

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Biosorción de cromo total con *Rhizoclonium*
sp. (clorofitas filamentosas) en los efluentes
de curtiembres del distrito de San Pedro de
Saño, Huancayo, 2021**

Nilton Cesar De La Cruz Gutierrez
Evelyn Macetaz Ayala

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2022

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Dr. Ing. Pablo César Espinoza Tumialán

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está dedicada a nuestros maestros, que más que aquello fueron amigos que nos dedicaron su tiempo y energía para la expansión de nuestros conocimientos, consciente e inconscientemente, sobre todo al Dr. Pablo César Espinoza Tumialán, por sus enseñanzas, palabras de ánimo, el tiempo dedicado y por habernos dado la oportunidad de ser sus asesorados y aprender mucho de él.

Gracias a la empresa Edithel, y curtiembres aledañas, que nos permitió realizar muestreos de sus efluentes, que fue parte muy importante de esta investigación.

A los especialistas del laboratorio de ensayos Ambiental Laboratorios S.A.C., por su apoyo y servicios en la obtención de datos.

A todos los amigos que conocimos durante nuestro paso por la universidad, que siempre han sido un apoyo, fuente de alegría y sabios consejos.

DEDICATORIA

A mis padres, por su apoyo incondicional y ejemplo invaluable.

Nilton Cesar De la Cruz Gutierrez.

Dedico este trabajo a Dios, por haber guiado mis pasos y por regalarme una familia maravillosa. A mis padres, Bernardo Bernave Macetaz Taype y Maria Ayala Navarro, quienes me dieron vida, educación, consejos, apoyo incondicional, sacrificio y esfuerzo que permitieron que llegue a lograr mis metas. A mis hermanos, Carmen, Mayer, Edson, Lizeth, Kevin, Elizabeth y David, por estar siempre presentes en mi vida y los bonitos recuerdos de infancia que me hicieron muy feliz. A mis amigos, que están en mi vida, los que estuvieron y a los que vendrán, que pasaron por mi vida aportando un granito de arena con sus conocimientos.

Evelyn Macetaz Ayala.

ÍNDICE

| | |
|---|------|
| ASESOR | ii |
| AGRADECIMIENTOS | iii |
| DEDICATORIA | iv |
| ÍNDICE | v |
| ÍNDICE DE FIGURAS | ix |
| ÍNDICE DE TABLAS | xi |
| RESUMEN | xiii |
| ABSTRACT | xiv |
| INTRODUCCIÓN | xv |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO | 1 |
| 1.1. Planteamiento y formulación del problema | 1 |
| 1.1.1. Planteamiento del problema | 1 |
| 1.1.2. Formulación del problema | 4 |
| 1.1.2.1. Problema general..... | 5 |
| 1.1.2.2. Problemas específicos | 5 |
| 1.2. Objetivos | 5 |
| 1.2.1. Objetivo general | 5 |
| 1.2.2. Objetivos específicos..... | 6 |
| 1.3. Justificación e importancia..... | 6 |
| 1.3.1. Justificación económica..... | 6 |
| 1.3.2. Justificación social (educación y salud) | 7 |
| 1.3.3. Ambiental | 7 |
| 1.3.4. Justificación teórica | 8 |
| 1.3.5. Justificación tecnológica | 8 |
| 1.4. Hipótesis y variables..... | 9 |
| 1.4.1. Hipótesis general..... | 9 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 1.4.2. | Hipótesis específicas | 9 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | | 11 |
| 2.1. | Antecedentes de la investigación..... | 11 |
| 2.1.1. | Antecedentes internacionales | 11 |
| 2.1.2. | Antecedentes nacionales..... | 14 |
| 2.1.3. | Antecedentes locales..... | 16 |
| 2.2. | Bases teóricas | 17 |
| 2.2.1. | Clorofitas filamentosas | 17 |
| 2.2.2. | Biorremediación..... | 20 |
| 2.2.3. | Metal pesado | 23 |
| 2.2.3.1. | Cromo | 24 |
| 2.2.3.2. | Fuentes de cromo | 24 |
| 2.2.4. | Mecanismos fisicoquímicos implicados en el proceso de remoción de metales por tratamiento biológicos..... | 25 |
| 2.2.4.1. | Intercambio iónico | 26 |
| 2.2.4.2. | Biosorción | 26 |
| 2.2.4.3. | Adsorción | 27 |
| 2.2.4.4. | pH | 28 |
| 2.2.4.5. | Naturaleza del adsorbato | 28 |
| 2.2.4.6. | Concentración inicial del metal..... | 29 |
| 2.2.4.7. | Temperatura | 29 |
| 2.2.5. | Cuenca hidrográfica del distrito de San Pedro de Saño..... | 29 |
| 2.3. | Definición de términos | 30 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA..... | | 32 |
| 3.1. | Método y alcance de la investigación | 32 |
| 3.1.1. | Métodos de la investigación..... | 32 |
| 3.1.1.1. | Método general | 32 |
| 3.1.1.2. | Método específico | 32 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 3.1.2. | Tipo de la investigación | 33 |
| 3.1.3. | Nivel de la investigación | 33 |
| 3.2. | Diseño de la investigación | 34 |
| 3.2.1. | Tipo de diseño de investigación | 34 |
| 3.3. | Población y muestra | 35 |
| 3.3.1. | Población..... | 35 |
| 3.3.2. | Muestra | 35 |
| 3.4. | Técnicas e instrumentos de recolección de datos..... | 35 |
| 3.4.1. | Muestreo de los efluentes..... | 36 |
| 3.4.2. | Obtención del material biológico | 40 |
| 3.4.3. | Descripción del experimento..... | 40 |
| 3.4.4. | Condiciones experimentales de la investigación..... | 42 |
| 3.4.5. | Pesaje y adición de alga filamentosa a cada una de las muestras..... | 43 |
| 3.4.6. | Toma de muestras para análisis de laboratorio | 43 |
| 3.4.7. | Análisis de los parámetros fisicoquímicos..... | 43 |
| 3.4.8. | Obtención del porcentaje de remoción de cromo total | 44 |
| 3.4.9. | Cálculo del ratio en los tratamientos | 45 |
| 3.4.10. | Análisis de datos estadísticos | 45 |
| 3.4.11. | Verificación del cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes industriales | 45 |
| 3.4.12. | Materiales utilizados en el experimento | 46 |
| 3.5. | Técnicas de análisis y procesamiento de datos | 49 |
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | | 50 |
| 4.1. | Resultados de la investigación..... | 50 |
| 4.1.1. | Rendimiento de la extracción de cromo total con <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) | 50 |
| 4.1.2. | Resultados iniciales de control | 50 |
| 4.1.3. | Variación de la concentración de cromo total | 51 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1.4. Remoción de cromo total por parte de <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) | 55 |
| 4.1.5. Resultados de la variación de la biomasa y el pH..... | 57 |
| 4.1.6. Resultados de la concentración de nitrógeno total por parte del alga clorofila filamentososa | 61 |
| 4.1.7. Resultados de la variación de la concentración de fósforo total por parte del alga clorofita filamentososa | 65 |
| 4.1.8. Resultados del cálculo de ratio NT/PT | 69 |
| 4.2. Análisis de la información | 72 |
| 4.3. Prueba de hipótesis | 73 |
| 4.3.1. Remoción de cromo total..... | 73 |
| 4.3.2. Contrastación de la hipótesis general | 85 |
| 4.4. Discusión de resultados..... | 86 |
| CONCLUSIONES | 89 |
| RECOMENDACIONES | 90 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 91 |
| ANEXOS | 95 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Mapa distrital de San Pedro de Saño con Centros Poblados. | 4 |
| Figura 2. Ciclo biológico de la clorofita filamentosa..... | 18 |
| Figura 3. Ciclo reproductivo de la clorofita filamentosa. | 18 |
| Figura 4. Principios básicos involucrados en la eliminación de metales de soluciones acuosas por biomasa..... | 26 |
| Figura 5. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo. | 38 |
| Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención del porcentaje de remoción de cromo total. | 44 |
| Figura 7. Resultados finales de la concentración de cromo total..... | 53 |
| Figura 8. Diagrama de bigotes de las concentraciones de cromo total presentes en las semanas de evaluación del tratamiento 1. | 54 |
| Figura 9. Diagrama de bigotes de las concentraciones de cromo total presentes durante las semanas de evaluación en el tratamiento 2..... | 55 |
| Figura 10. Curva de remoción de cromo total tratado con Rhizoclonium sp. (clorofitas filamentosas) en el tratamiento 1 en un periodo de 7 semanas. | 56 |
| Figura 11. Curva de remoción de cromo total tratada con clorofilas filamentosas (tratamiento 2) en un periodo de 7 semanas..... | 57 |
| Figura 12. Resultados finales de biomasa algal. | 58 |
| Figura 13. Resultados finales de pH. | 59 |
| Figura 14. Curvas de la variación de la biomasa a lo largo de 7 semanas (T1)..... | 60 |
| Figura 15. Curva de la variación de la biomasa a lo largo de las 7 semanas (T2)..... | 61 |
| Figura 16. Resultados finales de nitrógeno total. | 62 |
| Figura 17. Curva de variación de nitrógeno total tratadas con Rhizoclonium sp. (clorofitas filamentosas) en el tratamiento 1 en un período de 7 semanas. | 64 |
| Figura 18. Curva de la variación de nitrógeno total tratadas con Rhizoclonium sp. (clorofitas filamentosas) en el tratamiento 2 en un periodo de 7 semanas. | 65 |
| Figura 19. Resultados finales de fósforo total. | 66 |
| Figura 20. Curva de variación de fósforo total en el tratamiento 1 en un período de 7 semanas. | 68 |
| Figura 21. Curva de la variación de fósforo total en el tratamiento 2 en un periodo de 7 semanas. | 69 |
| Figura 22. Curva de valores de los ratios de NT/PT en un periodo de las 7 semanas para el tratamiento 1. | 71 |

| | |
|--|----|
| Figura 23. Curva de valores de los ratios de NT/PT en un periodo de las 7 semanas para el tratamiento 2. | 72 |
| Figura 24. Medias de cromo total por tratamiento. | 75 |
| Figura 25. Comparación de medias de la concentración de cromo total en relación a la cantidad de inóculo inicial. | 77 |
| Figura 26. Comparación de medias de pH. | 80 |
| Figura 27. Comparación entre medias de nitrógeno total final. | 85 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Límites Máximos Permisibles de parámetros contaminantes de la industria curtiembre..... | 3 |
| Tabla 2. Clasificación taxonómica de las clorofitas filamentosas. | 18 |
| Tabla 3. Diseño de investigación. | 34 |
| Tabla 4. Coordenadas de los puntos de muestreo. | 37 |
| Tabla 5. Composición de los tratamientos y del control para evaluar la remoción de cromo por el alga filamentosa. | 41 |
| Tabla 6. Condiciones experimentales para los ensayos de remoción de cromo..... | 42 |
| Tabla 7. Límites Máximos Permisibles de efluentes para aguas superficiales de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre. | 45 |
| Tabla 8. Materiales y equipos para la recolección de datos. | 46 |
| Tabla 9. Materiales de escritorio para el experimento. | 48 |
| Tabla 10. Resultados iniciales de medición de control de agua. | 51 |
| Tabla 11. Resultados de concentración de cromo total final. | 52 |
| Tabla 12. Registro semanal de las concentraciones promedio de cromo total (mg/L) con la desviación estándar (\pm DS) del tratamiento de control, tratamiento 1 y tratamiento 2. | 53 |
| Tabla 13. Análisis de varianza de la remoción de cromo total (%) en el tratamiento 1 durante las 7 semanas..... | 55 |
| Tabla 14. Análisis de varianza de cromo total (%) del segundo tratamiento evaluados durante 7 semanas. | 56 |
| Tabla 15. Resultados de los valores de biomasa final..... | 57 |
| Tabla 16. Resultados de los valores finales de pH..... | 58 |
| Tabla 17. Valores promedio de la variación de la biomasa algal (g) y el pH durante las 7 semanas. | 60 |
| Tabla 18. Resultados de los valores finales de nitrógeno total..... | 61 |
| Tabla 19. Registro semanal promedio de las concentraciones de nitrógeno total (mg/L) con la desviación estándar del tratamiento 1 y tratamiento 2. | 63 |
| Tabla 20. Análisis de la varianza de la variación nitrógeno total (mg/L) del tratamiento 1 según la disminución entre semanas. | 63 |
| Tabla 21. Análisis de la varianza de la variación nitrógeno total (mg/L) del tratamiento 2 según la disminución entre semanas. | 64 |
| Tabla 22. Resultados de los valores finales de fósforo total..... | 65 |

| | |
|--|----|
| Tabla 23. Registro semanal promedio de las concentraciones de fósforo total (mg/L) con la respectiva desviación estándar tanto del tratamiento de control, tratamiento 1 como del tratamiento 2..... | 67 |
| Tabla 24. Análisis de varianza de fósforo total en el tratamiento 1 en base a la disminución entre semanas. | 67 |
| Tabla 25. Análisis de varianza de fósforo total en el tratamiento 2 en base a la disminución entre semanas. | 68 |
| Tabla 26. Valores promedio del ratio NT/PT durante las semanas en el tratamiento 1 y tratamiento 2..... | 70 |
| Tabla 27. Análisis de la varianza del ratio NT/PT del tratamiento 1 según la variación entre las semanas. | 70 |
| Tabla 28. Análisis de la varianza del ratio NT/PT del tratamiento 2 según la variación entre las semanas. | 71 |
| Tabla 29. Comparación de los resultados iniciales del control con los LMP..... | 72 |
| Tabla 30. Resultados de ANOVA para cromo total. | 73 |
| Tabla 31. Resultados de Duncan para cromo total. | 74 |
| Tabla 32. Resultados de ANOVA para la relación inóculo - cantidad de cromo total extraído..... | 76 |
| Tabla 33. Resultados de Duncan para la relación inóculo inicial - cromo total. | 77 |
| Tabla 34. Resultados de ANOVA para la relación pH - cromo total extraído..... | 79 |
| Tabla 35. Resultados de Duncan para pH. | 79 |
| Tabla 36. Resultados de ANOVA para la variación de la masa algal. | 81 |
| Tabla 37. Resultados de ANOVA para la relación inóculo - reducción de nitrógeno total. | 82 |
| Tabla 38. Resultados de ANOVA para la relación inóculo - reducción de fósforo total..... | 83 |
| Tabla 39. Resultados de Duncan para relación inóculo - nitrógeno total..... | 83 |
| Tabla 40. Resultados de Duncan para relación inóculo - fósforo total..... | 84 |
| Tabla 41. Resultados de contrastación. | 86 |

RESUMEN

En la presente investigación se estudió el alga *Rhizoclonium sp.* (clorofita filamentosa) como biosorbente natural para tratar los efluentes de curtiembre del distrito de San Pedro de Saño, los cuales contienen una alta concentración de cromo total. Para el tratamiento control se consideraron 3 litros de agua contaminada (1 litro por repetición), para el tratamiento 1 se consideraron 3 litros de agua contaminada (1 litro por repetición), al cual se adicionó 58,3 g de biomasa algal (para cada repetición) y para el tratamiento 2 se consideraron 3 litros de agua contaminada al cual se adicionó 29,15 g de biomasa algal (para cada repetición), para evaluar la remoción de cromo total cada 7 días por un periodo de 56 días, así como la variación de los parámetros: pH, nitrógeno total (NT), fósforo total (PT), con ello el ratio NT/PT y la biomasa algal.

