill</i>	3	2.31	0.216	90.88
2	Sivakumar, D.	2014	Adsorcion	<i>Síllice de Oryza sativa</i>	15	292	34.164	88.3
3	Nur-E-Alam, Mia, Ahmad y Rahman	2018	Adsorcion	<i>Camellia sinensis</i>	14	126.066	5.774	95.42
4	Baca	2018	Bioadsorcion	<i>Citrus Sinensis</i>	14	6.24	3.410	45.35
5	Monroy, Echevarría y Gómez	2021	Adsorción	<i>Triticum aestivum L.</i>	10	112.8	71.064	37
6	Quezada y Varela	2012	Remocion o Depuracion	<i>Paecilomyces sp</i>	1	1000	0	100
7	Pabón y Rosas	2016	Adsorcion	<i>Coffea arábica</i>	2	135	1.039	99.23
8	Pabón y Rosas	2016	Adsorcion	<i>Solanum tuberosum</i>	2	135	2.498	98.15
9	Zapana	2018	Biorreactor	<i>Penicillium citrinu</i>	1	3.41	0.689	79.8
10	Ito y Madariaga	2019	Adsorcion	<i>Petroselinum crispum</i>	15	2069	93.105	95.5
11	Siccha	2014	Biofiltro	<i>Chondracanthus Chamissoi</i>	2	215	0	100
12	Miranda	2017	Biorreduccion	<i>Pseudomonas sp.</i>	3.7	1.615	0.233	85.59
13	Quiroz y Sanchez	2018	Adsorcion con carbon activado	<i>Zea mays</i>	1.5	1631.25	367.031	77.5
14	Ramirez	2016	Adsorcion	<i>Chondracanthus chamisso</i>	4	209	91.270	56.33
15	Carreño	2016	Remocion o Retencion	<i>Eichhornia crassipes</i>	4.54	740	288.6	61
16	Arias Vinueza	2017	Adsorción	<i>Chlorella sp</i>	40	100	40	60
17	Lagos	2016	Bioadsorción	<i>Coffea canephora</i>	8.3	2462	158	94.1

Nota. Esta tabla presenta las investigaciones recopiladas relacionando el tipo de biotecnología y su efectividad en remoción de cromo.

Figura 1

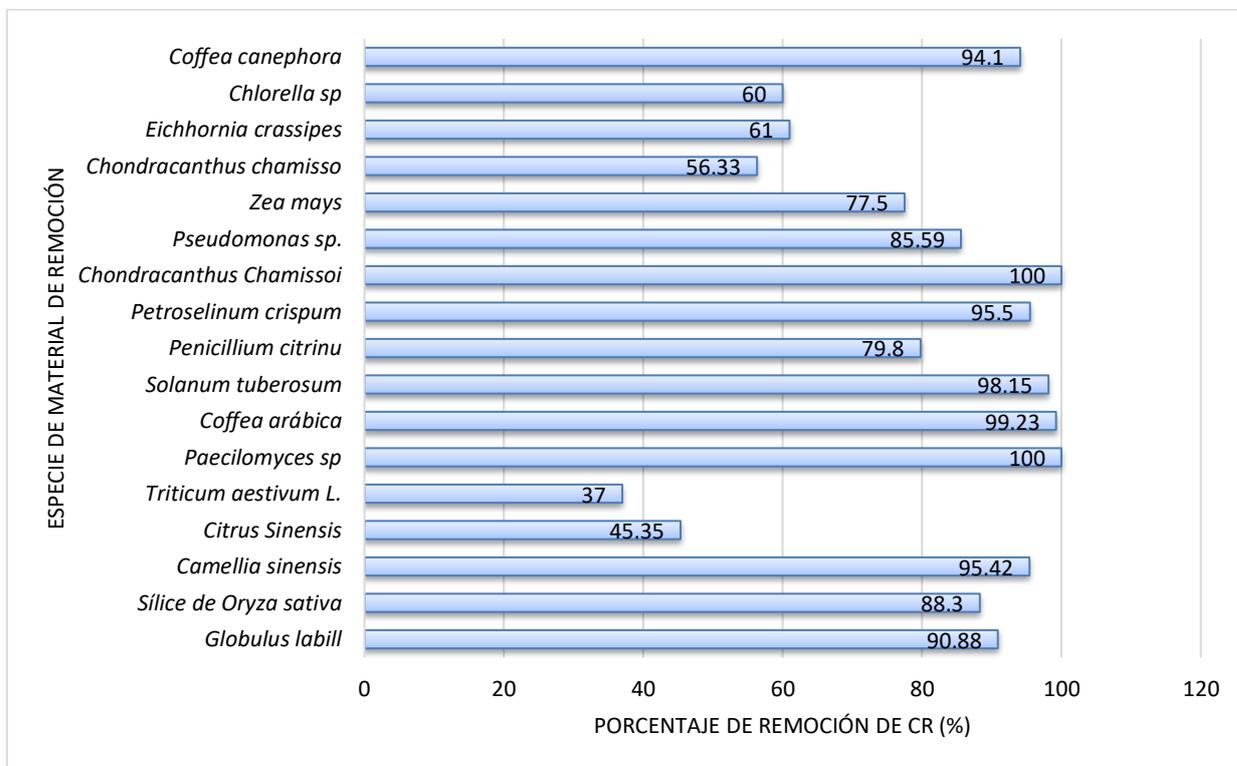
Relación entre la especie del material de remoción con respecto a las concentraciones iniciales y finales de Cr de las muestras tratadas.



Nota. El gráfico de barras representa la diferencia que hay entre las concentraciones iniciales y finales de Cr de las muestras tratadas de acuerdo a su material de remoción respectivamente. Elaboración propia.

Figura 2

Distribución de los porcentajes de remoción de Cr con su respectiva especie de material de remoción del metal.

