



TECNOLÓGICO  
NACIONAL DE MÉXICO

Tecnológico Nacional de México  
Campus Tuxtla Gutiérrez, Chiapas



Informe final de residencia profesional

EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE REMOCIÓN  
DE METALES PESADOS POR EL HONGO  
*Phlebiopsis flavidoalba*

Presenta

José del Carmen Ferrer Sánchez

Asesor interno

Dr. Samuel Enciso Sáenz

Asesor Externo:

Mtra. Lina Dafne Sánchez Corzo

Revisores

Ing. Leonardo Gómez Gutiérrez

Ing. Jorge Armando Gómez Salinas

Periodo: Agosto-Diciembre 2021

Tuxtla Gutiérrez, Chiapas

## **Agradecimientos**

Mamá, papá han sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron me dieron todo lo que estuviera a su alcance para que fuera feliz a pesar de como estaban las cosas, siempre se preocuparon por mí y vieron por mi educación. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Les dedico a ustedes este logro amado padres, como una meta más conquistada. Orgulloso de que estén a mi lado en este momento tan importante.

Gracias por ser quienes son y por creer en mí.

A mis asesores el Dr. Samuel Enciso Sáenz y la Mtra. Lina Dafne Sánchez Corzo.

Sin ustedes y sus virtudes, su paciencia y constancia este trabajo no lo hubiese logrado tan fácil. Sus consejos y comentarios siempre me fueron útiles, todas las herramientas y el conocimiento que me proporcionaron, muchas gracias por el tiempo que se tomaron en mi cuando tenía dudas o no sabía que hacer en algunas situaciones.

Gracias por sus orientaciones

---

## Resumen

El uso de metales pesados se ha incrementado a lo largo de los años, esto genera una mayor contaminación en el medio ambiente esto a través de los residuos producidos a través de las industrias, se han optado por usar distintos métodos químicos para su remoción o tratamientos de estos residuos pero debido al uso de compuestos químicos se tiene un aumento en los costos de mantenimiento y de operación aunque se tiene un tiempo corto de operación, por lo cual se ha optado por distintos procesos biológicos donde se usan bacterias, algas, hongos, entre otros, para el tratamiento de estos residuos sin la necesidad de involucrar más compuestos químicos, esto dependiendo del contaminante y el método a utilizar puede reducir de manera considerable los costos de materia prima y una contaminación y/o generación de residuos debido al uso de compuestos químicos en estos procesos.

La finalidad de esta investigación es el evaluar las condiciones a las cuales el hongo *Phlebiopsis flavidoalba* sobreviva a distintas concentraciones con distintos compuestos de Cromo hexavalente y condiciones controladas.

Palabras claves: Metales pesados, residuos, procesos, condiciones, cromo.

---

## Índice

1. Introducción .....	1
2. Descripción de la empresa u organización y/o del puesto o área del trabajo del estudiante .....	2
2.1 Misión.....	2
2.2 Visión .....	2
2.3 Valores.....	2
2.4 Descripción del puesto o área del trabajo del estudiante .....	2
3. Problemas a resolver .....	4
4. Objetivos .....	5
4.1 Objetivo General .....	5
4.2 Objetivos específicos.....	5
5. Justificación.....	6
6. Marco teórico .....	7
6.1 Metales pesados .....	7
6.2 Cromo.....	7
6.3 Efectos del cromo sobre la salud .....	8
6.4 Efectos del cromo en el medio ambiente .....	9
6.5 Tratamiento de aguas residuales .....	9
6.7 Sustancias químicas compuestas por cromo hexavalente.....	11
6.7.2.1 Usos. ....	12
6.7.3.1 Usos. ....	13
6.8 Biorremediación.....	13
7. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas.....	15
7.1 Selección de la cepa .....	15
7.2 Instrumentos y materiales .....	15

7.3 Preparación de medio .....	16
7.4 Inoculación .....	17
7.5 Concentraciones de los contaminantes utilizados .....	17
7.6 Medición.....	18
8. Resultados .....	19
9. Conclusiones .....	21
9.1 Conclusiones.....	21
9.2 Recomendaciones .....	22
9.3 Experiencia personal profesional adquirida.....	22
10. Competencias desarrolladas y/o aplicadas .....	24
11. Fuentes de información .....	25

### **Índice de tablas y graficas**

Tabla 1 .....	17
Tabla 2 .....	18
Tabla 3 .....	18

### **Índice de graficas**

Grafica 1 .....	19
-----------------	----

## 1. Introducción

La contaminación por el uso de metales pesados ha ido en aumento ya que se requieren más productos derivados de estos. En un proceso químico se pueden generar residuos los cuales pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, estos residuos necesitan un tratamiento adecuado para poder ser desechados o reutilizados en el proceso, el tratamiento es necesario ya que pueden generar problemas de contaminación al ambiente y daños a la salud, esto debido a las características de los residuos, esta contaminación se produce de manera principal en los ecosistemas acuáticos ya que los residuos líquidos son los principales transportadores en los procesos que se emplean los metales pesados.