El tratamiento 1, donde se aplicó 58,3 g de clorofitas filamentosas, fue el más eficiente. Este generó un alto valor porcentual de remoción de 60,79 % para cromo total y reducción de NT y PT valores que fueron de 55 % y 65,9 % respectivamente. En cuanto al valor del ratio NT/PT que se obtuvo, varió de 7,58 a 1,3; para el caso de la biomasa algal se evidenció un incremento significativo de 51,3. De igual manera, se determinó que el pH tiene una fuerte influencia en relación con el porcentaje de remoción. En conclusión, se puede afirmar que las clorofitas filamentosas son efectivas en la biorremediación de aguas contaminadas con cromo total.

Palabras clave: clorofita filamentosa, *Rhizoclonium sp.*, alga filamentosa, biorremediación, biosorción, adsorción, cromo total, pH, nitrógeno total, fósforo total.

ABSTRACT

In the present investigation, the *Rhizoclonium sp.* (filamentous chlorophyta) as a natural biosorbent for the treatment of effluents from tanneries in the district of San Pedro de Saño, which contain a high concentration of total chromium. For the control treatment, 3 liters of contaminated water were considered (1 liter per repetition), for treatment 1, 3 liters of contaminated water (1 liter per repetition) were considered, to which 58.3 g of biomass of algae was added. (for each repetition) and for treatment 2, 3 liters of contaminated water were considered, to which 29.15 g of algal biomass was added (for each repetition), to evaluate the removal of total chromium every 7 days for a period of 56 days, as well as the variation of the parameters: pH, total nitrogen (NT), total phosphorus (PT), with it the NT/PT ratio and the algal biomass.

Treatment 1, where 58.3 g of filamentous chlorophytes was applied, was the most efficient. This generated a high percentage removal value of 60.79 % for total chromium and reduction of NT and PT values that were 55 % and 65.9 %, respectively. Regarding the value of the NT/PT ratio obtained, it ranged from 7.58 to 1.3; in the case of algal biomass, a significant increase of 51.3 was evidenced. Similarly, it was determined that the pH has a strong influence in relation to the removal percentage. In conclusion, it can be affirmed that filamentous chlorophytes are effective in the bioremediation of water contaminated with total chromium.

Keywords: filamentous chlorophyta, *Rhizoclonium sp.*, filamentous algae, bioremediation, biosorption, adsorption, total chromium, pH, total nitrogen, total phosphorus.

INTRODUCCIÓN

Por el paso de los años, hubo una gran creciente industrialización y desarrollo tanto científico y tecnológico, que son claves para el desarrollo de naciones, los cuales operaron sin ningún control por muchos años, ni mucho menos con conciencia ambiental, llegando a generar diferentes cargas de contaminantes, las mismas que han llegado a impactar en la salud del planeta y por ende la de sus habitantes.

La contaminación de los cuerpos de agua superficiales causada por metales pesados es uno de los aspectos más preocupantes, puesto que estos elementos no son biodegradables y llegan a acumularse en los tejidos vivos. Los estudios que se realizaron sobre aguas residuales, llegan a confirmar que este tipo de contaminación tiene por lo general un origen químico; éstos provienen de las actividades industriales y residuos domésticos, los cuales no se deberían verter a ecosistemas acuáticos por la salud pública, sin embargo, a pesar de las precauciones, normativas y ordenanzas ambientales que se dieron en los últimos años, todavía no se logra que las actividades humanas lleguen a coexistir en armonía con el medio ambiente, por el contrario, estos ambientes naturales reciben un muy creciente aporte de efluentes de todo tipo de industrias que están deteriorando cuerpos de agua llegándolos a hacer incompatibles con la vida.

La industria de la curtiembre es una de las más contaminantes esto por el proceso de curtido con Cromo que es el más usado hoy en día y, para este proceso se requiere una cantidad considerable de agua, la gran mayoría de las fábricas se encuentran alrededor de las fuentes de agua como las riberas. Esta es una de las principales razones por las que esta industria tiene un alto impacto en la calidad de las aguas aledañas y en la cantidad disponible para los habitantes del lugar.

Las comunidades algales por lo general responden a la mayoría de los impactos de origen antropogénico, tales como el exceso de nutrientes y presencia de sustancias tóxicas, llegando así a ser uno de los principales organismos biológicos que sirven para el tratamiento de aguas contaminadas con distintos metales pesados. En cuanto a *Rhizoclonium sp.* (clorofita filamentosa), que pertenecen al grupo de las algas filamentosas, llegan a ser importantes organismos biorremediadores naturales, además de tener una gran capacidad para soportar contaminantes de un medio acuático y a su vez mostrar una alta tasa de crecimiento de su biomasa algal.

El objetivo de la presente investigación es evaluar la eficiencia de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en la biosorción de cromo total presente en los efluentes de curtiembres ubicados en el distrito de San Pedro de Saño. Así como, los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Identificar la relación de la cantidad de inóculo inicial aplicado de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) con la cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.
- Evaluar la variación del pH durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).
- Evaluar la variación de la biomasa de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.
- Evaluar la variación de la concentración de fósforo total y nitrógeno total en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño durante la biosorción de cromo total con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).

Los autores.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

El curtido es el proceso por el cual se transforma la piel de diversos animales en cuero, una materia prima flexible y resistente al ataque bacteriano; en dicha idea, la curtiduría es considerada una de las industrias transformativas más antiguas y contaminantes del mundo, que, si bien llega a generar una gran cantidad de puestos de trabajo, suele descuidar los aspectos ambientales en sus operaciones y procesos. Durante su proceso de transformación, se hace uso de abundante agua y productos químicos tales como solventes, ácidos entre otros y debe estar en contacto entre una y dos semanas sin embargo si se realiza con cromo (Cr) disminuye el tiempo de 6 a 8 horas (1).

Los procesos de curtido pueden crear problemas para el medio ambiente de varias maneras. En primer lugar, se produce una gran cantidad de residuos sólidos. Como promedio, el curtido de cada tonelada de cueros produce alrededor de 190 kg de recortes y restos de los cueros durante la preparación para el curtido, 215 kg de recortes y raspaduras de los cueros curtidos y 34 kg de recortes y polvo de los cueros curtidos, acabados y teñidos, aunque la mayor parte de este material se puede utilizar de distintas maneras. En segundo lugar, el curtido produce un volumen

elevado de efluentes contaminados con sustancias tóxicas como aluminio, sulfuro de cromo y soda cáustica. Por último, el curtido de una tonelada de cueros requiere alrededor de 50 m³ de agua, que al final del proceso contiene diversas sustancias contaminantes. Si no se tratan estos residuos sólidos y líquidos antes de su vertido, generan una contaminación considerable (2).

La descarga de desechos de las curtidurías contamina el aire, el suelo y el agua, causando graves problemas de salud. Se ha visto que la exposición a un ambiente tan contaminado culmina en una variedad de procesos patológicos como asma, dermatitis, trastornos hepáticos y neurológicos, y diversas malignidades en los empleados en la industria del cuero, así como sus efectos en la población aledaña de 3 ciudades principales (Kasur, Karachi y Sialkot) de Pakistán (3).

La producción de cueros en el Perú utiliza métodos tradicionales que consume en promedio sólo entre el 60 al 80 % del cromo (uno de los componentes de mayor utilización por esta industria) utilizado en el proceso de curtido (4), generando aguas residuales con altas concentraciones de cromo; el vertimiento de estos compuestos es altamente perjudicial en suelos y aguas, y se ha incrementado en forma paralela al desarrollo industrial. La contaminación causada por estos metales en aguas superficiales, vienen siendo un problema muy grave puesto que no es biodegradable y tiene múltiples efectos nocivos que no solo afectan a la flora y a la fauna, sino que también al hombre.

Estos residuos han sido parametrizados por diferentes entidades ambientales, estableciendo lo que se conoce como Límites Máximos Permisibles (LMP) para el rubro industrial para evitar la contaminación de las aguas naturales; estos LMP han sido modificados en diversas ocasiones, estableciéndose los más recientes en el Decreto Supremo N° 003-2002-PRODUCE (5).

Tabla 1. *Límites Máximos Permisibles de parámetros contaminantes de la industria curtiembre.*

| Parámetros | Límites Máximos Permisibles de efluentes para aguas superficiales |
|------------------------------------|--|
| pH | 5,0 - 8,5 |
| Temperatura (°C) | 35 |
| Solidos Suspendidos Totales (mg/L) | 50 |
| Aceites y grasas (mg/L) | 25 |
| DBO ₅ (mg/L) | 50 |
| DQO (mg/L) | 250 |
| Sulfuros (mg/L) | 1 |
| Cromo VI (mg/L) | 0,3 |
| Cromo total (mg/L) | 2,5 |
| N-NH ₄ (mg/L) | 20 |

Fuente: D.S. N° 003-2002-PRODUCE (5).

La actividad de curtiduría en el distrito de San Pedro de Saño representa el 20 % de sus principales actividades económicas; este distrito es uno de los más representativos de la industria de curtiembre a nivel regional (Junín). Esta actividad produce efluentes que representan un problema ambiental; en el Perú, por norma la denominamos efluente líquido de actividades industriales de curtiembre, siendo el cromo (Cr) uno de los elementos más problemáticos. Usualmente las sales de curtido de cromo (III) son producidas a partir de sales de cromo (VI), y es común que los insumos de curtido todavía contengan mínimas cantidades de cromo (VI) que hace que las virutas o restos de cuero que son descartados, así como los efluentes, puedan contener concentraciones pequeñas de cromo (VI) en adición a las grandes concentraciones del componente primario de cromo (III) (6).

El cromo (III) puede causar dermatitis y daños hepáticos y renales ante una exposición crónica, aunque no hay suficiente evidencia para pensar que la

exposición a compuestos de cromo (III) tenga consecuencias cancerígenas. La principal ruta de exposición es por la inhalación, ingestión y por contacto con la piel o mucosas. Por otro lado, el cromo (VI) ha sido catalogado como un agente cancerígeno, según la NIOSH, capaz de causar cáncer de pulmón y nasal (7).

Frente a esta problemática, se viene dando una variedad de alternativas para extraer niveles considerables de cromo de los sistemas acuosos, teniendo como una de ellas es la biosorción con distintos materiales orgánicos; en el presente trabajo se utiliza las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas), esto por su fácil acceso, rápida proliferación y su alta adaptabilidad, pretendiendo así minimizar la incidencia de esta industria en el ambiente y de los efectos que pudiera ocasionar también en el hombre.

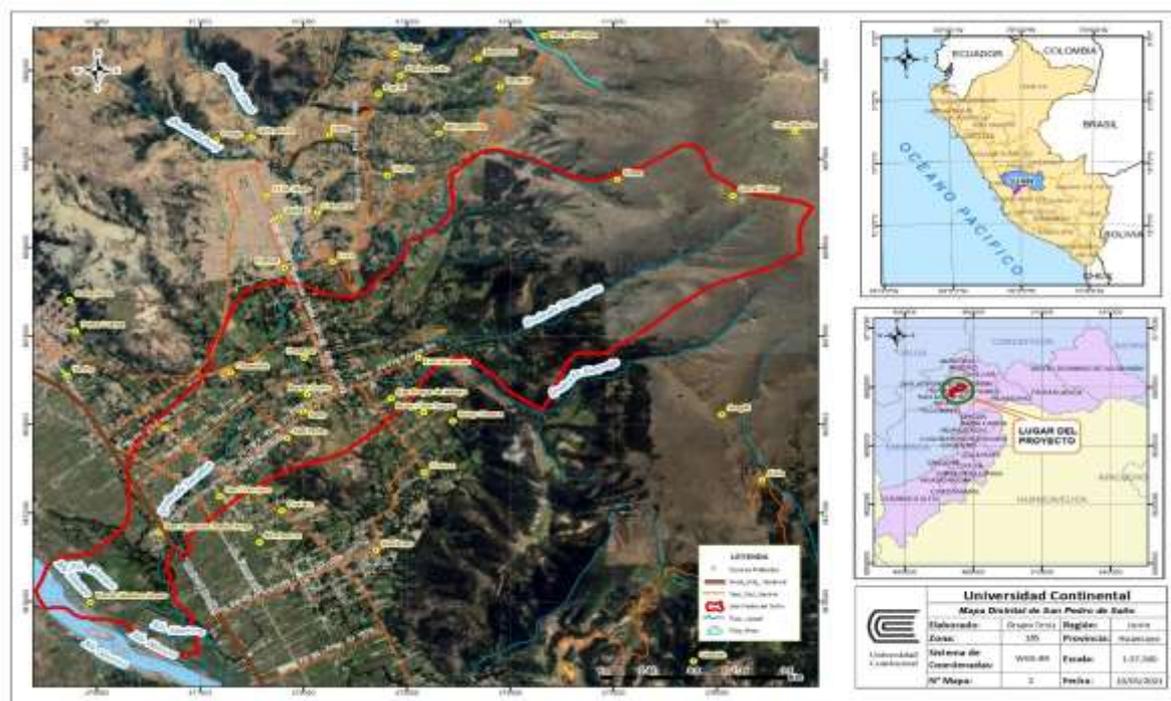


Figura 1. Mapa distrital de San Pedro de Saño con Centros Poblados.

Fuente: elaboración propia.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en la biosorción de cromo total presente en los efluentes de curtiembres ubicados en el distrito de San Pedro de Saño?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la relación de la cantidad de inóculo inicial aplicado de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) con la cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño?
- ¿Cómo varía el pH durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño con *Rhizoclonium sp.* (Clorofitas Filamentosas)?
- ¿Cómo varía la biomasa de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño?
- ¿Cómo varía la concentración de fósforo total y nitrógeno total en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño en la biosorción de cromo total con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas)?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Evaluar la eficiencia de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en la biosorción de cromo total presente en los efluentes de curtiembres ubicados en el distrito de San Pedro de Saño.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar la relación de la cantidad de inóculo inicial aplicado de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) con la cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.
- Evaluar la variación del pH durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).
- Evaluar la variación de la biomasa de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.
- Evaluar la variación de la concentración de fósforo total y nitrógeno total en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño durante la biosorción de cromo total con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación económica

El agua no es solo importante para el consumo humano directo. Un conjunto impresionante de actividades depende del agua, empezando por la agricultura, que hace el uso más extensivo del recurso. También se utiliza el agua en la acuicultura, en la generación de energía, en la minería, en las diversas industrias urbanas, para servicios recreacionales, entre otros considerando una gama muy amplia de actividades socioeconómicas y recreativas.