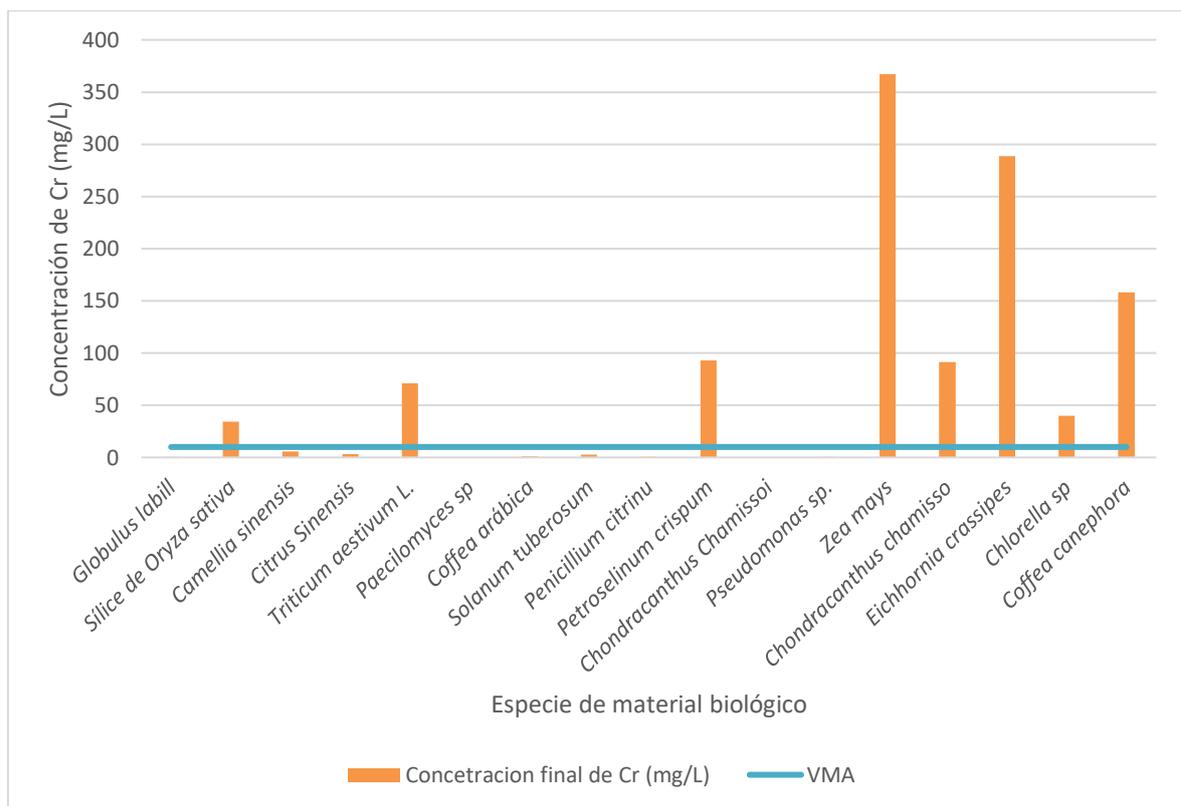


Nota. Se interpreta y compara el porcentaje de remoción según las distintas especies utilizadas como material de remoción de Cr. Elaboración propia.

3.2. Evaluación de los beneficios de las distintas biotecnologías aplicadas en la remoción de cromo.

Figura 3

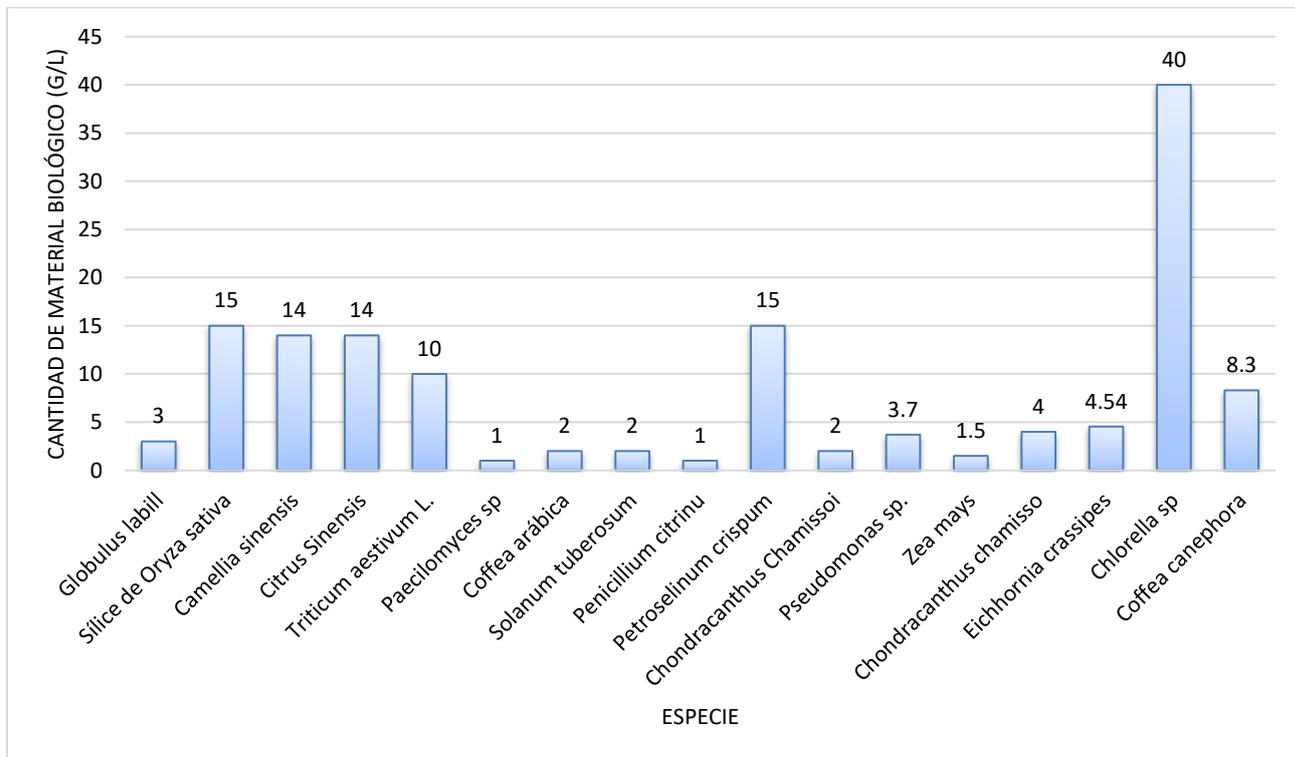
Identificación de las muestras tratadas que cumplen con los Valores Máximos Admisibles (VMA) de concentración de cromo según la especie de material biológico con el que se trató.



Nota. Según el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA el VMA de concentración de Cr total en los efluentes de una industria antes de ser expulsados al ambiente no debe exceder de los 10 mg/L, por ello la presente gráfica representa que, de los 16 métodos con distintas especies, 7 de estas no cumplen con la remoción de cromo necesaria según ley ambiental peruana. Elaboración propia.

Figura 4

Distribución de la cantidad de material biológico según la especie de planta, hongo y bacteria a utilizar en la biotecnología para remover cromo.



Nota. El gráfico de barras representa las cantidades de material biológico que se utilizaron con cada una de las especies en sus respectivos estudios, de esta manera se referencia el gasto invertido según la cantidad utilizada y al reino que pertenece cada especie.

Elaboración propia.

Tabla 2.

Análisis de ventajas y desventajas según el origen de la biomasa: vegetal, fúngica y bacteriana.

Tipos de biomasa	Ventajas	Desventajas
Biomasa Vegetal	<ul style="list-style-type: none"> - La preparación de la biomasa tiene procesos físicos sencillos los cuales no necesita aparatos específicos para los procedimientos. - La mayoría de biomasa son elaboradas a partir de residuos de plantas como las hojas residuales de eucalipto, borra de café, entre otras; por defecto se tienen costos reducidos. - El tiempo de contacto necesario para la remoción de Cromo es mucho menos a comparación de la biomasa fúngica y bacteriana. 	<ul style="list-style-type: none"> - De los 14 estudios analizados, 9 de ellos no presentan ensayos con concentraciones de Cr total, solo Cromo (VI) de máximo 5 mg/L de concentración. - Encontrar un tratamiento para la biomasa vegetal una vez adsorbido el metal pesado.
Biomasa Fúngica	<ul style="list-style-type: none"> - La especie <i>Penicillium citrinu</i> es considerada una excelente alternativa de biomasa para la extracción de Cr+6 en aguas contaminadas por dicho metal. 	<ul style="list-style-type: none"> - El proceso del crecimiento de la cantidad de <i>Penicillium citrinu</i> necesario para el tratamiento demora 6 días. - Los plazos para realizar el tratamiento deben ser amplios porque se requiere determinar la tolerancia de la cepa fúngica con respecto a las concentraciones de Cr en las cuales sobrevive, es decir, tienen un límite de concentración a las cuales las distintas cepas fúngicas pueden estar expuestas
Biomasa bacteriana	<p>Tiene altas posibilidades de funcionar a escala industrial gracias a la efectividad de las bacterias en la biorreducción de cromo, ya que su única variable a trabajar serían las dimensiones de los bioreactores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Al tratarse de un proceso biológico, el tiempo de contacto de la biomasa bacteriana necesita hasta 40 veces más de tiempo que la biomasa vegetal. - Los tratamientos con biomasa bacteriana necesitan un ambiente donde se pueda tener un seguimiento continuo de pH y temperatura debido a que deben mantenerse en valores donde puedan sobrevivir y suplir su función.

