

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Eficiencia de la biomasa de *Spirulina* sp. en la remoción de  
cromo total en aguas residuales de una industria textil

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

**AUTORAS:**

Gallardo Barboza, Naomi Sarai ([orcid.org/0000-0001-8237-6754](https://orcid.org/0000-0001-8237-6754))

Tirado Leon, Nayellet Darlene ([orcid.org/0000-0002-5801-5024](https://orcid.org/0000-0002-5801-5024))

**ASESOR:**

Dr. Ponce Ayala, Jose Elias ([orcid.org/0000-0002-0190-3143](https://orcid.org/0000-0002-0190-3143))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

**CHICLAYO — PERÚ**

**2023**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado en primer lugar a Dios, quien nos dio salud, fuerza y voluntad para concluir nuestros estudios y demostrar día a día los conocimientos adquiridos por medio de la investigación.

A nuestros Padres, quienes nos han sabido formar con buenos valores lo cual nos han servido para superarnos y buscar siempre ser mejores, por ello se merecen todo el reconocimiento.

A nuestra familia, quienes nos brindan su apoyo constante y sabiduría para lograr concluir nuestros estudios y realizarnos como profesionales.

***Naomi Sarai y Nayellet Darlene***

## **AGRADECIMIENTO**

A nuestros padres y familia quienes nos brindaron apoyo y motivación para seguir adelante a lo largo de nuestra vida universitaria y nos alentaron a no rendirnos.

A nuestro asesor, por su apoyo y ser nuestro guía durante el desarrollo del trabajo de investigación. Por brindarnos sus conocimientos adquiridos en base a su experiencia y por la paciencia dedicada para comprender la metodología de la investigación empleada.

A nuestra Universidad Cesar Vallejo – Filial Chiclayo, por ofrecernos la oportunidad de adquirir conocimientos en base a docencia eficiente y capacitada, los cuales fueron útiles para culminar de manera satisfactoria nuestro proyecto de investigación.

***Naomi Sarai y Nayellet Darlene***

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, PONCE AYALA JOSE ELIAS, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, asesor de Tesis titulada: "Eficiencia de la Biomasa de Spirulina sp. en la remoción de cromo total en aguas residuales de una industria textil", cuyos autores son TIRADO LEON NAYELLET DARLENE, GALLARDO BARBOZA NAOMI SARAI, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

CHICLAYO, 21 de Junio del 2023

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
PONCE AYALA JOSE ELIAS DNI: 16491942 ORCID: 0000-0002-0190-3143	Firmado electrónicamente por: PAYALAJE el 21-06- 2023 16:33:17

Código documento Trilce: TRI - 0546873

## DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

### Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, GALLARDO BARBOZA NAOMI SARAI, TIRADO LEON NAYELLET DARLENE estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CHICLAYO, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Eficiencia de la biomasa de Spirulina sp. en la remoción de cromo total en aguas residuales de una industria textil", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
TIRADO LEON NAYELLET DARLENE DNI: 71527977 ORCID: 0000-0002-5801-5024	Firmado electrónicamente por: TIRADDARLE el 06-11-2023 09:34:18
GALLARDO BARBOZA NAOMI SARAI DNI: 74448187 ORCID: 0000-0001-8237-8754	Firmado electrónicamente por: NGALLARDOB el 06-11-2023 09:32:25

Código documento Trilce: INV - 1345777

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA .....	ii
AGRADECIMIENTO .....	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DE LOS AUTORES.....	v
ÍNDICE DE CONTENIDOS .....	vi
ÍNDICE DE TABLAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	viii
RESUMEN .....	ix
ABSTRACT.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	4
III. METODOLOGÍA .....	11
3.1. TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	11
3.2. VARIABLES Y OPERACIONALIZACIÓN .....	12
3.3. POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO .....	12
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	13
3.5. PROCEDIMIENTOS .....	13
3.6. MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS .....	17
3.7. ASPECTOS ÉTICOS .....	17
IV. RESULTADOS .....	19
V. DISCUSIÓN.....	26
VI. CONCLUSIONES.....	30
VII. RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS.....	32
ANEXOS .....	40

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> <i>Características químicas del cromo</i> .....	9
<b>Tabla 2.</b> <i>Tratamientos y control</i> .....	11
<b>Tabla 3.</b> <i>Materiales empleados para la recolección de la muestra</i> .....	15
<b>Tabla 4.</b> <i>Características generales de la Biomasa de Spirulina sp.</i> .....	19
<b>Tabla 5.</b> <i>Contribución en el medio ambiente de la biomasa de Spirulina sp.</i> .....	21
<b>Tabla 6.</b> <i>Resultados de características físico químicas del agua residual de una industria textil –pre tratamiento</i> .....	22
<b>Tabla 7.</b> <i>Resultados de cromo total del agua residual de una industria textil</i> .....	22
<b>Tabla 8.</b> <i>Resultados de características físico químicas del agua residual de una industria textil con diferentes dosis de biomasa de Spirulina sp. – post tratamiento</i> .....	23
<b>Tabla 9.</b> <i>Resultados de cromo total del agua residual de una industria textil con diferentes dosis de biomasa de Spirulina sp. – post tratamiento</i> .....	23
<b>Tabla 10.</b> <i>Resultados de la eficiencia de las diferentes dosis de la biomasa de Spirulina sp., en la remoción de cromo total en aguas residuales de una industria textil – post tratamiento</i> .....	24

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Adquisición de la biomasa de <i>Spirulina</i> sp. ....	14
<i>Figura 2.</i> Toma de muestra de agua residual de la Industria Textil.....	15
<i>Figura 3.</i> Biomasa de <i>Spirulina</i> sp.....	19
<i>Figura 4.</i> Resultados de la eficiencia de las diferentes dosis de la biomasa de <i>Spirulina</i> sp. en la remoción de cromo total en aguas residuales de una industria textil – post- tratamiento .....	25



## RESUMEN

La presente investigación consideró como propósito principal determinar la eficiencia de la biomasa de *Spirulina* sp. en la remoción de cromo total en las aguas residuales de una industria textil. El estudio fue de tipo aplicada y de diseño experimental. La población estuvo conformada por las aguas residuales de una industria textil y la muestra de 10 litros. La técnica empleada fue la observación y el instrumento una ficha de recolección de datos. Los resultados evidenciaron que antes de los tratamientos el cromo total fue de 456.08mg/L. Posterior al tratamiento de 0,5g/L el cromo total fue de 136.8mg/L; con respecto al tratamiento de 1g/L el cromo total fue de 118.5mg/L; posterior al tratamiento de 1,5g/L el cromo total fue de 109.4mg/L; con respecto al tratamiento de 2g/L el cromo total fue de 82.09mg/L; posterior al tratamiento con 2,5g/L el cromo total fue de 68.4mg/L y por último con el tratamiento de 3g/L el cromo total fue 36.4mg/L. Se concluyó finalmente que el tratamiento con la dosis de 3g/L de biomasa de *Spirulina* sp., muestra su máxima eficiencia mediante los resultados obtenidos en la remoción de cromo total de las aguas residuales de una industria textil.

Palabras clave: Aguas residuales, industria textil, cromo, *Spirulina* sp.

## ABSTRACT

The present investigation considered as main purpose to determine the efficiency of the biomass of *Spirulina* sp. in the removal of total chromium in the wastewater of a textile industry. The study was of applied type and experimental design. The population consisted of the wastewater from a textile industry and the sample of 10 liters. The technique used was observation and the instrument was a data collection sheet. The results showed that before the treatments the total chromium was 456.08mg/L. After the 0.5g/L treatment, total chromium was 136.8mg/L; Regarding the 1g/L treatment, total chromium was 118.5mg/L; After the 1.5g/L treatment, total chromium was 109.4mg/L; Regarding the 2g/L treatment, total chromium was 82.09mg/L; After the treatment with 2.5g/L the total chromium was 68.4mg/L and finally with the 3g/L treatment the total chromium was 36.4mg/L. It was finally concluded that the treatment with the dose of 3g/L of *Spirulina* sp. biomass, shows its maximum efficiency through the results obtained in the removal of total chromium from the wastewater of a textile industry.

Keywords: Wastewater, textile industry, chrome, *Spirulina* sp.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, uno de los problemas ambientales que más deterioro genera, es la contaminación del recurso hídrico, este problema tiene múltiples causas y se presentan de diversas formas que no se pueden prever (Rosales, et al., 2021). Debido al crecimiento demográfico, el cual seguirá en constante incremento, diversas industrias relacionadas con la satisfacción de ciertas necesidades de consumo también experimentaron un auge de crecimiento, entre ellas están las industrias textiles (Sumalave, 2018), que no son la excepción cuando se trata de la contaminación del recurso hídrico.

La industria textil utiliza entre 70 y 150 m<sup>3</sup> de recurso hídrico por tonelada de tela teñida (Pey, 2008), en general es una de las industrias que en gran parte de su proceso genera un exceso de líquidos contaminantes debido a la gran variedad de procesos que en ellas se realizan (Pilco et al., 2021), por lo general los efectos dañinos durante las transformación de telas se dan en los procesos de separación con un 15%; descruce y mercerizado con 20%; blanqueo, teñido y lavado con un 65% (Mansilla et al., 2001). Las aguas de estas industrias se caracterizan por ser predominantemente alcalinas, con altos niveles de demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), cuya composición depende de elementos químicos orgánicos como los metales pesados; entre ellos el cromo (Talarposhti et al., 2001).

El cromo, sales, surfactantes orgánicos, entre otros, son considerados como los principales auxiliares en el proceso para mejorar la absorción de los colorantes a las fibras textiles (Dos Santos et al., 2007), El desarrollo de actividades vinculadas al uso del cromo es excesivamente tóxico y peligroso. Los procesos tradicionales utilizados para el tratamiento de aguas son de costo elevado, tienen diferentes porcentajes de eficacia, pero tienen la desventaja de crear nuevos productos que resultan ser mucho más contaminantes que los desechos primarios (Rădulescup et al., 2008). Debido a esto, actualmente se está empleando nuevas alternativas como lo es el tratamiento biológico que se caracteriza por utilizar productos secundarios de fácil procedimiento, más barato y con menos residuos (Takahashi et al., 2007), donde es rescatable el uso de las microalgas que son microorganismos, que debido

a su función fotosintética son idóneos para combatir metales pesados como el cromo. Las microalgas han demostrado poseer un gran potencial para su remediación en aguas residuales provenientes de efluentes industriales textiles (Rosales et al., 2018), entre las diversas especies de microalgas ensayadas se encuentra *Spirulina* sp.

La biomasa de *Spirulina* sp. es una microalga que posee la capacidad de facilitar la asociación de metales pesados, esto gracias a que contiene grupos funcionales como el fosfato, carbonilo, sulfato, hidroxilo, entre otros (Nithyaa et al., 2019). Por lo que ha demostrado su alta eficiencia en tratamientos de remoción de metales y otros contaminantes de soluciones acuosas.

Como se puede evidenciar, la presencia de metales altamente nocivos como el cromo en las aguas residuales, es una problemática que está latente en afectar no solo a la salud humana, sino que también a nuestro medio ambiente. Debido a ello se sugiere como alternativa de tratamiento de remoción a la biomasa de *Spirulina* sp, al ser considerada de bajo costo, alta eficiencia de eliminación de metales y extensa disponibilidad, por lo tanto, la presente investigación plantea como problema general ¿Cuál es la eficiencia de la biomasa de *Spirulina* sp. en la remoción de cromo total en aguas residuales de la industria textil?