Para evitar la contaminación del ambiente, se realizan distintos procesos químicos o bioquímicos, los cuales tienen como fin la remoción de estos o cambiar su toxicidad, de esta manera se pueden descargar a los cuerpos de agua que se tengan acceso.

Para esto se plantea un método utilizando el hongo *Phlebiopsis flavidoalba* para el tratamiento de metales pesados, específicamente compuestos que contienen Cromo (VI) el cual se presenta de acuerdo con su valencia que presenta una toxicidad mucho mayor en comparación al Cromo (III), esto a través de la inoculación en medios que contienen distintos compuestos derivados del Cromo (VI) y con distintas concentraciones.

## **2. Descripción de la empresa u organización y/o del puesto o área del trabajo del estudiante**

### **2.1 Misión**

Formar de manera integral profesionistas de excelencia en el campo de la ciencia y la tecnología con actitud emprendedora, respeto al medio ambiente y apego a los valores éticos.

### **2.2 Visión**

Ser una Institución de Excelencia en la Educación Superior Tecnológica del Sureste, comprometida con el desarrollo socioeconómico sustentable de la región.

### **2.3 Valores**

- El Ser Humano
- El Espíritu de Servicio
- El Liderazgo
- El Trabajo en Equipo
- La Calidad
- El Alto Desempeño
- Respeto al Medio Ambiente

### **2.4 Descripción del puesto o área del trabajo del estudiante**

La residencia profesional se realizó en las instalaciones del Tecnológico Nacional de México Campus Tuxtla Gutiérrez, en los Laboratorios del edificio de posgrado “POLO TECNOLÓGICO NACIONAL PARA EL DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN Y

SERVICIOS ANALÍTICOS EN BIOCOMBUSTIBLES” en el laboratorio No. 5 de Ingeniería alternativas y en el laboratorio No. 2 de cromatografía y analítica, donde se realizaron las pruebas del crecimiento de diferentes medios contaminados con compuestos químicos que contienen cromo hexavalente.

### 3. Problemas a resolver

Por medio de este proyecto de investigación se pretende obtener información clave para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con compuestos que contienen cromo hexavalente usando el hongo *Phlebiopsis flavidoalba*, eso se debe a la alta contaminación de las aguas por parte de distintas industrias que utilizan estos compuestos en sus procesos químicos.

El contacto de estos compuestos con un ser vivo puede generar malestares en la piel, como irritación, sangrado en el sistema respiratorio, cambio en el material genético, cáncer y puede ocasionar en algunas ocasiones la muerte.

Teniendo en cuenta lo grave que puede llegar a ser este compuesto y sus derivados, se pretende a través de la biorremediación disminuir el impacto ambiental que tienen estos compuestos.

## 4. Objetivos

### 4.1 Objetivo General

- Evaluar el efecto de compuestos de Cromo hexavalente en el crecimiento del hongo *Phlebiopsis flavidoalba*

### 4.2 Objetivos específicos

- Determinar la velocidad de crecimiento radial del hongo *Phlebiopsis flavidoalba* en un medio con compuestos de cromo hexavalente y el control
- Determinar el límite de toxicidad del hongo *Phlebiopsis flavidoalba* por compuestos de Cromo hexavalente en el medio
- Determinar el límite de inhibición del hongo *Phlebiopsis flavidoalba* por compuestos de Cromo hexavalente en el medio

## 5. Justificación

En México su sector industrial tiene muchos usos para las sales de cromo, especialmente en la producido de cuero a través de la curtiduría, de igual manera se pueden utilizar en otros procesos como el tratamiento de otros metales ya sea para el cromado de estos, protección contra la corrosión y como precursores de materia prima para otros productos químicos.