En la mayoría de las ocasiones, la inversión necesaria para depurar los cuerpos de agua supera al costo del impacto generado por los efluentes industriales, un claro ejemplo, las fuentes de agua están cada vez más contaminadas y requieren de procesos de depuración más intensos y por lo tanto más costosos, así como teniendo en cuenta la legislación vigente

del país; actualmente, los procesos biotecnológicos brindan aportes a la comunidad industrial, por brindar alternativas técnicas y económicamente viable y por ser considerada una tecnología "limpia" en la eliminación de metales tóxicos de aguas residuales o de desecho de actividades productivas, en este proyecto utilizaremos algas como biosorbente para la biosorción de cromo, porque son producidas naturalmente en grandes cantidades, yaciendo a las orillas de las playas y siendo consideradas material de desecho, podría interpretarse como el uso de desechos para eliminar desechos (8).

1.3.2. Justificación social (educación y salud)

Las aguas residuales una vez que han sido tratadas deben ser devueltas a la naturaleza vertiéndolas en los ríos, lagos o mares para que continúe su ciclo hidrológico siempre y cuando se encuentren en condiciones adecuadas, de esta forma se evita la alteración de los ecosistemas, se disminuye la contaminación a la biodiversidad y se mitiga el riesgo para la salud pública, ya que el agua contaminada suele ser el origen de múltiples enfermedades, lo cual no solo representa un gran riesgo para las personas sino que también aumenta considerablemente el gasto del estados en salud, ya que la zona se dedica también a la agricultura y ganadería; el agua contaminada altera la cadena trófica llegando así a perjudicar directa e indirectamente la salud pública y no solo de los residentes de la zona, sino que también de zonas aledañas.

1.3.3. Ambiental

Las industrias dedicadas a la curtiduría utilizan distintas sales de Cr en sus distintos procesos, los mismos que generan efluentes líquidos con alto contenido de este metal y entre otros componentes, haciendo que estos efluentes se hagan difíciles de tratar (9) y llegando a generar impactos negativos en las infraestructuras de saneamiento, en la población y en el ambiente en general. Es por ello que debe de ser removido a fin de salvaguardar el ambiente y hacer cumplir la legislación ambiental vigente

en el país, impuesto tanto por el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS) y el Ministerio del Ambiente (MINAM), los cuales regulan los Valores Máximos Admisibles (VMA) y los Límites Máximos Permisibles (LMP) respectivamente.

1.3.4. Justificación teórica

La biosorción se ha aplicado a la eliminación de cromo total de aguas residuales, obteniendo buenos resultados mediante el uso de una variedad de biomásas entre ellas: algas, hongos, levaduras, quitosano, entre otros; el hecho de utilizar microorganismos para retirar o inmovilizar estos iones metálicos de un medio líquido o sólido de manera natural, hace que los procesos biotecnológicos sean considerados como una tecnología cada vez más extendida en el manejo de este tipo de efluentes, de manera no solo económica, sino que también ecológica.

La exploración de este tipo y técnicas abre una gran gama de investigaciones diseñadas para la eliminación de ion cromo de soluciones acuosas y los usos que se puede dar en distintos ámbitos a los distintos organismos vegetales, como es el caso del presente trabajo se plantea el uso de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) de una laguna en Junín para la remoción de cromo.

1.3.5. Justificación tecnológica

Los metales pesados están involucrados directa o indirectamente en muchas actividades humanas, principalmente en los sectores: industriales, agrícolas, mineros y urbanos, a nivel nacional y mundial. El incremento de estas actividades exige la extracción exhaustiva de metales pesados como materia prima, lo que conlleva una elevada presencia de metales, trayendo como consecuencia que los ambientes acuáticos presenten altas concentraciones de estos iones metálicos, afectando los sistemas bióticos terrestres, acuáticos y aéreos debido a su acumulación y biomagnificación a través del tiempo, lo que afecta toda la cadena trófica en un ecosistema

superando ampliamente las concentraciones permitidas para ecosistemas sensibles y excediendo los criterios de calidad de agua.

Generalmente los metales pesados de estas actividades se remueven por medio de procesos fisicoquímicos como: microprecipitación, electrodeposición, ósmosis, adsorción, ultracentrifugación, resinas de intercambio iónico, etc., para tratar los efluentes de la industria de la curtiduría, obteniendo resultados satisfactorios; desafortunadamente, dichos métodos son costosos y no son efectivos a bajas concentraciones de metales pesados en disolución, tornándose altamente costosos y de bajo rendimiento a condiciones reales; por lo expuesto anteriormente, se han buscado alternativas biotecnológicas que permitan su remediación por medio de organismos vivos como bacterias, algas y hongos con el fin de lograr alta eficiencia en la remoción de estos iones metálicos (> 99 %) y bajos costos (10), además es una gran opción para evitar las deficiencias de los tratamientos ya conocidos a profundidad, el uso de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) para la extracción de metales pesados de los efluentes y cuerpos de agua es un método no solo eficiente, sino que también amigable con el medio ambiente.

1.4. Hipótesis y variables

1.4.1. Hipótesis general

- H_0 : las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) no tienen efecto significativo en la remoción de cromo total en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.
- H_a : las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) tienen efecto significativo en la remoción de cromo total en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.

1.4.2. Hipótesis específicas

- La cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño tiene relación directa con la cantidad de inóculo inicial aplicado de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).
- La variación del pH influye en la cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).
- La biomasa de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) varía significativamente durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.
- La variación de la concentración de fósforo total y nitrógeno total influye en la cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes internacionales

En el artículo titulado “Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo”, se expone que los diversos compuestos de cromo (Cr) representan una gran amenaza al ambiente y al hombre debido a sus efectos nocivos; las intoxicaciones en el ser humano suelen manifestarse en lesiones renales, gastrointestinales, hepáticas, de la glándula tiroides y la médula ósea, y adicional a todo esto, la velocidad corporal de eliminación es muy lenta. Se describe que las industrias de curtiduría utilizan sales de Cr en sus procesos, que generan cantidades de efluentes líquidos con alto contenido de este metal, el cual debe ser removido a fin de cumplir con la legislación ambiental; también presenta una descripción de algunas técnicas de remoción como la electrolítica o electrodeposición, el intercambio iónico, la precipitación y los sistemas biológicos. Cada una de ellas ofrece una solución práctica y viable en términos económicos, ambientales y de mejoramiento continuo de los procesos (11).

En el artículo titulado “Efecto de la salinidad en la capacidad de bioacumulación de plomo en el alga verde *Rhizoclonium riparium* (roth) harvey (chlorophyceae, cladophorales)”, se evaluó la capacidad de

bioacumulación de plomo (Pb) con el alga *Rhizoclonium riparium* en condiciones ambientadas en laboratorio, para lo cual especímenes de este alga fueron expuestos a concentraciones de 0,1; 1,0; 10 y 15 $\mu\text{g/ml}$ de plomo por periodos de 2, 12, 24 y 144 horas a diferentes concentraciones de salinidad (0, 5, 15, 30 y 60 %; las concentraciones del metal fueron determinados por espectrofotometría de absorción atómica). Las mayores tasas de acumulación del metal fueron encontradas a una salinidad de 15 %, las concentraciones de metal en el alga mostraron un patrón lineal que incrementó con la exposición. Los resultados finales permiten concluir que la capacidad de acumulación de plomo en esta especie está influenciada por la salinidad del agua de mar y es función de la concentración de metal en el medio y del tiempo de exposición, registrando su mayor capacidad de acumulación entre 1 y 1.0 $\mu\text{g/mL}$ (12).

En el artículo titulado “Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosano obtenido de desechos de camarón”, se hizo la síntesis de quitosano a partir del exoesqueleto del camarón (*Litopenaus vanamei*) y su uso como bioadsorbente para remover de iones Cr (III) de las aguas residuales de la industria de curtiembres, comparando los resultados de adsorción del quitosano con una muestra de Cromosal BA y una muestra residual de una industria de curtiembres. El quitosano adsorbió 52 mg Cr (III)/g a un pH de 4,0. Los modelos Langmuir y Freundlich fueron aplicados, observándose que un incremento en la concentración inicial de cromo trae como consecuencia una disminución en el proceso de adsorción, confirmaron una adsorción homogénea y uniforme. La bioadsorción de cromo fue rápida (> 90 % Cr en la solución inicial) en los primeros 40 min (13).

En la tesis titulada “Evaluación del potencial de biosorción de cromo mediante microalgas nativas aisladas del río Tunjuelito en Bogotá D.C. para descontaminación por cromo hexavalente”, se tomaron 6 muestras de efluentes del río Tunjuelito además de musgos que fueron estudiados encontrándose cepas predominantes (*Chlorella sp.* - *Scenedesmus obliquus*) donde se dio su inoculación con el medio de cultivo BG11 con vitamina B12; se realizó el traspaso de 100 mL a recipientes en una temperatura de 23°C y con pH de 6, 7, 10, 12 por 10 días luego se les

inoculó las muestras de efluentes contaminadas con cromo a las muestras añadiendo dicromato de potasio ($K_2Cr_2O_7$) para ver la concentración de cromo hexavalente. Se dio resultados que el pH depende de cada microalga, ya que la microalga *Scenedesmus obliquus* es efectiva a un pH alcalino y alcanzó una remoción del 95 % de cromo III en 30 horas, en cambio la microalga *Chlorella sp.* es eficiente a un pH básico de 6 el cual se dio remoción de 99,8 % en 64 horas (14).

En el artículo titulado “Reducción del cromo contenido en efluentes líquidos de la industria del cuero, mediante un proceso adsorción - desorción con algas marinas”, se utilizó una muestra triturada seca del alga parda *Sargassum sp.* se le agregó un volumen de solución sintética de cromo; el sistema se agitó y se mantuvo en contacto por un tiempo, para permitir el desarrollo del proceso de sorción se tomaron muestras periódicas cada 10 minutos a fin de evaluar la evolución del proceso. Se usaron soluciones sintéticas tanto de Cr (III) como de Cr (VI) y se estudió la sorción de ambos iones por separado y se obtuvo una remoción del 80 % de Cr (III) presente en un efluente líquido utilizando el alga *Sargassum sp.*, según las siguientes condiciones: pH 4, agitación 50 rpm, tamaño de partícula 1,19 mm de diámetro, concentración de la disolución 400 ppm de Cr (III) y relación masa de alga por volumen de disolución del metal de 0,02. Al contacto con una muestra líquida real de curtiembre, se obtuvo una adsorción de Cr (III) de 50,684 %, observándose una disminución en la eficiencia del proceso del 29,316 %. Los experimentos de desorción de Cr (III) a partir de la biomasa cargada con el metal, los porcentajes de remoción varían entre el 55 % y el 61 % (15).

En la tesis titulada “Optimización del proceso de remoción del ion cromo en un medio acuoso utilizando el alga *Codium santamariae*”, se optimizaron los parámetros fisicoquímicos en el proceso de remoción del ion cromo mediante la biomasa *Codium santamariae* en medio acuoso, empleando una técnica no convencional, elaborando soluciones de dicromato de potasio en una concentración inicial de 120 mg/L, agitándolas a una rapidez de 700 rpm, usando como metodología el sistema batch (discontinuo) para el tratamiento del agua residual modificando ciertas variables fisicoquímico (pH, tiempo de contacto, cantidad de biomasa y

temperatura). Se determinó la efectividad de remoción realizando lecturas espectrofotométricas y se aplicaron cálculos para hallar el porcentaje de remoción el cual tuvo un 34,27 % que se alcanzó con una concentración de 211,8 mg/L, con un tiempo de 60 minutos y con una cantidad de biomasa de 1 g, encontrándose mayor remoción a un pH de 9 y a temperatura ambiente (16).

2.1.2. Antecedentes nacionales

En el artículo titulado “Biosorción de metales pesados por algas marinas: posible solución a la contaminación a bajas concentraciones” se menciona que la contaminación por metales pesados constituye uno de los más serios problemas ambientales, además se enfatiza en que la biosorción por medio de biomateriales de desecho como algas marinas, hongos bacterias y levaduras es considerada como una biotecnología muy rentable y de gran aplicación para el tratamiento de grandes volúmenes de aguas residuales conteniendo baja concentración de metales pesados en el orden de 1 a 100 mg/L. Además, se hace mención que entre los biosorbentes estudiados en esta área, las algas marinas destacan por encima de sus análogos por su rentabilidad eficiencia y selectividad de metales pesados. En esta revisión se detallan las propiedades químicas y mecánicas de las algas marinas con elevada afinidad por algunos metales pesados, principalmente los divalentes. Para finalizar, se llega a comparar la biosorción de diferentes metales por algas marinas con las de otros biomateriales al igual que las técnicas de mayor uso en este tipo de técnicas (8).

En la tesis titulada “Efecto biorremediador de las clorofitas filamentosas en el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados provenientes del río Chillón - Callao” se evaluó la aplicación de la biomasa de algas filamentosas en el tratamiento de aguas contaminadas con metales pesados provenientes del río Chillón. La evaluación se realizó durante un periodo de 56 días. La especie de alga filamentosa fueron *Rhizoclonium sp.* cuya biomasa fue aplicada directamente a los efluentes y se evaluó la remoción de plomo cada 7 días; así como, las variaciones del pH,

temperatura, nitrógeno total (NT), fósforo Total (PT), ratio NT/PT y biomasa algal. El alga *Rhizoclonium sp.* generó valores altos de porcentajes de remoción de $91,8 \pm 0,11$ % ($p < 0,01$) para plomo y reducción en NT y PT cuyos valores fueron $98,1 \pm 1,1$ % y $9,9 \pm 0,9$ % respectivamente. La biomasa algal mostró un incremento significativo del orden del $65,98 \pm 1,02$ % ($p < 0,01$). Obtuvieron como resultado que el alga *Rhizoclonium sp.* demostró una alta tolerancia al plomo, con valores de remoción de hasta 91,8 % de este metal en un periodo de 7 semanas, también presentó una capacidad de reducir nitrógeno y fósforo (4).

