

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA AMBIENTAL**

“INFLUENCIA DEL TIEMPO DE  
RESIDENCIA EN LA REMOCIÓN DE Cr<sup>+6</sup> EN  
EFLUENTES DE CURTIEMBRE MEDIANTE  
*Chlorophyta Sensu Lato*, TRUJILLO, 2021”

Tesis para optar el título profesional de:

**INGENIERO AMBIENTAL**

**Autores:**

Shantal Adriana Espinoza Herrera  
Santiago Alonso Mendoza Calderon

**Asesor:**

Mg. Ing. Ronald Antonio Alvarado Obeso  
<https://orcid.org/0000-0001-7264-6490>

Trujillo - Perú

**JURADO EVALUADOR**

Jurado 1 Presidente(a)	<b>Carlos Alberto Alva Huapaya</b>	<b>06672420</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

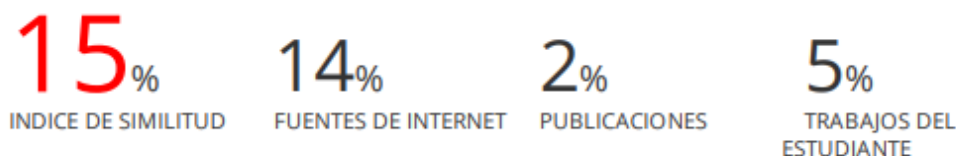
Jurado 2	<b>Wilberto Effio Quezada</b>	<b>42298402</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Margeo Javier Chuman Lopez</b>	<b>45997406</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### TESIS SHANTAL

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Bachillerato Alexander Bain, S.C</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repository.usta.edu.co</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>doaj.org</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repository.uaeh.edu.mx</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>docplayer.com.br</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.upn.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>1library.co</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>edoc.pub</b> Fuente de Internet	

## DEDICATORIA

Queremos agradecer en primer lugar a Dios, creador de todas las cosas, por habernos dado la vida, por guiarnos por el camino de la sabiduría y permitirnos llegar hasta este momento importante en nuestra etapa profesional.

Quiero dedicar este trabajo de investigación a mis amados padres: Segundo Espinoza y Maribel Herrera, que me apoyaron en mis momentos difíciles y fueron el motor para seguir, a mis padrinos Mercedes y Omar Almeida ya que gracias a su apoyo incondicional, desinteresado y sincero pude cumplir mis metas en esta etapa profesional y a mis abuelos que siempre me aconsejaron a lo largo de esta etapa.

**Shantal Adriana Espinoza Herrera**

A mis queridos padres: Cesar Mendoza y Susan Calderón, agradecerles por haber estado conmigo en las buenas y en las malas, por darle un valor especial a mi vida. También a mis abuelos, José y Delia; Manuel y Flora, de quienes he recibido todo el amor que he requerido en esta larga vida y han depositado en mí la semilla que me ha forjado hasta lo que soy.

**Santiago Alonso Mendoza Calderón**

## AGRADECIMIENTO

A todos los docentes de la Facultad de Ingeniería Ambiental, que de una u otra manera nos han apoyado con sus valiosas enseñanzas en nuestra formación profesional.

Agradecemos al Mg. Ronald Alvarado Obeso, nuestro asesor por su colaboración, sus consejos profesionales que nos ayudaron a culminar este proyecto; nuestra gratitud y reconocimiento siempre.

Agradecer de manera especial a la Universidad Privada del Norte – San Isidro, por brindarnos la información necesaria para poder desarrollar esta investigación

**TABLA DE CONTENIDO**

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	8
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	9
RESUMEN	11
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	12
<b>1.1.    REALIDAD PROBLEMÁTICA</b>	<b>12</b>
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA	19
<b>1.2.    TIPO DE INVESTIGACION</b>	<b>19</b>
<b>1.3.    TIPO / SUBTIPO DE DISEÑO</b>	<b>19</b>
<b>1.4.    CODIGO DE ETICA</b>	<b>19</b>
<b>1.5.    POBLACION Y MUESTRA</b>	<b>19</b>
1.5.1.    Población	19
1.5.2.    Muestra	19
<b>1.6.    Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos</b>	<b>20</b>
1.6.1.    Métodos de análisis de datos	20

<b>1.7.</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN</b>	<b>20</b>
1.7.1.	Recolección de la muestra para análisis	20
<b>1.8.</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>20</b>
1.8.1.	EQUIPOS	20
1.8.2.	MATERIALES	21
<b>1.9.</b>	<b>PROCEDIMIENTO</b>	<b>21</b>
1.9.1.	ARMADO DE SISTEMA DE RECIRCULACION	22
1.9.2.	RECOLECCION DE ALGAS	22
1.9.3.	PREPARACION DE FILTROS BIOLOGICOS	22
1.9.4.	ACTIVACION DE SISTEMA DE RECIRCULACION	23
1.9.5.	VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INFORMACION	23
1.9.6.	PARA ANALIZAR LA INFORMACION	23
<b>CAPÍTULO III: RESULTADOS</b>		<b>24</b>
<b>CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES</b>		<b>36</b>
<b>REFERENCIAS</b>		<b>38</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>43</b>
<b>ANEXO 1</b>		<b>43</b>
<b>ANEXO 2</b>		<b>44</b>
<b>ANEXO 3</b>		<b>46</b>
<b>ANEXO 4</b>		<b>48</b>

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>TABLA 1: REMOCIÓN DE CROMO<sup>+6</sup></b> .....	24
<b>TABLA 2:CAPACIDAD</b> .....	24
<b>TABLA 3:PORCENTAJE</b> .....	24
<b>TABLA 4: CROMO FINAL PRESENTE EN SOLUCIÓN</b> .....	25



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1: Datos usados para gráfico 1 .....</b>	<b>26</b>
<b>Ilustración 2: Datos usados para grafico 2 .....</b>	<b>27</b>
<b>Ilustración 3: Datos usados para grafico 3 .....</b>	<b>29</b>
<b>Ilustración 4: Datos usados para grafico 4 .....</b>	<b>30</b>
<b>Ilustración 5: Diseño de filtro de empaque cerrado .....</b>	<b>31</b>
<b>Ilustración 6: Diseño en AUTOCAD del Sistema de Recirculación.....</b>	<b>32</b>
<b>Ilustración 7: Límite para agua tipo 1 .....</b>	<b>33</b>
<b>Ilustración 8: Límite para agua tipo 2 .....</b>	<b>34</b>
<b>Ilustración 9: Límite para agua tipo 3 .....</b>	<b>34</b>
<b>Ilustración 10: Límite para agua tipo 4 .....</b>	<b>35</b>
<b>Ilustración 11: Playa de Puerto Malabrigo .....</b>	<b>48</b>
<b>Ilustración 12: Recolección de algas .....</b>	<b>48</b>
<b>Ilustración 13: Curtiembre .....</b>	<b>49</b>
<b>Ilustración 14: Fase de curtido .....</b>	<b>49</b>
<b>Ilustración 15: Maquinaria de curtiembre.....</b>	<b>50</b>
<b>Ilustración 16: Algas recolectadas.....</b>	<b>50</b>
<b>Ilustración 17: Algas lavadas con agua.....</b>	<b>51</b>
<b>Ilustración 18: Reactivo HCl .....</b>	<b>51</b>
<b>Ilustración 19: Reactivo NaOH .....</b>	<b>52</b>

<b>Ilustración 20: Preparación de soluciones .....</b>	<b>52</b>
<b>Ilustración 21: Medición de Ph de algas .....</b>	<b>53</b>
<b>Ilustración 22: Lavado de alga por soluciones .....</b>	<b>53</b>
<b>Ilustración 23: Secado de algas al sol.....</b>	<b>54</b>
<b>Ilustración 24: Colocación de algas en horno.....</b>	<b>54</b>
<b>Ilustración 25:Algas en horno.....</b>	<b>55</b>
<b>Ilustración 26:Algas secas .....</b>	<b>55</b>
<b>Ilustración 27: Cortado de algas .....</b>	<b>56</b>
<b>Ilustración 28: Pesaje de 100 gr de alga seca y cortada .....</b>	<b>56</b>
<b>Ilustración 29: Rellenado de filtros .....</b>	<b>57</b>
<b>Ilustración 30: Filtro preparado.....</b>	<b>57</b>
<b>Ilustración 31: Sistema armado.....</b>	<b>58</b>

Se estudió la influencia del tiempo de residencia y la remoción de cromo hexavalente mediante el alga *Chlorophyta Sensu Lato* en efluentes de la curtiembre “El Sarco”. Se realizó usando estos efluentes cargados con Cromo<sup>+6</sup>, el cual fue sometido a diferentes tiempos de 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 horas, estos fueron bañados con soluciones de hidróxido de sodio y ácido clorhídrico. La muestra tuvo una concentración inicial de cromo total 2430 ppm. Por ello, se determinó que la remoción de Cromo<sup>+6</sup> en el intervalo de 4h fue 560ppm, 8h 720ppm, 12h 1290ppm; 16h 1760ppm, 20h 1986.6ppm, 24h 2060ppm y 28h 2160ppm, por lo tanto, a medida que el tiempo de residencia aumenta, también lo hacia la remoción de Cromo<sup>+6</sup>. Sin embargo, luego de analizar mediante el software ORIGINLAB se pudo determinar que a las 21h se estabiliza la reacción, indicando que es en este punto donde es el tiempo de residencia ideal del alga *Chlorophyta Sensu Lato* para la adsorción de Cromo<sup>+6</sup>. En conclusión, luego de haber analizado los resultados se puede determinar que la hipótesis es correcta debido a que el alga *Chlorophyta Sensu Lato* absorbió significativamente el Cromo<sup>+6</sup> de la curtiembre.