Nota. La presente tabla comparativa pretende rescatar las ventajas y desventajas de las biomasa vegetal, bacteriana y fungi establecidas según los estudios recopilados.

3.3. Propuesta ambiental

Tabla 3.

Planteamiento de la propuesta ambiental en base a la biotecnología aplicada más sostenible para las industrias de curtido en Trujillo.

PROPUESTA AMBIENTAL PARA MITIGAR CONTAMINACIÓN POR CROMO EN LA INDUSTRIA CURTIEMBRE, TRUJILLO 2020.
Título del proyecto: Aplicación de biotecnología absorbente usando <i>Chondracanthus chamissoi</i> para la reducción de cromo en efluentes de curtido.
Objetivo General: Proponer la aplicación de biotecnología absorbente usando <i>Chondracanthus chamissoi</i> para la reducción de cromo en efluentes de curtido.
Alcance: Se espera implementar la biotecnología en una industria curtidora que se encuentre en Trujillo.
Plan de acción: <ul style="list-style-type: none">• Presentación de la propuesta.• Identificar los recursos para la propuesta.• Definir equipo de trabajo para la propuesta• Evaluar la tecnología de su PTAR para disminución de cromo.• Definir el máximo caudal efluentes producido por industria de curtiembre.• Monitoreo inicial de las concentraciones de cromo en los efluentes, según los parámetros establecidos en el D.S N° 010-2019-VIVIENDA.• Instalar la biotecnología absorbente usando <i>Chondracanthus chamissoi</i> mediante un biofiltro.

- Monitoreo final de las concentraciones de cromo en los efluentes, según los Valores Máximos Admisibles establecidos en el Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.
- Elaboración de plan de monitoreo de concentraciones de cromo en los efluentes
- Mantenimiento de la biotecnología
- Implementar contenedores para residuos peligrosos
- Disposición de las algas rojas (*Chondracanthus chamissoi*) con presencia de cromo

Conclusiones:

- **La implementación de una biotecnología absorbente usando *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido, es factible debido a su bajo costo, fácil acceso y efectividad de remoción.**

Recomendaciones:

- **Calcular el caudal preciso que se va a tratar con la biotecnología**
- **Evaluar las condiciones del entorno donde se desarrollará el proyecto**

Nota. La tabla es un resumen de la propuesta presentada en el ANEXO 4.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Diversos estudios de biotecnología con respecto a la remoción de cromo en ambientes contaminados resaltan las especies de biomasa vegetal más importantes como: *Sílice de Oryza sativa*, *Petroselinum crispum*, *Zea Mays* y *Chondracanthus Chamissoi*. Estos estudios confirman la efectividad y viabilidad de las biotecnologías debido a que lograron remover más del 75% de cromo del efluente tal y como se muestra en la Figura 2.

Una de las investigaciones que más resaltó según se observa en la figura 2 y 3, fue la de Siccha (2014) donde hicieron uso del alga roja *Chondracanthus Chamissoi* como un potencial absorbente de cromo, logrando remover en un 100% la carga de cromo; asimismo se resalta el tipo de biotecnología, ya que al ser biofiltración Garzon, Buelna y Moeller (2012, p. 154) en su estudio hallaron que la eficiencia de remoción oscila entre 90 y 99% no solo para disminuir parámetros como metales pesados sino también del DBO y DQO del agua tratada. De esta manera ambos autores afirman que luego del tratamiento del efluente, el agua tratada puede ser reutilizada para riego de áreas verdes o recarga de mantos freáticos.

En la tabla 1 se puede observar que se realizó otra investigación con la misma alga roja 2 años después, en la cual Ramírez (2016) trabajó con la partícula de *Chondracanthus Chamissoi* al encontrar evidencia que fundamenta la presencia de grupos funcionales con elevada densidad eléctrica (alginatos y fucoidanos), los cuales le otorgan la capacidad de absorber cationes de metales pesados a estas plantas marinas; reafirmando así, que esta biotecnología se puede considerar de alta efectividad. Por su parte, Siccha (2014) especificó la importancia de seguir realizando ensayos con estas algas, ya que se requiere trabajar a mayores concentraciones del metal pesado.

Ciertamente, la efectividad a gran escala que tiene el alga roja *Chondracanthus Chamissoi* permite su fácil implementación como biotecnología; aún así el trabajo de Ito y

Madariaga (2019) utilizando *Petroselinum crispum* propone todo un campo de estudio nuevo con esta especie vegetal, al resaltar en la Figura 1 que en 1440 minutos logró remover 1975.895ppm de Cromo, siendo la biomasa con mayor cantidad de concentración de Cromo en remover de las 17 investigaciones.

En la tabla 2 donde se comparan los 3 tipos de biomasa identificados, se puede distinguir que el trabajo con bacterias es el que se considera con mayor desventaja; aun así, Miranda (2019) exhorta a continuar las investigaciones usando la bacteria *Pseudomonas sp*, ya que muestra resultados viables para una aplicación a nivel industrial, proponiéndose hacer pruebas en biorreactores para un mejor manejo de variables como la agitación y temperatura, lo cual ayudaría a aprovechar mejor las enzimas solubles cromo reductasas que esta especie de bacteria tiene en su citoplasma para reducir el Cr en los cuerpos de agua (Reinoso, 2018).

En el caso de las biotecnologías vegetales, Pabón y Rosas (2016) buscaron el aprovechamiento de residuos, permitiendo así la sostenibilidad en su implementación. Asimismo, Duarte, Olivero y Jaramillo (2019) plasman en su investigación la responsabilidad que se tiene con el medio ambiente al obtener biomasa a partir de un residuo vegetal para el tratamiento de efluentes.

Por otra parte, se destacó también a la biomasa a partir del hongo *Paecilomyces sp* que logró remover el 100% de cromo de la muestra, es decir 1000ppm, Quezada y Varela (2012) explican que se haya una velocidad redox aumentando la temperatura de la muestra en exposición al hongo, de esta manera en tan solo 3 horas se logra remover el 1000ppm de Cr a 50°C. Esta especie de hongo es considerada por ello una de las más aptas para tratar aguas residuales de curtido, con el único detalle de que este hongo si no es tratado con cuidado puede atentar contra la salud humana. Unos años después, Zapana (2018) en su estudio confirma el cuidado que se debe tener al trabajar con cepas fúngicas, determinando su tolerancia a las concentraciones de Cr, así como también realizando los tratamientos en

biorreactores donde se pueda controlar las condiciones de los hongos, ciertamente esto involucra tener un presupuesto más alto en equipos y personal perenne para el seguimiento correcto de un tratamiento con hongos.