La presente investigación se justifica a nivel social pues el uso de la *Spirulina* sp. permite reemplazar la demanda de los tratamientos tradicionales por nuevas alternativas para la reducción de los contaminantes que son desechados directamente a los recursos hídricos; generando con esta técnica no solo el mantenimiento de ecosistemas sino también el bienestar por la calidad del agua. A la vez a nivel económico el presente estudio permitirá dar a conocer un tratamiento que permitirá disminuir el impacto de los altos costos, que genera un tratamiento convencional. Además, a nivel ambiental contribuirá en la reducción de Cromo total presente en el agua y esto logrará un equilibrio ecológico reduciendo los impactos en el ambiente.

Ante lo expuesto, la presente investigación tiene como objetivo general determinar la eficiencia de la biomasa de *Spirulina* sp. en la remoción de cromo total en las aguas residuales de una industria textil, los objetivos específicos: Describir las

características de la biomasa de *Spirulina* sp, analizar las características físico químicas de las aguas residuales de una industria textil y medir las concentraciones de cromo total presentes antes de los tratamientos con biomasa de *Spirulina* sp, analizar las características físico químicas de las aguas residuales de una industria textil y medir las concentraciones de cromo total presentes después de los tratamientos con diferentes dosis (0.5,1, 1.5, 2, 2.5 y 3g/L) de biomasa de *Spirulina* sp. Se plantea como hipótesis “Si se utiliza la dosis de biomasa de *Spirulina* sp. adecuada, el efecto de remoción de cromo total en aguas residuales de una industria textil será eficiente”

## II. MARCO TEÓRICO

Para una mejor comprensión del problema y su posible solución la presente investigación se afianzó de la bibliografía científica de los estudios previos pertinentes en los cuales destacan los siguientes:

Específicamente en la remoción de Cromo, Hernández (2014), llevó a cabo un estudio en el cual analizó la erradicación de cromo de agua sintética, en el cual utilizó biomasa de *Spirulina* sp. El resultado del estudio evidenció una eficiencia en la remoción de 23,67% de Cr transcurridas 72 horas de contacto utilizando una dosis de biomasa de *Spirulina* sp. de 2g/L. El autor también obtuvo resultados análogos ya que en la investigación tomó en cuenta las primeras 24 horas, en donde empleó una dosis de biomasa tres veces mayor, por lo cual el tiempo requerido para evidenciar resultados era menor.

Imoro et al. (2022), demostraron la eficiencia de biosorción de Cr (VI) mediante el uso de *Spirulina plantesis* modificada alcalinamente con SP-Na<sub>2</sub>CO. Antes de emplear la *Spirulina* obtuvieron un valor de pH = 8.9, mientras que la temperatura se fluctuaba entre 25° y 27°, después de aplicar una dosis de biosorbente que de 0,3g obtuvieron un rango de pH de entre 2 a 6, dando a mostrar como resultado una biosorción máxima de 14,1mg/g. Otras de las estimaciones obtenidas en el estudio fueron las de la constante de Freundlich KF, los cuales dieron como resultado de entre 1,4 y 10,4 (g/L), lo que indica una biosorción favorable con una remoción eficiente de 99,7%.

La *Spirulina platensis* muestra nuevamente su eficiencia en la adsorción de cromo tal y como mencionan Nithya et al. (2019) mediante un estudio en el cual la microalga fue sometida a estudios FTIR, SEM y TGA; en donde la interpretación de los mecanismos de adsorción se realizó mediante modelos de difusión, termodinámicos e isotérmicos. Realizaron también análisis de temperatura en los cuales se observó que la eficiencia máxima se obtuvo a 60°, lo cual beneficia la adsorción endotérmica. En dicho estudio obtuvieron la capacidad de adsorción de 45,5mg/L con una desorción máxima de 82,5%.

Urréjola et al. (2022), demostraron la buena capacidad de adsorción de la biomasa de *Spirulina*. Para ello realizaron un estudio en donde procedieron con la adsorción de Cr (VI) de efluentes acuosos, en donde contaron con una concentración inicial del metal de entre 100-500mg/L. La cantidad identificada en pH fue de 8 a 9, mientras que después de aplicar una dosis de biomasa entre 0,25-0,75mg con un tiempo de contacto de entre 3-8 h. Tras los análisis se observaron que la adsorción en cuanto a pH fue de 5 a 7, y respecto a su máxima capacidad se logró con 40mg Cr/g de biomasa en los experimentos con 500mg/L de cromo y 0,25g de *Spirulina platensis*, por lo que afirman que una ecuación lineal tiene la capacidad de modelar la capacidad de adsorción, ya que esto dependería de la dosis empleada y la concentración inicial del Cr.

Existen otras investigaciones en donde se comprueba la eficacia de la *Spirulina* sp. tal y como lo indican Cepoii et al. (2020), donde evaluaron la acumulación de Cr (VI) de efluentes en el transcurso repetitivo de ciclos de cultivo. A lo largo del experimento se monitorea el nivel de absorción de la biomasa durante el estudio de aceleración y desaceleración de neutrones. Encontraron que la *Spirulina* sp. Conserva una capacidad elevada de remoción renovable de Cr (VI) en el transcurso de 3 ciclos de cultivo, utilizando concentraciones de 10mg/L. Debido a su alta capacidad acumulativa, a la *Spirulina* sp. Se le considera que posee un perfecto nivel de lípidos y proteínas contenidos en su biomasa.

Del mismo modo Hedayati y Rezaei (2016), emplearon biomasa seca de *Spirulina* sp. para estimar las cualidades de biosorción de Cr. Las evaluaciones se realizaron por bloques, teniendo como guía el modelo de isoterma de Langmuir, en donde se evidenció el aumento de absorción a medida que aumentaba la concentración inicial del metal donde el nivel inicial de pH era aproximadamente igual a 8.4. Adicionalmente mediante micrografía electrónica se exhibió la morfología biosorbente de misma forma que la superficialidad de la textura. Como resultado final encontraron que la biomasa de *Spirulina* sp. se regenera empleando 0.1 MHNO<sub>3</sub> y que presentó un nivel de absorción de 90,91mg/g a un nivel de pH 5 durante un tiempo de estimación de 1 hora.

También Zinicovscaia et al. (2016), estudiaron la suficiencia de biosorción de *Spirulina* sp. en efluentes industriales con concentraciones de Cromo, evaluando el procedimiento mediante técnicas como la espectrometría de absorción atómica y apoyándose del análisis de activación de neutrones. Para llevar a cabo el estudio emplearon espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier para establecer y definir los conjuntos encargados de la combinación de metales presentes en las soluciones empleadas. Encontraron un alto nivel de adsorción de Cr a una concentración de 9,4mg/L, esto en los primeros 15 minutos de contacto. Demostrando así mediante su estudio la eficiencia de la empleabilidad de *Spirulina* sp. para remover Cr de efluentes.

De la misma manera Gokhale, et al. (2007), estudiaron la aplicación de biomasa de *Spirulina platensis* en la biosorción de Cr (VI). El estudio demostró que la biosorción resultó ser muy veloz transcurridos los primeros 5 minutos logrando una adsorción de 73,6% de Cr. Estos datos se lograron en una solución 100 ppm mediante la dosis de 1g/L. Los datos de equilibrio empleados cumplieron a las isoterms de Freundlich y Langmuir. Para sacarle el máximo provecho al estudio se separó *Spirulina* y biomasa consumida para la biosorción, tras realizar este procedimiento el resultado se elevó al 86,2%.

El uso de *Spirulina platensis* tiene un alto potencial de remoción de Cr, tal y como lo menciona Hassan (2016), en donde estudió distintas dosis que emprenden desde 0,1 a 3g/L, para las cuales empleó concentraciones de Cr de 10, 20 y 50mg/L. Encontró inicialmente un pH de 8.5 y temperatura de 29°, después de utilizar las dosis, el pH y la temperatura perfecta para una efectiva biosorción fue 5 y 25°C. La biomasa de *Spirulina* sp. demostró una capacidad significativa en la remoción de Cr en la solución acuosa, en donde concluyó que el tiempo óptimo para el experimento fue de 60 min consiguiendo una eficacia de desorción del 95%.

Del mismo modo, Colla et al. (2014), evaluaron la biosorción de Cr (VI) utilizando *Spirulina platensis* viva y la capacidad de conversión a Cr (III), esto mediante la biotransformación de su crecimiento. La biomasa de *Spirulina platensis* fue cultivada en medio Zarrouk, diluida al 50% con agua destilada a una temperatura de 30°C con iluminación de 1.800 lux en condiciones de aireación. Posterior a ello



le adicionaron Cr (VI) empleando dicromato de potasio, esto con la finalidad de analizar el impacto de múltiples contaminantes en los parámetros del cultivo. Como resultado obtuvieron un 65,2% de remoción de Cr (VI) añadido, por lo que representa el 90,4% transformado en Cr (III) en el medio y finalmente el 9,6% conservado en la biomasa como Cr (III).

Para comprender mejor el problema de investigación se revisaron los conceptos teóricos asociados a las variables de investigación, las que se detallan a continuación:

Las microalgas son organismos unicelulares con tamaños, formas y estructuras diferentes. Estas contienen una serie de propiedades, las cuales permiten clasificarlas por ejemplo morfológicamente, ya que pueden tener formas circulares, ovaladas, cilíndricas y fusiformes. Las microalgas también se clasifican según el tamaño en picoplancton (0,2 a 2  $\mu\text{m}$ ), nanoplancton (2 a 20  $\mu\text{m}$ ) y microplancton (20 a 200  $\mu\text{m}$ ). Dos tercios de la superficie terrestre forman parte del entorno marino emergente, una parte importante de la biodiversidad. Además, brinda una oportunidad única para descubrir nuevos metabolitos que ya existen a bajo costo (Gutierrez, 2018).

El cultivo de microalgas para obtener la biomasa o como método para producir metabolitos importantes depende de muchos factores, incluidos el medio de cultivo, la luz, el pH, la temperatura y la agitación. Además la composición de la biomasa de microalgas se puede controlar mediante las condiciones de cultivo. Estas condiciones optimizadas para la producción de biomasa corresponden a las comúnmente utilizadas en la producción comercial de microalgas (Álvarez P., 2018).

La biomasa está constituida por grupos funcionales: fosfato, carboxilo y amino (Gagrai et al., 2013) los cuales conforman el contenido de proteínas que la contiene. El uso de biomasa se ha venido incrementando. Por un lado, la biomasa viva posee un sistema de auto restablecimiento pese a la saturación de sus células, además sus cepas pueden presentar mejoras a través de la modificación genética. La biomasa muerta lidera la empleabilidad ya que no requiere nutrientes para su

crecimiento y está considerada como eficiente en la retención de metales de soluciones acuosas, mediante el cambio de iones, además de una fácil liberación y recuperación de estos (Macaskie y Cañizares, 2000).

La *Spirulina platensis* es nombrada como microalga (Costas, 2018) realiza su etapa de crecimiento en lagos de agua dulce y es utilizada como complemento alimenticio para las personas (Mangaban et al., 1987). Por lo que diversas industrias apuestan en su producción para la prevención de algunos malestares y enfermedades. (Ambrosi et al., 2008). Esta microalga se desarrolla dentro de un pH alcalino, con oscilaciones de entre 8.5 y 10.5, a temperaturas aproximadas de hasta 35° (Garrido y Parada, 2008). La *Spirulina* sp. pertenece a la familia cianofíceas, las cuales son popularmente mencionadas como algas azul verdosas (Pedraza, 1989). Añadiendo que cooperan en la reducción del efecto invernadero ya que retienen el exceso de CO<sub>2</sub>.