**PALABRAS CLAVES:** *Chlorophyta Sensu Lato*, Efluentes, Remoción, Residencia

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

Actualmente la industria es sumamente importante para la economía de los países, debido a que estos intentan suplir las necesidades de la población mundial. En nuestra ciudad Trujillo una de las actividades principales es el trabajo del cuero para la confección de calzado. Sin embargo, para poder hacer uso de esta materia prima se debe pasar por diferentes procesos, uno de los cuales es el curtido, el cual hace uso del Cromo<sup>+6</sup>. Este metal pesado tiene efectos nocivos para la salud. Según *ToxFAQs™* (2021), el Cromo<sup>+6</sup> en altas concentraciones produce daños a la nariz, estomago e intestinos, cáncer, anemia, e incluso la muerte.

El Perú es un país muy rico en agua dulce. Proveniente de los ríos de la amazonia, sin embargo, debido a la gran cantidad de contaminantes vertidos hacia los ríos, provocando que estos no sean aptos para el consumo humano y destruyendo ecosistemas. Según Talledo Vilela (2016), indican que de los 159 ríos muestreados, 129 de ellos tenían presencia de coliformes y diferentes metales pesados. Esto indica que el 81% de nuestros ríos se encuentran contaminados en cierta medida por la actividad humana.

Esta problemática es una de las más importantes a tratar en la actualidad debido a que la poca agua dulce existente está siendo fuertemente contaminada por las diversas actividades económica de la sociedad. Según WHO (2022), establecen que al realizarse una inadecuada gestión de los efluentes, están condenando a la población local a beber agua altamente contaminada con químicos o con materia orgánica.

Por ello, es muy importante encontrar diferentes métodos alternativos, que ayuden a reducir estos contaminantes. Muchos de ellos ayudan a aminorar la concentración de Cromo<sup>+6</sup> presente en los efluentes, como lo es el uso de un sistema de recirculación mediante *Chlorophyta Sensu Lato* como filtro. Esta tiene la capacidad de remediar el agua contaminada de minas con Cromo<sup>+6</sup>, reduciendo un 86,02% en su concentración Martínez Mendoza & Huamán Ramos (2019).

Luego de haber expuesto lo anterior, se identifica como principal problema lo siguiente: ¿En qué medida influye el tiempo de residencia en la remoción de Cromo<sup>+6</sup> en efluentes de curtiembre mediante *Chlorophyta Sensu Lato*?

El objetivo general de esta investigación es el de determinar la influencia del tiempo de residencia en la remoción de Cromo<sup>+6</sup> en efluentes de curtiembre mediante el uso del alga *Chlorophyta Sensu Lato*. De esto se puede desplegar los siguientes objetivos específicos. Primeramente, identificar el tiempo de residencia óptimo para la remoción de Cromo<sup>+6</sup> mediante *Chlorophyta Sensu Lato* en efluentes de curtiembre. Como segundo objetivo específico, emplear el software ORIGINLAB para el modelamiento cinético de datos. Como tercer objetivo específico, se desarrolló un filtro biológico de empaque con el alga *Chlorophyta Sensu Lato*. Por último, como cuarto objetivo específico, se logró comparar la calidad de agua obtenida con los Estándares de Calidad Ambiental obtenida del tratamiento.

Para esta problemática, tenemos como hipótesis de investigación que el tiempo de residencia es el adecuado para la remoción de Cromo<sup>+6</sup>.

Naula González & Zúñiga Delgado (2021), Se removió metales pesados en efluentes industriales con *Chlorella*, la cual presenta una mayor categoría de validez para desechar contaminantes en aguas, por ello se cultivó la microalga con la finalidad de establecer su cinética de desarrollo. En su esplendor del cultivo se congelará las algas para colocarlas en relación con otras soluciones de metales pesados y con los efluentes industriales.

Según Burbano & Benítez-Campo (2019), Se evaluó la remoción de Cr con MO'S provenientes de efluentes de curtido de pieles; donde, fueron aislados a partir de sales. Se usaron dos levaduras, *Yarrowia lipolytica* y *Candida fluvialilis*, para transmitir cada bioprocedimiento que se realizó en diferentes matraces empaquetados con arena de 2.5 a 6 mm de grosor, la cual incluye agua del curtido, con una densidad de 1021 mg Cr (III)/L. Los resultados son novedosos para dicho tratamiento; al disminuirse el Cr+3.

Mestanza et al., (2019), Se identificó la actividad de las micro algas *Chlorophyta* para remover el Cr Total. Asimismo, describir la presencia del Cr Total en los efluentes de las curtiembres. Concluyendo que las micro algas de la partición *Chlorophyta* presenta una mayor condición de remediación para las aguas residuales con distintas concentraciones de Cr Total, existiendo una opción factible para este proceso.

Según Valduvina et al., (2018), se calcula los métodos en cada columna de adsorción de lecho fijo en grado de laboratorio con la finalidad de contrarrestar y sujetar la concentración de iones de cromato de residuos industriales en una empresa de fibrocemento. Por ende, para realizar este experimento se elaboraron pruebas preliminares con diversos lechos en distintas granulometrías, seleccionando el tamaño medio de partícula que corresponde a 0.85mm. Por otro lado, por medio de evaluaciones coloidequímicas se estableció el lugar de carga cero de dicha zeolita es 7.3 hasta llegar a 7.7 ya que entra en relación con una solución de cromato. Finalmente, se obtuvo que dicho trabajo resulta apropiado para la purificación e interrupción de residuos alcalinos industriales.

Según Tejada-Tovar et al., (2015), se finalizó que el desgaste de la adsorción en la remoción de contaminantes en medio húmedo por medio de biomasa residual es adaptable a técnicas de purificación evadiendo dificultades subsecuentes como la reproducción de fangos químicos, y creando un uso alternativo a materia prima estimados como desechos.

Martínez Mendoza & Huaman Ramos (2019), se recogieron algas de *Chlorophyta sensu lato*, para estimular se manejó NaOH y HCl al 5% en peso y volumen y la suma de algas por filtro es de 200 g. Se bosquejó y edificó un procedimiento donde el agua contaminada estaría en constante movimiento. De esta forma se obtuvo una eficiencia del 86.02% en la remoción de Cr Total, en un tiempo 8 h., y esto ayudó al aumento de pH con 6.71. Finiquitando que el desarrollo si es positivo, beneficioso y viable de realizar.

En esta investigación, Ramos Sicha (2017), determinó el porcentaje de la bioadsorción con quitosano en la remoción de cromo hexavalente en aguas residuales usando las técnicas de caracterización del quitosano mediante espectroscopia de infrarrojo y colorimetría con la difenilcarbazida, lo que ayuda a medir la concentración de cromo usando el espectrofotómetro UV- vis a una longitud de onda de 540 nm.

Chulle Ramos & Villalobos Barrios (2016), se buscó instaurar los niveles de remoción de Hg y Pb de medios húmedos condensadas por la microalga *Scenedesmus acutus* y ajustar el resultado de estos metales sobre el incremento celular. Se plantó en medio Bold's Basal rectificado. Obteniendo porcentajes de 97,68% para Pb y 93% para Hg.

Según Rodríguez Yupanqui & Quezada Alvarez (2019), evaluó la cabida de separación de Cr en efluentes de curtiembre manejando un consorcio de levaduras compuesto por *Saccharomyces cerevisiae* y *Pichia guilliermondi*. Los tipos se examinaron por espectrofotometría de absorción atómica a la flama de los cuales se consiguieron sujetar una capacidad de separación de Cr total de 57% y 54% en concentración de 50 y 100 ppm.

Según Puris Tovalino (2019), se usó la microalga *Chorella vulgaris* para la adsorción de metales y así aminorar el impacto ambiental. Así mismo se debe meditar elementos que tienen seguridad de adsorción. Finalmente, nos testifica que el factor de mayor autoridad es el pH, la efectividad de adsorción guarda una relación indirectamente proporcional con la concentración de metal presente en el medio acuoso.

### **MARCO CONCEPTUAL**

Según Huaroc Osio & Martinez Palacios (2021), el cromo es uno de los elementos que se localizan en rocas, plantas, suelo y aguas residuales industriales como es en las curtiembres. Su toxicidad depende del grado de concentración y oxidación en que se encuentre. Una de sus características que no se degrada en el ambiente, lo que puede llegar a ser toxico en determinadas condiciones. Según Quintero (2016), Este tipo de elemento se presenta en tres formas, cromo trivalente que es de baja solubilidad, el hexavalente.

Impacto ambiental del cromo: los autores Albis Arrieta et al., (2017), indican que el cromo es un elemento que ha estado presente a lo largo de la historia de la humanidad, debido a que cuando se encuentra presente en un medio acuoso, tiene la capacidad de ingresar a los organismos cercanos, ocasionando una gran cantidad de daños en muchos aspectos. Estos actualmente son vertidos principalmente por las curtiembres, debido a que es una materia prima para tratar la piel.

Según, Domingo-Pueyo et al., (2014), la exposición ocupacional al cromo hexavalente es una razón establecida de efectos adversos para la salud de la piel. Estos resultados presentan dos factores; entre ellas las reacciones irritantes, como por ejemplo las úlceras en la piel y la dermatitis de contacto; y también con hipersensibilidad retardada; en otros casos se ha observado como conjuntivitis.

Por otro lado, se tiene que tener en cuenta que al absorber el cromo hexavalente inhalado desde el sistema respiratorio puede variar de acuerdo a la solubilidad de dicho elemento, resaltando que absorbe más rápido de forma soluble generando efectos como inflamación, atrofia de la mucosa nasal y ulceración del tabique nasal. Después, en las vías respiratorias inferiores se desarrollan otros efectos como inflamación, y diferentes trastornos obstructivos con deterioro en los pulmones.

Efectos bioquímicos: Entre los metales pesados que se encuentran en la tabla periódica los que tiene mayor densidad a  $4\text{g/cm}^3$ , con una masa y peso atómico sobre los 20; también se encuentran de distintas formas en vapores, iones disueltos en agua, sales/minerales en rocas, suelo y arena; otra de los modos es en moléculas orgánicas e inorgánicas o adherirse a partículas de aire. Por ende, una concentración exagerada asociada a las actividades humanas puede alterar la densidad de estas matrices ambientales afectando los procesos bioquímicos Octavio-Aguilar & Olmos-Palma (2022).