4.2. Conclusiones

En la presente investigación se identificó las siguientes biotecnologías: Adsorción, remoción o depuración, reducción y biofiltro; de los cuales 16 estudios llegan a remover más del 50% de cromo de la muestra tratada, por lo tanto se resaltan las siguientes biomásas pertenecientes al reino vegetal: *Sílíce de Oryza Sativa* que logra remover 257.836 ppm de Cr (88.3%), *Paecilomyces sp* removiendo 1000ppm (100%), *Petroselinum crispum* con 1975.895ppm (95.5%) de Cr removido, *Zea Mays* logra adsorber 1264.219 (77.5%) y *Chondracanthus Chamissoi* removiendo 215ppm (100%).

La tecnología más efectiva es la que utiliza biofiltro a base de alga roja (*Chondracanthus Chamissoi*), se justifica que no solo es por la cantidad de cromo que elimina, ya que llegó a remover el 100% de cromo, sino también por su bajo costo expuesto en la propuesta ambiental que planteamos. En este caso, gracias al fácil acceso de obtención de esta alga en Trujillo, es que consideramos la aplicación de esta biotecnología en la industria de curtido local; donde encontramos a una de las industrias zapateras más grandes del país, esto genera un alza en la producción de cuero, creando la necesidad de industrias curtidoras.

La relación entre la especie utilizada para tratar efluentes y concentración de cromo que debe tener el efluente, indica que no todas las especies toleran las mismas cantidades de concentraciones de cromo. Por ello, se determina que los vegetales son los más aptos para trabajar con concentraciones altas de cromo; asimismo, se confirma que el trabajo con las especies de plantas requiere menos presupuesto, a diferencia de los hongos y bacterias.

Con respecto a la propuesta ambiental que se plantea en el ANEXO 4, tal y como se mencionó anteriormente, se realizó un planteamiento a partir de la tecnología con biofiltro a base de alga roja (*Chondracanthus Chamissoi*), esto se debe a su alta efectividad y bajo costo además de ser viable para adaptar en una PTAR en una planta industrial.

Las limitaciones que surgieron durante el desarrollo de la investigación, en su mayoría tienen coincidencia con la escasa información libre que sea confiable acerca del tema. Se encontró varios estudios actuales a los cuales no se pudo tener acceso al informe, donde reside la información necesaria para la comparación y utilización en los resultados del presente estudio. Por ello, se consideró la elaboración de una propuesta ambiental a partir de las investigaciones recopiladas con la finalidad aportar y generar conocimientos para estudios experimentales sobre el tema.

REFERENCIAS

- Abril Díaz, N., Bárcena Ruiz, J. A., Fernández Reyes, E., Galván Cejudo, A., Jorrín Novo, J., Peinado Peinado, J., Toribio Meléndez-Valdés, F. y Túnez Fiñana, I. (s.f.) *Espectrofotometría: Espectros de absorción y cuantificación colorimétrica de biomoléculas.* https://www.uco.es/dptos/bioquimica-biol-mol/pdfs/08_ESPECTROFOTOMETRIA.pdf
- Ajayan, K., Selvaraju, M., Unnikannan, P., & Sruthi, P. (2015). Phycoremediation of tannery wastewater using microalgae *Scenedesmus* species. *International journal of phytoremediation*, 2015(1), 907-916
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15226514.2014.989313?scroll=t&needAccess=true>
- Artuz, L., Martínez, M., & Morales, C. (2011). *Las industrias curtiembres y su incidencia en la contaminación del río Bogotá. Isocuenta* [Archivo PDF] <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/4973/Contaminaci%F3n%20%20%20del%20r%EDo%20Bogot%E1.pdf;jsessionid=FF26F457F1925F511550D4%20%20%20%20%20%20%20%20%20%20B6B9AEDA60.jvm1?sequence=1>
- Baca, J. (2018). *Influencia del Ph y Granulometría de la Cáscara de Citrus Sinensis (Naranja) en la Bioadsorción de Cromo en Efluente de Etapa de Curtido, Curtiembre Ecológica del Norte.* [Tesis de Pregrado, Universidad César Vallejo] [baca_mj.pdf](#) (ucv.edu.pe)
- Barcellos, L. (2010). *Modelos de gestión aplicados a la sostenibilidad empresarial.* [Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona] http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/35386/2/LBP_TESIS.pdf
- Benites, N. (2011). Producción limpia y biorremediación para disminución de la contaminación por cromo en la industria de curtiembres. *Ambiente y Sostenibilidad.*

Revista del Doctorado Interinstitucional en Ciencias Ambientales, 2011 (1): 25-31.

<https://revistaambiente.univalle.edu.co/index.php/ays/article/view/4335/6555>

Cao, R. (2008). Estadística aplicada [Diapositiva PowerPoint]

<http://dm.udc.es/profesores/ricardo/Archivos/Presentaciones.pdf>

Castañeda, C. (2018). *Efecto del hidróxido de sodio en la remoción de cromo del efluente de la etapa de curtido-curtiembre Cuenca, Trujillo*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]

[https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32882/casta%
c3%ble da_cc.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1aGRmuAW7Gqmi9dT0PH8n
o9pH2m9lW-fR6QsHU8YZ0a3LRmDEeqUYv9EA](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32882/casta%c3%ble da_cc.pdf?sequence=1&isAllowed=y&fbclid=IwAR1aGRmuAW7Gqmi9dT0PH8no9pH2m9lW-fR6QsHU8YZ0a3LRmDEeqUYv9EA)

Córdova, H. (2014). *Minimización de emisiones de cromo en el proceso de curtido, por uso de complejantes y basificantes de cromo y tratamiento de efluentes*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina]

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1902>

Corona, J. (2016). Apuntes sobre métodos de investigación. *Medisur* 14(1), 81-83.

<http://scielo.sld.cu/pdf/ms/v14n1/ms16114.pdf>

Covarrubias, S., Peña Cabrales. J. (2017) Contaminación ambiental por metales pesados en México: Problemática y estrategias de fitorremediación. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 33, 7-21.

[https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.es
p01.01](https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.es p01.01)

Duarte, R., Verbel, J., & Jaramillo, E. (2009). Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosan obtenido de desechos de camarón. *Scientia Et Technica*, 2(42), 290-295.

<https://academic.microsoft.com/paper/1614932129/citedby/search?q=REMOCI>

%C3%93N%20DE%20CROMO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20D
E%20CURTIEMBRES%20USANDO%20QUITOSAN%20OBTENIDO%20D
E%20DESECHOS%20DE%20CAMARON&qe=RIId%253D1614932129&f=&
orderBy=0

Esparza, E., Gamboa, N. (2001). Contaminación debida a la Industria Curtiembre. *Revista de química*, 15(1), 41-63.

<http://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/4756/4757>

Fernández, A. (2013). *Recuperación de ácido láctico de efluentes de industria láctea*. [Disertación Doctoral, Universidad Argentina de la Empresa].