Con respecto al proceso de remoción (Ramos y Pizarro, 2018) nos dicen que es aplicado en los procedimientos de eliminación de materia orgánica e inorgánica mediante el cultivo de microorganismos como las microalgas para remover metales como el cromo, nitrógeno, plomo, níquel, etc. Mediante un transcurso fotosintético que le permite recuperar el O<sub>2</sub>.

El Cromo (Cr), es considerado como un metal pesado, en la tabla de elementos químicos tiene como número atómico 24 e integra el grupo VI, es de color blanco plateado más asemejado al gris brillantado, quebradizo y duro (tabla1). Asimismo, según señalan Zheng et al. (2021), el Cromo (Cr) es un metal pesado que forma parte de los más utilizados en las industrias debido a su amplia utilización. Es considerado uno de los metales más comunes en las aguas residuales por contener una serie de subproductos (Por ejemplo, galvanoplastia y pigmentos), encontrados comúnmente en aguas. Además, por su estado soluble y elevada movilidad es estimado como un contaminante ambiental perjudicial (Mora y Bravo, 2017). Teniendo en cuenta que en nuestro país dentro de la categoría 1-A2 del Estándar de Calidad Ambiental (ECA), se establece que para cromo total en agua, lo permitido es 0,05 mg/L según la norma de Calidad Ambiental para agua (Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM), no se debe superar la concentración referida, ya

que no se considera segura y apta para el consumo humano ni uso en actividades industriales y agrícolas. El cromo con respecto a su variación de cromo VI a cromo III emplea sistemas de conjunción con las moléculas celulares, de las cuales destacan con respecto al nivel de toxicidad del cromo VI (Téllez, 2004). Reafirmando lo antes mencionado, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos, resalta que el Cromo (Cr) está catalogado como un contaminante prioritario, donde la Organización Mundial de la Salud (OMS) estipula 50 µg/L como el nivel máximo de contaminantes en agua potable (Farid et al., 2017).

**Tabla 1.** *Características químicas del cromo*

Símbolo	Cr
Número atómico	24
Color y textura	Blanco, gri brillantado, quebradizo y duro
Peso atómico	519,961
Densidad	7.19
Punto de ebullición	2.672 °C (4.841 °F)
Punto de fusión	1.907 °C (3.465 °F)
Solvólisis	Soluble en ácido sulfúrico y ácido clorhídrico diluidos

Fuente: (Swaroop et al., 2019)

El cromo, es un metal que posee diversos estados de oxidación, empezando por Cr (0) el cual representa la manera metálica, Cr III trivalente, Cr VI hexavalente. El Cr VI en concentraciones superiores a 0.005 mg/L se considera altamente cancerígeno como también causar bronquitis, necrosis, dermatitis en humanos y asma (Farid et al., 2017). Considerando que el Cr III, es muy esencial para el

metabolismo de los lípidos y glucosa, donde tiene un papel sumamente importante en regular y potenciar la actividad de la insulina (Pájaro y Díaz, 2012).

También el cromo (Cr) es muy importante comercialmente debido a sus compuestos como lo es cromato, que actualmente es muy comercial. En la industria se utiliza en diferentes formas como en la soldadura de acero inoxidable que más del 8% contiene cromo, tintes pigmentos, en los curtidos de cueros, pigmentos de madera y agente anticorrosivo en calderas (Chávez, 2018).

Con respecto al proceso de remoción, Ramos y Pizarro (2018) nos dicen que es aplicado en los procedimientos de eliminación de materia orgánica e inorgánica mediante el cultivo de microorganismos como las microalgas para remover metales como el cromo, nitrógeno, plomo, níquel, etc.; mediante un proceso fotosintético que le permite recuperar el O<sub>2</sub>.

Aguas residuales (AR), hablamos de aguas residuales a aquellas que han sufrido una alteración física, química o biológica, por la agregación de residuos contaminantes provenientes de industrias, domésticos, químicos, agrícolas, entre otros. Afectando de esta manera al sistema acuático y todo su entorno (Sánchez, 2003). Las aguas residuales en general son provenientes de sistemas de abastecimientos de muchas poblaciones por esa razón se definen como líquidos de una composición variada de acuerdo a su origen (Novotny, 2003).

Los estándares de calidad del agua ambiental o (ECA), en la presente investigación fueron empleados para medir la calidad del agua, como también para determinar si es apta ya sea para el consumo humano, riego o industrial en una ciudad o país. Esta norma se basa en medir las concentraciones de elementos o parámetros de agua en un estado receptivo cumpliendo con el fin que no represente un riesgo significativo para la salud humana o medio ambiente.

Una industria textil, se le denomina al sector industrial encargado de la elaboración y fabricación de fibras, entre ellas naturales o sintéticas, hilados, telas además de productos relacionados con la confección de ropa (León y Warshaw, 2015).

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

Es de tipo aplicada debido a que utilizó la biomasa *Spirulina* sp. en la remoción de cromo total en aguas residuales de una industria textil. Según Vargas (2016) establece que el nombre de “investigación aplicada”, se justifica debido a que lleva a cabo la aplicación de los conocimientos adquiridos, a su vez que son obtenidos de otros.

Mientras que el diseño de la investigación es experimental, puesto que se evaluó la eficiencia de la biomasa con el fin de remover el cromo total en aguas residuales de una industria textil. Este diseño consiste en someter a un objeto o grupo de individuos a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento, para observar los efectos o reacciones que se producen. Además, se caracteriza principalmente, por la alteración y control de variables que utiliza el investigador a lo largo del experimento (Gallardo, 2017).

Se evaluó dosis de biomasa de *Spirulina* sp. sobre la remoción de Cr VI en muestras de agua residual de una industria textil, empleando 6 unidades experimentales. Los tratamientos se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2. Tratamientos y control**

Tratamiento	Descripción
D0	Agua residual sin tratamiento
D1	0.5g/L de biomasa seca de <i>Spirulina</i> sp.
D2	1g/L de biomasa seca de <i>Spirulina</i> sp.
D3	1.5g/L de biomasa seca de <i>Spirulina</i> sp.
D4	2g/L de biomasa seca de <i>Spirulina</i> sp.
D5	2.5g/L de biomasa seca de <i>Spirulina</i> sp.
D6	3g/L de biomasa seca de <i>Spirulina</i> sp.

Fuente: Elaboración propia

### **3.2. Variables y operacionalización**

Variable dependiente: Es la variable que el indagador manipula para determinar el impacto resultante en la variable dependiente (Tuckman, 2006). La variable independiente en la presente investigación fue remoción de cromo.

Variable independiente: Esta variable muestra el efecto resultante del estímulo de la variable independiente. Se le llama dependiente porque sus resultados dependen de lo establecido en la variable independiente. (Tuckman, 2006). La variable dependiente fue Dosis de biomasa de *Spirulina* sp.

La matriz de operacionalización de variables se muestra en el anexo 1.

### **3.3. Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1. Población**

La población está compuesta por de las aguas residuales de la industria textil anónima, la cual está ubicada en la ciudad de Chiclayo y brinda los servicios de confección, estampado, bordado y tejidos.

La población es el total de personas, cosas o partes que tienen características similares visto en un lugar y tiempo determinado. Al iniciar cualquier estudio, se deben considerar algunas características esenciales al seleccionar una población de estudio. Las características se establecen teniendo en cuenta el problema a investigar y los objetivos del estudio (Arias, Villasis y Miranda, 2017).

Para la selección de la población se obtuvieron los siguientes criterios:

- Inclusión: En esta investigación se incluyó las aguas residuales de la industria textil como materia de estudio para saber sus propiedades y la eficiencia de remoción utilizando la biomasa de *Spirulina* sp.
- Exclusión: Se excluyó cualquier agua residual que no provenga de la industria textil.

### **3.3.2. Muestra**

La muestra estuvo conformada por 10L del agua residual de la industria textil, debido a que es el promedio obtenido por trabajo realizado en una semana. Podemos definir a la muestra como el subconjunto de la población, por ello debe ser proporcional respecto al tamaño de la población. (Otzen y Manterola, 2017).

### **3.3.3. Muestreo**

El presente estudio fue de carácter no probabilístico y se realizó un muestreo **por conveniencia** debido a que estará acorde a los reglamentos internos de la industria textil para la obtención de muestra sobre la eficiencia de la remoción de cromo total mediante la *Spirulina* sp. en las aguas residuales de la industria textil. (Para, Perez, Lagos, Mardones y Saez 2017).

## **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

Para obtener los datos concernientes a la remoción de cromo total en aguas residuales de la industria textil, se utilizó como técnica la observación, para posteriormente mediante una ficha de recolección de datos como instrumento registrar las concentraciones antes y después de los tratamientos.

## **3.5. Procedimientos**

### **3.5.1. Adquisición de la biomasa de *Spirulina* sp**

La biomasa de *Spirulina* sp. fue adquirida en la tienda virtual “Naturlandia”, la cual vino en una presentación de 250 gramos. Donde solo se utilizó 10.5 gramos en 6 dosis de tratamiento para la investigación. Los análisis fueron propiamente dichos de la bibliografía existente en la descripción del empaque de la *Spirulina* sp.



Figura 1. Adquisición de la biomasa de *Spirulina* sp.

Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2. Obtención de la muestra del agua residual y uso de materiales

La muestra fue tomada en la empresa textil “GUT”, que se encuentra ubicada en la calle Arica 1143 – Chiclayo – Lambayeque. Previo a la toma de muestra, se utilizaron guantes quirúrgicos y mascarillas.

Para proceder a la obtención de la muestra de agua residual de la industria textil se empleó un balde pequeño de 4L, el cual se lavó anticipadamente para evitar la alteración de la muestra. Posterior a ello la muestra equivalente a 10L se almacenó en un balde grande de 12L.





*Figura 2. Toma de muestra de agua residual de la Industria Textil*

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestran los materiales empleados para la obtención muestral del agua residual.

**Tabla 3. Materiales empleados para la recolección de la muestra**

---

**MATERIALES**

Balde Grande 12L

Balde pequeño 4L

Guantes quirúrgicos

Tableros

Lapiceros

---

---

Mascarillas  
Papel bond  
Agenda  
Notas de colores  
Toca  
Plumón indeleble  
Lentes de laboratorio

---

Fuente: Elaboración propia

### **3.5.3. Análisis de muestra en laboratorio**

La cantidad muestral del agua residual de la industria textil se llevó al laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo, en el cual se evaluaron parámetros fisicoquímicos como: pH, conductividad eléctrica y temperatura utilizando el medidor multiparámetro.

Esto evaluado en la muestra 0 y en las muestras con las diferentes dosis de biomasa de *Spirulina* sp.( 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 y 3g/L).

### **3.5.4. Análisis de microalga *Spirulina* sp.**

El análisis de la microalga *Spirulina* sp. se ejecutó bajo el análisis de revisión bibliográfica.

### **3.5.5 Proceso de experimentación**

En el proceso de experimentación se emplearon recipientes con capacidad de 1 000 ml, los cuales fueron sometidos a un lavado previo para evitar la alteración de las cifras resultantes. En dichos envases se vertieron 500 ml de agua residual de la industria textil con presencia de cromo total.

Por último, mediante los 6 tratamientos se emplearon 6 dosis diferentes de biomasa seca de *Spirulina* sp (0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 y 3g/L),

finalmente a través de la prueba de jarras a 300 revoluciones por minuto durante 30 minutos.