Hidróxido: Según Pozo (2013), es un compuesto químico, también conocido como “base” o “álcali”, formado por un metal y diversos aniones hidroxilos. Este tipo de elemento se disuelve en agua o cuando se neutraliza con un tipo de ácido libera gran cantidad de calor, lo que ayuda a que el material combustible en contacto con el NaOH haga ignición.

En cuanto a su nomenclatura, primero se toma el símbolo del metal, para luego escribir el del radical oxidrilo (OH). Luego se cambian las valencias, tomando el número de oxidación. El radical oxidrilo es puesto entre paréntesis. Para nombrar con ambas nomenclaturas, se debe utilizar la misma regla de la formulación de los óxidos, pero con la diferencia de que se cambia el término óxido por hidróxido. Ejemplo:  $\text{Na}_2\text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{NaOH}$  (hidróxido sódico).

Ácido Clorhídrico: Según Huamanlazo Taipe (2020), es un tipo de ácido inorgánico de alta estabilidad térmica y posee una amplia variedad de aplicaciones. A temperatura ambiente es un gas incoloro de color amarillo ligero con un olor fuerte; al hacer contacto con el aire forma vapores densos en color blanco debido a su condensación con la humedad atmosférica.



Macro algas: Son organismos fotosintéticos, estas están organizadas en tres phyla: Rhodophyta, Ochrophyta y Chlorophyta. Estas suelen crecer en el fondo marino adheridos a las diferentes rocas costeras, en grandes agrupaciones formando una especie de bosque Rosas et al., (2017).

Chlorophyta sensu lato: Según Dominguez & Loret (2019), este tipo de alga verde se desarrolla en los peñascos y se puede observar durante la marea baja. Sus largas hojas hacen que se aprecien de un aspecto de forma de lechuga. Este tipo de alga es rica en vitaminas como es el tipo C y A. Esta alga se emplea como en la industria cosmética como hidratante, remodelantes, relajantes y antiestrés. Su tamaño es de 50cm y se encuentra a una profundidad de 20 m. Por otro lado, posee ricas propiedades mineralizadas, entre ella destaca su contenido en el elemento químico del hierro. Son fáciles de encontrar en las playas por las peñas donde son desarrolladas, se deben dejar secar al sol hasta que se sequen y se pueda conservar por mucho más tiempo y en mejor estado.

Según Prasedya et al., (2019), para coleccionar la Chlorophyta sensu lato debemos tener un cierto cuidado debido a que en las zonas donde la marea te golpea son rocosas, por ello, es recomendable observar la tabla de mareas del día y la fecha adecuada al realizar este procedimiento. Seguidamente, el individuo debe tomar precaución dos horas antes como mínimo para observar la zona y así elegir el material que es de interés desde el nivel superior al inferior. En los niveles principales se puede apreciar numerosas especies pequeñas, sobre las superficies, por ende, el número de especies aumenta hacia niveles inferiores. Al terminar la recolección de esta alga debe ser colocada en unos baldes previamente esterilizados, para un mejor análisis con resultados favorables y visibles Elizondo-González et al., (2018).

Uno de los primeros biosorbentes naturales es la zeolita, ya que es un grupo de mineral de tipo aluminosilicato que la misma naturaleza te los proporciona de manera fácil, siendo utilizados como adsorbentes eficientes y económicos lo que permite remover contaminantes de agua como cromatos, fosfatos y arsenatos. Por otro lado, su cuidado solo requiere el uso de ácidos para remover los contaminantes de los orificios del mineral y la alteración de la zeolita presenta una alta capacidad de intercambio iónico con los adsorbatos Palacio, (2018).

Los Estándares de Calidad Ambiental, mediante el D.S. 004-2017- MINAM MINAM (2017), establecen que cualquier ciudadano en calidad de ser humano tiene el derecho de recibir un ambiente adecuado para poder desarrollarse. Por lo cual, establecen el nivel de máximo de concentración de diferentes elementos químicos, orgánicos o físicos, para que estos no causen algún daño importante para la salud humana o el medio ambiente.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 1.2. TIPO DE INVESTIGACION

Según Risco (2020), esta idea procede de conocimientos previos y de un enfoque personal sin tener en cuenta términos del marco teórico, sin embargo, mientras más se tenga un tema de interés es más fácil elegir un tema trascendente para indagar.

### 1.3. TIPO / SUBTIPO DE DISEÑO

La presente investigación es de tipo experimental, debido a que los datos que se obtienen por análisis de hechos condicionados por el investigador, en donde se puede manipular una sola variable y se espera la respuesta de otra Risco (2020).

### 1.4. CODIGO DE ETICA

Este trabajo de investigación se ejecutó bajo el Código de Ética del Investigador Científico de UPN, poniendo en práctica la Integridad Científica, desligando que todo tratamiento de información, análisis y difusión de la misma por parte de los participantes involucrados se mantendrá en total reserva bajo el precepto de confidencialidad.

### 1.5. POBLACION Y MUESTRA

#### 1.5.1. Población

Según Arias-Gómez et al., (2016), la población es el conjunto de casos que forma el referente para la deliberación de la muestra, siguiendo una serie de criterios establecidos. Por ende, nuestra población estuvo constituida por las aguas residuales de la curtiembre El Sarco, Trujillo, en el año 2021.

#### 1.5.2. Muestra

Según Arias-Gómez et al., (2016), la muestra debe ser de forma aleatoria, con la finalidad de que los elementos de la población tengan igual posibilidad de ser incluidos en el estudio. Nuestra muestra se conformó por 15 L de agua residual de curtiembre, en el proceso de curtido, la cual tiene altas concentraciones de Cromo<sup>+6</sup>.

## 1.6. Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 1.6.1. Métodos de análisis de datos

El análisis estadístico se realiza mediante el software ORIGINLAB. Se aplica una estadística experimental realizando un gráfico en el cual se obtiene la ecuación de la curva con los datos obtenidos de cada muestra.

## 1.7. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN

### 1.7.1. Recolección de la muestra para análisis

Se usó la técnica de filtración y captación para remover mediante las algas *Chlorophyta Sensu Lato*, mediante un sistema de recirculación con un bombeo continuo usando tiempos determinados.

## 1.8. INSTRUMENTOS

Para el recojo de la información en el presente estudio se utilizó 6 tiempos, de los cuales se tomó una muestra por cada tiempo y una solución madre.

### 1.8.1. EQUIPOS

- **Horno de secado:** Este equipo tiene como principal función la de secar y esterilizar diferentes recipientes hechos de metal o vidrio mediante convección natural o convección forzada Martínez Morocho (2022).
- **Balanza Electrónica:** Es un instrumento el cual ayuda a determinar el peso específico de un elemento, en esta ocasión su principal función fue la de calcular la cantidad de algas recolectadas y además de determinar el peso exacto de cada filtro López Salas (2022).
- **Bomba de Agua:** Se utilizó una bomba de elevación tipo pecera para elaborar el sistema de recirculación, filtración y captación de Cromo<sup>+6</sup> González et al., (2020).

### 1.8.2. MATERIALES

- Teflón y Hilo Nylon
- Mallas
- 3 baldes de 20L y Un balde de 15L
- 2 Codos y 6 Acoples de media pulgada
- Lija N° 80
- 1 Niple de media pulgada
- 2 Válvulas de media pulgada
- 1 Tubo de media pulgada de 2 metros
- 1 Tubo de 4 pulgadas por 20 centímetros
- 2 tapas de tubo de 20 centímetros
- Bomba sumergible acuática de 2 metros de potencia
- 20 gramos de Hidróxido de Sodio 0.1 N
- 50 mililitros de Ácido Clorhídrico al 37%
- Tiras medidoras de pH y 10 frascos de muestras de orina

### 1.9. PROCEDIMIENTO

En el presente estudio se utilizó un instrumento con 7 opciones de respuesta. Se elaboró 1 solución madre con la primera muestra, luego se recolectó 1 muestra por cada tiempo, dando en total de 8 muestras para analizar.

### 1.9.1. ARMADO DE SISTEMA DE RECIRCULACION

Lo primero fue el realizar 2 agujeros en el balde de 15L, en los cuales ingresará el agua, luego se procedió a adaptar los acoples de 1/2" pulgada, posteriormente se realizaron diferentes mediciones para poder determinar el largo del tubo de entrada y salida de agua para el balde, en donde fueron incorporadas las válvulas. Con los tubos de 4 pulgadas, se hizo un corte de 25 cm y se colocaron sus respectivas tapas, las cuales anteriormente se le hicieron unos agujeros al centro para poder ser incorporadas a las tuberías de 1/2" pulgada. Finalmente, haciendo el uso de los codos se unieron todas las tuberías además de la bomba de pecera estando en la parte más inferior del sistema.

### 1.9.2. RECOLECCION DE ALGAS

La recolección del alga *Chlorophyta Sensu Lato* se llevó a cabo en la playa Puerto Malabrigo de la localidad de Paiján, La Libertad. Primeramente, se tuvo que revisar la tabla de mareas para poder llegar en el momento exacto donde el oleaje se encuentra en su punto más bajo, en nuestro caso fue a las 9:00 am del lunes 18 de octubre del 2021. Finalmente, se pudo extraer un total de 2 baldes de 20 Litros de muestra de alga.

### 1.9.3. PREPARACION DE FILTROS BIOLÓGICOS

En esta parte del procedimiento, se tuvo que lavar las algas extraídas con abundante agua, esto con el fin de extraer completamente la sal y alguna otra impureza presente. Posteriormente fueron nuevamente enjuagadas, pero esta vez con una solución de 10 Litros de Hidróxido de Sodio y otra de 10 Litros de Ácido Clorhídrico.

Luego de que fueron lavadas en estas soluciones, se dejó secar al sol durante 24 horas. Una vez pasado este tiempo, fueron metidas al horno de secado durante 5 minutos para eliminar cualquier exceso de humedad.