Se le debe de dar un tratamiento a estos efluentes ya que los compuestos que tienen en su composición cromo +6 en comparación a los compuestos de cromo +3 tiene una toxicidad mayor, pero aun teniendo un cambio de valencia y así es menos tóxico se deben de bajar los contenidos de los efluentes a 1-2 mg/L.

Los efluentes de las diversas industrias donde utilizan estos compuestos químicos deben de darle un tratamiento antes de su reincorporación al ambiente, los principales tratamientos son procesos químicos de reducción-precipitación, adsorción, fotocátalisis, entre otros, por lo que se evaluará un proceso alternativo de origen biológico para su tratamiento.

## 6. Marco teórico

### 6.1 Metales pesados

Los metales pesados son aquellos que tienen una densidad por lo menos cinco veces mayor a la del agua, generalmente son tóxicos para los seres humanos y entre los más comunes a presentarse en agua se destacan el mercurio, plomo, níquel y cromo.

Los metales pesados tienen una aplicación en diversos procesos químicos, entre los más importantes se tienen: Cinc (Zn), Cadmio (Cd), Cobalto (Co), Níquel (Ni), Cobre (Cu), Mercurio (Hg), Cromo (Cr), Plomo (Pb), Arsénico (As) y Estaño (Sn) (FERGUSON, 1990).

### 6.2 Cromo

El cromo es un elemento químico, número atómico 24, símbolo Cr, peso atómico 51.996, es un metal que tiene las características de ser duro, quebradizo y tener un color blanco plateado. Principales usos son la producción de aleaciones anticorrosivas que cuentan con una gran dureza y resistencia al calor, tiene una baja solubilidad al agua.

Este cuenta con 4 isótopos naturales,  $^{50}\text{Cr}$ ,  $^{52}\text{Cr}$ ,  $^{53}\text{Cr}$ ,  $^{54}\text{Cr}$ , se han producido isótopos inestables mediante reacciones radioquímicas, entre estos el más importantes es el  $^{51}\text{Cr}$ , este isótopo tiene un tiempo de vida media de 27 días aproximadamente, emite rayos gamma débiles (Lenntech, 2007).

El cromo puede formar tres series de compuesto con distintos elementos, entre estos tenemos sus óxidos los cuales tienen una valencia II  $\text{CrO}$ , óxido de cromo (II) u óxido cromoso, con valencia III  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , óxido de cromo (III) u óxido crómico y valencia VI  $\text{CrO}_3$ , anhídrido de Cr (VI) o anhídrido de ácido crómico. El cromo también es capaz de formar

otros compuestos con otros elementos en estados de oxidación de (II), (III) y (VI), entre estos tenemos el dicromato de potasio  $K_2Cr_2O_7$ , dicromato de sodio  $Na_2Cr_2O_7$ , hidroxisulfato de cromo (III) ( $Cr(OH)(SO_4)$ ), entre otros.

El cromo (VI) es un contaminante que se presenta con frecuencia en las aguas residuales industriales que provienen de procesos de galvanoplástica, tintura de cueros o manufactura de pinturas, debido a sus propiedades y los efectos que puede generar en la salud, la concentración en agua potable ha sido regulada por varios países. El tratamiento convencional del Cr (VI) es su reducción a Cr (III) esta es menos tóxica, este proceso se puede generar de distintas maneras a través de distintos procesos químicos, por ejemplo, la reducción de este se puede llevar a cabo de manera general con sulfato ferroso, tiosulfato de sodio, dióxido de azufre o metabisulfito de sodio.

### **6.3 Efectos del cromo sobre la salud**

La exposición al cromo puede producirse a través de la inhalación, ingesta o contacto con la piel con cromo o sus compuestos, el cromo (III) es un nutriente esencial para los seres humanos ya que está presente en vegetales, frutas, carne, levaduras, entre otros., falta de este puede ocasionar problemas metabólicos, diabetes o condiciones del corazón (Lenntech, 2007).

El cromo hexavalente puede ocasionar diversos efectos sobre la salud, en la inhalación puede ocasionar irritación y sangrado de la nariz, en contacto con la piel puede producir erupciones cutáneas, entre otras afecciones que puede causar se encuentran las siguientes:

- Erupciones cutáneas

- Alteración del material genético
- Daño a los riñones e hígado
- Debilitamiento del sistema inmune
- Problemas respiratorios
- Cáncer de pulmón
- Muerte

#### **6.4 Efectos del cromo en el medio ambiente**

El cromo se encuentra en el aire, agua y suelo como Cromo (III) y Cromo (VI) y el incremento de las concentraciones se deben principalmente a las actividades humanas como la industria textil, metalurgia, pintura, entre otras, esto hace que las concentraciones de cromo se eleven principalmente en el agua. El cromo (III) es esencial ya que puede interferir en el metabolismo del azúcar de organismos, el cromo hexavalente es mil veces más tóxico que el cromo (III), este puede alterar material genético y causar cáncer (Lenntech, 2007).