En la tesis titulada “Adsorción de cobre, hierro y mercurio empleando *Chondracanthus chamissoi*” se evaluó la adsorción de cobre, hierro y mercurio en solución con concentraciones de 100, 300 y 500 ppm en el alga *Chondracanthus chamissoi* o comúnmente llamado “cochayuyo” durante tiempos de agitación de 2, 4 y 6 horas, siguiendo el diseño factorial múltiple y de acuerdo al análisis de varianza de los datos obtenidos como resultados, la variable más significativa fue el tiempo de agitación que correspondió a una cinética de primer orden de adsorción de metales en solución en el alga. Los metales antes mencionados disueltos en el mismo volumen de solución se adsorbieron en mayor cantidad cuando el peso del alga fue menor, comparado con la menor cantidad adsorbida para un peso mayor de alga. No se evidenció mucha diferencia entre el comportamiento de velocidad de adsorción por el alga a las mismas condiciones de pruebas, siendo primero hierro, luego muy cerca cobre y posteriormente mercurio. La variable menos significativa fue la concentración de las soluciones de prueba. En base a estos resultados, que llegaron a mostrar la factibilidad de adsorción de metales presentes en una solución sobre la superficie del alga, se pueden emplear biofiltros con *Chondracanthus chamissoi* para el tratamiento de efluentes de actividades mineras artesanales o de otro tipo que generen residuos líquidos con presencia de metales pesados y se diseñará el equipo adecuado para el tratamiento de efluentes que contengan estos metales disueltos, empleando el alga antes mencionado como biosorbente (17).

En la tesis titulada “Evaluación de la remoción de arsénico utilizando la microalga *Chlorella vulagris* en aguas superficiales del río Uchusuma -

Tacna - Perú" se evaluó la remoción de arsénico utilizando la microalga *Chlorella vulgaris* en aguas superficiales del río Uchusuma en Tacna, utilizando una serie de tratamientos en matraces de 500 mL con cultivos de 5 mL de microalga y con concentraciones de arsénico de 20, 40, 60, 80 y 100 % respectivamente, los mismos que complementaron la composición con el nutriente (Bayfoland). En los resultados, se pudo observar que la microalga *Chlorella vulgaris* presentó una tolerancia, alta tasa, rapidez de crecimiento y absorción del metaloide a la exposición continua y en distintas concentraciones de arsénico, además que el crecimiento celular se triplicó en el día 7 y 8 favorecido por los nutrientes añadidos y por los componentes inorgánicos presentes en el agua; asimismo, no se observaron diferencias estadísticas significativas entre los 5 tratamientos teniendo un porcentaje de remoción superior al 60 % (18).

En la tesis titulada "Eficiencia de bioacumulación de plomo por *Spyrogira sp.* a escala de laboratorio en la Universidad Nacional Agraria la Selva" se evaluó la eficiencia de bioacumulación de plomo (Pb) por el alga *Spyrogira sp.*; estos especímenes fueron expuestos a diferentes concentraciones de 50, 100, 150 y 250 mg/L de plomo por un periodo de 24 horas. Las concentraciones finales del metal fueron determinadas por espectrofotometría de absorción atómica. Las mayores tasas de acumulación del metal fueron encontradas a una concentración inicial de 150 mg/L, la acumulación de plomo en el alga mostró un patrón lineal que incremento con la exposición a la concentración y al tiempo. Los resultados encontrados permitieron concluir que algas del generó *Spyogira sp.* poseen eficiente capacidad de acumulación de plomo, la que se encuentra en función de la concentración inicial de metal en el medio, registrando su mayor capacidad de acumulación y eficiencia a una concentración de 99,10 mg y tiempo de contacto de 12 horas, siendo 150 ppm (105 mg) la dosis inicial aplicada, logrando un 94,38 % de eficiencia de bioacumulación. Pudiéndose afirmar que el generó *Spirogyra sp.* puede ser utilizado como acumulador en el tratamiento de aguas residuales (19).

2.1.3. Antecedentes locales

En la tesis titulada “Estudio de la biosorción de Cd (ii) y Pb (ii) usando como adsorbente el nostoc (*Nostoc sp.*)” se evaluó la capacidad de biosorción de *Nostoc sphaericum* Vaucher en un sistema batch. Las condiciones fueron: 40 y 240 ppm de metal, pH de 2 a 5; 0,13 g de Nostoc seco por 50 mL de solución, a 25°C y en agitación. Se uso espectroscopia de absorción atómica. El modelo de isoterma de Langmuir se ajustó para Pb (II) ($R^2 = 99,97\%$ y $p > 0,00$), tuvo q_{max} de 185.83 mg/g de Nostoc y K_d de 0,095 L/g, más ningún modelo estudiado explico los datos de Cd (II). Se demostró que el pH es directamente proporcional a la cantidad biosorbida de Pb (II), siendo máxima a pH 5 ($q = 37,43$ mg Cd/g de Nostoc) a pH mayores a 3 la biosorción no mostro un comportamiento definido. El modelo de pseudo segundo orden fue el que mejor describió la cinética de biosorción de Cd (II) y Pb (II) ($R^2 = 98,38\%$ y $99,99\%$ respectivamente, y $p < 0,005$) en un rango de 20 a 80 min. El tamizaje fitoquímico revelo la presencia de saponinas, azúcares reductores y aminoácidos (20).

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Clorofitas filamentosas

Las clorofitas filamentosas son un tipo de las muchas algas verdes que incluye un aproximado de 28 200 especies de organismos eucariotas que en su mayoría son acuáticos y fotosintéticos. Absolutamente, todos los grupos de las clorofitas contienen clorofilas a y b, además de almacenar sustancias de reserva como almidón en sus plastos. La tipología contiene tanto especies unicelulares como pluricelulares. En cuanto a la reproducción, la sexual esta también presente y es de tipo oogamia o isogamia. No obstante, algunas especies pueden producirse asexualmente mediante la conocida división celular o la formación de esporas. Sus ciclos de vida se diferencian mucho entre especies, siendo el más frecuente el que comprende una fase haploide y otra diploide, donde las dos fases pueden ser iguales o diferentes. Se dividen en tres grupos de acuerdo con su organización celular: algas sifonales, algas de colonias móviles y algas no móviles y filamentosas (21).

Tabla 2. Clasificación taxonómica de las clorofitas filamentosas.

| CARACTERÍSTICA | DESCRIPCIÓN |
|----------------|---------------|
| Reino | Plantae |
| Subreino | Viridiplantae |
| División | Chlorophyta |

Fuente: Cubas (22).

Esquema del ciclo biológico de las clorofitas filamentosas:

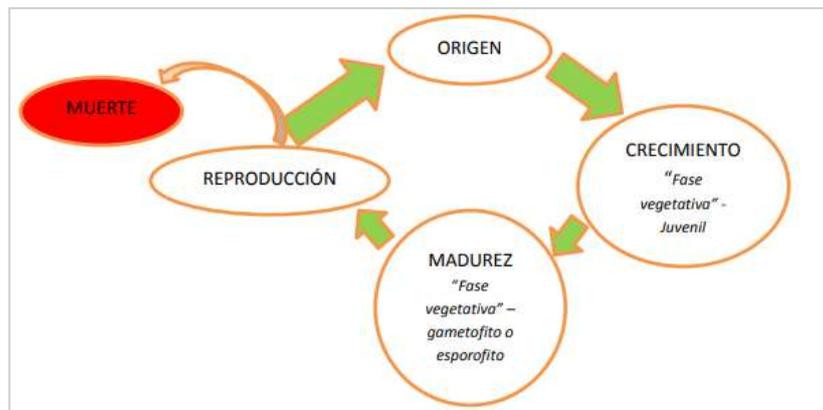


Figura 2. Ciclo biológico de la clorofita filamentosas.

Fuente: Pérez (4).

Esquema del ciclo reproductivo de las clorofitas filamentosas:



Figura 3. Ciclo reproductivo de la clorofita filamentosas.

Fuente: Pérez (4).

Dentro de las órdenes de las clorofitas, Bourrelly consideró los siguientes:

- Volvocales: pueden ser unicelulares o coloniales móviles.
- Tetrasporales: pueden ser unicelulares o coloniales además de ser inmóviles con vacuolas contráctil.
- Chlorococcales: suelen ser unicelulares o coloniales inmóviles.
- Ulothricales: son filamentosas no ramificadas.
- Ulvales: presentan talo foliáceo o tubular.
- Chaetophorales: son las llamadas filamentosas ramificadas.
- Trentepohliales: son lo que poseen hematocromos, y sin almidón.
- Oedogoniales: son las que presentan filamentos con anillos de crecimiento.
- Siphonocladales: estas presentan un talo filamentoso y un plasto reticulado.
- Siphonales: tienen talo globoso y son plurinucleadas.
- Zygnematales: son unicelulares o también llamadas filamentosas simples.
- Charales: son de gran talla y muy diferenciadas.

Bourrelly a la vez, hizo una clasificación de las clorofitas de la siguiente manera:

- a. Euklorophyceae: estas se pueden presentar como solitarias o coloniales no filamentosas, y con ordenes volvocales, tetrasporales y chlorococcales.
- b. Ulothricophyceae: aquí se agrupa todas las formas filamentosas de los siguientes ordenes:
 - Ulothricales: estas son de forma filamentosa no ramificada.
 - Ulvales: estas presentan talo foliáceo o tubular.
 - Chaetophorales: estas presentan una forma filamentosa ramificada o en talo constituido por paquetes de células.
 - Trentepohliales: esta presenta una forma filamentosa o en disco, rica en hematocromos rojo-naranja y sin almidón.

- Oedogoniales: estas presentan formas filamentosas con un anillo de crecimiento.
 - Sphaeropleales: estas presentan formas filamentosas no ramificadas y tienen un cloroplasto anillado.
 - Sophonocladales: estas presentan formas filamentosas con un plasto reticulado.
 - Siphonales: estas presentan un talo globoso y son plurinucleadas.
 - Doctotomosiphonales: estas presentan unas formas filamentosas ramificadas.
- c. Zygothryceae: estas son filamentosas o unicelulares y son exclusivas de agua dulce con un tipo de orden Zygnematales.

Hay que enfatizar que las clorofitas con son las algas más abundantes en todo el mundo y su importancia parte de sus características biológicas puesto que tienen la capacidad de soportar contaminantes presentes en un medio acuático adema de tener un rápido crecimiento en su biomasa.

2.2.2. Biorremediación

Dentro de la tan amplia gama de tecnologías con el potencial de llegar a la meta de la sostenibilidad, la biorremediación es entendida como la aplicación de microorganismos, hongos, plantas o las enzimas derivadas de estos para absorber, degradar o transformar los contaminantes y retirarlos, inactivarlos o atenuar sus efectos y poder llegar a una restauración del ambiente en un sitio dado (23).

El término biorremediación fue incorporado a principios de los años 80. Se pudo observar que era posible aplicar estrategias de remediación que fuesen biológicas, basadas en la capacidad de distintos organismos microscópicos de realizar diferentes procesos degradativos. La biorremediación surge como una rama de la biotecnología que busca resolver los problemas de contaminación mediante el diseño, adaptación y/o manipulación de microorganismos capaces de degradar distintos compuestos que provocan desequilibrios en el ambiente.

La perspectiva para la aplicación de métodos biotecnológicos es muy amplia, tanto que puede considerarse como objeto cada uno de los estados de la materia:

- Sólido: con unas amplias formas de aplicación sobre medios contaminados como suelos, sedimentos o dicho directamente lodos residuos, entre otros.
- Líquido: aplicaciones como en las aguas superficiales, subterráneas y residuales de distinta índole.
- Gases: aplicación en las emisiones industriales, los mismos que podrían ser productos derivados del tratamiento de agua o suelo.

La aplicabilidad de los métodos biotecnológicos también se puede describir en función de los contaminantes con los que se valla a trabajar, como:

- Hidrocarburos alifáticos, aromáticos, BTEX, PAHs.
- Hidrocarburos clorados (PCBs, TCE, PCE, pesticidas, herbicidas).
- Compuestos nitroaromatics (TNT y otros).
- Metales pesados: estos, como podremos comprobar, no se metabolizan por los microorganismos de manera apreciable, pero pueden ser inmovilizados o precipitados).
- Otros contaminantes: tales como compuestos organofosforados, cianuro, fenoles, etc.

Respecto de las ventajas con relación a otras tecnologías, la biorremediación posee una amplia aplicabilidad en cuanto a compuestos orgánicos además de poder ser integrada con otras tecnologías en cadena, llegado a favorecer, intensificar o mejorar el tratamiento de los residuos mezclados y complejos (23):

- En tanto los tratamientos físicos y gran parte de los químicos se basan en transferir la contaminación entre medios gaseosos, sólidos y líquido, en la biorremediación se transfiere poca o nula contaminación de un medio a otro, según sea el grado de tecnología que se use en este último.
- Otra ventaja que supone la biorremediación frente a los procesos tradicionales es que se evidencia el uso de materiales renovables (subproductos y residuos) que ha viene impulsando la biorremediación

de distintos medios contaminados, para dar una visión más amplia tenemos: las semillas de girasol, maní, arroz y pipas; tallos y derivados del algodón, etc.

La biorremediación presenta también sus limitaciones y desventajas, como ejemplo: algunos productos químicos, compuestos altamente clorados y metales pesados, no son nada fácil ni susceptibles a la degradación biológica y la estabilización, además el tiempo que se requiere para un tratamiento adecuado suele ser difícil de predecir y el seguimiento y control de la velocidad y/o extensión de los procesos es muy laborioso.

La aplicabilidad de la biorremediación depende de diversos factores:

- Biodegradabilidad: por lo general, los hidrocarburos alifáticos se degradan de manera rápida. Las estructuras más ramificadas son las más difíciles a la hora de degradar que las de cadenas lineales, al producir impedimentos estéricos. Las cadenas que ramificadas de sulfonatos de alquilo o arilo con frecuencia se degradan a mayor lentitud. Los dobles enlaces hacen a las moléculas más resistente de igual manera que un incremento del número de anillos bencénicos. Las sustituciones químicas (ácido dicarboxílicos, nitrilos, metilaciones, halogenaciones) también hacen que las moléculas sean más resistentes. Por otro lado, la biodegradación de compuestos que contienen nitrógeno y azufre está estrechamente ligada a su utilización como nutriente.
- Presencia de adecuadas comunidades microbianas cuya capacidad enzimática pueda metabolizar el compuesto: los microorganismos pueden ser autóctonos (atenuación o biorremediación intrínseca) o pueden ser añadidos al sistema para mejorar la degradación y/o bioaumentación,
- Disponibilidad del contaminante: a menudo el factor más crítico, incluso más que la propia presencia de las comunidades microbianas. Para que la biodegradación del contaminante pueda producirse, es necesario que tenga interacción con la célula en un medio acuoso. Inicialmente se hará en la parte exterior de la pared para luego ser transportado al interior de esta. La manera más común de transporte en la complejación con enzimas extracelulares hechos por los

microorganismos. Muchos contaminantes orgánicos, como los derivados del petróleo, PCBs, hidrocarburos aromáticos policíclicos (naftaleno, fluoreno, pireno), solventes halogenados, etc., son hidrofóbicos y tienden a adsorberse en el suelo, concretamente en la fracción orgánica (ácidos húmicos, fúlvicos y humina) (4).