Posteriormente, se procedió a recortar las algas en trozos pequeños haciendo uso de tijeras, esto con el fin de poder maximizar el espacio en cada filtro. Y, por último, se pesaron 100 gramos de alga y se hicieron los filtros con el uso de las mallas y el hilo de Nylon.

#### **1.9.4. ACTIVACION DE SISTEMA DE RECIRCULACION**

Inicialmente se colocó el filtro biológico dentro del tubo de 4 pulgadas, posteriormente a esto se colocaron 5 Litros del efluente en el balde principal. Luego se abrieron las válvulas a la mitad de su capacidad para permitir el pase del agua. Finalmente se conectó la bomba a la fuente de electricidad para que este empiece su funcionamiento. Este fue dejado durante 4, 8, 12, 16, 20, 24 y 28 horas, en las cuales se repitió este mismo procedimiento en cada intervalo de tiempo.

#### **1.9.5. VALIDEZ Y CONFIABILIDAD DE INFORMACION**

En el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo LASACI nos declararon la validez y confiabilidad de los resultados de nuestros estudios realizados los cuales se encuentran detallados en el anexo 3.

#### **1.9.6. PARA ANALIZAR LA INFORMACION**

Después de haber aplicado el instrumento, se procedió a organizar la información en y OriginLab, lo cual permitió elaborar las tablas que describen los resultados finales de las variables y dimensiones.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

**TABLA 1: REMOCIÓN DE CROMO<sup>+6</sup>**

En el siguiente grafico se plasma la remoción que tuvo el Cromo<sup>+6</sup> luego de haber pasado por el proceso de recirculación.

<i>A: REMOCIÓN DE [CR<sup>+6</sup>],2430PPM</i>							
0h	4h	8h	12h	16h	20h	24h	28h
0	560	720	1290	1760	1986.6	2060	2160

**TABLA 2:CAPACIDAD**

En este cuadro se indica la capacidad del alga que tuvo para adsorber el Cromo<sup>+6</sup> con el pasar de las horas.

<i>B: CAPACIDAD(mg Cr<sup>+6</sup>/gr)</i>							
0h	4h	8h	12h	16h	20h	24h	28h
0	84	108	193.5	264	298	309	324

**TABLA 3:PORCENTAJE**

En el siguiente cuadro se indica el porcentaje de remoción de Cromo<sup>+6</sup> luego de haber pasado por el sistema de recirculación.

<i>C: PORCENTAJE(%)</i>							
0h	4h	8h	12h	16h	20h	24h	28h
0	23.05	29.63	53.09	72.43	81.01	84.77	88.89

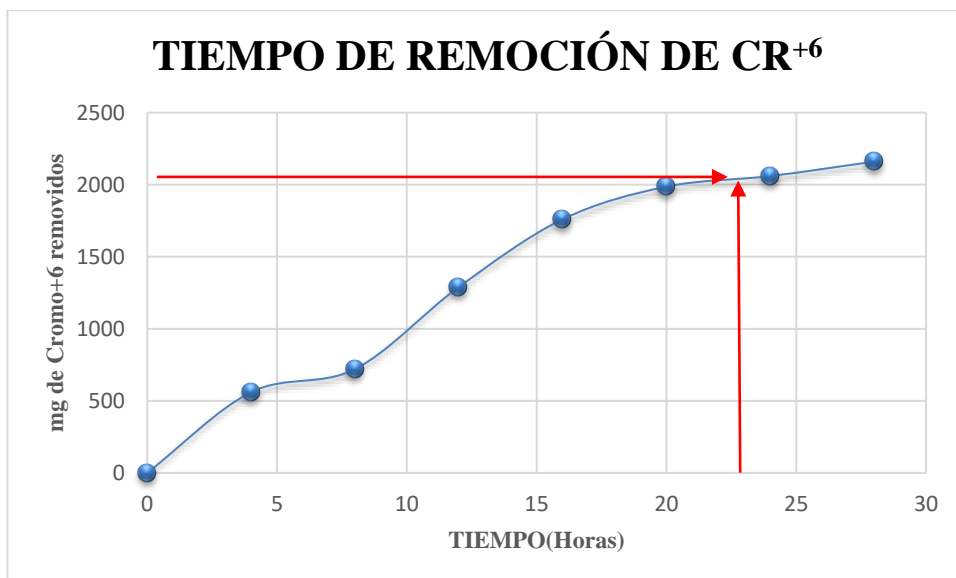


**TABLA 4: CROMO FINAL PRESENTE EN SOLUCIÓN**

Por último, este cuadro indica el nivel final de Cromo<sup>+6</sup> presente en la solución determinado en ppm.

<b>D: CROMO FINAL PRESENTE EN SOLUCIÓN (ppm)</b>							
<b>0h</b>	<b>4h</b>	<b>8h</b>	<b>12h</b>	<b>16h</b>	<b>20h</b>	<b>24h</b>	<b>28h</b>
2430	1870	1710	1140	670	443.4	370	270

**GRÁFICO 1: TIEMPO DE RESIDENCIA OPTIMO MEDIANTE EXCEL**



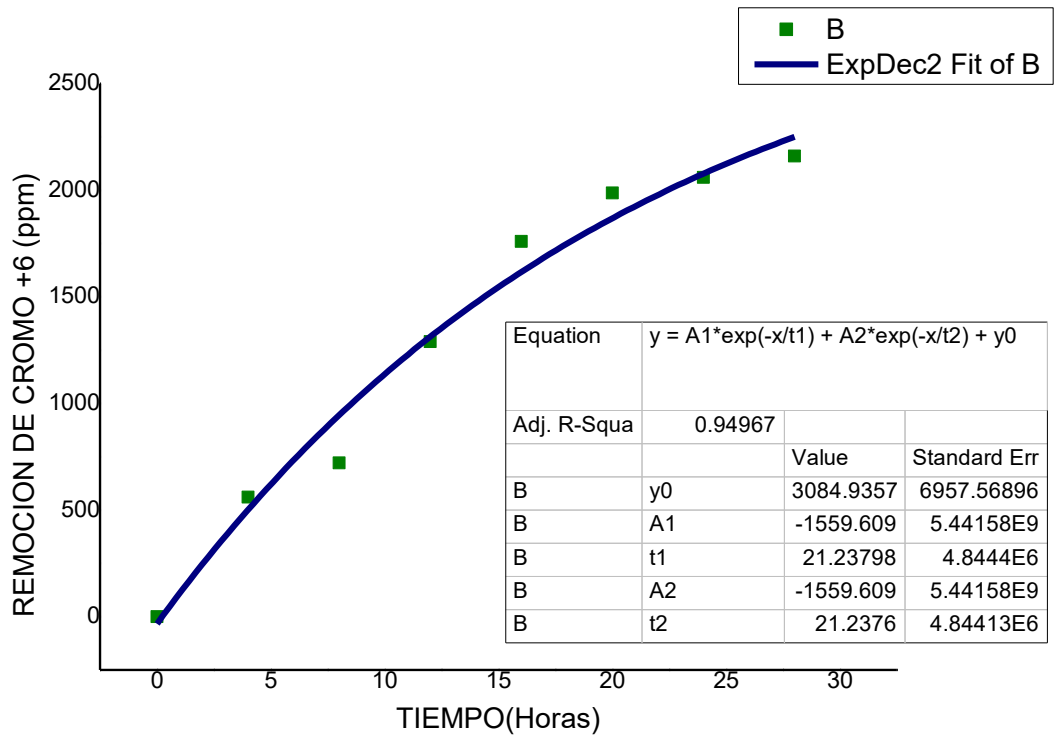
Para satisfacer el primer objetivo, usando los datos de capacidad de adsorción de Cr<sup>+6</sup> y el tiempo de tratamiento, se determinó que para nuestro sistema de flujo continuo el tiempo de residencia optimo aproximado fue de 23 horas. Esto debido a que es en este horario donde la reacción llega al equilibrio.

**GRÁFICO 2: TIEMPO DE RESIDENCIA OPTIMO MEDIANTE ORIGINLAB**

	A(X)	B(Y)
Long Name		
Units		
Comments		
1	0	0
2	4	560
3	8	720
4	12	1290
5	16	1760
6	20	1986.6
7	24	2060
8	28	2160
9		
10		
11		
12		

*Ilustración 1: Datos usados para gráfico 1*

Para satisfacer el segundo objetivo específico, en el presente gráfico se plasma la remoción de cromo obtenida luego de haber pasado por el tratamiento de filtrado con el alga *Chlorophyta Sensus Lato*. Mediante el uso del software ORIGINLAB se determina de manera precisa que es a las 21 horas el tiempo más óptimo para el tratamiento.