#### **6.5 Tratamiento de aguas residuales**

Proceso de depuración, sistemas que es utilizado para la remoción de contaminantes del agua, ya sea de origen domestico o industrial, de manera natural se pueden descontaminar el agua, pero tomaría mucho tiempo y en una planta de tratamiento se tiene un tiempo menor a este proceso.

#### **6.6 Métodos de remoción de metales pesados**

### **6.6.1 Precipitación química.**

La precipitación química es la técnica más utilizada dentro de los procesos industriales ya que es sencilla de manejar, tiene un bajo costo de operación y es selectiva, la única contra que tiene es la alta generación de lodos que genera un costo elevado en el mantenimiento, dentro de los agentes precipitantes se tienen hidróxido, sulfuros que estos tienen bajas solubilidades y precipitados no anfóteros (Huisman, 2006).

### **6.6.2 Electrocoagulación.**

Proceso químico que aplica los principios de la coagulación-floculación en un reactor electrolítico, se desestabiliza el coloide y posteriormente se aglomera. En una primera etapa la coagulación elimina la doble capa eléctrica que tienen los coloides y la floculación se encarga de la aglomeración de los coloides a través de la atracción de partículas con el aglutinamiento de los floculantes. Los coagulantes normalmente utilizados en el tratamiento de aguas residuales cloruro férrico ( $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ), alumbre ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ ), sulfato férrico ( $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ), cal ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) y sulfato ferroso ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) (Morante, 2002).

### **6.6.3 Fotocatálisis.**

Esta técnica se basa en la transferencia de carga mediante la interfaz entre el semiconductor y la solución acuosa contaminada, la conductividad aumenta con la temperatura, la adsorción de los fotones ocurre cuando se genera un par de electrón-hueco y sucede la distribución de diferentes estados electrónicos en la superficie, esto genera una degradación entre las moléculas orgánicas colorantes y los metales pesados (Paez & Taborda, 2006).

El dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) debido a sus propiedades como estabilidad en su estructura química y biocompatibilidad, físicas, ópticas y eléctricas, se ha convertido en un conductor muy conocido e investigado.

#### **6.6.4 Cenizas volantes.**

Las cenizas volantes son generadas durante la combustión de carbón para la producción de energía, este es un subproducto industrial que es reconocido como un contaminante ambiental, se produce una condensación del gas de combustión. Se reutiliza como material absorbente de costo bajo para la eliminación de gases de combustión, compuestos orgánicos y metales pesados. (Visa & Chelaru, 2014).

### **6.7 Sustancias químicas compuestas por cromo hexavalente**

#### **6.7.1 Dicromato de potasio.**

Compuesto inorgánico con fórmula K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>, caracterizado por ser un poderoso agente oxidante, se produce naturalmente como lopezita es tóxico y altamente cancerígeno.

Su presentación normal es los cristales triclinicos con un color anaranjado, carente de olor y con un sabor metálico, tiene una densidad de 2.676 g/ml, con un punto de fusión de 398°C y de ebullición de 500°C, tiene una solubilidad alta en agua de 130 g/l a 20°C (Díaz, 2019).

##### **6.7.1.1 Usos.**

- Preparación de pinturas, ceras, etc.
- Exhibiciones pirotécnicas con tungsteno y hierro.
- Reactivo analítico para diferentes reacciones.
- Curtido de cuero.

### **6.7.2 Dicromato de sodio.**

Compuesto químico con formula  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , pero generalmente se presenta en forma dihidratada como  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ , se presenta como cristales finos y tiene un rojo-naranja brillante, tiene una masa molar de 261.97 g/mol (anhidrido) y 298.00 g/mol (dihidratado), tiene una solubilidad de 730 g/l a 25°C (Freeman, 2004).

Debido a que el dicromato de sodio puede solubilizar el cromo y así extraerlo en agua caliente, se producen millones de toneladas anualmente, esto a través de carbonato de sodio a unos 1000°C en presencia de aire.