<https://repositorio.uade.edu.ar/xmlui/bitstream/handle/123456789/2505/Fernandez%09%20AG%09pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García,H., Corredor,A., Calderón, L., y Gómez, M. (2013). *Análisis costo beneficio de energías renovables no convencionales en Colombia*. [Archivo PDF].

https://repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/331/Repor_Octubre_2%09013_G%09arcia_et_al.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Garzón-Zúñiga, M., Buelna, G. y Moeller-Chávez, G. (2012). La biofiltración sobre materiales orgánicos, nueva tecnología sustentable para tratar agua residual en pequeñas comunidades e industrias. *Tecnología y ciencias del agua*, 3(3), 153-161.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-24222012000300011

Gutierrez-Corona, J., Espino Saldaña, A., Coreño-Alonso, A., Acevedo-Aguilar, F., Reyna López, G., Fernandez, F., Tomasini, A., Wrobel, K., Wrobel, K. (2010). Mecanismos de interacción con cromo y aplicaciones biotecnológicas en hongos. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y algal* 1(1): 47-63.

[https://www.researchgate.net/publication/268576943_Mecanismos_de_interaccion
con_cromo_y_aplicaciones_biotecnologicas_en_hongos](https://www.researchgate.net/publication/268576943_Mecanismos_de_interaccion_con_cromo_y_aplicaciones_biotecnologicas_en_hongos)

Hashem, M., Momen, M., Hasan, M., Nur-A-Tomal, M., y Sheikh, M. (2019). Chromium removal from tannery wastewater using *Syzygium cumini* bark adsorbent. *International journal of environmental science and technology*, 16(3), 1395-1404. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13762-018-1714-y>

Hernández, R., Torres, C. (2018). *Metodología de la investigación (Vol. 4)*. McGraw-Hill Interamericana. México.

Huamán Ramos, J., Martínez Mendoza, L. (2019). *Influencia del tiempo de residencia en la remoción de cromo hexavalente con chlorophyta sensu lato en drenaje ácido de mina*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte] [https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23089/Huaman%20Ramos%20Jorge%20-%20Mart%
c3%adnez%20Mendoza%20Luis%20Alberto.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/23089/Huaman%20Ramos%20Jorge%20-%20Mart%c3%adnez%20Mendoza%20Luis%20Alberto.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Ito, L., & Madariaga, M. (2019). *Tratamiento por absorción con petroselinum crispum (perejil) activado para la reducción de riesgos químicos en el efluente de la etapa de curtido en la industria de cuero Feca SRL Arequipa 2018*. [Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica del Perú] [https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/1834/Laura%20Ito_M
iguel%20Madariaga_Tesis_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/1834/Laura%20Ito_Miguel%20Madariaga_Tesis_Titulo%20Profesional_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Lagos Araujo, L. (2016). *Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local*. [Tesis de pregrado, Pontificia Universidad Católica del Perú]. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/6727/LA>

[GOS LESLY BIOADSORCION CROMO CAFE CURTIEMBRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://glosario.mta.gob.pe/glosario/terminos-sitios-contaminados)

La República (30 de diciembre del 2017). *Negocios pagan más de S/1 millón por mal uso de sistema de alcantarillado*. <https://larepublica.pe/economia/2019/12/30/negocios-pagan-mas-de-s1-millon-por-mal-uso-de-sistema-de-alcantarillado/>

Lara, M. (2008). *Caracterización y aplicación de biomasa residual a la eliminación de metales pesados*. [Tesis doctoral, Universidad de Granada]. <https://digibug.ugr.es/bitstream/handle/10481/1906/17514629.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

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*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín Arequipa]. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/2413>

Ministerio del Ambiente (2012). *Glosario de Términos para la Gestión ambiental peruana*. <http://siar.minam.gob.pe/puno/sites/default/files/archivos/public/docs/504.pdf>

Ministerio del Ambiente (2016). *Glosario de Términos “Sitios contaminados”*. <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/12048/2016-05-30-Conceptos-propuesta-Glosario.pdf>

Miranda, K. (2019). *Efecto de diferentes concentraciones de Pseudomonas sp en la biorreducción de cromo VI en agua residual de curtiembre de la provincia de Trujillo, 2017*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Santa]. <http://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/UNS/3200/48895.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Miranda, N. (2017). *Biosorción de cromo Cr (VI) de soluciones acuosas por la biomasa residual de hojas de eucalipto (Globulus labill)*. [Tesis doctoral, Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/8747/Norberto_Sixto_Mira%09mda_Zea.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Molina, N., Aguilar, P., Cordovez, C. (2010). Plomo, cromo III y cromo VI y sus efectos sobre la salud humana. *Ciencia y Tecnología para la salud visual y ocular*, 8(1), 77-88.
<https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1058&context=svo>
- Monroy-Avila, F., Echevarría- Pedraza, M., Gómez-Aguilar, D. (2020). Diseño y validación de un sistema de adsorción de cromo hexavalente en efluentes de curtiembre usando cáscara de naranja y salvado de trigo. *Tecnología y ciencias del agua* 3(1).
<http://revistatyca.org.mx/index.php/tyca/article/view/2284/2317>
- Muñoz, A., Urbina, C., Urbina, E. (2010). Estudio cinético de la remoción de cromo hexavalente y de cromo total por la corteza del árbol de pirul. *Revista cubana de química*, 22(3), 3-8. <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543720001.pdf>
- Nur-E-A., Abu Sayid, 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. <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s13201-018-0774-y.pdf>
- Pabón, J., Rosas, W. (2016). *Determinación de la eficiencia de adsorción de la cáscara de café y cáscara de papa en la remoción de Cr (VI) presente en aguas residuales provenientes de una curtiembre de Pandiaco*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia].

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/18067/1085249115.pdf?sequence=3&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.

<https://repository.udem.edu.co/bitstream/handle/11407/869/Descripción%09%20de%20la%20nocividad%20del%20cromo%20proveniente%20de%20la%20%09industria%20curtiembre%20y%20de%20las%20posibles%20formas%20de%20r%09emoverlo.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Quezada, R., Varela, E. (2012). *Remediación natural para completar la depuración del cromo (VI) en efluentes de curtiembres*. [Archivo PDF]

www.edutecne.utn.edu.ar/cytal_frm/CyTAL_2012/TF/TF020.pdf

Quiroz Soriano, L., Sánchez Arteaga, M. (2018). *Efecto del peso y granulometría del carbón activado de coronta de Zea mays en la adsorción de cromo del efluente de curtido - curtiembre Cuenca, Trujillo*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/32804/quiroz_sl.pdf?se%09quence%09=1&isAllowed=y

Ramirez, A., Benítez-Campo, N. (2013). Tolerancia y Reducción de Cromo (VI) por *Bacillus cereus* B, aislado en aguas residuales de una curtiembre. *Revista de Ciencias* 17(2), 51-63.

https://revistaciencias.univalle.edu.co/index.php/revista_de_ciencias/article/view/486/608

Ramirez, J. (2016). *Efecto del pH y el tamaño de partícula de Chondracanthus chamissoi en adsorción de cromo del efluente de curtiembre "Chimú SAC"-Trujillo 2016*. [Tesis

de pregrado, Universidad César Vallejo].

https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/6964/ramirez%20_rj.p%09df?sequence=1&isAllowed=y

Reinoso Caisedo, G. (2018). *Identificación y clasificación de bacterias con potencial en biotecnología vegetal*. [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato].
<http://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/29125/1/BQ%20173.pdf>

Renneberg, R. (2019). *Biotecnología para principiantes*. Reverté.

Orozco, C., Perez, A., González, N., Rodriguez, J., Alfayate, M. (2004). *Contaminación ambiental. Una visión desde la química*. Ediciones Paraninfo.