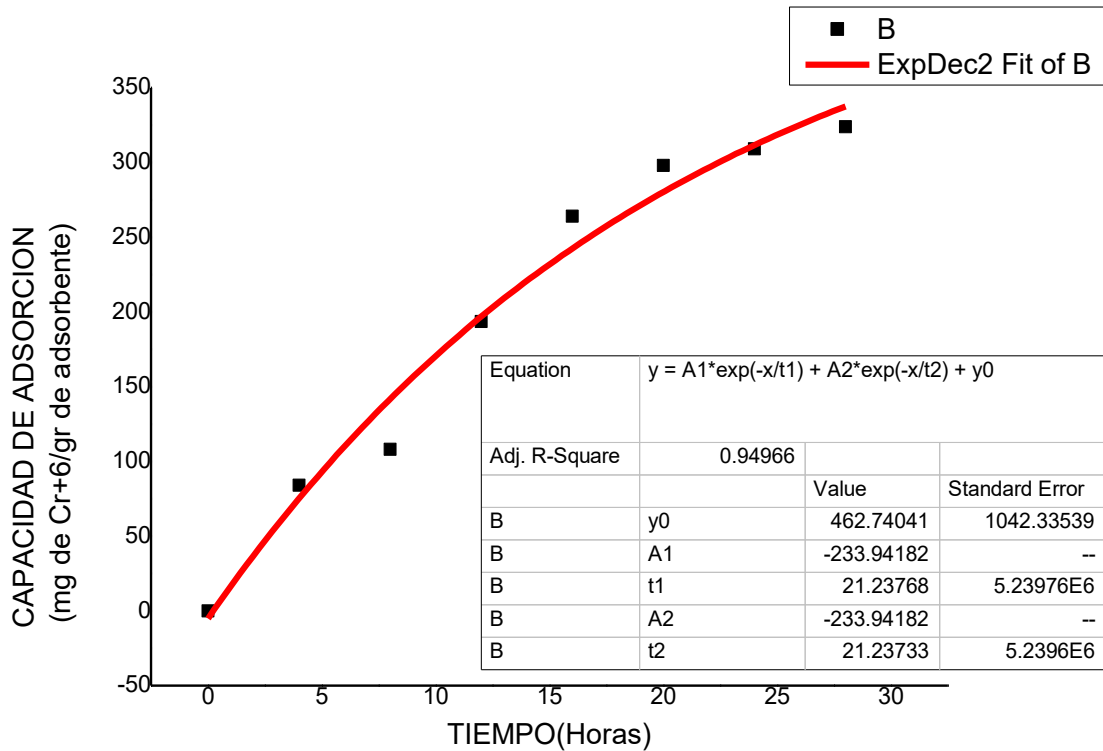


**GRÁFICO 3: CAPACIDAD**

	A(X)	B(Y)
Long Name		
Units		
Comments		
1	0	0
2	4	84
3	8	108
4	12	193.5
5	16	264
6	20	298
7	24	309
8	28	324
9		

*Ilustración 2: Datos usados para grafico 2*

El presente grafico se demuestra la capacidad que tiene la *Chlorophyta Sensu Lato* de adsorción de Cromo<sup>+6</sup> con respecto a las horas evaluadas. Por ende, al analizar los datos obtenidos, se puede apreciar que con el pasar del tiempo, el alga tiene una mayor capacidad de adsorción de Cromo<sup>+6</sup>.

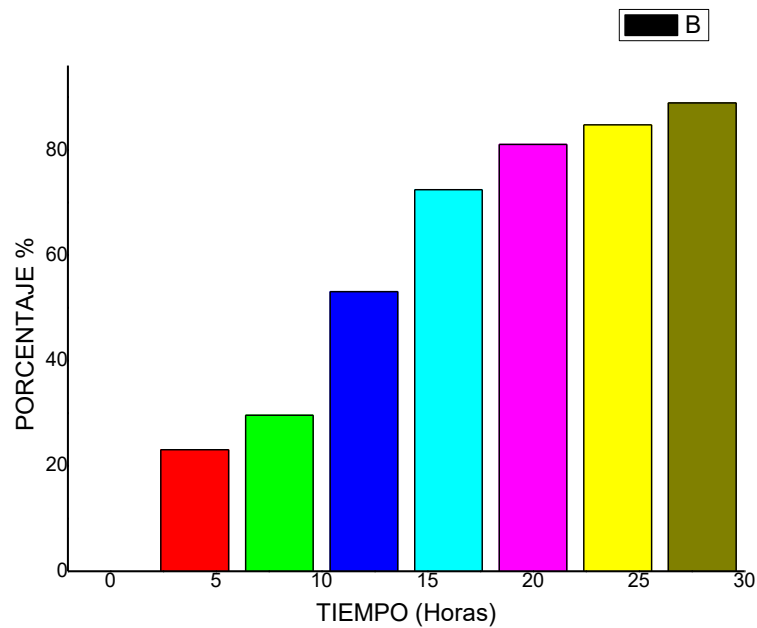


**GRÁFICO 4: PORCENTAJE DE REMOCIÓN**

	A(X)	B(Y)
Long Name		
Units		
Comments		
1	0	0
2	4	23.05
3	8	29.63
4	12	53.09
5	16	72.43
6	20	81.01
7	24	84.77
8	28	88.89
9		

*Ilustración 3: Datos usados para grafico 3*

El siguiente grafico ejemplifica el porcentaje de remoción del alga con el pasar de las horas de tratamiento. De igual manera que con el grafico 1, se aprecia que el pasar del tiempo es proporcional con el porcentaje de remoción de Cromo<sup>+6</sup>.

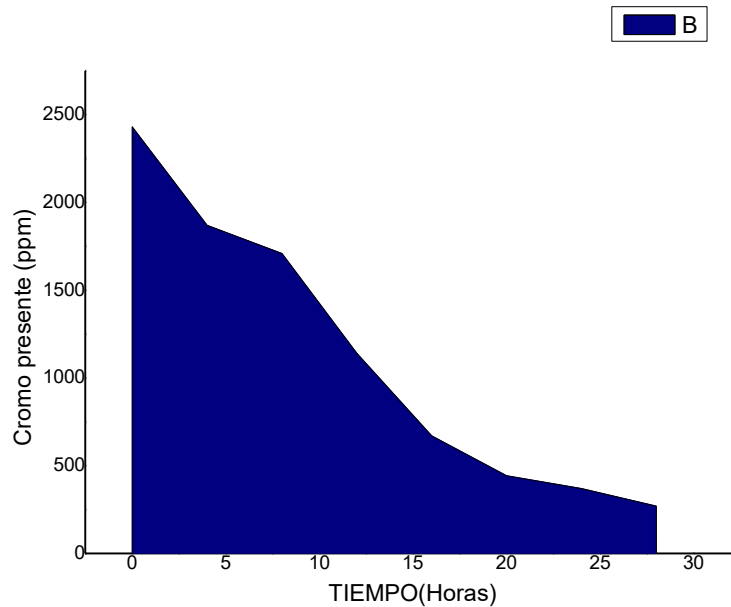


**GRÁFICO 5: CROMO FINAL PRESENTE EN LA SOLUCIÓN**

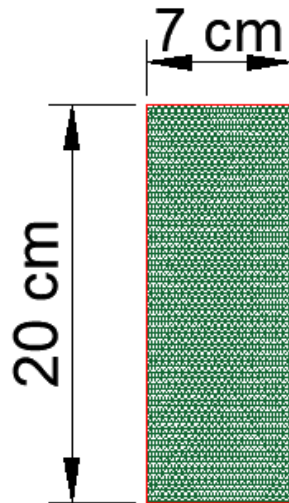
	A(X)	B(Y)
Long Name		
Units		
Comments		
1	0	2430
2	4	1870
3	8	1710
4	12	1140
5	16	670
6	20	443.4
7	24	370
8	28	270
9		

*Ilustración 4: Datos usados para grafico 4*

A continuación, se muestra la concentración de Cromo<sup>+6</sup> presente en la solución luego del tratamiento. También se puede apreciar una considerable disminución de este con el pasar del tiempo.

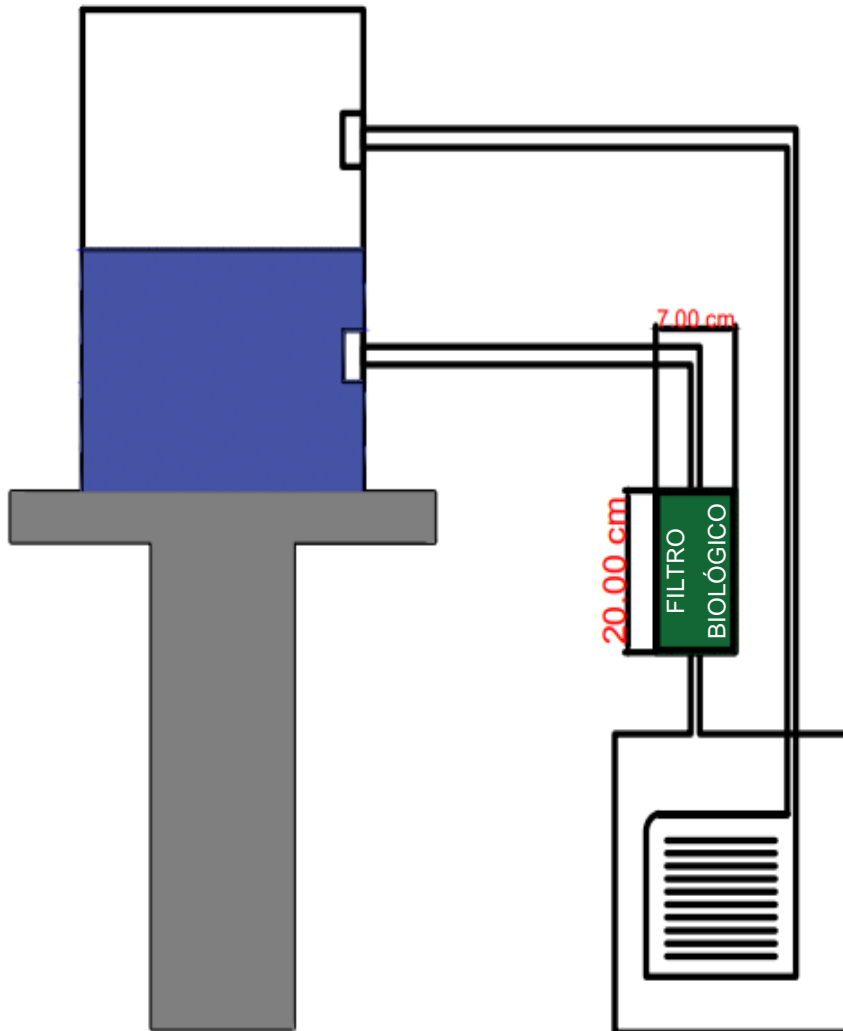


Para satisfacer el tercer objetivo específico, luego de haber tratado completamente el alga *Chlorophyta Sensu Lato* haciendo uso de los diferentes reactivo y procesos de secado y cortado, se elaboró un filtro de empaque cerrado en donde se contenía el alga, el cual consistía de una masa de 100 gr, y unas medidas de 20 cm de alto por 07 cm de ancho.