- Condiciones del medio contaminado: son las propiedades que permiten o limitan el crecimiento de las comunidades microbianas y el metabolismo del compuesto. A veces es necesario modificar las condiciones como cantidad de nutrientes aireación, o algún tipo de bioestimulación.

2.2.3. Metal pesado

El término se refiere a cualesquiera elementos químico metálico que posea una relativa alta densidad y sea toxico y/o venenoso incluso en concentraciones muy bajas. Claros ejemplos de metales pesados o metaloides incluyen el mercurio (Hg), arsénico (As), cadmio (Cd) cromo (Cr), plomo (Pb) y talio (Tl) entre algunos otros. Junto a ellos existen otros elementos que, a pesar de ser metales ligeros o no metales, suelen ser englobados con ellos por sus orígenes y comportamientos asociados; para el caso tenemos al As, B, Ba y Se (24).

Los metales pesados se clasifican en dos grupos:

- Los oligoelementos: conocidos también como micronutrientes que son necesarios en pequeñas cantidades para los organismos, pero una vez pasado cierto umbral llegan a ser tóxicos, estos incluyen al As, Co, B, Cu, Cr, Mo, Mn, Ni, Se y Zn.
- Con función biológica desconocida: estos son altamente tóxicos, e incluyen Ba, Cd, Hg, Pb, Sd, Bi.

Son considerados entre los metales pesados los elementos como el plomo, cadmio, cromo, mercurio, zinc cobre, plata, entre otros a los que constituyen un grupo de gran importancia, ya que algunos de ellos son esenciales para las células, pero en altas concentraciones llegan a ser

tóxicos para los seres vivos, animales y vegetales, los riesgos incluyen también al hombre (24).

2.2.3.1. Cromo

Elemento químico Cr con un número atómico de 24 y de peso atómico 51,996 es un metal de color blanco plateado, como todos los metales de transición, puede existir en numerosos estados de oxidación. Las especies más estables y frecuentes de este metal son el cromo trivalente y el cromo hexavalente, los cuales presentan propiedades químicas diferentes. Por su parte, el cromo (VI) es considerado como la especie más tóxica y carcinógena, en contraste el cromo (III), bajo la forma de óxido, hidróxido o sulfato, que presenta menor movilidad y existe principalmente unido a la materia orgánica en ambientes acuáticos y suelos. El cromo VI es un agente oxidante fuerte y, en presencia de la materia orgánica, es reducido a cromo III, pero niveles elevados de cromo VI pueden superar la capacidad reductora del ambiente y persistir como contaminantes.

2.2.3.2. Fuentes de cromo

Con el desarrollo y crecimiento de las actividades industriales, las fuentes de contaminación del medio por cromo y otros metales ha aumentado considerablemente. Las principales actividades que involucran la contaminación con este metal son la minería y la industria. En la industria, el cromo se utiliza principalmente en el revestimiento de metales (luego del proceso, llamados metales cromados) con fines estéticos, decoración y cambios de color de distintos materiales. Además es un importante agente en los procesos de curtido de pieles y tratamiento de maderas (25).

Las industrias que representan mayor riesgo por la presencia de cromo, según su rama o tipo, son las de cemento, colorante, construcción, curtidurías, metalurgia, pinturas anticorrosivas y material fotográfico.

Por otro lado, los principales compuestos que tienen interés por su valencia en el ambiente son los trivalentes (Cr_2O_3 , $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$) y los hexavalentes (CrO_3 , H_2CrO_4 , $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$).

2.2.4. Mecanismos fisicoquímicos implicados en el proceso de remoción de metales por tratamiento biológicos

El término “biosorción”, a menudo se utiliza para referirse a la captación de metales que se lleva a cabo con una biomasa completa ya sea viva o muerta, a través de mecanismos fisicoquímicos, mismos que se detallan más adelante, cuando se utiliza biomasa viva, los mecanismos metabólicos de captación también pueden contribuir en el proceso.

Este proceso involucra una fase sólida que se denomina sorbente y una fase líquida que se denomina solvente (que es normalmente en el agua) que contiene las especies disueltas que van a ser sorbidas. Debido a la gran afinidad del sorbente por las especies del sorbato, el último es atraído hacia el sólido que es el sorbato y enlazado por diferentes mecanismos. Este proceso continuo hasta que se establece un equilibrio entre el sorbato disuelto y el sorbato enlazado al sólido a una concentración final o llamada también de equilibrio. La afinidad del sorbente por el sorbato determina su distribución entre fases sólidas y líquidas. La calidad del sorbente está dada por la cantidad del sorbato que puede atraer y retener en forma inmovilizada (26).

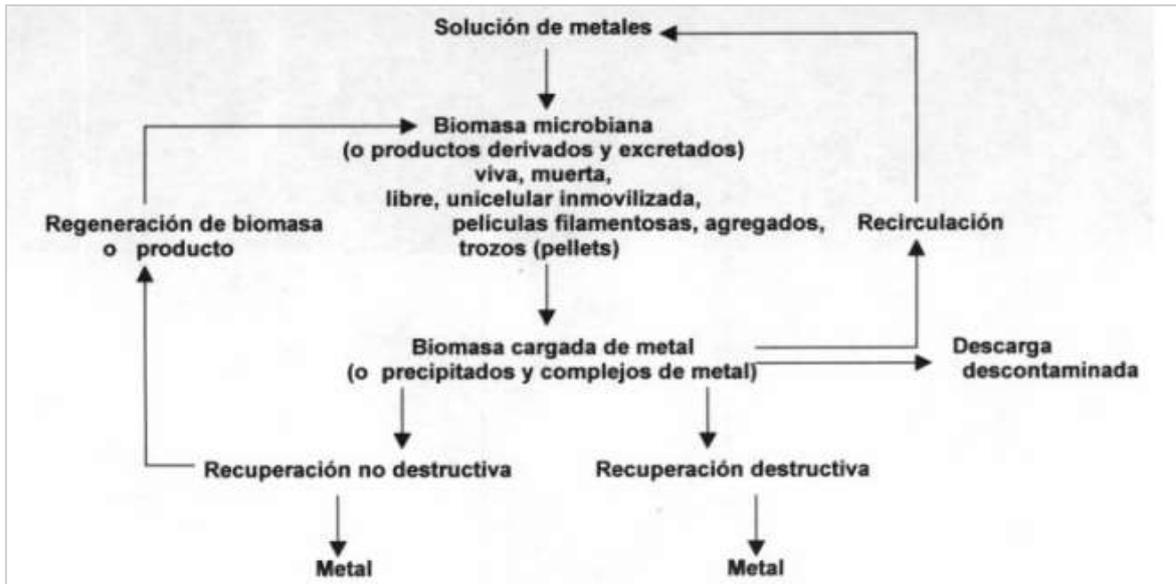


Figura 4. Principios básicos involucrados en la eliminación de metales de soluciones acuosas por biomasa.

Fuente: Pérez (4).

2.2.4.1. Intercambio iónico

Este proceso se expresa como una reacción en equilibrio donde los reactivos que intervienen están en cantidades químicamente equivalentes y se desarrolla hasta que se haya agotado la capacidad estequiométrica, dicho de otra manera, implica que al captar iones metálicos a la pared va acompañado por la liberación al medio de cationes tales como Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+1} , Na^{+2} y H^{+1} hasta alcanzar el equilibrio de la reacción (4).

En los procesos convencionales, este tratamiento permite reducir concentraciones de metales, del orden mg/L y suelen ser utilizados como tratamientos secundarios después de la precipitación en sistemas de potabilización, cuando las concentraciones de metales iniciales no son muy altas, ya que su costo de inversión y de operación es muy elevado.

2.2.4.2. Biosorción

Actualmente los procesos biotecnológicos han llamado mucho la atención de la comunidad científica por la variedad de métodos detoxificantes de metales pesados, sobre todo en medios acuosos. En este contexto, la biotecnología ha separado dos grandes áreas dentro del mismo objetivo, la bioacumulación y la biosorción. Entiéndase la primera como un proceso activo de eliminación de distintos metales pesados mediante mecanismos metabólicos involucrando biomasa viviente y, entiéndase la segunda como un proceso pasivo netamente fisicoquímico, esto por medio de biomasa no viviente. Por lo tanto, la biosorción es un área de investigación con innumerables aportes a la comunidad industrial, esto por brindar una alternativa técnica y económicamente viable y por ser considerada una de las pocas tecnologías limpias en la eliminación de metales tóxicos de sus efluentes de sus actividades productivas.

Cabe mencionar que en este proceso no se limita el uso de biomas ya que se puede emplear gran variedad de ésta como: algas, hongos, levaduras, quitosano, etc.

2.2.4.3. Adsorción

El proceso de adsorción de iones se da sobre materiales altamente porosos que es el adsorbente, como el carbón activado, óxidos de hierro y/o aluminio, arcilla, materiales sintéticos y muchos otros sustratos de origen biológico en este proceso la sustancia adsorbida se une a la superficie del adsorbente mediante fuerzas físicas llamadas fuerzas de Van der Waals, que son enlaces débiles lo que lo puede hacer un proceso reversible por otro tipo de fuerzas químicas o enlaces covalentes. Este proceso se puede dividir en tres fases que incluye la transferencia de las moléculas del adsorbato (que se refiere a las especies que serán adsorbidas) que están contenidas en un solvente a través de la capa que rodea al adsorbente que es la referencia a la fase sólida con la capacidad

de atraer el sorbato, difusión a través de los poros y adsorción de las moléculas del adsorbato por la superficie activa (4).

La adsorción depende del grado de acidez y cada metal tiene un pH óptimo para ser extraído del medio. El tiempo de equilibrio, la temperatura, la concentración del metal y la presencia de diferentes iones disueltos también son factores que influyen en el proceso, pues en soluciones con presencia de más de un metal se puede generar tres tipos de comportamiento: el sinergismo, en el que el efecto de la mezcla es mayor que cuando los componentes están por individual, en antagonismo, el efecto de la mezcla es inferior al de cada uno de los metales que interceden, sin intercambio que es cuando el efecto de la mezcla no es diferente al de los componentes por individual.

Los principales factores que afectan la adsorción son el pH, la temperatura, la naturaleza del adsorbente, el tipo y concentración del adsorbato.

2.2.4.4. pH

Siendo los metales sustancias electropositivas, pues ceden cargas positivas a la superficie del sorbente, el cual va aumentando el número de cargas negativas para lograr una adsorción, es facilitado en soluciones acidas. Ya que en una solución alcalina los metales pesados suelen formar hidroxocompuestos, mismos que posteriormente se precipitan.

2.2.4.5. Naturaleza del adsorbato

El adsorbato viene a ser un factor influyente en el equilibrio del proceso de adsorción. Para este caso existe una regla general que puede predecir el efecto de la polaridad del soluto sobre la adsorción y consiste en que el soluto polar prefiere la fase que está más polar. Es lo mismo que decir que un soluto polar será

fuertemente adsorbido por un adsorbente polar, cuando este en un disolvente no polar.

2.2.4.6. Concentración inicial del metal

Para poder determinar la efectividad de un material sorbente, hay que conocer primero cual es la cantidad máxima de metal que puede adsorber. Los materiales utilizados como sorbentes establecen diferentes equilibrios de extracción cuando son expuestos a concentraciones distintas de metal, estos equilibrios dependen de las condiciones experimentales y son diferentes a la variación de temperaturas, cabe decir que son equilibrios isotérmicos. De manera ideal los modelos teóricos que se utilizan para describir los resultados experimentales deben ser capaces de predecir los procesos de sorción a bajas y altas concentraciones, además de poder permitir una interpretación física de los mecanismos de sorción.

2.2.4.7. Temperatura

Ya que la adsorción es un proceso exotérmico, el proceso de remoción y adsorción se lleva a cabo de forma exitosa dentro de un amplio intervalo de temperaturas que fluctúan entre los 5°C y 30°C, ya que este intervalo favorece a bacterias y algas (4).

2.2.5. Cuenca hidrográfica del distrito de San Pedro de Saño

El distrito de San Pedro de Saño cuenta con cuatro riachuelos, Anya, Llish, Shuclo y Huaychulon y 3 quebradas Yacutinco, Tanquispata y Huayonja, y se unen en el río Mantaro. Esta cuenca con unos excelentes recursos para la producción alimentaria ya que son apropiados para la agricultura, ganadería y el consumo humano, y son importantes en cuanto al potencial ecológico y turístico.

2.3. Definición de términos

- Almidón: es una macromolécula que está compuesta de dos polisacáridos, la amilosa que representa el 20 % y la amilopectina que se encuentra en un 80 %.
- Biocombustible: está compuesto por una mezcla de sustancias orgánicas y se utiliza como combustible en los motores de combustión interna. Este combustible se deriva de la biomasa, que no es más que la materia orgánica originada en los procesos biológicos, ya sean espontáneos o provocados, y que es una fuente de energía utilizable.
- Clorofila: es un grupo de pigmentos de color verde y se encuentran en todos los organismos que contienen cloroplastos en sus células, esto incluye a las plantas y a los diversos grupos de algas, además son muy importantes para realizar la función de la fotosíntesis.
- Cloroplastos: son los organelos celulares, mismos que son los encargados de realizar la fotosíntesis en los organismos eucariontes fotosintetizadores.
- Cigoto: es un huevo de la célula, que es resultante de la unión del gameto masculino con el gameto femenino en la reproducción sexual de los organismos.
- Diploide: son células que contienen un doble número de cromosomas.
- Enzima: son moléculas que tienen una naturaleza proteica y estructural que catalizan reacciones químicas, en otras palabras, aceleran los procesos.
- Espora: es un cuerpo microscópico unicelular o pluricelular que es formado con fines de dispersión y supervivencia, generalmente esta es una célula haploide.
- Eucariota: son el grupo de células que poseen un núcleo verdadero.
- Fotosintético: son organismos capaces de realizar una conversión de la materia inorgánica en materia orgánica, esto gracias a la energía que aporta la luz.
- Haploide: son las células que poseen un solo número de cromosomas.
- Isogamia: es la forma de reproducción sexual propia de los vegetales, en la cual los dos gametos que interceden para formar el cigoto son idénticos en estructura y tamaño.
- Metal pesado: estos son los elementos químicos con una masa atómica elevada, como por ejemplo el plomo, mercurio, cadmio, cromo y arsénico. Una característica resaltante de estos es que tienen la capacidad de dañar a los organismos incluso si se encuentra en bajas concentraciones además de tener una tendencia a acumularse a lo largo de la cadena trófica.