Quintana, L., Hermida, J. (2019). *La hermenéutica como método de interpretación de textos en la investigación psicoanalítica*.
[https://www.redalyc.org/journal/4835/483568603007/html/#:~:text=La%20hermen%C3%A9utica%20ofrece%20una%20alternativa,del%20mismo%20\(c%C3%ADrculo%20hermen%C3%A9utico\)](https://www.redalyc.org/journal/4835/483568603007/html/#:~:text=La%20hermen%C3%A9utica%20ofrece%20una%20alternativa,del%20mismo%20(c%C3%ADrculo%20hermen%C3%A9utico))

Zapana, S. (2018). *Biorremediación de efluentes de curtiembres mediante hongos aislados del parque industrial de Río Seco (PIRS) – Arequipa, en condiciones de biorreactor tipo Airlift*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]
[B1zahusv.pdf \(unsa.edu.pe\)](#)

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz de consistencia.

TÍTULO: Biotechnologías aplicadas en la remoción de cromo en efluentes para industrias de curtido.						
PROBLEMA	HIPÓTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGÍA	POBLACIÓN	
¿Cuáles son las biotechnologías aplicadas en la remoción de cromo en efluentes para industrias de curtido?	Implícita	GENERAL: Evaluar las biotechnologías de absorción/adsorción aplicadas en la remoción de cromo en efluentes para industrias de curtido.	VARIABLE 1: Efluentes industriales	Tipo de investigación: Descriptiva Diseño: No experimental-Transversal	POBLACIÓN Trabajos científicos sobre tratamientos de efluentes de curtido que aplican remoción para cromo	
		ESPECÍFICOS: Analizar la biotechnología de absorción/adsorción más efectiva con respecto al porcentaje de remoción de cromo del efluente de industria de curtido tratado.	VARIABLE 2: Biotechnologías aplicadas en remoción	Técnica: Revisión bibliográfica. Instrumento: Matriz de datos comparativa	MUESTRA 17 trabajos científicos sobre tratamientos de efluentes de curtido que aplican remoción para cromo realizados en los últimos 10 años.	
		Comparar las diversas tecnologías aplicadas en la remoción de cromo en efluentes para industrias de curtido con respecto a la normativa ambiental nacional.		Método de análisis de datos: Estadística descriptiva aplicando tablas dinámicas en Microsoft Excel.		
		Realizar una propuesta ambiental en base a la biotechnología aplicada más sostenible para las industrias de curtido en Trujillo.				

ANEXO 2. Matriz de operacionalización de variables

TÍTULO: Biotechnologías aplicadas en la remoción de cromo en efluentes para industrias de curtido.				
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE 1: efluentes de industriales	Es un proceso por el que una sustancia tóxica atraviesa las membranas de las células de un organismo, llegando acumularse en él, para posteriormente ser tratado. (MINAM, 2016, p. 3)	Mediante el método hermenéutico, se llevó a cabo una recopilación de estudios sobre efluentes industriales contaminados con el metal pesado Cr, estos estudios se obtuvieron en su mayoría de revistas científicas indexadas y repositorios de universidades, considerando que tenga un máximo de 10 años de antigüedad.	Capacidad de remoción de cromo	LMP- Efluentes industriales
				Concentración de cromo
				Tipo de cromo hexavalente o trivalente
VARIABLE 2: Biotechnologías aplicadas en remoción	La biotecnología es toda tecnología que usa organismos vivos o sistemas biológicos, para la modificación de procesos específicos. Como por ejemplo Chávez (2010, p. 47) en su estudio propone el uso de hongos acidófilos adaptando su medio, permitiendo al hongo la absorción del cromo.	Mediante el método hermenéutico, se llevó a cabo una recopilación de estudios acerca de biotechnologías aplicadas en remoción de cromo, estos estudios se obtuvieron en su mayoría de revistas científicas indexadas y repositorios de universidades, considerando que tenga un máximo de 10 años de antigüedad.	Efectividad de la biotecnología aplicada	Porcentaje de remoción
				Tiempo de absorción
				Cantidad del material biológico

ANEXO 3. Base de antecedentes.

N°	Autor (es)	Año	País	Universidad
1	Miranda	2017	Perú	Universidad Nacional del Altiplano
2	Sivakumar, D.	2014	India	Vel Tech High Tech Dr.Rangarajan Dr.Sakunthala Engineering College
3	Nur-E-Alam, Mia, Ahmad y Rahman	2018	Bangladesh	Bangladesh University of Engineering and Technology (BUET)
4	Baca	2018	Perú	Universidad César Vallejo
5	Monroy, Echevarría y Gómez	2021	Colombia	Universidad Manuela Beltrán y Universidad Pedagógica de Colombia
6	Quezada y Varela	2012	Argentina	Universidad Tecnológica Nacional
7	Pabón y Rosas	2016	Colombia	UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
8	Pabón y Rosas	2016	Colombia	UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD
9	Zapana	2018	Perú	UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA
10	Ito y Madariaga	2019	Perú	Universidad Tecnológica del Perú
11	Siccha	2014	Perú	Universidad Nacional del Callao
12	Miranda	2017	Perú	Universidad Nacional del Altiplano
13	Quiroz y Sanchez	2018	Perú	Universidad César Vallejo
14	Ramirez	2016	Perú	Universidad César Vallejo
15	Carreño	2016	Colombia	Fundación Universitaria los Libertadores
16	Arias Vinuesa	2017	Ecuador	Universidad politécnica saleciana
17	Lagos	2016	Perú	Pontificia Universidad Católica del Perú

ANEXO 4. PROPUESTA AMBIENTAL PARA MITIGAR CONTAMINACIÓN POR CROMO EN LA INDUSTRIA CURTIEMBRE, TRUJILLO 2020.

Aplicación de biotecnología absorbente usando *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido.

Introducción

Actualmente en Trujillo tenemos un gran número de curtiembres, las cuales generan una necesidad en común de obtener la forma de mitigar la concentración de cromo que generan sus efluentes debido a que este insumo se usa a gran medida durante su proceso principal de curtido. Por esta razón, proponemos la aplicación de biotecnología absorbente usando *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido.

La presente propuesta está orientada en mitigar la contaminación por cromo en la industria de curtimiento en el área de Trujillo, usando la biotecnología absorbente del alga *Chondracanthus chamissoi* a base de un biofiltro, debido a la fácil proliferación de esta alga en las zonas costeras, siendo de fácil acceso para las curtiembres del área de Trujillo, pudiendo así aplicar esta biotecnología, teniendo en cuenta costo y efectividad.

Luego de haber analizado los antecedentes de nuestro proyecto de tesis, a través de las tablas de resultados, se determinó que la investigación de Siccha (2014) con el Diseño de un biofiltro a base del alga roja cochayuyo (*Chondracanthus Chamissoi*) para la remoción de cromo de efluentes de la industria del curtido, se adecuaba mejor al área donde se ha realizado la investigación.

Usando la investigación de Siccha de guía para la implementación de una biotecnología absorbente, garantizando así su correcta aplicación y funcionamiento durante el tratamiento de los efluentes generados en las curtiembres de Trujillo.

Objetivo General:

- Proponer la aplicación de biotecnología absorbente usando *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido.