***Ilustración 5: Diseño de filtro de empaque cerrado***

Para complementar el tercer objetivo, se diseñó el mediante el software AutoCAD el sistema de recirculación empleado para el tratamiento del efluente de curtiembre, en donde se detalla la ubicación y medidas del filtro biológico.



*Ilustración 6: Diseño en AUTOCAD del Sistema de Recirculación*



Como resultado del último objetivo, se analizó la muestra de efluente luego de su respectivo tratamiento junto a los ECA desarrollados por MINAM (2017), en donde señalan que en el caso del cromo<sup>+6</sup> el límite en el cual se debe llegar es de tan solo 0.05 ppm, en el caso de aguas de tipo 1, y tipo 2, para el caso del agua tipo 3, se tiene un límite de 0.1 ppm para aguas de riego de vegetales y 1 para bebida de animales. Y, por último, para aguas de tipo 4, se tiene un límite de 0.011 para ríos, lagos y lagunas, y 0.05 para ecosistemas marino costeros.

INORGÁNICOS				
Aluminio	mg/L	0,9	5	5
Antimonio	mg/L	0,02	0,02	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,15
Bario	mg/L	0,7	1	**
Berilio	mg/L	0,012	0,04	0,1
Boro	mg/L	2,4	2,4	2,4
Cadmio	mg/L	0,003	0,005	0,01
Cobre	mg/L	2	2	2
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Hierro	mg/L	0,3	1	5
Manganeso	mg/L	0,4	0,4	0,5
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002
Molibdeno	mg/L	0,07	**	**

*Ilustración 7: Límite para agua tipo 1*

INORGÁNICOS					
Amoniaco Total (NH <sub>3</sub> )	mg/L	**	**	**	(1)
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**
Arsénico	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,1
Boro	mg/L	5	5	**	0,75
Cadmio	mg/L	0,01	0,01	**	0,01
Cobre	mg/L	0,0031	0,05	0,05	0,2
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,10
Mercurio	mg/L	0,00094	0,0001	0,0018	0,00077
Níquel	mg/L	0,0082	0,1	0,074	0,052
Plomo	mg/L	0,0081	0,0081	0,03	0,0025
Selenio	mg/L	0,071	0,071	**	0,005
Talio	mg/L	**	**	**	0,0008
Zinc	mg/L	0,081	0,081	0,12	1,0

*Ilustración 8: Limite para agua tipo 2*

Arsénico	mg/L	0,1	0,2
Bario	mg/L	0,7	**
Berilio	mg/L	0,1	0,1
Boro	mg/L	1	5
Cadmio	mg/L	0,01	0,05
Cobre	mg/L	0,2	0,5
Cobalto	mg/L	0,05	1
Cromo Total	mg/L	0,1	1
Hierro	mg/L	5	**
Litio	mg/L	2,5	2,5
Magnesio	mg/L	**	250
Manganeso	mg/L	0,2	0,2
Mercurio	mg/L	0,001	0,01
Níquel	mg/L	0,2	1
Plomo	mg/L	0,05	0,05
Selenio	mg/L	0,02	0,05
Zinc	mg/L	2	24

*Ilustración 9: Limite para agua tipo 3*

INORGÁNICOS						
Antimonio	mg/L	0,64	0,64	0,64	**	**
Arsénico	mg/L	0,15	0,15	0,15	0,036	0,036
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	**
Cadmio Disuelto	mg/L	0,00025	0,00025	0,00025	0,0088	0,0088
Cobre	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,011	0,011	0,011	0,05	0,05
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001
Níquel	mg/L	0,052	0,052	0,052	0,0082	0,0082
Plomo	mg/L	0,0025	0,0025	0,0025	0,0081	0,0081
Selenio	mg/L	0,005	0,005	0,005	0,071	0,071
Talio	mg/L	0,0008	0,0008	0,0008	**	**
Zinc	mg/L	0,12	0,12	0,12	0,081	0,081

*Ilustración 10: Limite para agua tipo 4*

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### - Discusiones

Se planteó como primer objetivo específico encontrar el tiempo de residencia óptimo para la remoción de Cromo<sup>+6</sup> mediante *Chlorophyta Sensu Lato* en efluentes de curtiembre. Según Guayazán J. et al., (2013), define como el tiempo transcurrido desde que la materia ingresa al sistema hasta que lo abandona. En esta investigación luego de realizar la recirculación de la muestra y al haberlo analizado mediante el programa ORIGINLAB, pudimos determinar que el tiempo óptimo es el de 21 horas, debido a que es en este punto donde la reacción comienza a estabilizarse, llegando así al límite en donde el alga puede adsorber el Cromo<sup>+6</sup>.

Como segundo objetivo tenemos el uso del software ORIGINLAB, el cual nos permite realizar diferentes tipos de gráficos, además de ayudar en la identificación del tiempo de residencia óptimo para la remoción de Cromo<sup>+6</sup>. Los creadores del software ORIGINLAB (2018), indican que esta es una herramienta que permite la creación y análisis de datos por medio de una gran variedad de gráficos, los cuales se actualizan automáticamente mediante la modificación de los parámetros necesarios para cada tipo. En nuestro caso, de la biblioteca de fórmulas brindada por el software ORIGINLAB, la ecuación que más se acomoda es la de tipo exponencial de categoría ExpDec2, debido a que esta ecuación es la que más se adecua a los datos usados en este trabajo de investigación.

Para satisfacer el tercer objetivo se desarrolló un filtro biológico de empaque con el alga *Chlorophyta Sensu Lato*. Rodríguez Santos et al., (2018), nos dice que estos son sistemas de filtrado natural, teniendo como función la eliminación de los contaminantes y sustancias tóxicas. Relacionado con nuestro trabajo de investigación se logró elaborar un filtro biológico con las medidas de 20 cm de largo y 7 de ancho, y con un peso de 100 gr de adsorbente obteniendo una eficaz remoción de Cromo<sup>+6</sup>. En complemento, para este propósito, se diseñó el sistema de recirculación empleado para este tratamiento, en donde se detallan las medidas y sobretodo la ubicación del filtro, ayudando a la ejemplificación y el modo de uso de este sistema cerrado de flujo continuo, removiendo el Cromo<sup>+6</sup> presente en el efluente de curtiembre.

Finalmente, para el último objetivo específico se elaboraron gráficos mediante el uso del software ORIGINLAB, siendo estos usados para comparar los Estándares de Calidad Ambiental en el D.S. N° 004-2017-MINAM determinados por MINAM (2017), los cuales indican que para aguas de Tipo 1 (Poblacional y recreacional) el nivel máximo de Cromo<sup>+6</sup> es de 0.05 ppm, para agua Tipo 2 (Actividades marino costeras) el límite de Cromo<sup>+6</sup> es de 0.05, para aguas de Tipo 3 (Riego de vegetales y bebida de animales) es de 0.1, y para aguas de Tipo 4 (Conservación de ambiente acuático) es de 0.011. Sin embargo, en nuestro análisis de la solución después de haber realizado el procedimiento, se obtiene que el mejor resultado es el de 28 horas, con una concentración de 270 ppm, superando de manera significativa los niveles permitidos. Para poder reducir aún más la concentración de Cromo<sup>+6</sup> se debe realizar un tratamiento previo auxiliar, o volver a pasar este tratamiento con un nuevo filtro de las mismas dimensiones.

#### - Conclusiones

El tiempo de residencia influye de manera significativa en la remoción de cromo<sup>+6</sup> en efluentes de curtiembre debido a que mayor tiempo de residencia tendrá un mayor índice de remoción hasta cierto punto que el alga pierde su capacidad absorbente.

Se identificó el tiempo de residencia óptimo para la adsorción de Cromo<sup>+6</sup>, esto con ayuda del software OriginLab, en donde se indica que es a las 21 horas.

La solución inicial fue analizada sin ningún tipo de tratamiento mediante el sistema de recirculación, donde se obtuvo un valor de 2430 ppm

Se elaboró un filtro biológico haciendo uso del alga *Chlorophyta Sensu Lato*, el cual tuvo una dimensión de 20 cm x 7 cm, y un peso de 100 gr.

Finalmente, luego de comparar la solución obtenida, con el D.S. 004-2017-MINAM se puede determinar que sigue siendo sumamente elevada la concentración de cromo<sup>+6</sup> presente.

**REFERENCIAS**

Albis Arrieta, A. R., Ortiz Toro, J. D., & Martínez De la Rosa, J. E. (2017). Remoción de cromo hexavalente de soluciones acuosas usando cáscara de yuca (*Manihot esculenta*): Experimentos en columna. *INGE CUC*, 13(1), 42-52. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.13.1.2017.04>

Arias-Gómez, J., Villasís-Keever, M. Á., & Miranda-Navales, M. G. (2016). El protocolo de investigación III: La población de estudio. *Revista Alergia México*, 63(2), 201-206. <https://doi.org/10.29262/ram.v63i2.181>

Barroso, Y. M. M., Mantilla, P. A. P., & Perez, J. F. B. (2019). Remoción de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de *Spirulina* sp, sedimentación primaria y precipitación química. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10(1), Article 1. <https://doi.org/10.22490/21456453.2326>

Barroso, Y., Mantilla, P., & Betancur, J. (2018). Remoción de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de *Spirulina* sp, sedimentación primaria y precipitación química. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 10, 141-152. <https://doi.org/10.22490/21456453.2326>

Burbano, D. E. O., & Benítez-Campo, N. (2019). REMOCIÓN DE CROMO TRIVALENTE EN AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES MEDIANTE UN PROCESO BIÓTICO-ABIÓTICO BASADO EN EL USO DE *Yarrowia lipolytica* y *Candida fluviatilis*. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 35(4), 945-956.