- Oogamia: es un proceso en el cual los zoogametos masculinos son pequeños, pobres en plastos y en reservas además de ser muy móviles, normalmente son los llamados espermatozoides.
- Plasto: estos son los orgánulos celulares eucarióticos, mismos que son propios de las plantas y algas. La función principal de estos es la reproducción y almacenamiento de importantes compuestos químicos que son usados por las células.
- Pluricelular: son los organismos que están compuestos por dos o más células
- Unicelular: son los organismos que están conformados por una única célula.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método y alcance de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

3.1.1.1. Método general

El método que se empleó en este trabajo fue el científico, puesto que se siguió un procedimiento planteado en la investigación, esto con la finalidad de representar y organizar los procesos, llegando a obtener mejores resultados, además de obtener variables numéricas para poder expresar el problema de esta investigación, dicho de otra manera, los datos utilizados y obtenidos son cuantificables, es decir, son expresados en una cantidad (27).

3.1.1.2. Método específico

El método específico que se empleó en este trabajo fue el inductivo, ya que se partió de hipótesis previamente planteadas (general y específicas) con el propósito de su verificación, además esto nos conlleva al planteamiento de conocimientos

temporales, mismo que es aceptado como verdad hasta la aparición o planteamiento de nuevas técnicas o razonamientos que permitan una formulación más amplia y coherente sobre el fenómeno que está siendo objeto de estudio en este trabajo, o hasta el reconocimiento de un caso singular que no cumpla alguna cierta regla (28).

3.1.2. Tipo de la investigación

El estudio que se realizó reúne las condiciones metodológicas de una investigación experimental (de comprobación de hipótesis), puesto que, en esencia, se manipulan intencionalmente acciones y/o variables independientes (manipular el pH, cantidad de nutrientes utilizados, días de contacto alga-medio contaminado, etc.) para analizar los posibles resultados y/o consecuencias (variables dependientes) que se obtendrán (cantidad de cromo total extraído del medio contaminado) (29), todo esto aplicado para el caso de los efluentes de curtiembres existentes en el distrito de San Pedro de Saño para la mejora de los mismos y llegar a un equilibrio ambiental, más precisamente mantener la calidad del agua y el incremento de calidad de vida de la población que se ve afectada directa e indirectamente.

3.1.3. Nivel de la investigación

De acuerdo con la naturaleza del estudio realizado, éste reúne, por su nivel, las características de un estudio correlacional, exploratorio y comparativo ya que se pretendió realizar estudios en laboratorio para definir las condiciones óptimas y más eficientes (grado de relación significativa que existen entre dos o más variables) a la hora de extraer la mayor cantidad de cromo total de un cuerpo de agua, esto utilizando *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) (30).

3.2. Diseño de la investigación

3.2.1. Tipo de diseño de investigación

El diseño adecuado para esta investigación fue experimental, puesto que a lo largo de éste se administraron estímulos, tratamientos y una serie de intervenciones a las variables independientes para obtener un deseado resultado en la variable dependiente.

Para ser más específicos, el diseño fue experimental puro, ya que se realizó la manipulación directa e intencional de las variables independientes (tiempo, pH, cantidad de nutrientes, masa algal, etc.), medición de variables dependientes (cantidad de cromo total extraído del medio contaminado), donde hubo control y validez de todas las variables que participen además de tener más de dos grupos de comparación (27). El diseño se aplicó con una preprueba-posprueba, es decir, después de realizar la preprueba de contenido de cromo total en las muestras de agua; a éstas, con excepción de una que será el grupo de control, se le aplicó el tratamiento con las algas filamentosas durante determinados tiempos y ambientes controlados, para luego realizarles una posprueba de contenido de cromo total para poder evidenciar los resultados de la aplicación del tratamiento observando el comportamiento de las variables involucradas a lo largo del experimento.

A continuación, se muestra el modelo del diseño que se aplicó en el trabajo de investigación.

Tabla 3. *Diseño de investigación.*

| | | | |
|-------------|----|-----|----|
| GE1R | O1 | X1 | O2 |
| GE2R | O1 | X2 | O3 |
| GC3R | O1 | --- | O4 |

Nota: *GEYR: grupo experimental; *GCYR: grupo de control; *O1: preprueba; *O2: posprueba; *X_n: tratamiento.

Fuente: elaboración propia.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población de esta investigación estuvo conformada por los efluentes de curtiembres existentes en el distrito de San Pedro de Saño, provincia de Huancayo, departamento de Junín, las mismas que tienen gran carga de cromo total y otros contaminantes lo cual supone una gran carga contaminante a los cuerpos de agua cercanos, todo por la actividad de curtiduría. Las muestras de agua obtenidas fueron utilizadas para la aplicación de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) como biosorbente natural, para poder disminuir la concentración de cromo total, la variación del pH, nitrógeno total (NT), fósforo total (PT) y con ello el ratio NT/PT.

3.3.2. Muestra

La muestra estuvo compuesta por 12 litros de agua de los efluentes de curtiembres ubicadas en el distrito de San Pedro de Saño, esto por la necesidad experimental de la presente investigación.

El lugar ideal para tomar el muestreo de aguas contaminadas para esta investigación fue el punto exactamente antes de que el efluente o descarga ingrese al curso de agua receptora (quebrada Yacutinco). Las muestras de agua se transportaron en una caja térmica o cooler y llevadas a un lugar de almacenamiento (cuarto frío, refrigerador, nevera, etc.), para luego ser transferido al laboratorio para el análisis respectivo, periodo en el cual la muestra debe conservar las características de la muestra original, conservando las concentraciones respectivas de todos los componentes presentes en la muestra original sin que haya ocurrido cambios significativos en su composición antes del análisis (31).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Muestreo de los efluentes

El área de trabajo de toma de muestras se llevó a cabo en los puntos de afluencia de aguas residuales de las industrias de curtiembre, cuyas coordenadas se detallan en la tabla 4 y en el mapa de los puntos de muestreo (ver figura 5).

Los lineamientos sobre el procedimiento para recolectar y manipular muestras en campo dependen de las condiciones locales, la etapa de recolección de muestras es de trascendente importancia ya que los resultados de los mejores procedimientos analíticos son inútiles si no se recolecta y manipula adecuadamente (32). Siguiendo los lineamientos del protocolo de muestreo de efluentes y cuerpos receptores de la Dirección General de Salud Ambiental se cumplieron las consideraciones apropiadas de salud y seguridad, las mismas que a continuación se detallan:

a) Generales:

- No se salió solo(a) a campo.
- Se notificó a otros (colegas) del itinerario y ubicación.
- Se determinó la ubicación del hospital, clínica o médico más cercano.
- Se leyó sobre la seguridad a nivel personal a un nivel apropiado para el manejo de sustancias químicas que se pudieran encontrar.
- Se tomaron precauciones contra eventualidades naturales.
- Se llevó identificación y se portaron celulares para la comunicación.

b) Específicas:

- Se utilizaron lentes de seguridad
- Se utilizaron guantes no contaminados.
- Guardapolvos.
- Mascarillas.

Dicho protocolo establece que la ubicación de los puntos de muestreo de aguas residuales depende de la ubicación del punto de descarga; para este caso fueron puntos exactos antes de que el efluente o descarga ingrese al curso de agua receptora por su fácil acceso y viabilidad al tomar muestras.

- Puntos de muestreo:

Teniendo en cuenta el protocolo de muestreo de agua establecido por la Dirección General de Salud Ambiental para efluentes y cuerpos receptores, se consideraron tres puntos de muestreo, los mismos que son representativos por su homogeneidad y características de este tipo de casos. Las localizaciones de los puntos de muestreo del presente estudio fueron establecidas previamente en una visita de campo a las curtiembres del distrito de San Pedro de Saño, estos puntos se ubicaron en los mismos puntos de vertimiento o emisión al cuerpo receptor (quebrada Yacutinco), se utilizó un GPS marca Garmin, modelo eTrex H; su certificado de calibración se muestra en el Anexo 9.

Tabla 4. *Coordenadas de los puntos de muestreo.*

| N° | Puntos | Coordenadas | | Altitud (msnm) | Fecha | Hora |
|----|---------|-------------|---------|-------------------|------------|-------|
| | | Este | Norte | | | |
| 1 | ECUR-01 | 472316 | 8678607 | 3286 | 15/08/2021 | 15:20 |
| 2 | ECUR-02 | 472316 | 8678607 | 3289 | 15/08/2021 | 15:30 |
| 3 | ECUR-03 | 472266 | 8678701 | 3290 | 15/08/2021 | 15:37 |

Nota: Zona WGS-84; 18 L.

Fuente: elaboración propia.

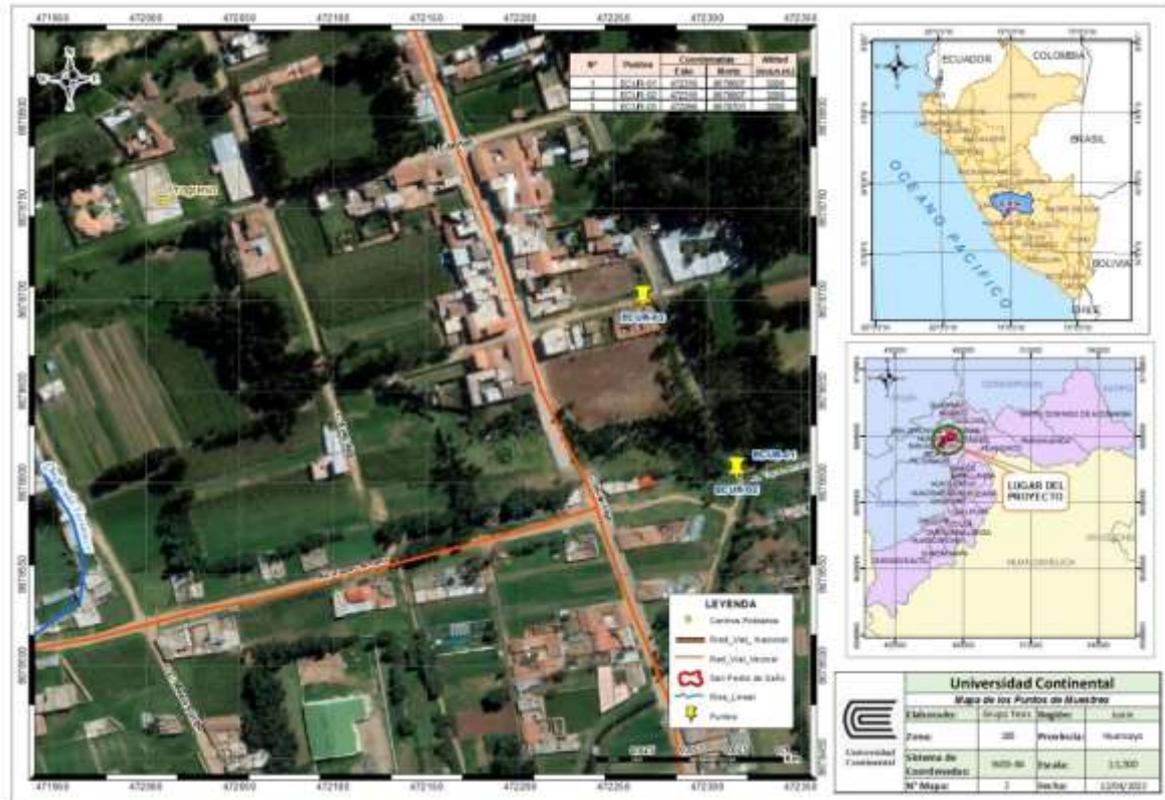


Figura 5. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo.

Fuente: elaboración propia.

- Procedimiento de trabajo de campo:
 - Identificación de los puntos de muestreo:

En campo se verificó la existencia de todos los puntos de vertimientos, esto se verificó en el posicionamiento geográfico, que previamente fueron establecidos en una visita de campo.

- Toma de muestra:

Las muestras fueron recolectadas en tres envases limpios de vidrio estéril de 4 litros de capacidad que a la vez fueron registradas en base a la cadena de custodia teniendo en cuenta la estación, coordenada y altitud, posteriormente se realizaron las siguientes actividades:

- Se organizaron los envases rotulados para cada muestra que se obtuvieron de los efluentes.
- Llegados al punto de muestreo, antes de recoger las muestras del efluente, se dejó correr el agua por las tuberías de durante 2 minutos. Luego de esto se colocaron los envases (1 por vez) contra el sentido de la salida del efluente.
- Se colocaron los envases de los sitios de muestreo dentro de la nevera en posición horizontal.

Las muestras colectadas de los efluentes de curtiembres, el 15 de junio del 2021, fueron trasladadas de forma hermética a los laboratorios Ambiental Laboratorios S.A.C., el mismo día en que se tomaron las muestras antes mencionadas, para luego ser filtradas dos veces con papel filtro (rundirte de 125 mm) para asegurar la completa remoción de partículas en suspensión.

- Caracterización fisicoquímica de los efluentes:

Las muestras de agua después de ser colectadas se analizaron en un laboratorio certificado por el Instituto Nacional de Calidad (INACAL) dentro de los siguientes parámetros:

- pH: medición del grado acidez o basicidad de las muestras de agua siguiendo el método de ensayo SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 4500 - H+ B, 23rd Ed.2017, método acreditado por INACAL, con el uso de un potenciómetro de marca HANNA Instruments, modelo HI 83141, número de serie J0672757, cuya última fecha de calibración se realizó el 09/07/2020, estando aún en vigencia.
- Nitrógeno total: el método empleado fue SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 4500-N C. 23rd Edition, 2017, método acreditado por INACAL, con el uso de un equipo espectrofotométrico pHotoFlex® STD - WTW y una cubeta de reacción WTW®, se le adicionaron los reactivos para nitrógeno total N1K WTW® para determinar el contenido en nitrógeno total de una muestra.

- Fósforo total: el método empleado fue SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 4500-P E. 23rd Edition, 2017, método acreditado por INACAL, con el uso de un espectrofotométrico pHotoFlex® STD - WTW y una cubeta de reacción WTW®, se le adicionaron los reactivos para fósforo total PO1 y PO2 WTW® para determinar el contenido en fósforo total de una muestra.
- Metal pesado (cromo total): se midió la concentración del cromo total a través del método SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part. 5210 Cr B, 23rd Ed.2017, o también llamado Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica acreditado por INACAL.
- Biomasa algal: el método empleado fue CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987. (Validated for sample weighing), 2018., método acreditado por INACAL, con el uso de una balanza analítica Sartorius, para hallar el peso del algal.