### **3.5.6. Análisis de la eficiencia de remoción de cromo**

Los análisis para determinar la eficiencia de remoción se llevaron a cabo en el Laboratorio TYPESA Perú; en el cual se analizaron las concentraciones de cromo total presentes en las muestras incorporadas con *Spirulina* sp. y la muestra 0 (mg/L). Haciendo un total de 7 muestras analizadas.

### **3.6. Método de análisis de datos**

Los datos obtenidos se analizaron mediante el programa Microsoft Excel.

Para sintetizar la información obtenida se empleó el análisis cuantitativo mediante los trabajos estadísticos. También se muestran tablas y gráficos estadísticos para interpretar y mostrar los datos obtenidos.

### **3.7. Aspectos éticos**

Los aspectos éticos primordiales de acuerdo a los reglamentos establecidos por la Universidad Cesar Vallejo Filial Chiclayo son:

- Beneficencia: La investigación se realizó con validez. De esta manera la industria textil se beneficiará con los datos obtenidos acerca de la eficiencia de la remoción de cromo mediante la aplicación de la *Spirulina* sp.
- No Maleficencia: Se utilizó el correcto uso de la información recolectada de múltiples bancos de datos que hacen posible la investigación.
- Justicia: No se intentó utilizar de manera inapropiada la información y resultados encontrados, tomando en consideración las variables de estudio y el objeto de la investigación.

- Autonomía: Aplicable ya que se tomó decisiones propias acerca de la ejecución de la investigación ya que se optó el tema a investigar y el enfoque respectivo.

## IV. RESULTADOS

Descripción las características de la biomasa de *Spirulina sp.*



*Figura 3. Biomasa de Spirulina sp.*

Fuente: El Confidencial – 2021

### INTERPRETACIÓN:

En la figura 3 se muestra la biomasa seca de *Spirulina sp.* evidenciando el color verde oscuro, además se puede observar que la *Spirulina sp.* cuenta con varias presentaciones como polvo seco, el cual es un gran alimento conocido como el alimento de los astronautas. También viene en presentación de capsulas, el cual es un aporte en la industria farmacéutica, debido a su contenido de antioxidantes los cuales ayudan prevenir muchas enfermedades.

**Tabla 4.** *Características generales de la Biomasa de Spirulina sp.*

<b>La Biomasa de <i>Spirulina sp.</i></b>
Alimento rico en macro y micronutrientes como: Aminoácidos esenciales, Hierro, Ácidos grasos, vitaminas y minerales.

<b>Composición Nutricional de la Biomasa de <i>Spirulina</i> sp.</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• El 60 – 70 % de su peso en seco contiene proteínas.               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Contiene la vitamina B12 y la vitamina A.</li> <li>• Contiene Hierro, Calcio y Fosforo.</li> </ul> </li> </ul>	
<b>Aportes Beneficiosos</b>	<b>Posibles Riesgos</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Combate la desnutrición en niños y adultos.</li> <li>• Combate la intoxicación en las personas por metales pesados como lo es mercurio, cromo, cadmio y arsénico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La presencia de la Anatoxina A, que produce parálisis muscular, problemas respiratorios, daños gastrointestinales, dolor de cabeza, entre otros síntomas.</li> </ul>

Fuente: Revision: Nutritional and toxicological aspects of *Spirulina* sp.

### **INTERPRETACIÓN:**

En la tabla 4 se describen las características de la biomasa de *Spirulina* sp. resaltando el gran valor nutricional. Donde demuestran que es un alimento rico en macro y micronutrientes como, por ejemplo: Aminoácidos esenciales, Hierro, Ácidos grasos, vitaminas y minerales. Además, se muestra la composición de la biomasa de *Spirulina* sp, evidenciando que el 60-70% de su peso seco contiene proteínas, incluyendo a 8 aminoácidos esenciales siendo superior a otras fuentes vegetales, el 5-10% de su peso seco contiene lípidos que representa la gran fuente de energía. La biomasa de *Spirulina* sp es rica en ácidos gamma, linolénico y oleico, además de contar con la vitamina B12 y vitamina A y también contiene hierro, calcio y fosforo. En la actualidad la biomasa de *Spirulina* sp, contribuye mucho aportando en la salud, ya que al ingerir 1gr de biomasa seca de *Spirulina* sp. ayuda a la pérdida de peso, disminución de hipertensión y perdida de colesterol, combate la desnutrición en niños y adultos e Interfiere en combatir cuando hablamos de

intoxicación en personas por metales pesados como lo son el cadmio, cromo, arsénico y mercurio. Por otro lado, la biomasa de *Spirulina* sp. bajo estudios que determinan posibles riesgos como contener demasiadas toxinas como la Antitoxina A, que produce parálisis muscular, problemas respiratorios, daños gastrointestinales, dolor de cabeza entre otros síntomas. Cabe rescatar que el consumo excesivo puede causar daño hepático y en otros casos la muerte.

**Tabla 5.** *Contribución en el medio ambiente de la biomasa de Spirulina sp.*

---

Aportes de la Biomasa de *Spirulina* sp.

- Contribuye como fuente de energía renovable y ayuda a contrarrestar los efectos del calentamiento global.
  - Es utilizada para depuración de aguas contaminadas.
    - Capta y usa el CO<sub>2</sub>.
    - Produce biofertilizantes y bioplásticos.
- Elimina metales pesados como el cromo, mercurio, arsénico y cadmio.

---

Fuente: Blog: Biotecnología y aplicaciones industriales de *Spirulina* sp.

### **INTERPRETACIÓN:**

En la tabla 5 se describen algunos aportes de la biomasa de *Spirulina* sp. contribuyendo a la mejora del medio ambiente; su primer aporte es ser generador de energía renovable lo cual es un aporte importante ya que contrarrestamos los efectos del calentamiento global, la biomasa de *Spirulina* sp. es utilizada para la depuración de aguas contaminadas, capta el CO<sub>2</sub>, a partir de la biomasa se producen biofertilizantes y bioplásticos y tiene un gran poder de eliminar metales pesados como el cromo, mercurio, arsénico y cadmio resaltando así su gran poder beneficioso de combatir algunos de los problemas ambientales más significativos.

Analizar las características físico químicas de aguas residuales de una industria textil y medir las concentraciones de cromo total presentes antes de los tratamientos con biomasa de *Spirulina* sp.

**Tabla 6.** Resultados de características físico químicas del agua residual de una industria textil –pre tratamiento

<b>Parámetros fisicoquímicos</b>			
<b>Muestra</b>	<b>pH</b>	<b>Conductividad eléctrica (CE)</b>	<b>Temperatura (C°)</b>
<b>Testigo</b>	8.01	1 880us/cm	27.5°

Fuente: Elaboración propia.

### **INTERPRETACIÓN:**

La tabla 6 muestra los resultados de las características fisicoquímicas del agua residual de una industria textil antes de la aplicación del tratamiento con biomasa de *Spirulina* sp. El nivel de pH de la muestra testigo fue de 8.01, por otro lado, la conductividad eléctrica (CE) indicó un resultado de 188us/cm y por último la temperatura (C°) fue de 27.5°.

**Tabla 7.** Resultados de cromo total del agua residual de una industria textil

<b>Muestra</b>	<b>Cromo total (mg/L)</b>
Testigo	456.08

Fuente: Elaboración propia

### **INTERPRETACIÓN:**

La tabla 7 indica el nivel de cromo total en el agua residual, siendo el valor obtenido en la muestra testigo de 456.08mg/L.

Analizar las características físico químicas de aguas residuales de una industria textil y medir las concentraciones de cromo total presentes después de los tratamientos con diferentes dosis (0.5,1, 1.5, 2, 2.5 y 3g/L) de biomasa de *Spirulina* sp.



**Tabla 8.** Resultados de características físico químicas del agua residual de una industria textil con diferentes dosis de biomasa de *Spirulina sp.* – post tratamiento

Muestra	Dosis (g/L)	Parámetros fisicoquímicos		
		pH	Conductividad eléctrica (CE)	Temperatura (C°)
M1	0.5	7.97	1 950us/cm	26.9°
M2	1	7.70	1 820us/cm	27.2°
M3	1.5	7.73	2 000us/cm	26.6°
M4	2	7.61	2 000us/cm	26.6°
M5	2.5	7.57	2 040us/cm	26.5°
M6	3	7.36	2 110us/cm	27.1°

Fuente: Elaboración propia.

### INTERPRETACIÓN:

La tabla 8 muestra los resultados de los parámetros fisicoquímicos utilizando diferentes dosis de biomasa de *Spirulina sp.* En la M1 se obtuvo un pH de 7.97, un valor de conductividad eléctrica de 1 950us/cm y temperatura de 26.9 C°; en la M2 los valores obtenidos indican un pH de 7.70, conductividad eléctrica (CE) de 1 820 us/cm y una temperatura de 27.2°; en la M3 se logró un pH de 7.73, conductividad eléctrica de 2 000us/cm y temperatura de 26.6°; por otro lado en la M4 se obtuvo un pH de 7.61, conductividad eléctrica de 2 000us/cm y una temperatura de 26.6°; en la M5 se muestra un pH de 7.57, conductividad eléctrica de 2 040us/cm y temperatura de 26.5° y por último en la M6 se obtuvo un pH de 7.36, conductividad eléctrica de 2 110us/cm y una temperatura de 27.1°.

**Tabla 9.** Resultados de cromo total del agua residual de una industria textil con diferentes dosis de biomasa de *Spirulina sp.* – post tratamiento

Muestra	Dosis (g/L)	Cromo total (mg/L)
M1	0,5	136.8
M2	1	118.5
M3	1,5	109.4
M4	2	82.09
M5	2,5	68.4
M6	3	36.4

Fuente: Elaboración propia.

### INTERPRETACIÓN:

La tabla 9 muestra los valores de cromo total después de aplicar el tratamiento con 6 dosis de biomasa de *Spirulina* sp. En la M1 se obtuvo un valor de 136.8mg/L; en la M2 118.5mg/L; en la M3 109.4mg/L; del mismo modo en la M4 se obtuvo 82.09mg/L; en la M5 68.4 y por último en la M6 el valor obtenido fue de 36.4mg/L de cromo total.

Determinar la eficiencia de la biomasa de *Spirulina* sp. en la remoción de cromo total en aguas residuales de una industria textil.

**Tabla 10.** Resultados de la eficiencia de las diferentes dosis de la biomasa de *Spirulina* sp., en la remoción de cromo total en aguas residuales de una industria textil – post tratamiento

Muestra	Dosis (g/L)	Cromo total (mg/L)
Testigo		456.08
M1	0,5	136.8
M2	1	118.5

M3	1,5	109.4
M4	2	82.09
M5	2,5	68.4
M6	3	36.4

Fuente: Elaboración propia.