Objetivo Especifico

- Determinar geográficamente con un mapa temático la zona donde se podrá extraer el alga de *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido.
- Realizar un diagrama de flujo del proceso para preparación del alga *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido
- Identificar la etapa de la planta de tratamiento de efluentes de curtiembre que se debe implementar el filtro absorbente de *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido.
- Determinar un listado de los materiales para la preparación del alga *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido.
- Establecer especificaciones técnicas básicas para el funcionamiento del filtro de *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido.

Alcance:

La implementación de la biotecnología absorbente usando *Chondracanthus chamissoi* mediante un biofiltro, aplica a las industrias de curtiembre que ponen en riesgo el medio

ambiente debido a su fuerte impacto producidos por sus efluentes con una elevada concentración de cromo (VI) que se encuentren en la provincia de Trujillo.

Materiales para la preparación del alga *Chondracanthus chamissoi*

- Alga roja (*Chondracanthus chamissoi*)
- Balanza electrónica
- Papel tolla
- Estufa
- Agua destilada
- Bolsas de polietileno
- Tamizador
- Desecador de silicagel

Plan de Trabajo Metodología:

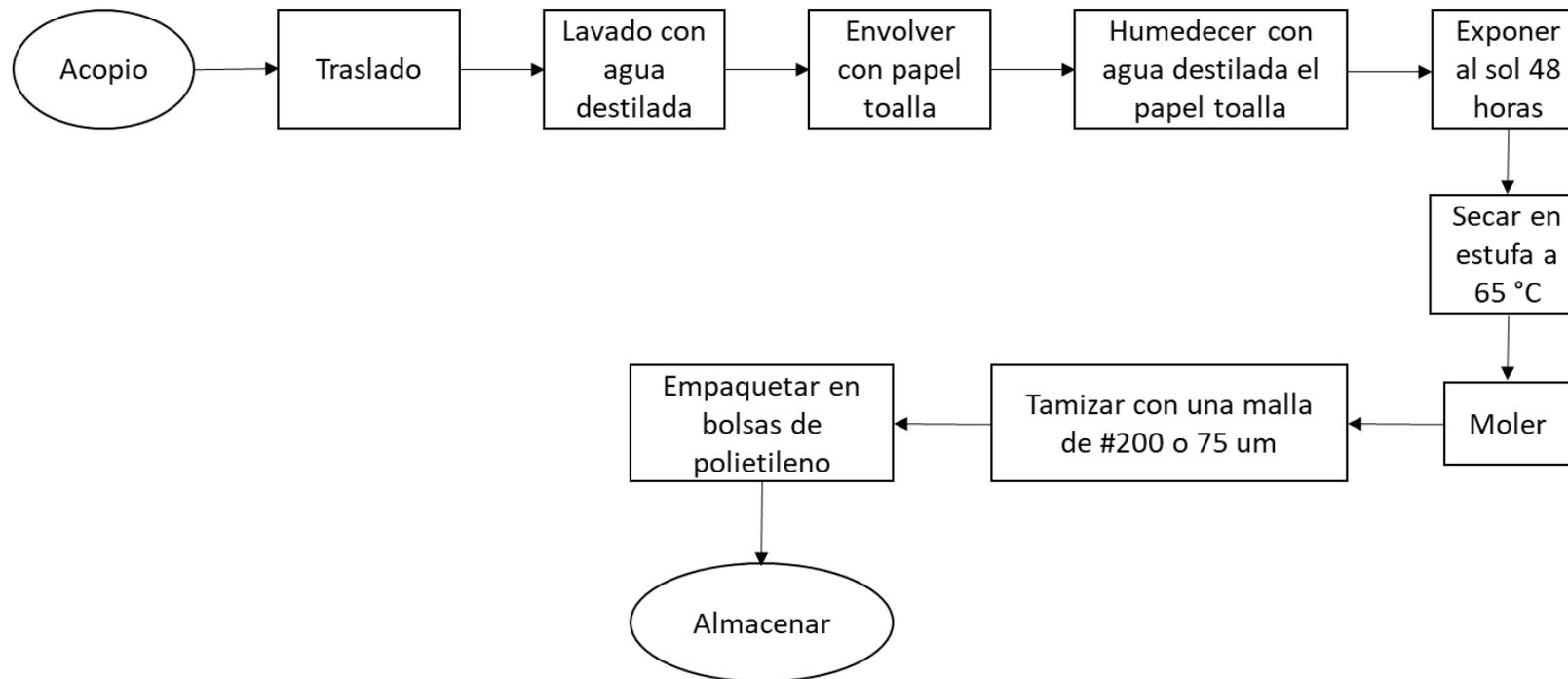
Es necesario para la implementación de la biotecnología absorbente usando *c*, elaborar un filtro donde podamos contener el alga mencionada, en este filtro se van a retener los iones de cromo presentes en el efluente, mostrando una disminución de esta concentración luego de haber pasado por el proceso de filtración.

- Primero determinamos la zona donde recolectaremos el alga, la cual es de fácil acceso, debido a que su crecimiento se produce en el litoral costero muchas veces cerca de peñas, siendo beneficioso para la provincia donde deseamos implementar la biotecnología, por su ubicación cerca a la costa y la cantidad de peñas con gran proliferación de algas (*Chondracanthus chamissoi*) las principales de la provincia son Salaverry, Delicias, Trujillo y Huanchaco

MAPA DE TEMATICO DEL LITORAL COSTERO DE TRUJILLO

- Ahora necesitamos acondicionar el alga, para ello, se lavarán con agua desmineralizada o destilada y se expondrán al sol por 48 horas, envueltas en papel tolla humedecido por agua destilada para que sean empacadas en bolsas polietileno.
- Luego de haber sido expuestas al sol se hizo uso de la estufa a una temperatura de 65° C, al punto de su peso constante
- Una vez seca el alga es necesario molerla a un tamaño inferior de 75 μm y colocarla en un desecador de silicagel para eliminar cualquier rastro de humedad

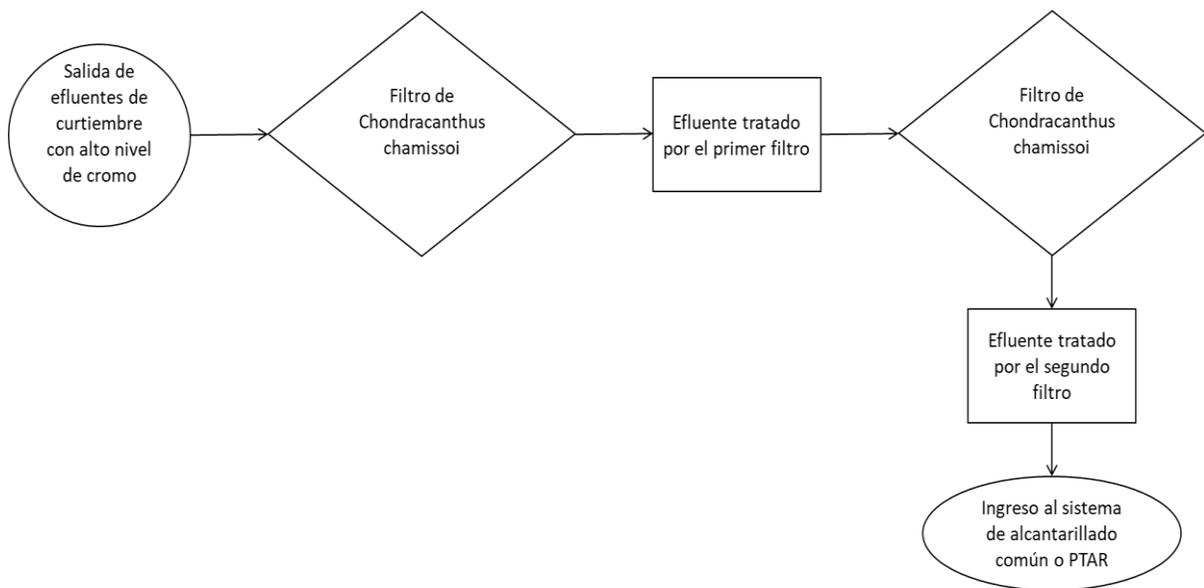
Diagrama de flujo de la preparación de *Chondracanthus chamissoi* para la absorción de cromo en efluentes de curtiembre



Ahora ya tenemos listo el alga para la implementación como una biotecnología absorbente en un filtro para la remoción de cromo en efluentes de industrias de curtiembres.