3.4.2. Obtención del material biológico

El alga filamentosa utilizada en la investigación fue colectada de la Laguna de Ñahuimpuquio ubicada en la provincia de Chupaca, en envases de vidrio previamente esterilizadas. Posteriormente fueron trasladados al laboratorio Ambiental Laboratorios S.A.C. acreditado por INACAL.

La forma de crecimiento de estas algas y la biomasa utilizada para la investigación se almacenó en recipientes de vidrio y se observa en el Anexo 7.

Las muestras fueron lavadas continuamente con agua destilada con la finalidad de remover impurezas que alteren los resultados. Fueron pesadas con una balanza digital para determinar la biomasa inicial de la investigación.

3.4.3. Descripción del experimento

Tratamientos experimentales:

Los tratamientos empleados se detallan en la siguiente tabla, en la cual se hace mención del tratamiento 0 (TC*), tratamiento 1 (T1) y tratamiento 2 (T2).

Es necesario resaltar que los 58,3 g de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) utilizados para el tratamiento 1, se determinó en base al estudio realizado por Pérez (4), teniendo resultados satisfactorios en la reducción del metal pesado (plomo) y los parámetros de la investigación, para el tratamiento 2 para ver la influencia de la biomasa algal en la reducción de la concentración del metal pesado (cromo total).

Tabla 5. *Composición de los tratamientos y del control para evaluar la remoción de cromo por el alga filamentosa.*

| TRATAMIENTOS | COMPOSICIÓN |
|--------------|---|
| T0 | Efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño |
| T1 | Efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño + 58,3 g de <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) |
| T2 | Efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño + 29,15 g de <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) |

Fuente: elaboración propia.

Los tres tratamientos tuvieron una duración de 56 días, la evaluación se realizó cada 7 días y se aplicaron tres replicas tanto para el control, tratamiento 1 y tratamiento 2.

Para el tratamiento control consideramos 3 litros de efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño contaminada con cromo total (1 litro por repetición), para el tratamiento 1 se consideró 3 litros de agua contaminada proveniente de los efluentes de curtiembres (1 litro por repetición), a cuál se adiciono 58,3 g de biomasa algal (para cada repetición) y para el tratamiento 2 se consideró 3 litros de agua contaminada proveniente de los efluentes de curtiembres al cual se adiciono 29,15 g de biomasa algal (para cada repetición).

Los recipientes que contenían a las muestras fueron cubiertos con tela nylon para asegurar la ausencia de elementos extraños durante todo el tiempo que duro el experimento.

3.4.4. Condiciones experimentales de la investigación

El experimento tuvo una duración de 8 semanas, en las cuales se mantuvieron las unidades experimentales a una temperatura de 21,7°C aprovechando los dos tubos fluorescentes de 18 Watts que a la vez servían como generador luminoso en un fotoperiodo de 24 horas de la misma manera; el sistema que se instaló presentó un sistema de aireación permanente proporcionado por un motor generador de 12 v.

Con un termómetro industrial de vidrio líquido se realizaron las mediciones de la temperatura de las muestras. Estas mediciones se realizaron de forma directa en cada recipiente para evitar posibles variaciones entre cada una de las tomas. Se realizó el respectivo lavado y secado del instrumento entre cada medición.

Tabla 6. *Condiciones experimentales para los ensayos de remoción de cromo.*

| Características del experimento | Descripción |
|--|---|
| Duración del ensayo | 8 semanas |
| Temperatura | 21,7°C |
| Suministro de luz | Dos lámparas fluorescentes de 18 Watts cada uno |
| Fotoperiodo | 24 horas |
| Aireación | si |
| Volumen | 3 litros |
| pH Inicial | 9,17 |
| Factores | Alga filamentosa |
| Repeticiones | 3 por tratamiento |

Fuente: elaboración propia.

3.4.5. Pesaje y adición de alga filamentosa a cada una de las muestras

Al tener preparado el inóculo de algas, se procedió a realizar el pesaje total de biomasa algal para luego incorporar en los recipientes 58,3 g y 29,15 g de biomasa de esta alga filamentosa más 1 litro de agua (por repetición) de las muestras previamente preparadas proveniente de la quebrada.

3.4.6. Toma de muestras para análisis de laboratorio

Para determinar la variación de la concentración de cromo total durante todo el proceso experimental de biorremediación del alga filamentosa, se extrajo cada siete días una muestra de 30 mL por cada recipiente durante 7 semanas, obteniendo un total de 72 muestras. Los tratamientos se trabajaron con 3 réplicas cada uno para finalmente obtener el valor promedio de la concentración de cromo total con su respectiva desviación estándar. Para la determinación de dicho valor se hizo uso de los laboratorios Ambiental Laboratorios S.A.C.

Con los datos obtenidos se pudo calcular el porcentaje de remoción para el metal pesado antes mencionado, con la siguiente ecuación:

$$\% R = \left(\frac{C_0 - C}{C_0} \right) \times 100$$

Donde:

- %R: porcentaje de remoción del metal.
- C_0 : concentración inicial del metal.
- C: concentración del metal luego del tratamiento.

3.4.7. Análisis de los parámetros fisicoquímicos

En el Anexo 7 se puede observar el procedimiento para el análisis de los parámetros en esta investigación.

3.4.8. Obtención del porcentaje de remoción de cromo total

A continuación, se muestra el diagrama de flujo para la obtención del material biológico y la muestra del efluente para realizar el estudio y hallar el porcentaje de remoción de cromo total, la variación del pH, nitrógeno total (NT), fósforo total (PT), con ello el ratio NT/PT y la variación del peso de la biomasa algal.

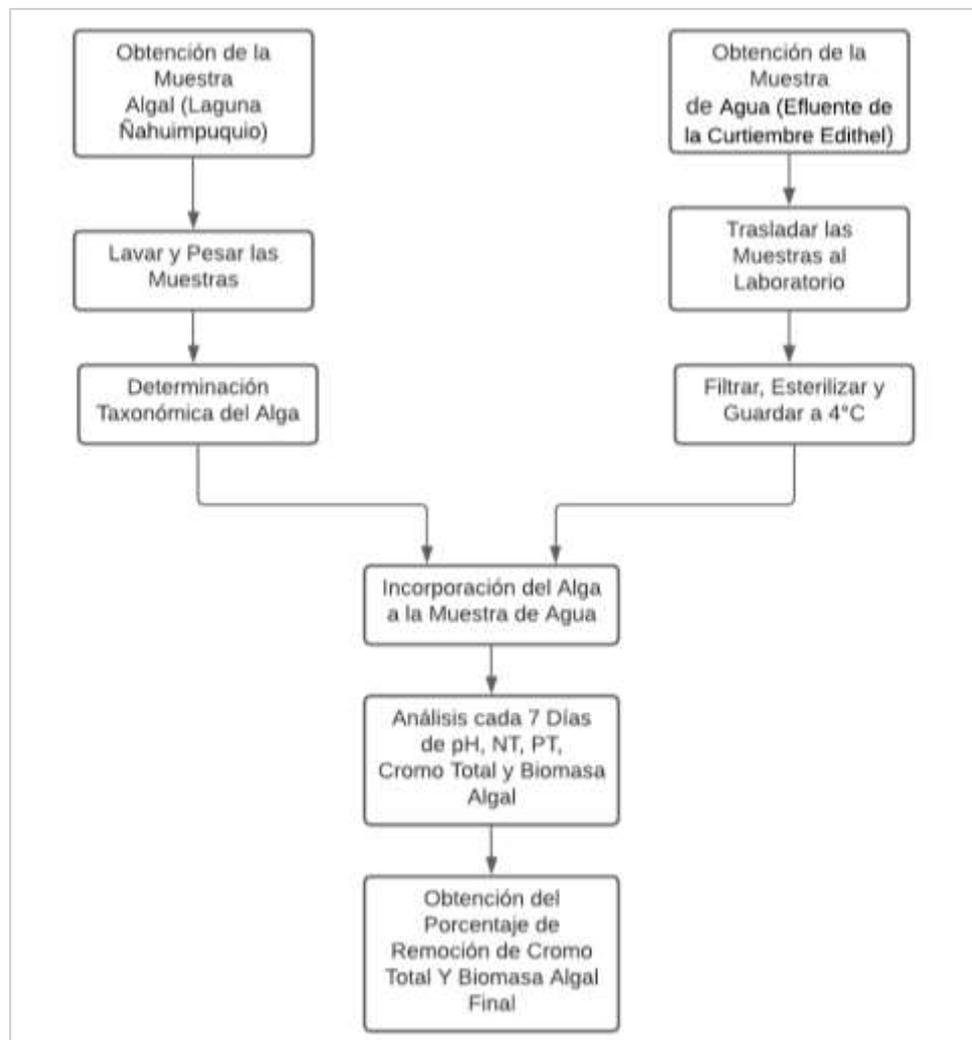


Figura 6. Diagrama de flujo para la obtención del porcentaje de remoción de cromo total.

Fuente: elaboración propia.

3.4.9. Cálculo del ratio en los tratamientos

Para calcular la relación NT/PT se utilizaron los datos obtenidos de las evaluaciones anteriores en los parámetros de nitrógeno total y fósforo total, ya que la relación NT/PT nos da un indicador útil para establecer o conocer la deficiencia de sales nutritivas en las algas filamentosas (33).

3.4.10. Análisis de datos estadísticos

Los datos que se obtuvieron se pasaron al programa Microsoft Excel, esto para realizar tablas y gráficos, de modo que se pueda observar la dinámica de todos los parámetros medidos y analizados en el experimento.

Los datos anteriores mencionados fueron descargados en el programa y se exportaron al programa estadístico SPSS para poder calcular la media y desviación estándar. Los datos analizados mediante un análisis de varianza de una vía, para evaluar la diferencia entre las semanas ($p \leq$) y los parámetros como total, nitrógeno, fósforo y ratio NT/PT. En el caso de que haya diferencias significativas entre las concentraciones, se realizó una prueba de significación “diferencia verdaderamente significativa” de Tukey (34).

El índice de correlación de Pearson fue empleado para determinar la relación entre los valores de biomasa, pH y el porcentaje de remoción de cromo total.

3.4.11. Verificación del cumplimiento de los Límites Máximos Permisibles para los efluentes industriales

Tabla 7. *Límites Máximos Permisibles de efluentes para aguas superficiales de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre.*

| N° | PARÁMETRO | UNIDADES | D.S. N° 003-2002-PRODUCE |
|----|-----------|----------|--------------------------|
| 1 | pH | - | 5,0 - 8,5 |

| | | | |
|----|-----------------------------|------------|------|
| 2 | Temperatura | °C | 35 |
| 3 | Sólidos Suspendidos Totales | mg/L | 30 |
| 4 | Aceites y grasas | mg/L | 20 |
| 5 | DBO ₅ | mg/L | 30 |
| 6 | DQO | mg/L | 50 |
| 7 | Sulfuros | mg/L | 0,5 |
| 8 | Cromo VI | mg/L | 0,2 |
| 9 | Cromo total | mg/L | 0,5 |
| 10 | N-NH ₄ | mg/L | 10 |
| 11 | Coliformes fecales | NMP/100 mL | 1000 |
| 12 | Cadmio | mg/L | - |
| 13 | Plomo | mg/L | - |

Fuente: Ministerio de la Producción (5).

3.4.12. Materiales utilizados en el experimento

Dentro de los instrumentos usados para la recolección de datos se tiene a los equipos y materiales listados en las siguientes tablas (8 y 9), además, se observan los certificados de calibración en el Anexo 9.

Tabla 8. *Materiales y equipos para la recolección de datos.*

| | NOMBRES | DESCRIPCIÓN | CANTIDAD |
|---------------------------|------------------------------------|---|----------|
| Material de vidrio | Pipetas graduadas de 2,50 y 10 mL. | Extracción de medida exacta de muestra para su análisis | 2 Unid |
| | Frascos de Erlenmeyer de 1000 mL. | Juntar el agua con las clorofitas | 1 Unid |

| | | | |
|---------------------------------------|--|--|---------|
| Material desechable | Placas Petri de 10 cm de diámetro. | Pesaje de algas <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas). | 2 Unid |
| | Guantes de látex. | Utilizar en los experimentos para no contaminar las muestras. | 32 Unid |
| Material propio de laboratorio | Piceta. | Para contener agua destilada y lavar los materiales de laboratorio. | 2 Unid |
| | Gradilla. | Apoyar los tubos de ensayo que contengan las muestras de alga. | 2 Unid |
| | Algodón. | Secar algunos materiales de laboratorio. | 2 Unid |
| | Papel toalla. | Secar algunos materiales de laboratorio y/o cubrir superficies de algunos recipientes. | 1 Unid |
| Equipos | Aireadores plásticos para pecera marca Sobo, modelo SB-108, voltaje 220V, potencia: 2.5W, desplazamiento de aire de 3 L/min, presión: 0.02 MPa y una salida de aire. | Para oxigenar los tratamientos. | 9 Unid |
| | Microscopio binocular marca Labscientific, modelo Antikmound. | Para observar la morfología de las algas. | 1 Unid |
| | Balanza analítica marca Sartorius, modelo TE 214S y rango de 0 g a 200 g. | Pesaje del alga filamentosas. | 1 Unid |
| | pH-metro (potenciómetro) marca Hanna Instruments, modelo HI 83141 e Intervalo de identificación de 0,00 pH a 14,00 pH. | Medir la concentración de iones de hidrógeno. | 1 Unid |

| | | | |
|-------------------|---|---|----------|
| | Termómetro industrial de vidrio líquido para laboratorio, sin mercurio; marca Thermco, certificación NIST y rango de temperatura de -10°C a 110°C. | Medir la temperatura y mantenerla ideal. | 1 Unid |
| | Espectrofotometría de Absorción Atómica, marca PERKIN ELMER, modelo AANALYST 300. | Para medir la cantidad de cromo total. | 1 Unid |
| | Espectrofotométrico pHotoFlex® STD, marca WTW con óptica LED de bajo consumo está equipado con 6 longitudes de onda, 50 métodos personalizados y tipo de medida fotometría. | Medir el nitrógeno y fósforo total que contienen la muestras. | 1 Unid |
| Otros | Cubeta de reacción WTW. | 16 mm | 2 Unid |
| | N1K WTW. | Reactivos para nitrógeno total. | 1 frasco |
| | PO ₁ y PO ₂ WTW. | Reactivos para fósforo total. | 1 frasco |
| Materiales | Agua destilada. | Limpieza de los instrumentos. | 250 mL |
| | Muestra de efluentes de curtiembres. | Objeto de estudio. | 12 L |
| | Material biológico (alga filamentosa). | Tratamiento del estudio. | 1 kg |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. *Materiales de escritorio para el experimento.*

| Cantidad | Materiales de escritorio |
|-----------------|---------------------------------|
| 1 | Lapiceros |
| 1 | Tabla para apuntes |
| 1 | Cinta de embalaje |
| 1 | Etiquetas de codificación |

Fuente: elaboración propia.