Chang Cardona, A., Terencio Guevara, P., Guerra Gonzales, Y., & Rojas Vargas, A. (2015, abril). «Consideraciones sobre la determinación del tiempo de residencia de la prueba en la lixiviación industrial del proceso “Caron” en la planta de Punta Gorda Moa, Cuba». [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2224-61852015000100002](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-61852015000100002)

Chulle Ramos, L. V., & Villalobos Barrios, P. H. (2016). Remoción de metales pesados (mercurio y plomo) de soluciones acuosas sintéticas a diferentes concentraciones utilizando la microalga dulceacuícola *Scenedesmus acutus*. <http://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/779>

Domingo-Pueyo, A., Sanz-Valero, J., & Wanden-Berghe, C. (2014). EFFECTS OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO CHROMIUM AND ITS COMPOUNDS: A SYSTEMATIC REVIEW. *Archivos de Prevención de Riesgos Laborales*, 17(3), 142-153. <https://doi.org/10.12961/apr1.2014.17.3.03>

Dominguez, H., & Loret, E. P. (2019). Ulva lactuca, A Source of Troubles and Potential Riches. *Marine Drugs*, 17(6), Article 6. <https://doi.org/10.3390/md17060357>

Elizondo-González, R., Quiroz-Guzmán, E., Escobedo-Fregoso, C., Magallón-Servín, P., & Peña-Rodríguez, A. (2018). Use of seaweed Ulva lactuca for water bioremediation and as feed additive for white shrimp Litopenaeus vannamei. *PeerJ*, 6, e4459. <https://doi.org/10.7717/peerj.4459>

González, D., Caballero, Y., & Aguilar, O. (2020). Diseño de un cultivador hidropónico vertical para uso doméstico. *Revista de Iniciación Científica*, 6(1), Article 1. <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v6.1.2609>

Guayazán J., J., Herrera A., F. J., Montero, J. C., & García, J. A. (2013). *Metodología para calcular el tiempo de residencia en sistema digestor-prensa en plantas de beneficio*. Fedepalma. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/10844>

HUAMANLAZO TAIPE, A. E. (2020). *INFLUENCIA DEL ACIDO CLORHIDRICO EN LA RESISTENCIA POR ADHERENCIA ENTRE CONCRETOS CON ADHESIVO EPOXICO*. [https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2937/T037\\_46284976\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/2937/T037_46284976_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Huaroc Osio, C., & Martinez Palacios, P. L. (2021). *Repositorio Continental: Fitorremediación de plomo y cromo total con lechuga de agua (Pistia stratiotes) en aguas superficiales del río Andaychagua, provincia de Yauli, 2021*. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/12180>

Lopez Salas, D. J. (2022). Desarrollo de prototipo de sistema de control y monitoreo de usuarios del comedor universitario, basado en tecnología RFID, en la Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. *Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD*. <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/20.500.14070/867>

Martínez Mendoza, L. A., & Huaman Ramos, J. (2019). Influencia del tiempo de residencia en la remoción de cromo hexavalente con chlorophyta sensu lato en drenaje ácido de mina. *Universidad Privada del Norte*.  
<https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/3038895>

Martinez Morocho, J. G. (2022). *Construcción de un horno de secado para el tratamiento de bobinas de motores eléctricos de la empresa S.E.I (Soluciones Electromecánicas Ipiales)*. <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/xmlui/handle/123456789/239>

Mestanza, L. M. H., Abrego, G. E. M., & Martínez, E. A. M. (2019). *ELABORACIÓN DE UN MATERIAL BIOSORBENTE A PARTIR DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO (*Musa sp.*) PARA SER UTILIZADO EN LA REMOCIÓN DE CROMO VI PROVENIENTE DE LAS AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA DE CURTIEMBRE*.  
<https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/20508/#:~:text=En%20el%20presente%20trabajo%20la%20c%20A1%20scara%20de%20pl%20C3%A1tano,es%20el%20mecanismo%20de%20remoci%C3%B3n%20del%20contaminante%20principal>.

MINAM. (2017). *Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias* [Text]. SINIA | Sistema Nacional de Información Ambiental. <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>

Naula González, L. A., & Zúñiga Delgado, P. A. (2021). *Remoción de metales pesados (cromo, zinc, aluminio, arsénico, níquel y cobre) en aguas industriales utilizando algas coinmovilizadas con alginato de sodio* [BachelorThesis, Universidad de Cuenca].  
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/36637>

Octavio-Aguilar, P., & Olmos-Palma, D. A. (2022). Efectos sobre la salud del agua contaminada por metales pesados. *Herreriana*, 4(1), Article 1.  
<https://doi.org/10.29057/h.v4i1.8630>

ORIGINLAB. (2018). *Origen: Software de análisis de datos y gráficos*.  
<https://www.originlab.com/index.aspx?go=Products/Origin>

Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., Gallo, J. A., Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de



análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9-18.  
<https://doi.org/10.31908/19098367.0001>

Palacio, D. C. (2018). *RETENCIÓN DE CROMO HEXAVALENTE CONTENIDO EN MUESTRAS SINTÉTICAS DE AGUA MEDIANTE ADSORCIÓN UTILIZANDO BIOSORBENTES NATURALES MODIFICADOS.*

Pozo, F. M. E. (2013). *COMPORTAMIENTO DEL HIDRÓXIDO DE SODIO Y POTASIO EN FUNCIÓN DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA AMBIENTAL.*

Prasedya, E. S., Martyasari, N. W. R., Apriani, R., Mayshara, S., Fanani, R. A., & Sunarpi, H. (2019). Antioxidant activity of *Ulva lactuca* L. from different coastal locations of Lombok Island, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2199(1), 020003.  
<https://doi.org/10.1063/1.5141281>

Puris Tovalino, K. J. (2019). Aplicación de la microalga *Chorella Vulgaris* como alternativa para la bioadsorción de metales pesados Pb, Hg, Cd en aguas. *Universidad Peruana Unión*. <https://renati.sunedu.gob.pe/handle/sunedu/2818346>

Quintero, C. M. C. (2016). *Caracterización y modelación del transporte de Cromo total en la cuenca alta del Río Bogotá tramo – Stock 440- Puente Hacienda.*

Ramos Sicha, J. L. (2017). Bioadsorción con quitosano para la remoción de cromo hexavalente en aguas residuales de curtiembre en Huachipa, 2017. *Universidad César Vallejo*. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/18933>

Risco, A. A. (2020). *Clasificación de las Investigaciones.*

Rodríguez Santos, J., Ortiz Ayoví, D., Rodríguez Baquerizo, E., & Santos Baquerizo, E. (2018). Diseño de un filtro potabilizador ecológico para comunidades rurales, utilizando la *Moringa Oleifera*. *Revista Lasallista de Investigación*, 15(2), 118-130.  
<https://doi.org/10.22507/rli.v15n2a9>

Rodríguez Yupanqui, M., & Quezada Alvarez, M. A. (2019). Remoción de cromo en efluente de curtiembre por consorcio de levaduras del género *Saccharomyces* y *Pichia*. *UCV - SCIENTIA*, 11(2), 81-91.

Rosas, E., García, Y., & Lira, C. (2017). *USOS Y APLICACIONES DE LAS MACROALGAS MARINAS: UNA REVISIÓN.* 56, 89-101.

Talledo Vilela, J. (2016, enero 15). Más de cien ríos están contaminados con coliformes o metales. *El Comercio*. <https://elcomercio.pe/peru/cien-rios-contaminados-coliformes-metales-262889-noticia/>

Tejada-Tovar, C., Villabona-Ortiz, Á., & Garcés-Jaraba, L. (2015). Adsorción de metales pesados en aguas residuales usando materiales de origen biológico. *TecnoLógicas*, 18(34), 109. <https://doi.org/10.22430/22565337.209>

*ToxFAQsTM: Cromo (Chromium) | ToxFAQ | ATSDR*. (2021, enero 26). [https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es\\_tfacts7.html](https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts7.html)

Valduvina, C.-R., Garcell-Puyáns, L. R., & Rodríguez-Iznaga, I. (2018). Remoción del cromo de residuales alcalinos con zeolita natural, en una columna de adsorción de lecho fijo. *Tecnología Química*, 38(2), 210-222.

WHO. (2022, marzo 21). *Agua para consumo humano*. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>

## ANEXOS

### ANEXO 1

#### MATRIZ DE CONSISTENCIA

**ESTUDIANTE(S):** Espinoza Herrera, Shantal Adriana / Mendoza Calderón, Santiago Alonso

**TÍTULO: INFLUENCIA DEL TIEMPO DE RESIDENCIA EN LA REMOCIÓN DE CR<sup>+6</sup> EN EFLUENTES DE CURTIEMBRE MEDIANTE CHLOROPHYTA SENSU LATO, TRUJILLO, 2021**

PROBLEMA	HIPOTESIS	OBJETIVOS	VARIABLES	METODOLOGIA	POBLACION
¿En qué medida influye el tiempo de residencia en la remoción de Cromo <sup>+6</sup> en efluentes de curtiembre mediante Chlorophyta Sensu Lato?	El tiempo de residencia es el adecuado para la remoción de Cromo <sup>+6</sup> .	<p><b>GENERAL:</b> Determinar la influencia del tiempo de residencia en la remoción de Cromo<sup>+6</sup> en efluentes de curtiembre mediante el uso del alga <i>Chlorophyta Sensu Lato</i>.</p> <p><b>ESPECÍFICOS:</b> Identificar el tiempo de residencia óptimo para la remoción de Cromo<sup>+6</sup> mediante Chlorophyta Sensu Lato en efluentes de curtiembre.</p> <p>Emplear el software ORIGINLAB para el modelamiento cinético de datos.</p> <p>Desarrollar un filtro biológico de empaque con el alga Chlorophyta Sensu Lato.</p> <p>Comparar la calidad de agua obtenida con los Estándares de Calidad Ambiental obtenida del tratamiento.</p>	<p><b>VARIABLE 1:</b> Influencia del tiempo de Residencia.</p> <p><b>VARIABLE 2:</b> Remoción de Cromo<sup>+6</sup></p>	<p>Tipo de investigación: Cuantitativa</p> <p>Diseño: Experimental</p> <p>Técnica: Filtración y captación</p> <p>Instrumento:</p> <p>Método de análisis de datos: Software ORIGINLAB.</p>	<p><b>POBLACION:</b> Los efluentes emitidos por la curtiembre “El Sarco” en Trujillo</p> <p><b>MUESTRA:</b> 15L de efluente de la curtiembre “El Sarco”</p>