- Para ello es necesario identificar en qué etapa del proceso se implementará la biotecnología, debido a que esta será implementada mediante un biofiltro, debemos identificar si la industria cuenta con una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual no logra reducir las concentraciones de cromo ingresadas de ser este el caso el biofiltro estaría previo ingreso del efluente a la PETAR para así facilitar el proceso de tratamiento, optimizando el resultado. En el caso de que la industria no cuente con una PETAR, se haría una adaptación en el sistema de alcantarillado para la instalación del filtro garantizando así una descarga de efluentes con bajo niveles de concentración en cromo.

Diagrama de flujo de la ubicación del filtro *Chondracanthus chamissoi* para la absorción de cromo en efluentes de curtiembre



Plan de acción:

Es el documento que nos dará las directrices para la implementación adecuada de la biotecnología absorbente para la remoción de cromo en los efluentes de la industria curtidora, a su vez servirá para elaborar el presupuesto de implementación de la propuesta.

Plan de acción							
Objetivo	Proponer la aplicación de biotecnología absorbente usando Chondracanthus chamissoi para la reducción de cromo en efluentes de curtido.						
Resultado	Implementar la biotecnología absorbente usando Chondracanthus chamissoi para la reducción de cromo en efluentes de curtido.						
Producto	La elaboración de un filtro a base de alga roja (Chondracanthus chamissoi)						
	Reducción de cromo en efluentes de curtido						
Actividades	Indicadores						
	Especificación	Responsable	Estado	Semana	Cronograma	Cantidad de días	Prioridad
	Presentación de la propuesta.	Consultora ambiental	No iniciado	Semana 1	4 enero - 8 enero	5	Alta
	Identificar los recursos para la propuesta.	Consultora ambiental / Empleador	No iniciado	Semana 2	11 enero - 12 enero	2	Alta
	Definir equipo de trabajo para la propuesta	Consultora ambiental / Empleador	No iniciado	Semana 2	13 enero - 15 enero	3	Mediano
	Evaluar la tecnología de su PTAR para disminución de cromo.	Consultora ambiental	No iniciado	Semana 3	18 enero - 22 enero	5	Mediano
	Definir el máximo caudal efluentes producido por industria de curtiembre.	Consultora ambiental / Empleador	No iniciado	Semana 4	25 enero - 27 enero	3	Alta

Monitoreo inicial de las concentraciones de cromo en los efluentes, según los parámetros establecidos en el D.S 003-2002-PRODUCE.	Ingeniero Ambiental/ Laboratorio	No iniciado	Semana 4	28 enero - 30 enero	3	Alta
Instalar la biotecnología absorbente usando Chondracanthus chamissoi mediante un filtro.	Ingeniero Ambiental	No iniciado	Semana 5	1 febrero - 3 febrero	3	Alta
Monitoreo final de las concentraciones de cromo en los efluentes, según los parámetros establecidos en el D.S 003-2002-PRODUCE.	Ingeniero Ambiental/ Laboratorio	No iniciado	Semana 5	4 febrero - 7 febrero	3	Alta
Elaboración de plan de monitoreo de concentraciones de cromo en los efluentes	Ingeniero Ambiental	No iniciado	Semana 6	5 febrero - 7 febrero	5	Mediano
Mantenimiento de la biotecnología	Ingeniero Ambiental	No iniciado	Semana 7	8 febrero - 9 febrero	2	Mediano
Implementar contenedores para residuos peligrosos	Consultora ambiental / Empleador	No iniciado	Semana 7	12 febrero	1	Baja
Disposición de las algas rojas (Chondracanthus chamissoi) con presencia de cromo	EPS-RS	No iniciado	Semana 8	15 febrero	1	Alta

Presupuesto:

Consideramos lo montos que serán únicos para la implementación como los pagos fijos que deberán realizarse para el correcto funcionamiento, de esta forma podemos evaluar la factibilidad de la implementación de la biotecnología absorbente.

	Especificación	Responsable	Presupuesto	Tipo de gasto	Monto para la implementación de la biotecnología	Monto fijo para el correcto funcionamiento de la biotecnología
Presupuesto	Evaluar la tecnología de su PTAR para disminución de cromo.	Consultora ambiental	S/ 1,000.00	Único	S/ 11,700.00	S/ 2,900.00
	Definir el máximo caudal efluentes producido por industria de curtiembre.	Consultora ambiental / Empleador	S/ 700.00	Único		
	Monitoreo inicial de las concentraciones de cromo en los efluentes, según los parámetros establecidos en el D.S 003-2002-PRODUCE.	Ingeniero Ambiental/ Laboratorio	S/ 200.00	Único		
	Instalar la biotecnología absorbente usando Chondracanthus chamissoi mediante un filtro.	Ingeniero Ambiental	S/ 3,500.00	Único		
	Monitoreo final de las concentraciones de cromo en los efluentes, según los parámetros establecidos en el D.S 003-2002-PRODUCE.	Ingeniero Ambiental/ Laboratorio	S/ 200.00	Fijo		

	Elaboración de plan de monitoreo de concentraciones de cromo en los efluentes	Ingeniero Ambiental	S/ 2,500.00	Único		
	Mantenimiento de la biotecnología	Ingeniero Ambiental	S/ 1,200.00	Fijo		
	Implementar contenedores para residuos peligrosos	Consultora ambiental / Empleador	S/ 900.00	Único		
	Disposición de las algas rojas (Chondracanthus chamissoi) con presencia de cromo	EPS-RS	S/ 1,500.00	Fijo		

Conclusiones:

- La implementación de una biotecnología absorbente usando *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido, es factible debido a su bajo costo, fácil acceso y efectividad de remoción.

Resultados esperados:

- Se realizó el diagrama de flujo del proceso para preparación del alga *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido
- Identificamos que las etapas donde deben estar ubicados los filtros, mediante un diagrama, se evidencia que el filtro debe estar ubicado en el punto de salida de los efluentes de curtiembre previa llegada al sistema de alcantarillado.
- Obtuvimos un listado de los materiales para preparación del alga *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido, lo cual se permite con una adecuada preparación del alga.
- Se establecieron las especificaciones técnicas básicas para el funcionamiento del filtro de *Chondracanthus chamissoi* para la reducción de cromo en efluentes de curtido, lo cual se permite con una adecuada preparación del alga.

Recomendaciones:

- Calcular el caudal preciso que se va a tratar con la biotecnología
- Evaluar las condiciones del entorno donde se desarrollará el proyecto