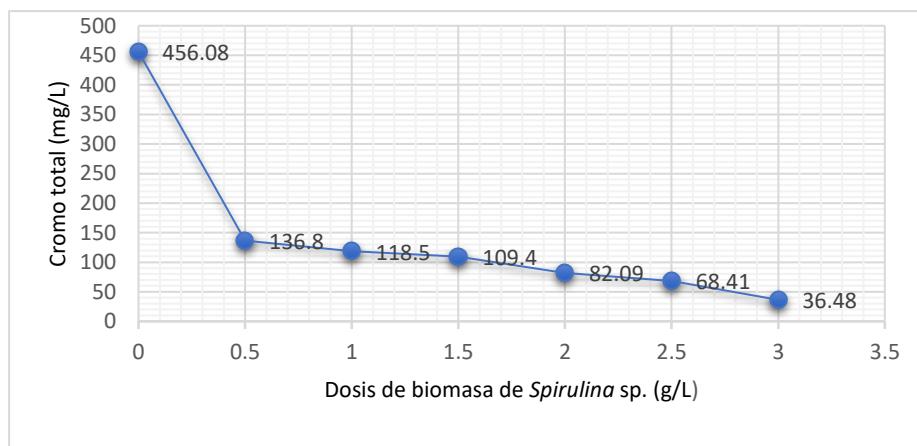


Figura 4. Resultados de la eficiencia de las diferentes dosis de la biomasa de *Spirulina* sp. en la remoción de cromo total en aguas residuales de una industria textil – post- tratamiento

Fuente: Elaboración propia.

### INTERPRETACIÓN:

En la tabla 10 y la figura 4 se puede ver un descenso en los valores de cromo total de las aguas residuales de una industria textil aplicando diferentes dosis de biomasa de *Spirulina* sp. Se logra observar una disminución de los valores de la muestra testigo 456,08mg/L a medida que se incrementa la dosis, consiguiendo así un valor final de 36,4mg/L utilizando una dosis de 3g/L de biomasa de *Spirulina* sp.

## V. DISCUSIÓN

Con los resultados revelados, se dio paso a efectuar las discusiones comparando con los distintos trabajos previos y bases teóricas tomadas como sustento de la investigación.

Como primer punto, se efectuaron las discusiones sobre las características existentes de la biomasa de *Spirulina* sp.; donde resaltan sus múltiples aportes a la salud. En primer lugar, se resalta su alto contenido de proteínas, aminoácidos, vitaminas y minerales, logrando coincidir con lo manifestado por Amha et al., (1993) quienes indicaron que esta microalga contiene un elevado porcentaje de proteínas, las cuales se consideran de alta calidad. De igual manera se encontró que la biomasa de *Spirulina* sp. es empleada para la prevención de malestares, enfermedades y como un poderoso complemento alimenticio tal y como lo mencionan Mangaban et al., (1987).

Otras de las características de la biomasa de *Spirulina* sp. encontradas es su poder de retención y eliminación de metales pesados, por lo cual es usado en la depuración de aguas contaminadas por estos; tal y como lo evidencian Nithyaa et al., (2019) quienes manifiestan que la biomasa de *Spirulina* sp. posee un alto potencial en la remediación de aguas residuales industriales.

En cuanto a las características físico-químicas antes del uso de dosis de la *Spirulina* sp. en aguas residuales, se logró identificar en la muestra un valor de pH = 8.1, 1880us/cm de conductividad eléctrica y con una temperatura igual a 27.5°. Lo anteriormente identificado, se relaciona con los resultados del trabajo de investigación de Imoro et al. (2022) antes de tratar las aguas residuales con *Spirulina* sp. constaron que el valor de pH era de 8.9, mientras que la temperatura rondaba entre 25° y 27°. De manera similar, los resultados guardan congruencia con lo expuesto en su estudio por Urréjola et al. (2022) los cuales lograron encontrar el valor pH que comprendía entre 7 y 8 antes de la absorción de la biomasa de *Spirulina* sp.

Con respecto a la investigación de Urréjola et al. (2022) se apreció resultados similares, dado que antes de aplicar la biomasa de *Spirulina* sp., es decir, antes de aplicar el tratamiento obtuvieron un valor de pH entre 8 a 9. De forma semejante

guarda relación con lo referido por Hedayati y Rezaei (2016) en su artículo científico antes de la aplicación de los tratamientos con biomasa seca de *Spirulina* sp. estimaron un valor inicial de pH era igual a 8.4 aproximadamente.

Tomando en cuenta, las características físico químicas de aguas residuales de una industria textil y las concentraciones de cromo total presentes después de los tratamientos con diferentes dosis de biomasa de *Spirulina* sp., se constató en la dosis de 0.5g/L un pH de 7.97, de conductividad eléctrica de 1 950us/cm y temperatura de 26.9C°; con 1g/L los valores indican un pH de 7.70, conductividad eléctrica (CE) de 1 820us/cm y una temperatura de 27.2°; con 1.5g/L se logró un pH de 7.73, conductividad eléctrica de 2 000us/cm y temperatura de 26.6°; por otro lado, con dosis de 2g/L se obtuvo un pH de 7.61, conductividad eléctrica de 2 000us/cm y una temperatura de 26.6°; en 2.5g/L se muestra un pH de 7.57, conductividad eléctrica de 2 040 us/cm y temperatura de 26.5° y, por último en una dosis de 3g/L se obtuvo un pH de 7.36, conductividad eléctrica de 2 110 us/cm y temperatura de 27.1°.

Los resultados difieren a lo determinado por Imoro et al. (2022) en su investigación sobre la eficiencia de la absorción de Cr por *Spirulina* sp. que únicamente con una dosis de 0.3g/L lograron disminuir el nivel de pH entre 2 a 6, en cambio, en el estudio con dosis de 0.5 se obtuvo un pH de 7.97, dichas diferencias es debido al tiempo superior que se emplea en el estudio mencionado, respecto a la presente investigación. Tomando en consideración lo afirmado por Álvarez (2018) quien precisa que el cultivo de microalgas para obtener la biomasa o como método para producir metabolitos importantes sirviendo como método para mejorar el pH, la temperatura entre otras características.

Por otra parte, en el trabajo de investigación de Urréjola et al. (2022) demostraron la capacidad de adsorción de la biomasa de *Spirulina* sp. donde procedieron con dosis de 0.25 – 0.75 y después de su análisis observaron que la absorción en cuanto a pH estuvo comprendida entre 5 a 7, comprobando una mayor eficiencia de absorción con dosis menores que emplearon los investigadores, dado que, emplearon un tiempo de contacto entre 3 y 8 horas, a diferencia del presente estudio donde se utilizó 24 horas de contacto de la *Spirulina* sp.

Es necesario precisar, que los resultados lograr reafirmar los fundamentado por Macaskie y Cañizares (2000) quienes sostienen que La biomasa muerta lidera la empleabilidad ya que no requiere nutrientes para su crecimiento y está considerada como eficiente en la retención de metales de soluciones acuosas, mediante el cambio de iones, además de una fácil liberación y recuperación de estos.

Comparando con el trabajo de investigación de Hedayati y Rezai (2016) los cuales emplearon biomasa seca de *Spirulina* sp. con dosis menor a la presente investigación igual 0.1 en un tiempo estimado de 1 hora, logrando mejorar el nivel inicial de pH=8.4 a un valor de pH igual a 5. Por otra parte, los resultados son idénticos a lo mostrado por Hassan (2016) donde determinó en su estudio con dosis de *Spirulina* sp. que comprende desde 0.1 a 3g/L logrando una absorción efectiva de pH de 5, mientras que en la temperatura obtuvo 25° con un tiempo óptimo de 1 hora, comparando al valor inicial de pH con 8.5 y temperatura de 29°. Dicha eficiencia, es en consecuencia que la microalga se desarrolla dentro de un pH alcalino, con oscilaciones de entre 8.5 y 10.5, a temperaturas aproximadas de hasta 35° (Garrido y Parada, 2008).

En el punto siguiente, se constata la eficiencia de las diferentes dosis de la biomasa de *Spirulina* sp., en la remoción de cromo total en aguas residuales de una industria textil, cabe recalcar que, la cantidad de cromo encontrada antes del tratamiento fue igual 456.08mg/L, mientras, después de aplicar la dosis de 0.5g/L se obtuvo una disminución de cromo al 136.08, con dosis de 1g/L el valor fue de 118.5mg/L, dosis igual a 1.5g/L el cromo decreció a un valor de 109.4, con 2g/l de *Spirulina* sp. el cromo obtenido fue de 82.09, dosis de 2.5g/L el nivel de cromo disminuyó a 68.4, mientras que la dosis aplicada de 3g/L el nivel de cromo descendió a 36.4mg/L, llegando a comprobar que a más alta dosis de biomasa de *Spirulina* sp., se tiene una mejor efectividad en la disminución de cromo en aguas residuales una industria textil.

Bajo esta esta perspectiva, diversos trabajos de investigación llegan a identificar resultados similares y algunos de ellos difieren. Bajo esta perspectiva, en su investigación Hassan (2016) encontró resultados aproximados, dado que, después de aplicar dosis comprendidas entre 0.1 y 3g/L en un tiempo de 1 hora, demostró

que la Biomasa de *Spirulina* sp. tiene una capacidad significativa para remover en cromo, alcanzando un 95% de eficacia de desorción.

De manera similar, Gokhale et al. (2007) en su artículo acerca de la aplicación de biomasa *Spirulina* sp. con dosis de 1g/L determinaron la eficiencia en la absorción del cromo, elevando dicha eficiencia a un 86% en su remoción. Por su parte, Zinicovscaia et al. (2016) encontraron un alto nivel de adsorción de Cr a una concentración de dosis de *Spirulina* sp. de 9,4mg/L, esto en los primeros 15 minutos de contacto., demostrando así mediante su estudio una alta eficiencia de la empleabilidad de *Spirulina* sp. para remover Cr de efluentes, queda comprobado que al momento de utilizar mayores dosis, se obtendrán mayores resultados en la remoción de Cr.

Contrastando con Urréjola et al. (2022), los resultados difieren a los corroborado por los investigadores, porque solo utilizaron una dosis de *Spirulina* sp. de 0.1g/L con el cual lograron una absorción de cromo de 90.91% luego de haber transcurrido 1 hora de contacto.

## VI. CONCLUSIONES

1. El tratamiento con la dosis de 3g/L de biomasa de *Spirulina* sp., muestra su máxima eficiencia mediante los resultados obtenidos. Estos evidencian la reducción de la concentración de cromo total de la muestra testigo 456,08mg/L, obteniendo así un valor final de 36,4mg/L.
2. Quedó demostrado que la biomasa de *Spirulina* sp. contiene dentro de su composición proteínas, aminoácidos, lípidos, vitamina B12, vitamina A, hierro, calcio y fósforo. Por ello actualmente se emplea su consumo para ayudar en la pérdida de colesterol, disminución de hipertensión y la intoxicación en personas por metales pesados como el cadmio, cromo, arsénico y mercurio.
3. Antes de la aplicación de los tratamientos con biomasa de *Spirulina* sp., el nivel de pH de la muestra testigo fue 8.01, por otro lado, la conductividad eléctrica (CE) indicó un resultado de 1 880us/cm y la temperatura (C°) fue 27.5°. Respecto al cromo total, el valor obtenido de la muestra testigo fue de 456.08mg/L.
4. Posterior a la aplicación de los tratamientos con diferentes dosis (0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 y 3g/L) de biomasa de *Spirulina* sp., respecto a la muestra 1, se obtuvo un pH de 7.97, un valor de conductividad eléctrica (CE) de 1 950us/cm y temperatura (C°) de 26.9 C°; en la muestra 2 los valores obtenidos indican un pH de 7.70, conductividad eléctrica (CE) de 1 820us/cm y una temperatura (C°) de 27.2°; en la muestra 3 se logró un pH de 7.73, conductividad eléctrica (CE) de 2 000us/cm y temperatura (C°) de 26.6°; por otro lado en la muestra 4 se obtuvo un pH de 7.61, conductividad eléctrica (CE) de 2 000us/cm y una temperatura (C°) de 26.6°; en la muestra 5 se muestra un pH de 7.57, conductividad eléctrica (CE) de 2 040us/cm y temperatura (C°) de 26.5° y por último en la muestra 6 se obtuvo un pH de 7.36, conductividad eléctrica (CE) de 2 110us/cm y una temperatura (C°) de 27.1°. En cuanto al cromo total se obtuvo un valor de 136.8mg/L en la muestra 1, 118.5mg/L en la muestra 2; 109.4mg/L en la muestra 3; 82.09mg/L en la muestra 4; 68.4mg/L en la muestra 5 y 36.4mg/L en la muestra 6.