#### **6.7.2.1 Usos.**

- Agente oxidante en la fabricación de tintes
- Curtido al cromo de pieles
- Producción de batería eléctricas
- Blanqueador de grasas
- Resinas
- Aceites
- Inhibidor de corrosión
- Tratamientos de metales
- Electro grabado de cobre

### **6.7.3 Trióxido de cromo.**

También llamado óxido de cromo (VI) es un compuesto inorgánico de formula  $\text{CrO}_3$ , tiene un color rojo oscuro/naranja apagado, tiene una alta solubilidad al agua la cual es de 63

g/100 ml a 25°C, se producen millones de kilos anualmente a través de la galvanoplastia, ya que es un precursor a otros compuestos de cromo, la reacción para su obtención es a través del ácido sulfúrico y el cromato de sodio. A través de esta ruta o similares se producen aproximadamente 100 millones de Kg anualmente (Chemicaland21).

#### **6.7.3.1 Usos.**

Se utiliza principalmente el en cromado de objetos, de igual manera en la creación de pasivación de cromato cuando esta reacción con cadmio, zinc y otros metales, también en la producción de rubies sintéticos.

### **6.8 Biorremediación**

El método tradicional de la remediación es el uso de técnicas para la eliminación o reducción de los contaminantes, pero no se utilizan sistemas biológicos, la biorremediación tiene la intención de estimular los microorganismos con nutrientes y otros compuestos químicos para la “eliminación” de los contaminantes. La eficiencia del proceso depende de distintos factores, entre estos tenemos la cantidad y toxicidad de los contaminantes.

Debido a la alta toxicidad de los metales, se han usado métodos químicos principalmente para su tratamiento, sin embargo, recientemente se ha optado por la búsqueda de nuevos procesos bioquímicos en donde principalmente se usan bacterias, hongos y microalgas. Dentro de los procesos que pueden ocurrir en las transformaciones enzimáticas tenemos reducción, metilación, oxidación (Vasudevan, 2001).

Puede suceder una transformación en la valencia de los metales dependiendo del estado de oxidación del metal, pueden suceder dos cosas, ya sea una movilización del metal o una

inmovilización; en la movilización del metal ocurre un cambio del estado insoluble la cual corresponde a una fase sólida a uno final presente en fase acuosa, este se le conoce como lixiviación; en la inmovilización el cual es un proceso donde se tiene una fase soluble inicial en medio acuoso y pasa a un estado final insoluble en fase sólida (Soto et al, 2010).

La diferencia de valencia en los metales ocupa un lugar importante ya que esto hace que varíe su toxicidad, en valencias menos tóxicas se pueden transformar cuando se excretan enzimas redox especiales.

La reducción del cromo (VI) toma lugar debido a la enzima cromato reductasa y se tienen reportadas otras enzimas reductasas que pueden realizar la reducción del cromato como las DT-diaforasa, aldehído oxidasa, citocromo P450 y algunas nitroreductasas. Los principales microorganismos que pueden utilizarse en la biorremediación del cromo (VI) son bacterias como la *Pseudochrobactrum saccharolyticum*, *Pseudomonas ambigua*, *Bacillus sp.*, entre otros (Marrero, 2010).

## 7. Procedimiento y descripción de las actividades realizadas

### 7.1 Selección de la cepa

La cepa seleccionada es *Phlebiopsis flavidoalba* TecNM-ITTG L20-19.

Reino: Fungi

Filo: Basidiomycota

Clase: Agaricomycetes

Orden: Polypolares

Familia: Phanerochaetaceae

Género: *Phlebiopsis*

Especie: *Phlebiopsis flavidoalba*

### 7.2 Instrumentos y materiales

- Matraces de 250 ml
- Cajas Petri
- Bisturí
- Mechero bunsen
- Autoclave
- 3 pipetas de 10 ml
- 1 pipeta de 1 ml
- Micropipeta
- Balanza analítica

- Espátula
- Vidrio de reloj
- Cinta
- Guantes de látex
- Dicromato de potasio
- Dicromato de sodio
- Trióxido de Cromo

### **7.3 Preparación de medio**

Para la preparación del medio se tienen que tomar en cuantas distintas cosas para el crecimiento del hongo, la fuente de carbono, pH, fuente de nitrógeno, entre otras. Para la experimentación se realizó con un medio de control y los demás experimentos fueron sometidos a distintas concentraciones de contaminantes, estas concentraciones empezaron con 0.5 mg/l, 1 mg/l, 23 mg/l, 30 mg/l y 50 mg/l; dependiendo del comportamiento del hongo a los distintos niveles de concentración de los contaminantes se decidió aumentar las cantidades de concentraciones desde y posteriormente se fue bajando en 3 gr/l, 1gr/l, 500 mg/l, 300mg/l y 100 mg/l.