ANEXO 2

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

ESTUDIANTE(S): Espinoza Herrera, Shantal Adriana / Mendoza Calderón, Santiago Alonso

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
VARIABLE DEPENDIENTE:  Remoción de cromo <sup>+6</sup>	La remoción del cromo se da por diferentes métodos, ya sea reducción, precipitación química o adsorción, de todos este último es el más usado, debido a que tiene un costo sumamente bajo y altamente versátil (Y. Barroso et al., 2018).	Pabón et al., (2020), establecen que el método de adsorción tiene una gran versatilidad, debido a que tiene una gran capacidad, dependiendo del tipo de adsorbente.	ppm	Concentración  Reducción de concentración de cromo <sup>+6</sup>	Nominal
VARIABLE INDEPENDIENTE:  Tiempo de residencia	Esta variable tiene la característica de que influye en una gran medida el rendimiento de	Horas a la cual se debe mantener (Y. M. M. Barroso et al., 2019)	Tiempo	0  4  8	Nominal

Influencia del tiempo de residencia en la remoción de Cr+6 en efluentes de curtiembre mediante *Chlorophyta Sensu Lato*

	<p>diferentes análisis, ya sean de sólidos, líquidos o gaseosos Chang Cardona et al., (2015).</p>			<p>12 16 20 24 28</p>	
--	---	--	--	---------------------------------------	--

# ANEXO 3



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



### LASACI

## INFORME DE ANÁLISIS LASACI / UNT

SOLICITANTE	: SHANTAL ADRIANA ESPINOZA HERRERA
	: SANTIAGO ALONSO MENDOZA CALDERON
MUESTRA	: AGUA RESIDUAL DE CURTIEMBRE
PROCEDENCIA	: TRUJILLO
FECHA DE INGRESO	: 26 DE OCTUBRE DE 2021
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

#### ANÁLISIS:

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	UNIDADES
M00	MUESTRA PATRÓN	2.43	g/L

\*Determinación de cromo hexavalente, Cr (VI) en agua. Método colorimétrico. Determination of hexavalent chromium, Cr (VI) in water. Colorimetric method

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	UNIDADES
M1	R1 - 1/4h	1.87	g/L
	R2 - 1/4h	1.75	g/L
	R3 - 1/4h	1.82	g/L

\*Determinación de cromo hexavalente, Cr (VI) en agua. Método colorimétrico. Determination of hexavalent chromium, Cr (VI) in water. Colorimetric method

CODIFICACIÓN DE MUESTRA		Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	UNIDADES
M2	R1 - 2/12h	1.71	g/L
	R2 - 2/12h	1.69	g/L
	R3 - 2/12h	1.58	g/L


\*Determinación de cromo hexavalente, Cr (VI) en agua. Método colorimétrico. Determination of hexavalent chromium, Cr (VI) in water. Colorimetric method



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA


✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632



## UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION


# LASACI



CODIFICACIÓN DE MUESTRA	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	UNIDADES
M3	R1 - 3/8h	1.14 g/L
	R2 - 3/8h	1.17 g/L
	R3 - 3/8h	1.08 g/L

\*Determinación de cromo hexavalente, Cr (VI) en agua. Método colorimétrico. Determination of hexavalent chromium, Cr (VI) in water. Colorimetric method

TRUJILLO 03 DE NOVIEMBRE DEL 2021



**Ing. Carlos A. Valqui Mendoza**  
DIRECTOR LASACI

**AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA**

✉ lasaciunt@gmail.com ☎ 949959632

**ANEXO 4**



*Ilustración 11: Playa de Puerto Malabrigo*



*Ilustración 12: Recolección de algas*





*Ilustración 13: Curtiembre*



*Ilustración 14: Fase de curtido*



*Ilustración 15:Maquinaria de curtiembre*



*Ilustración 16: Algas recolectadas*



*Ilustración 17: Algas lavadas con agua*



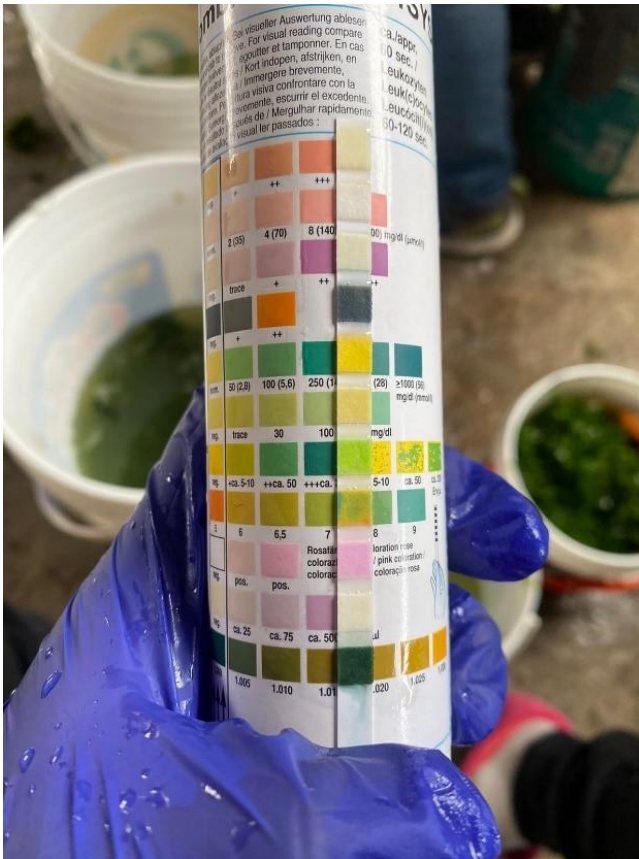
*Ilustración 18: Reactivo HCl*



*Ilustración 19: Reactivo NaOH*



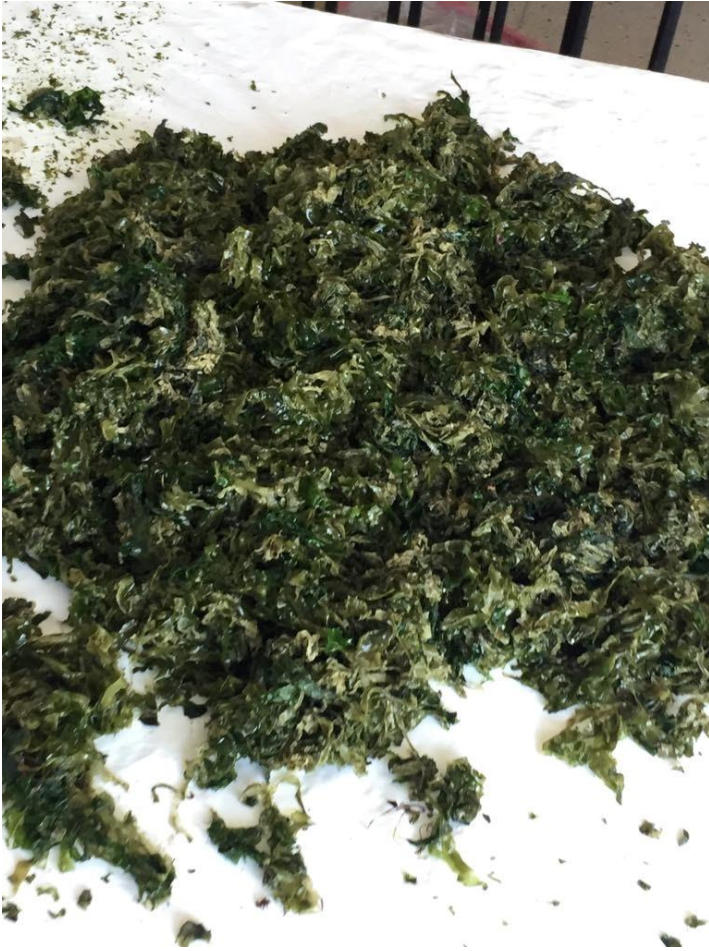
*Ilustración 20: Preparación de  
soluciones*



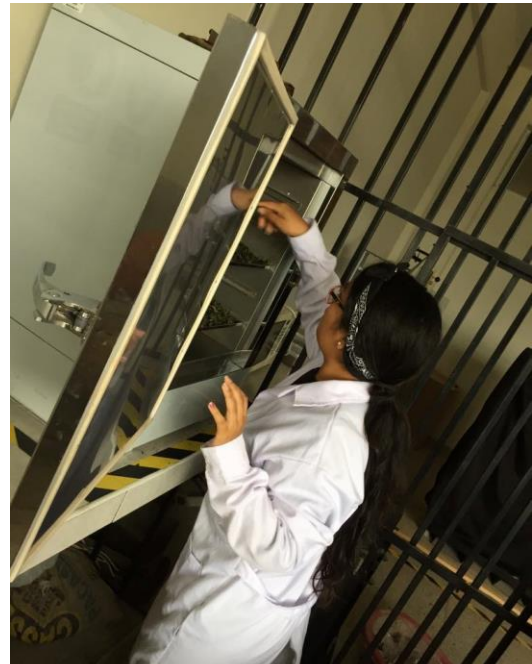
*Ilustración 21: Medición de Ph de algas*



*Ilustración 22: Lavado de alga por soluciones*



*Ilustración 23: Secado de algas al sol*



*Ilustración 24: Colocación de algas en  
horno*



*Ilustración 25: Algas en horno*



*Ilustración 26: Algas secas*



*Ilustración 27: Cortado de algas*



*Ilustración 28: Pesaje de 100 gr de  
alga seca y cortada*





*Ilustración 29: Rellenado de filtros*



*Ilustración 30: Filtro preparado*



*Ilustración 31: Sistema armado*