## VII. RECOMENDACIONES

1. Se le recomienda a los propietarios de industrias textiles u otras industrias utilizar la biomasa de *Spirulina* sp. en la remoción de cromo total, debido a que se evidenció la efectividad en la remoción de dicho metal y su fácil aplicación.
2. Se recomienda a los futuros investigadores indagar más a profundidad las propiedades y características de la biomasa de *Spirulina* sp. a fin de descubrir nuevos aportes en beneficio al medio ambiente.
3. Se recomienda a los propietarios de las industrias textiles la depuración de sus aguas residuales, ya que estas exceden los ECAS y sus contaminantes deterioran el recurso hídrico al que son desechados. Del mismo modo se les recomienda a las instituciones fiscalizadoras mayor control de los ECAS en las industrias y hacer cumplir la normativa establecida.
4. Se recomienda a la comunidad científica desarrollar estudios sobre la aplicación de biomasa de *Spirulina* sp., utilizando aguas residuales de diversas industrias; del mismo modo estudiar la biomasa utilizando mayor dosis a las empleadas en la presente investigación y considerar distintos tiempos de reposo, a fin de conocer la efectividad sobre los parámetros físico químicos y la concentración de otro tipo de metal pesado.

## REFERENCIAS

Ahmad, A., Ghufuran, R., & Wahid, Z. A. (2010). Cd, as, cu, and zn transfer through dry to rehydrated biomass of spirulina platensis from wastewater. Polish Journal of Environmental Studies, 19(5), 887-893. Retrieved from Disponible en: <http://www.pjoes.com/Cd-As-Cu-and-Zn-Transfer-through-Dry-to-r-nRehydrated-Biomass-of-Spirulina-Platensis,88461,0,2.html>.

Al-Homaidan, A. A., Al-Abbad, A. F., Al-Hazzani, A. A., Al-Ghanayem, A. A., & Alabdullatif, J. A. (2016). Lead removal by spirulina platensis biomass. International Journal of Phytoremediation, 18(2), 184-189. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26280392/>.

Al-Homaidan, A. A., Alabdullatif, J. A., Al-Hazzani, A. A., Al-Ghanayem, A. A., & Alabbad, A. F. (2015). Adsorptive removal of cadmium ions by spirulina platensis dry biomass. Saudi Journal of Biological Sciences, 22(6), 795-800. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319562X15001436>.

Aneja, R. K., Chaudhary, G., Ahluwalia, S. S., & Goyal, D. (2010). Biosorption of Pb<sup>2+</sup> and Zn<sup>2+</sup> by non-living biomass of spirulina sp. Indian Journal of Microbiology, 50(4), 438-442. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/221782349\\_Biosorption\\_of\\_Pb2\\_and\\_Zn2\\_by\\_Non-Living\\_Biomass\\_of\\_Spirulina\\_sp](https://www.researchgate.net/publication/221782349_Biosorption_of_Pb2_and_Zn2_by_Non-Living_Biomass_of_Spirulina_sp).

ARIAS, Jesus; VILLASIS, Miguel y MIRANDA, Guadalupe. El protocolo de investigación III: La población de estudio . Abril 2016, vol. 63 n° 2. [Fecha de consulta 21 de noviembre] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4867/486755023011.pdf> ISSN: 0002-5151

Balaji, S., Kalaivani, T., Rajasekaran, C., Shalini, M., Vinodhini, S., Priyadharshini, S. S., & Vidya, A. G. (2015). Removal of heavy metals from tannery effluents of ambur industrial area, tamilnadu by arthrospira (spirulina) platensis. Environmental Monitoring and Assessment, 187(6), 1-10. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25944749/>.

Bhatt, P., Bhandari, G., Bhatt, K., & Simsek, H. (2022). Microalgae-based removal of pollutants from wastewaters: Occurrence, toxicity and circular economy. *Chemosphere*, 306. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35803375/>.

Cardoso, L. G., Duarte, J. H., Andrade, B. B., Lemos, P. V. F., Costa, J. A. V., Druzian, J. I., & Chinalia, F. A. (2020). *Spirulina* sp. LEB 18 cultivation in outdoor pilot scale using aquaculture wastewater: High biomass, carotenoid, lipid and carbohydrate production. *Aquaculture*, 525. Disponible en: <https://pubag.nal.usda.gov/catalog/6872913>.

Cepoi, L., Zinicovscaia, I., Rudi, L., Chiriac, T., Miscu, V., Djur, S., . . . Grozdov, D. (2020). *Spirulina platensis* as renewable accumulator for heavy metals accumulation from multi-element synthetic effluents. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(25), 31793-31811. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32504425/>.

Cepoi, L., Zinicovscaia, I., Rudi, L., Chiriac, T., Miscu, V., Djur, S., . . . Nekhoroshkov, P. (2020). Growth and heavy metals accumulation by *spirulina platensis* biomass from multicomponent copper containing synthetic effluents during repeated cultivation cycles. *Ecological Engineering*, 142. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/338312493\\_Growth\\_and\\_heavy\\_metals\\_accumulation\\_by\\_Spirulina\\_platensis\\_biomass\\_from\\_multicomponent\\_copper\\_containing\\_synthetic\\_effluents\\_during\\_repeated\\_cultivation\\_cycles](https://www.researchgate.net/publication/338312493_Growth_and_heavy_metals_accumulation_by_Spirulina_platensis_biomass_from_multicomponent_copper_containing_synthetic_effluents_during_repeated_cultivation_cycles).

Chan, A., Salsali, H., & McBean, E. (2014). Heavy metal removal (copper and zinc) in secondary effluent from wastewater treatment plants by microalgae. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*, 2(2), 130-137. Disponible en: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/sc400289z>.

Chojnacka, K., Chojnacki, A., & Górecka, H. (2005). Biosorption of Cr<sup>3+</sup>, Cd<sup>2+</sup> and Cu<sup>2+</sup> ions by blue-green algae *spirulina* sp.: Kinetics, equilibrium and the mechanism of the process. *Chemosphere*, 59(1), 75-84. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.10.005>.

CONVERTI, Attilio, et al. Spirulina platensis Biomass as Adsorbent for Copper Removal Biomasa de Spirulina Platensis Como Adsorbente Para La Eliminación de Cobre. *Cyta-Journal of Food*, 2006, vol. 5, no 2, p. 85-88. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/11358120609487675>.

CONTRERAS, Omar y BEJARANO, Julian. Revisión de la remoción de cromo VI en aguas residuales, a partir de hongos ligninolíticos. Bogota: Universidad Cooperativa de Colombia, 2022, 81 pp. Disponible en: [https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/47036/1/2022\\_revision\\_remo\\_cion\\_cromo.pdf](https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/47036/1/2022_revision_remo_cion_cromo.pdf)

De la Noue, J., & Proulx, D. (1986). The relevance of algal and invertebrate biomass production by recycling. [INTERET DES BIOMASSES D'ALGUES ET D'INVERTEBRES OBTENUES PAR RECYCLAGE] *Entropie Paris*, 22(130-131), 17-32. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.watres.2016.10.039>.

DIAZ, Lidia. La observación. Junio 2015, vol. 10 n°1.[Fecha de consulta 22 de noviembre] Disponible en: [https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La\\_observacion\\_Lidia\\_Diaz\\_Sanjuan\\_Texto\\_Apoyo\\_Didactico\\_Metodo\\_Clinico\\_3\\_Sem.pdf](https://www.psicologia.unam.mx/documentos/pdf/publicaciones/La_observacion_Lidia_Diaz_Sanjuan_Texto_Apoyo_Didactico_Metodo_Clinico_3_Sem.pdf)

Doke, J., Raman, V. K., & Ghole, V. S. (2004). Treatment of anaerobically digested wastewater using spirulina sp. *International Journal on Algae*, 6(4), 383-389. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/673680/cra1de1.pdf?locale-attribute=en>.

Doshi, H., Ray, A., & Kothari, I. L. (2007). Bioremediation potential of live and dead spirulina: Spectroscopic, kinetics and SEM studies. *Biotechnology and Bioengineering*, 96(6), 1051-1063. Disponible en: <https://doi.org/10.1002/bit.21190>.

Finocchio, E., Lodi, A., Solisio, C., & Converti, A. (2010). Chromium (VI) removal by methylated biomass of spirulina platensis: The effect of methylation process. *Chemical Engineering Journal*, 156(2), 264-269. Disponible en:

[https://www.academia.edu/13830760/Chromium\\_VI\\_removal\\_by\\_methylated\\_biomass\\_of\\_Spirulina\\_platensis\\_The\\_effect\\_of\\_methylation\\_process](https://www.academia.edu/13830760/Chromium_VI_removal_by_methylated_biomass_of_Spirulina_platensis_The_effect_of_methylation_process).

Gagrai, M. K., Das, C., & Golder, A. K. (2013). Reduction of Cr(VI) into Cr(III) by spirulina dead biomass in aqueous solution: Kinetic studies. *Chemosphere*, 93(7), 1366-1371. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/356925797\\_Analysis\\_of\\_CrIII\\_ions\\_adsorption\\_on\\_the\\_surface\\_of\\_algae\\_implications\\_for\\_the\\_removal\\_of\\_heavy\\_metal\\_ions\\_from\\_water](https://www.researchgate.net/publication/356925797_Analysis_of_CrIII_ions_adsorption_on_the_surface_of_algae_implications_for_the_removal_of_heavy_metal_ions_from_water).

GALLARDO, Eliana. Metodología de la Investigación. Manual Autoformativo Interactivo [en línea]. 1° ed. Perú: Universidad Continental, 2017. [Fecha de consulta: 20 de noviembre de 2022]. Disponible en: [https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO\\_UC\\_EG\\_MAI\\_UC0584\\_2018.pdf](https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/4278/1/DO_UC_EG_MAI_UC0584_2018.pdf) ISBN: 978-612-4196

Gerhardt, R., Farias, B. S., Moura, J. M., de Almeida, L. S., da Silva, A. R., Dias, D., .. . Pinto, L. A. A. (2020). Development of chitosan/Spirulina sp. blend films as biosorbents for Cr<sup>6+</sup> and Pb<sup>2+</sup> removal. *International Journal of Biological Macromolecules*, 155, 142-152. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.03.201>.

GOKHALE SV, JYOTI KK, LELE SS. Kinetic and equilibrium modeling of chromium (VI) biosorption on fresh and spent Spirulina platensis/Chlorella vulgaris biomass. *Bioresour Technol.* 2008 Jun;99(9):3600-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852407006013?via%3Dihub>

Gokhale, S. V., Jyoti, K. K., & Lele, S. S. (2009). Modeling of chromium (VI) biosorption by immobilized spirulina platensis in packed column. *Journal of Hazardous Materials*, 170(2-3), 735-743. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.005>.