Para la fuente de carbono se utilizó glucosa a una concentración de 15 g/l, para la fuente de nitrógeno se usó nitrato de sodio ( $\text{NaNO}_3$ ), sales minerales, amortiguador de fosfatos para mantener el pH y para la gelificación del medio se usó agar a una concentración de 15 g/l. se usa un volumen total de 80 ml para la inoculación, se agregarán los compuestos y el volumen restante para tener 80 ml se afora con agua.

Para los otros medios los cuales ya contendrán los contaminantes se le agregaran el volumen de solución con el compuesto químico y el restante se aforará con agua hasta los 80 ml, posteriormente se pondrán en la autoclave para evitar que algún agente externo pueda interferir en el crecimiento del hongo, se le dará un tiempo de 15 minutos a una presión de entre 15 y 20 psi y a una temperatura mayor de 100°C.

Al tener los medios listos para la inoculación se procede a la inoculación del hongo en las cajas Petri, en una campana de flujo laminar por medio de la técnica de punción o picadura.

#### **7.4 Inoculación**

Para cada experimento se preparará 1 matraz el cual se aforará a un volumen de 80 ml esto se usará en las cajas Petri.

Al tener los medios listos para la inoculación se procede a la inoculación del hongo en las cajas Petri, en una campana de flujo laminar por medio de la técnica de punción o picadura.

#### **7.5 Concentraciones de los contaminantes utilizados**

##### **7.5.1 Dicromato de potasio.**

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Unidades Experimentales
0.5	1	23	30	50	100	300	500	mg/l

Tabla 1

##### **7.5.2 Dicromato de sodio.**

T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	Unidades
----	----	----	----	----	----	----	----	----------

								Experimentales
0.5	1	23	30	50	100	300	500	mg/l

Tabla 2

### 7.5.3 Trióxido de cromato.

T1	T2	Unidades Experimentales
0.5	1	mg/l

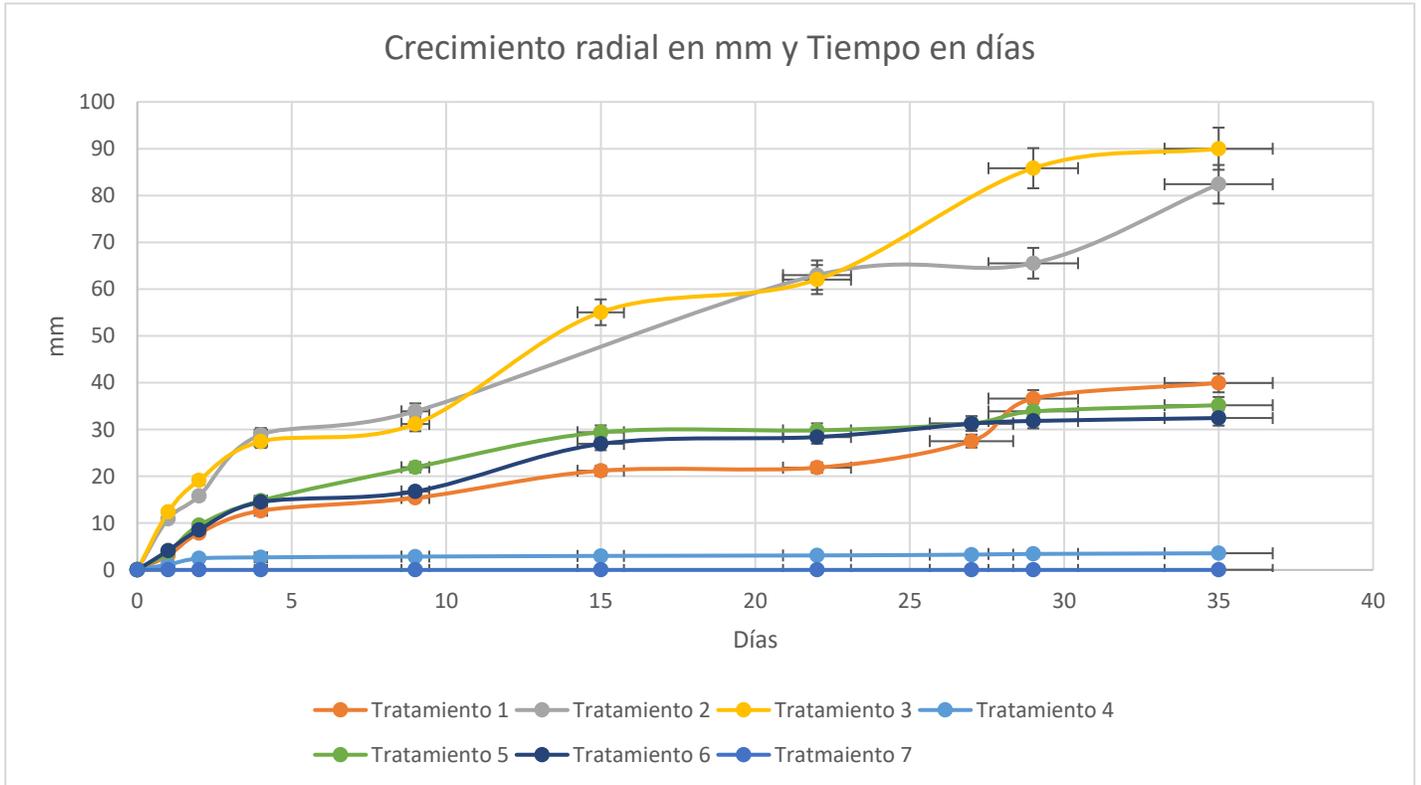
Tabla 3

### 7.6 Medición

Las mediciones se realizaron a través del programa ImageJ usando sus herramientas que aporta el software podemos tener mediciones precisas y así obtener la menor cantidad de error.

## 8. Resultados

Con los datos obtenidos en la grafica 1, podemos apreciar los distintos crecimientos que presenta el hongo los distintos medios de cultivo.



Grafica 1

Por ejemplo se tiene una mejora en el crecimiento del hongo en presencia de dicromato de sodio que corresponde al tratamiento 3 con una concentración de 0.5 mg/l, posteriormente le sigue un tratamiento usando el mismo compuesto pero ahora con una concentración mayor, la cual está a 1 mg/l el cual es el tratamiento 2, tenemos a igual manera el tratamiento 5 el cual tiene una concentración mayor, siendo esta de 30 mg/l de dicromato de sodio y abajo se encuentra el tratamiento 6 el cual corresponde a una concentración de 1 mg/l de dicromato de potasio y hasta abajo tenemos al tratamiento 4 el cual tiene una concentración de 100 mg/l

de dicromato de sodio y hasta abajo se encuentran los tratamientos 7 el cual tiene 2 sustancias ya que se comportan de la misma manera las cuales son 30 mg/l de dicromato de potasio y  $\text{CrO}_3$  con una concentración de 0.5 mg/l.

## 9. Conclusiones

### 9.1 Conclusiones

Se tiene una mejora en el crecimiento del hongo *Phlebiopsis flavidoalba* en presencia del compuesto dicromato de sodio teniendo un crecimiento mayor y de casi 3 veces en comparación con el control. Esto nos dice que el hongo se ve beneficiado ya que este presenta un crecimiento de 2.57 mm por día en comparación del control que presenta 1.14 mm por día, lo mismo pasa con el tratamiento 2 que presenta un crecimiento de 2.35 mm por día, el crecimiento del hongo se ve afectado cuando se empiezan a tener concentraciones mayores como las del tratamiento 5 con una concentración de 30 mg/l de dicromato de sodio y un crecimiento de 1.005 mm por día, a concentraciones mayores tenemos una disminución en el crecimiento. Tenemos otros compuestos los cuales presentan un crecimiento nulo por ejemplo en el tratamiento 7 donde tenemos 2 compuestos los cuales son dicromato de potasio a 30 mg/l y trióxido de cromo a 0.5 mg/l.

El mayor crecimiento se tiene con el compuesto dicromato de sodio, ya que se pretenda una tolerancia mayor el hongo hacia el compuesto en comparación de los otros.

Se tiene un peor crecimiento con el compuesto trióxido de sodio, debido a las bajas concentraciones que se manejan del compuesto y en comparación a los otros compuestos en donde el hongo presenta un mejor crecimiento.