Gong, R., Ding, Y., Liu, H., Chen, Q., & Liu, Z. (2005). Lead biosorption and desorption by intact and pretreated spirulina maxima biomass. *Chemosphere*, 58(1), 125-130. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.08.055>.

HASSAN REZAEI, Biosorption of chromium by using Spirulina sp., *Arabian Journal of Chemistry*, Volume 9, Issue 6, 2016, Pages 846-853, ISSN 1878-5352, Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S187853521300378X>

Hegde, S. M., Babu, R. L., Vijayalakshmi, E., Patil, R. H., Naveen Kumar, M., Kiran Kumar, K. M., . . . Sharma, S. C. (2016). Biosorption of hexavalent chromium from aqueous solution using chemically modified spirulina platensis algal biomass: An ecofriendly approach. *Desalination and Water Treatment*, 57(18), 8504-8513. Disponible en: [https://www.deswater.com/DWT\\_abstracts/vol\\_57\\_18/57\\_18\\_2016\\_8504.pdf](https://www.deswater.com/DWT_abstracts/vol_57_18/57_18_2016_8504.pdf).

Jagiełło, M., Minta, E., Chojnacka, K., & Kafarski, P. (2006). Mode of biosorption of chromium(III) by spirulina species cells from aqueous solutions. *Water Environment Research*, 78(7), 740-743. Disponible en: <https://doi.org/10.2175/106143005x72885>.

LUJARDO, Yanet. Análisis Documental. Octubre 2016, vol.4 n°1. [Fecha de consulta 21 de noviembre] Disponible en: <https://files.sld.cu/bmn/files/2016/10/An%C3%A1lisis-Documental.-Normas-establecidas-el-de-la-ksa.pdf>

Magro, C. D., Deon, M. C., Rossi, A. D., Reinehr, C. O., Hemkemeier, M., & Colla, L.M. (2012). Chromium (VI) biosorption and removal of chemical oxygen demand by spirulina platensis from wastewater-supplemented culture medium. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Toxic/Hazardous Substances and Environmental Engineering*, 47(12), 1818-1824. Disponible en: [https://www.academia.edu/en/3416861/Chromium\\_VI\\_biosorption\\_and\\_removal\\_of\\_chemical\\_oxygen\\_demand\\_by\\_Spirulina\\_platensis\\_from\\_wastewater\\_supplemented\\_culture\\_medium](https://www.academia.edu/en/3416861/Chromium_VI_biosorption_and_removal_of_chemical_oxygen_demand_by_Spirulina_platensis_from_wastewater_supplemented_culture_medium).

Malakootian, M., Khodashenas Limoni, Z., & Malakootian, M. (2016). The efficiency of lead biosorption from industrial wastewater by micro-alga spirulina platensis. *International Journal of Environmental Research*, 10(3), 357-366. Retrieved from [https://ijer.ut.ac.ir/article\\_58755.html](https://ijer.ut.ac.ir/article_58755.html).

Mane, P. C., & Bhosle, A. B. (2012). Bioremoval of some metals by living algae spirogyra sp. and spirullina sp. from aqueous solution. *International Journal of Environmental Research*, 6(2), 571-576. Retrieved from <https://doi.org/10.22059/ijer.2012.527>.

MEDINA, Alberto; NOGUEIRA, Dianelys; HERNANDEZ, Arialys y COMAS, Raul. Procedimiento para la gestión por procesos: métodos y herramientas de apoyo. Junio 2018, vol. 27 n° 2. [Fecha de consulta 21 de noviembre] Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ingeniare/v27n2/0718-3305-ingeniare-27-02-00328.pdf>

Murugesan, A. G., Maheswari, S., & Bagirath, G. (2008). Biosorption of cadmium by live and immobilized cells of spirulina platensis. *International Journal of Environmental Research*, 2(3), 307-312. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/27794398\\_Biosorption\\_of\\_Cadmium\\_by\\_Live\\_and\\_Immobilized\\_Cells\\_of\\_Spirulina\\_Platensis](https://www.researchgate.net/publication/27794398_Biosorption_of_Cadmium_by_Live_and_Immobilized_Cells_of_Spirulina_Platensis).

OTZEN, Tamara y MANTEROLA, Carlos. Sampling Techniques on a Population Study. *Morphol* [en línea]. Julio 2017, vol. 35 n. °1. [Fecha de consulta 22 de noviembre] Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/ijmorphol/v35n1/art37.pdf>  
ISSN: 227-232

PEREZ, Luca; LAOS,Leonardo; MARDONES, Rodolfo y SAEZ, Felipe. Taxonomía de diseños y muestreo en investigación cualitativa. Un intento de síntesis entre las aproximaciones teórica y emergente. Diciembre 2017, vol. 6 n°1. [Fecha de consulta 21 de noviembre] Disponible en: <https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/68886/11.%20institucional.us.es-Taxonom%c3%ada%20de%20dise%c3%b1os%20y%20muestreo%20en%20investigaci%c3%b3n%20cualitativa%20Un%20intento%20de%20s%c3%adntesis%20entre%20las%20aproxim.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PICON, Dario y MELIAN, Alejandra. La unidad de análisis en la problemática enseñanza aprendizaje. Mayo 2015, vol. 15 n° 2. [Fecha de consulta 21 de noviembre] Disponible en:

<https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjFuZG9scP7AhVkAtQKHfC4ASUQFnoECAwQAw&url=https%3A%2F%2F Dialnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F5123550.pdf&usg=AOvVaw0KJXcQnPgevAW0KD53I9Wg>

Rangsayatorn, N., Pokethitiyook, P., Upatham, E. S., & Lanza, G. R. (2004). Cadmium biosorption by cells of spirulina platensis TISTR 8217 immobilized in alginate and silica gel. Environment International, 30(1), 57-63. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/s0160-4120\(03\)00146-6](https://doi.org/10.1016/s0160-4120(03)00146-6).

Rao, H., Ranjith, P., et al. (2011). Application of phycoremediation technology in the treatment of wastewater from a leather-processing chemical manufacturing facility. Water SA. 1;37:7–14. <https://doi.org/10.4314/wsa.v37i1.64099>.

REKALDE, Itziar; VIZCARRA, Maria y MACAZAGA, Ana. La Observación Como Estrategia De Investigación Para Construir Contextos De Aprendizaje Y Fomentar Procesos Participativos. Octubre 2015, vol. 17 n°1. [Fecha de consulta 22 de noviembre] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/706/70629509009.pdf> ISSN: 1139-613X

RIZO, Maradiaga. Técnicas de investigación documental. Septiembre 2014, vol. 23 n° 4. [Fecha de consulta 21 de noviembre] Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/12168/1/100795.pdf>

RODRIGUEZ, Andres y PEREZ, Alipio. Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. Junio 2017, vol. 10 n° 8. [Fecha de consulta 21 de noviembre] Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/ean/n82/0120-8160-ean-82-00179.pdf>

ROJAS, Elizabeth; AVILA, Marcela y PARADA, Gustavo. Aplicación de estrategias nutricionales y su efecto en el crecimiento en el cultivo continuo de Spirulina



(*Arthrospira platensis*). Julio 2015, vol. 4 n° 1. [Fecha de consulta 21 de noviembre]  
Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/lajar/v40nSpecIssue/art23.pdf> ISSN:  
103856

Shao, W., Ebaid, R., Abomohra, A. E. -, & Shahan, M. (2018). Enhancement of spirulina biomass production and cadmium biosorption using combined static magnetic field. *Bioresource Technology*, 265, 163-169. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/352095856\\_Biochemical\\_and\\_Thermal\\_Analysis\\_of\\_Spirulina\\_Biomass\\_through\\_FTIR\\_TGA\\_CHN](https://www.researchgate.net/publication/352095856_Biochemical_and_Thermal_Analysis_of_Spirulina_Biomass_through_FTIR_TGA_CHN).

Solisio, C., Lodi, A., Torre, P., Converti, A., & Del Borghi, M. (2006). Copper removal by dry and re-hydrated biomass of spirulina platensis. *Bioresource Technology*, 97(14), 1756-1760. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.07.018>.

Tabagari, I., Chokheli, L., Adamia, G., Kurashvili, M., Varazi, T., Pruidze, M., . . . von Fragstein und Niemsdorff, P. (2020). The effectiveness of arthrospira platensis for the purification of copper-contaminated water. *Water, Air, and Soil Pollution*, 231(9) Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/343973608\\_The\\_Effectiveness\\_of\\_Arthrospira\\_platensis\\_for\\_the\\_Purification\\_of\\_Copper-Contaminated\\_Water](https://www.researchgate.net/publication/343973608_The_Effectiveness_of_Arthrospira_platensis_for_the_Purification_of_Copper-Contaminated_Water).

VARGAS, Zoila. Applied Research: A Way of Knowing Realities with Scientific Evidence. *Education Magazine* [en línea]. Julio 2016, n.º 1. [Fecha de consulta: 20 de noviembre 2022] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/440/44015082010.pdf> ISSN: 0379-7082

VASQUEZ; VERGARAY; MENDEZ; BARRIOS; BAQUEDANO et, al, Efecto de la intensidad de diodos electroluminosos y fotoperiodo en la optimización de la producción de biomasa de Spirulina (*Arthrospira*). Marzo 2017, vol. 55 n° 43. [Fecha de consulta 21 de noviembre] Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/agro/v8n1/a04v8n1.pdf>

## ANEXOS

### Anexo 1. Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Biomasa de <i>Spirulina</i> sp.	Es la cantidad de materia orgánica generada por el crecimiento poblacional de <i>Spirulina</i> sp. (Magro et al., 2012).	Es el tipo de masa poblacional, muerta comparada contra el método estándar de tratamiento del cromo.	Dosis	0.5g, 1g, 1.5g, 2g, 2.5g y 3g.	Nominal
				Biomasa muerta	Razón
Remoción de cromo	La remoción de metales se realiza para eliminar el contaminante que existe en el agua residual Caviedes, Muñoz, Perdomo et al., 2015).	Es la diferencia de cromo inicial menos el cromo final luego del tratamiento, expresado en porcentaje.	Eficiencia	Concentración de cromo inicial	Intervalo
				Concentración de cromo final	Intervalo
				pH	Intervalo
				Temperatura (C°)	Intervalo
				Conductividad eléctrica (CE)	
				Nivel de remoción	Intervalo

Fuente: Elaboración propia

## Anexo 2. Instrumento de recolección de datos



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LE-099



### INFORME DE ENSAYO N° 000113532

CLIENTE: TIRADO LEÓN NAYELLET DARLENE  
DOMICILIO LEGAL: CALLE SAN MARTIN 179 - LAMBAYEQUE ( )  
REFERENCIA CLIENTE: M0  
CÓDIGO TYPESA: 000104112  
MATRIZ: Agua residual. Industrial  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N° 00020010342  
Aproximadamente 100 ml (Agua Residual Industrial)  
Nombre del Proyecto: Tesis  
Lugar de Muestreo: Chiclayo  
Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: Bajo techo  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: CHICLAYO  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: CHICLAYO  
FECHA DE TOMA: 16/05/2023 10:00:00 a.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 18/05/2023  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 19/05/2023 -24/05/2023

#### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Cromo total	mg/L	456.08	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 23rd Ed. 2017	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00004

Callao, 24 de Mayo de 2023



Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPESA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao, C/Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typesa.com](mailto:labperu@typesa.com)