Se realizó un cambio de cada tratamiento el cual no presentara crecimiento alguno, por ejemplo, el tratamiento 7 con el compuesto en medio sin compuestos químicos que contiene cromo hexavalente, en este se determinó si el hongo tiene una inhibición con la dosis del compuesto o si representa una dosis letal.

Usando el compuesto de trióxido de cromo se tiene una dosis letal a una concentración de 0.5 mg/l, con dicromato sodio a una concentración de 110 mg/l y el dicromato de potasio con una concentración de 30 mg/l; tenemos un intervalo de sus concentraciones de crecimientos mínimas con el trióxido de cromo de 0.5 mg/l, con el dicromato de potasio de 10 mg/l y el dicromato de potasio de 7 mg/l.

## **9.2 Recomendaciones**

A través de este proyecto de investigación se obtuvo información por medio de la experimentación, se debe de tomar en cuenta las reacciones que se puede generar con los compuestos que interactúan.

También la recolección de información de distintas fuentes y su discusión con otra persona, ya que de esta manera se pueden tener distintos puntos de vista y así plantear y resolver problemas.

Por ultimo la importancia de conocer los equipos del laboratorio y así su funcionamiento correcto, esto ya que se usarán en muchas ocasiones y la persona estará sola con este equipo, esto conlleva a una gran responsabilidad ya que algunos equipos pueden llegar a ser peligrosos si no se conoce funcionamiento de manera correcta.

## **9.3 Experiencia personal profesional adquirida**

Durante la elaboración de este proyecto de investigación obtener una experiencia en el área de la investigación, ya que puede ver de cerca cuales son los pasos, cuáles son los métodos para la obtención de información y su clasificación, como es que un investigador plantea sus problemas y las opciones que tiene para resolverlas, el trabajo en equipo y la camaradería

entre investigadores. De igual manera en varias ocasiones puede ver la importancia y el papel fundamental y crucial que tiene el orden, ya que este da una ventaja a las actividades y genera disciplina que igual es algo esencial si uno quiere llegar a ser investigador.

## **10. Competencias desarrolladas y/o aplicadas**

Durante el desarrollo de este proyecto de investigación puse en uso los conocimientos que adquirí por mi paso en el Tecnológico Nacional de México campus Tuxtla Gutiérrez, las competencias aplicadas en esta residencia profesional son las siguientes:

- **Plantear problemas de investigación y resolución de estos**
- **Obtención de información de fuentes primarias y secundarias**
- **Análisis de información obtenida**
- **Clasificación de información de acuerdo a niveles de importancia**
- **Elaboración de un marco contextual**
- **Estructuración de un documento científico**
- **Dominio de la interpretación de la escritura científica**

## 11. Fuentes de información

FERGUSON, J.F., 1990. The heavy Elements. Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press.

Lenntech, 2007. *Cromo (Cr) Propiedades químicas y efectos sobre la salud y el medio ambiente*. <https://www.lenntech.es/periodica/elementos/cr.htm>

Huisman, J.L., Schouten, G., Schultz, C., 2006. Biologically produced sulphide for purification of process streams, effluent treatment and recovery of metals in the metal and mining industry.

Morante, G; 2002. Electrocoagulación de Aguas Residuales. Revista Colombiana de Física.

Paez, C; Taborda, G; 2006. La Fotocatálisis: Aspectos Fundamentales para una Buena Remoción de Contaminantes

Visa, M; Chelaru, A; 2014. Hydrothermally modified fly ash for heavy metals and dyes removal in advanced wastewater treatment.

Diaz, Rafael. (20 de mayo de 2019). Dicromato de potasio: fórmula, propiedades, riesgos y usos. <https://www.lifeder.com/dicromato-de-potasio/>

Freeman, F. 2004. "Sodium Dichromate" in Encyclopedia of Reagents for Organic Synthesis.

Chemicaland21. Chromium Trioxide.

<http://www.chemicaland21.com/industrialchem/inorganic/CHROMIUM%20TRIOXIDE.htm>

Vasudevan P, Padmavathy V, Tewari V, Dhingra S. 2001. Biosorption of heavy metals. Journal Science and Industrial Research.

Soto C, Gutiérrez S, Rey A, González, E. 2010. Biotransformación de metales pesados presentes en lodos ribereños de los ríos Bogotá y Tunjuelo.

Marrero J, Díaz A, Coto O. 2010. Mecanismos moleculares de resistencia a metales pesados en las bacterias y sus aplicaciones en la Biorremediación. Revista CENIC Ciencias Biológicas.