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LE-099



### INFORME DE ENSAYO N° 000113533

CLIENTE: TIRADO LEÓN NAYELLET DARLENE  
DOMICILIO LEGAL: CALLE SAN MARTIN 179 - LAMBAYEQUE ( )  
REFERENCIA CLIENTE: M1  
CÓDIGO TYPESA: 000104114  
MATRIZ: Agua residual Industrial  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N° 00020010342  
Aproximadamente 100 ml (Agua Residual Industrial)  
Nombre del Proyecto: Tesis  
Lugar de Muestreo: Chiclayo  
Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: Bajo techo  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: CHICLAYO  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: 16/05/2023 10:00:00 a.m.  
FECHA DE TOMA: 18/04/2023  
FECHA DE RECEPCIÓN: 19/05/2023 -24/05/2023  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:

#### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Cromo total	mg/L	136.8	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 23rd Ed. 2017	Preliminary Treatment of Samples, Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00004

Callao, 24 de Mayo de 2023



Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el INACAL - DA

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPESA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el período de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPESA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce  
LABORATORIO TYPESA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typesa.com](mailto:labperu@typesa.com)

### INFORME DE ENSAYO N° 000113534

CLIENTE: TIRADO LEÓN NAYELLET DARLENE  
DOMICILIO LEGAL: CALLE SAN MARTIN 179 - LAMBAYEQUE ( )  
REFERENCIA CLIENTE: M2  
CÓDIGO TYPSA: 000104115  
MATRIZ: Agua residual, Industrial  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N° 00020010342  
Aproximadamente 100 ml (Agua Residual Industrial)  
Nombre del Proyecto: Tesis  
Lugar de Muestreo: Chiclayo  
Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Bajo techo  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: CHICLAYO  
FECHA DE TOMA: 16/05/2023 10:00:00 a.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 18/05/2023  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 19/05/2023 - 24/05/2023

#### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Cromo total	mg/L	118.5	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 23rd Ed. 2017	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00004

Callao, 24 de Mayo de 2023



Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000113535**

CLIENTE: TIRADO LEÓN NAYELLET DARLENE  
DOMICILIO LEGAL: CALLE SAN MARTIN 179 - LAMBAYEQUE ( )  
REFERENCIA CLIENTE: M3  
CÓDIGO TYPSA: 000104116  
MATRIZ: Agua residual, Industrial  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N° 00020010342  
Aproximadamente 100 ml (Agua Residual Industrial)  
Nombre del Proyecto: Tesis  
Lugar de Muestreo: Chiclayo  
Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Bajo techo  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: CHICLAYO  
FECHA DE TOMA: 16/05/2023 10:00:00 a.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 18/05/2023  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 19/05/2023 - 24/05/2023

**RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Cromo total	mg/L	109.4	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 23rd Ed. 2017	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00004

Callao, 24 de Mayo de 2023



Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente.

Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**INFORME DE ENSAYO N° 000113536**

CLIENTE: TIRADO LEÓN NAYELLET DARLENE  
DOMICILIO LEGAL: CALLE SAN MARTIN 179 - LAMBAYEQUE ( )  
REFERENCIA CLIENTE: M4  
CÓDIGO TYPSA: 000104117  
MATRIZ: Agua residual, Industrial  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N° 00020010342  
Aproximadamente 100 ml (Agua Residual Industrial)  
Nombre del Proyecto: Tesis  
Lugar de Muestreo: Chiclayo  
Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Bajo techo  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: CHICLAYO  
FECHA DE TOMA: 16/05/2023 10:00:00 a.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 18/05/2023  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 19/05/2023 - 24/05/2023

**RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Cromo total	mg/L	82.09	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 23rd Ed. 2017	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00004

Callao, 24 de Mayo de 2023



Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perechibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)



### INFORME DE ENSAYO N° 000113537

CLIENTE: TIRADO LEÓN NAYELLET DARLENE  
DOMICILIO LEGAL: CALLE SAN MARTIN 179 - LAMBAYEQUE ( )  
REFERENCIA CLIENTE: M5  
CÓDIGO TYPSA: 000104118  
MATRIZ: Agua residual, Industrial  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N° 00020010342  
Aproximadamente 100 ml (Agua Residual Industrial)  
Nombre del Proyecto: Tesis  
Lugar de Muestreo: Chiclayo  
Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA:  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: Bajo techo  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: CHICLAYO  
FECHA DE TOMA: 16/05/2023 10:00:00 a.m.  
FECHA DE RECEPCIÓN: 18/05/2023  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS: 19/05/2023 - 24/05/2023

#### RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Cromo total	mg/L	68.41	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 23rd Ed. 2017	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00004

Callao, 24 de Mayo de 2023



Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)



**INFORME DE ENSAYO N° 000113538**

CLIENTE: TIRADO LEÓN NAYELLET DARLENE  
DOMICILIO LEGAL: CALLE SAN MARTIN 179 - LAMBAYEQUE ( )  
REFERENCIA CLIENTE: M6  
CÓDIGO TYPSA: 000104119  
MATRIZ: Agua residual, Industrial  
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA: Cotización N° 00020010342  
Aproximadamente 100 ml (Agua Residual Industrial)  
Nombre del Proyecto: Tesis  
Lugar de Muestreo: Chiclayo  
Tomada por el cliente  
DESCRIPCIÓN PROCEDIMIENTO TOMA DE MUESTRA: Bajo techo  
CONDICIONES AMBIENTALES EN LA TOMA DE MUESTRAS: CHICLAYO  
DESCRIPCIÓN DEL PUNTO DE MUESTREO: 16/05/2023 10:00:00 a.m.  
FECHA DE TOMA: 18/05/2023  
FECHA DE RECEPCIÓN: 19/05/2023 - 24/05/2023  
FECHA DE REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS:

**RESULTADOS ANALÍTICOS METALES PESADOS**

Parámetro	Unidad	Resultado	Método	Técnica Empleada	L.D.
Cromo total	mg/L	36.48	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3030 K, 3125 B, 23rd Ed. 2017	Preliminary Treatment of Samples. Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometry (ICP-MS) Method	0.00004

Callao, 24 de Mayo de 2023



Fdo. Vanessa León Legua  
Jefe de Laboratorio General y Espectroscopía  
CQP N° 927

L.C. Límite de cuantificación/L.D. Límite de detección

(\*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos que no han sido acreditados por el **INACAL - DA**

NOTA:

Está prohibida la reproducción parcial o total del presente documento a menos que sea bajo la autorización escrita de TYPSA, S.A. Sucursal del Perú. Este informe de ensayo, al estar en el marco de la acreditación del INACAL-DA, se encuentran dentro del ámbito de reconocimiento multilateral/mutuo de los miembros firmantes de IAAC e ILAC. Las muestras serán conservadas de acuerdo con el periodo de perecibilidad del parámetro analizado con un máximo de 30 días calendario después de la recepción en el laboratorio. Resultados válidos para la muestra referida en el presente informe. El laboratorio TYPSA no se responsabiliza del origen o fuente de las muestras y su información cuando es proporcionada por el cliente. Los resultados de los ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

LABORATORIO TYPSA PERÚ, Urb. Parque Industrial Callao. C/Delta, 269. Callao. Telf 511-711-9736/711-9753 E-mail: [labperu@typsa.com](mailto:labperu@typsa.com)

**LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y MICROBIOLOGÍA**

**TIPO DE ANÁLISIS** : Análisis químico  
**USUARIO** : Naomi Sarai Gallardo y Nayellet Darlene Tirado León  
**N° DE MUESTRA** : 7  
**TIPO DE MUESTRA** : Agua residual de una industria textil  
**FECHA DE EMISIÓN** : 21 de junio del 2023  
**RESULTADOS** :

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
M0	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	1880	μS/cm	CONDUCTÍMETRO
M1	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	1950	μS/cm	CONDUCTÍMETRO
M2	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	1820	μS/cm	CONDUCTÍMETRO
M3	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2000	μS/cm	CONDUCTÍMETRO
M4	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2000	μS/cm	CONDUCTÍMETRO
M5	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2040	μS/cm	CONDUCTÍMETRO
M6	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA	2110	μS/cm	CONDUCTÍMETRO

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
M0	pH	8.01	pH	PEACHIMETRO
M1	pH	7.97	pH	PEACHIMETRO
M2	pH	7.70	pH	PEACHIMETRO
M3	pH	7.73	pH	PEACHIMETRO
M4	pH	7.61	pH	PEACHIMETRO
M5	pH	7.57	pH	PEACHIMETRO
M6	pH	7.36	pH	PEACHIMETRO

N° DE MUESTRA	PARÁMETRO	RESULTADO	UNIDAD	EQUIPO
M0	TEMPERATURA	27.5	°C	PEACHIMETRO
M1	TEMPERATURA	26.9	°C	PEACHIMETRO
M2	TEMPERATURA	27.2	°C	PEACHIMETRO
M3	TEMPERATURA	26.6	°C	PEACHIMETRO
M4	TEMPERATURA	26.6	°C	PEACHIMETRO
M5	TEMPERATURA	26.5	°C	PEACHIMETRO
M6	TEMPERATURA	27.1	°C	PEACHIMETRO

**Nota:** La muestra fue tomada por el usuario, el laboratorio no se responsabiliza.



MICHEL GÓMEZ CORNEJO  
INGENIERO AMBIENTAL  
REG CIP 255514

LABORATORIO DE BIOTECNOLOGÍA Y BIOTECNOLOGÍA

ING. CRISTIAN MICHEL GÓMEZ CORNEJO

CIP: 255514

UCV, licenciada para que  
puedas salir adelante.



### Anexo 3. Carta de Consentimiento informado para toma de muestra

*Textileria – Confecciones y Sublimados*

**GUT**

**“AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO”**

Chiclayo, 12 de abril Del 2023

**CARTA N° 001-2023-T- GUT**

Srt. Naomi Sarai Gallardo Barboza  
Srt. Nayellet Darlene Tirado León

**ASUNTO: ACEPTACIÓN PERMISO PARA DESARROLLO EN SU TESIS EN MI ENTIDAD TEXTIL “GUT”**

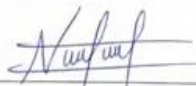
---

Por medio de la presente reciba mi cordial saludo así mismo atendiendo a su documento de solicitud, le comunico que se da por aceptado el permiso a las señoritas GALLARDO BARBOZA NAOMI SARAI identificada con DNI N° 74446187 Y NAYELLET DARLENE TIRADO LEÓN, identificada con DNI N° 71527977 estudiantes del décimo (X) ciclo de la carrera profesional de Ingeniería Ambiental de la Universidad Cesar Vallejo, se da inicio desde el 12 de abril del presente año en la Textileria “GUT” la cual presido como responsable.

Asi mismo hago de referente que las señoritas, Naomi Sarai Gallardo Barboza y Nayellet Darlene Tirado León cuentan con el permiso por parte de mi entidad a utilizar la información recolectada para su debia disposición nesesaria.

Hago propicia la ocasión para reiterarle las muestras de mi especial consideración y estima personal.

Atentamente;



Nehemias Gutiérrez Montes

DNI: 06773931

#### Anexo 4 . Registro fotográfico



Vertiendo la muestra en los vasos de precipitado



Midiendo los parámetros de la muestra



Pesando las dosis de biomasa de *Spirulina* sp.



Pesando la dosis de biomasa de *Spirulina* sp. del primer tratamiento





Agregando las dosis de los diferentes tratamientos



Se realizan las revoluciones en la prueba de jarras



Medición de parámetros posterior a la aplicación de biomasa de *Spirulina* sp.



Limpiando los equipos con agua destilada





Limpiando los envases con agua destilada para almacenar los tratamientos



Envases con las dosis referentes listos para ser enviados al laboratorio