3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

El análisis y procesamiento de los datos obtenidos fueron desarrollados a través del software SPSS Versión 24, en el cual se ingresaron los datos de los tratamientos TC, T1 y T2 obtenidos del reporte de laboratorio. El análisis estadístico empleado parte de la prueba de ANOVA para la hipótesis general y las específicas, también se empleó la prueba de Duncan y prueba de Post hoc, con las cuales se determinaron las diferencias de medias, pudiendo determinar qué parámetros presentaron diferencias y similitudes significativas logrando establecer el mejor tratamiento o aplicación para cada parámetro evaluado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

4.1.1. Rendimiento de la extracción de cromo total con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas)

Es importante determinar que el rendimiento en cuanto a la extracción de cromo total por parte de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) se puede expresar según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ extracción} = \left(\frac{\text{concentración inicial} - \text{concentración final}}{\text{concentración inicial}} \right) \times 100$$

4.1.2. Resultados iniciales de control

Los resultados de medición inicial para el tratamiento de comparación o de control del análisis del agua para los parámetros de concentración de cromo total, pH, nitrógeno total y fósforo total, todos ellos medidos a través de métodos establecidos por INACAL a nivel de laboratorio y equipos con calibración vigente se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10. Resultados iniciales de medición de control de agua.

| Rep. | Parámetro | Resultados Inicial | Unidad |
|------|-----------------|--------------------|--------------|
| 1 | Cromo total | 20,07 | mg/L |
| | pH | 9,17 | Unidad de pH |
| | Nitrógeno total | 8,38 | mg/L |
| | Fósforo total | 7,57 | mg/L |
| 2 | Cromo total | 20,07 | mg/L |
| | pH | 9,17 | Unidad de pH |
| | Nitrógeno total | 8,30 | mg/L |
| | Fósforo total | 8,42 | mg/L |
| 3 | Cromo total | 20,07 | mg/L |
| | pH | 9,17 | Unidad de pH |
| | Nitrógeno total | 8,42 | mg/L |
| | Fósforo total | 6,10 | mg/L |

Fuente: elaboración propia.

De la tabla anterior, podemos observar que los resultados iniciales para el tratamiento control, o testigo, respecto a los parámetros nitrógeno total y fósforo total tienen una diferencia significativa en las repeticiones 1, 2 y 3, en cuanto a los parámetros cromo total y pH se mantienen estables o presentan los mismos valores iniciales.

4.1.3. Variación de la concentración de cromo total

Los resultados finales para el parámetro de concentración de metal pesado (cromo total) una vez aplicado la biomasa algal (*Rhizoclonium sp.*) como biosorbente natural de cromo total en los tratamientos (tabla 11), muestran que el tratamiento control, medido a través del método SMEWW-APHA-

AWWA-WEF Part. 5210 Cr B, 23nd Ed.2017, o también llamado Método de Espectrofotometría de Absorción Atómica, desarrollados en laboratorio acreditado por INACAL, se mantuvo constante tras las 3 repeticiones realizadas con un valor de 20,07 mg/L; así también, el procedimiento con la prueba de la muestra que el T1 con 58,3 mg/L presenta los valores más bajos de toda la tabla, siendo estos entre 7.87mg/L y 8 mg/L, por el contrario, los valores más altos se observan con el T2 con 29,15 mg/L obteniendo un valor numérico constante de concentración final de cromo total de 10,17 mg/L en la muestra de agua.

Tabla 11. *Resultados de concentración de cromo total final.*

| CONCENTRACIÓN DE CROMO TOTAL DEL AGUA | | | | |
|---------------------------------------|---|-------|----------------|-----------------|
| TRATAMIENTOS | | TC* | T1 (58,3 mg/L) | T2 (29,15 mg/L) |
| REPETICIÓN | 1 | 20,07 | 7,8 | 10,1 |
| | 2 | 20,07 | 7,8 | 10,2 |
| | 3 | 20,07 | 8 | 10,2 |

Nota. TC: control.

Fuente: elaboración propia.

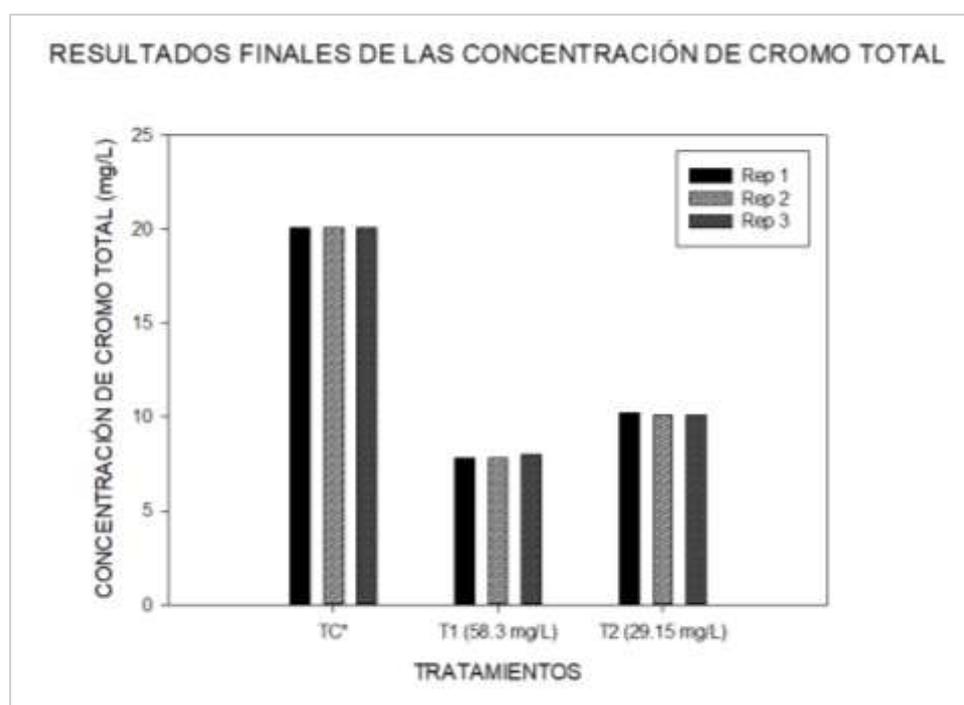


Figura 7. Resultados finales de la concentración de cromo total.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 12 se muestran los valores promedios obtenidos semanalmente en el grupo de control, tratamiento 1 y tratamiento 2. El registro total de estos valores antes mencionados se detallan en los Anexos 2 y 4.

Se observa que en el tratamiento 1 tuvo una concentración inicial de 20,07 mg/L; para este parámetro y en el transcurso de las 7 semanas que duró el tratamiento disminuyó hasta llegar a un valor de $7,87 \pm 0,09$ mg/L; en tanto que el tratamiento 2, si bien presentó los mismos valores iniciales que en el tratamiento 1 (20,07 mg/L), luego del tiempo que duró el tratamiento presentó un valor mínimo de hasta $10,17 \pm 0,06$ mg/L en la séptima semana de evaluación. La cantidad o concentración de cromo total presentó una reducción muy marcada en ambos tratamientos, aunque el que mayor reducción presentó fue el tratamiento 1, cabe mencionar que en el tratamiento de control la variación en estos valores fue irrisoria.

Los valores iniciales para cromo total estuvieron muy por encima del Límite Máximo Permisible según la Legislación Peruana D.S N° 003-2002-PRODUCE (Anexo 3).

Tabla 12. Registro semanal de las concentraciones promedio de cromo total (mg/L) con la desviación estándar (\pm DS) del tratamiento de control, tratamiento 1 y tratamiento 2.

| SEMANA | TC* | T1 (58,3 mg/L) | T2 (29,15 mg/L) |
|--------|------------------|------------------|------------------|
| 0 | 20,07 \pm 0,00 | 20,07 \pm 0,00 | 20,07 \pm 0,00 |
| 1 | 20,06 \pm 0,01 | 17,83 \pm 0,05 | 18,80 \pm 0,10 |
| 2 | 20,06 \pm 0,01 | 16,43 \pm 0,09 | 16,67 \pm 0,15 |
| 3 | 20,06 \pm 0,01 | 14,70 \pm 0,16 | 15,23 \pm 0,21 |
| 4 | 20,07 \pm 0,01 | 11,83 \pm 0,17 | 14,87 \pm 0,15 |
| 5 | 20,08 \pm 0,00 | 10,30 \pm 0,00 | 13,43 \pm 0,06 |
| 6 | 20,06 \pm 0,01 | 8,87 \pm 0,05 | 11,90 \pm 0,00 |
| 7 | 20,07 \pm 0,00 | 7,87 \pm 0,09 | 10,17 \pm 0,06 |

Fuente: elaboración propia.

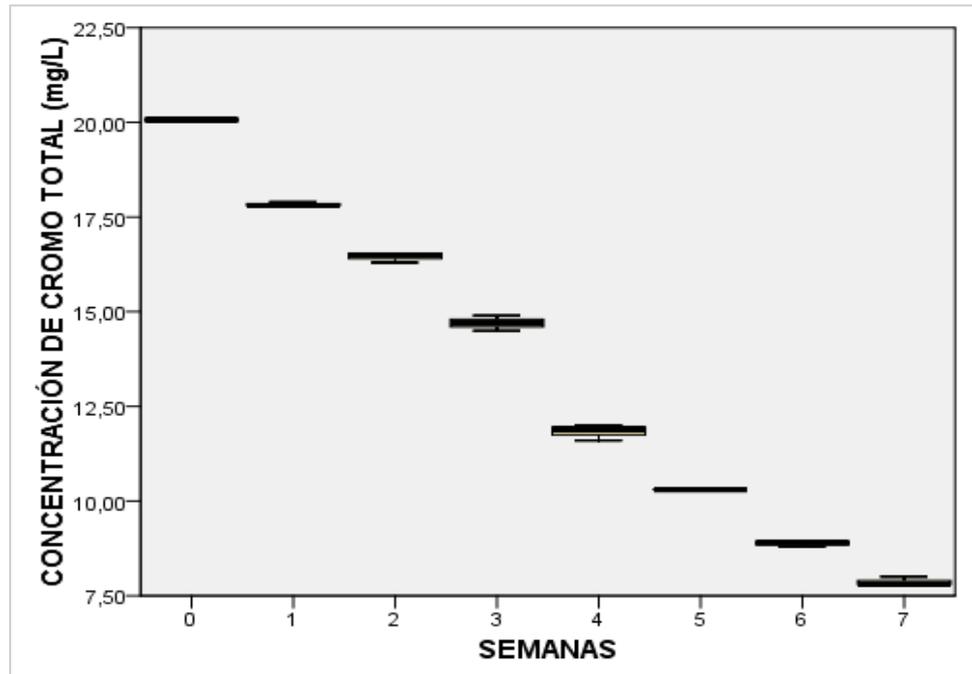


Figura 8. Diagrama de bigotes de las concentraciones de cromo total presentes en las semanas de evaluación del tratamiento 1.

Fuente: elaboración propia.

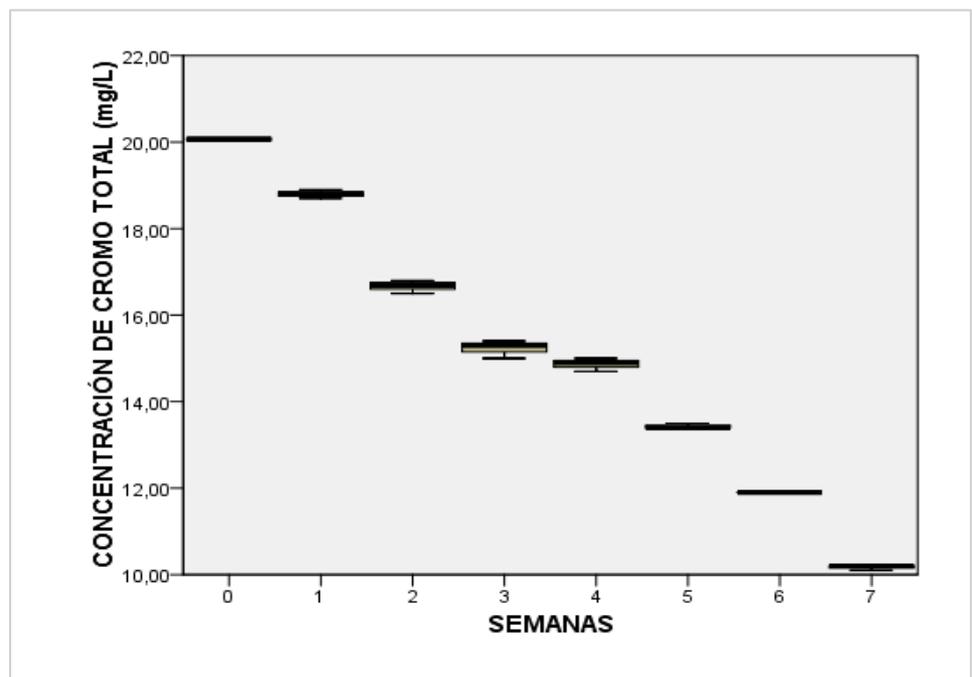


Figura 9. Diagrama de bigotes de las concentraciones de cromo total presentes durante las semanas de evaluación en el tratamiento 2.

Fuente: elaboración propia.

4.1.4. Remoción de cromo total por parte de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas)

Las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) alcanzaron el máximo porcentaje de remoción de cromo total en la última semana (esto en ambos tratamientos) en cuanto al tratamiento 1 se obtuvo un valor promedio de $60,14 \pm 0,58$ % en cuanto al tratamiento 2 se obtuvo un valor promedio de $49,34 \pm 0,29$ % en las primeras semanas se observó un marcado aumento en la remoción (semana 1-4) mientras que en las últimas semanas se observó una reducción menor en la concentración de cromo total (ver Anexo 4).

Los resultados de ANOVA de una vía muestran que las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) presentan una influencia significativa para la remoción de cromo total ($p = 0,000$) para ambos casos correspondientes a los tratamientos 1 y 2 (ver tabla 13) y tabla 14.

Tabla 13. Análisis de varianza de la remoción de cromo total (%) en el tratamiento 1 durante las 7 semanas.

| VARIABLE DEPENDIENTE: % DE REMOCIÓN | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|----|------------------|-----------|------|
| Origen | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 10 294,184 | 7 | 1 470,598 | 4 077,725 | ,000 |
| Intra-grupos | 5,770 | 16 | ,361 | | |
| Total | 10 299,954 | 23 | | | |

a. $R^2 = 0,988$ (r al cuadrado ajustada = 0,988)

Fuente: elaboración propia.

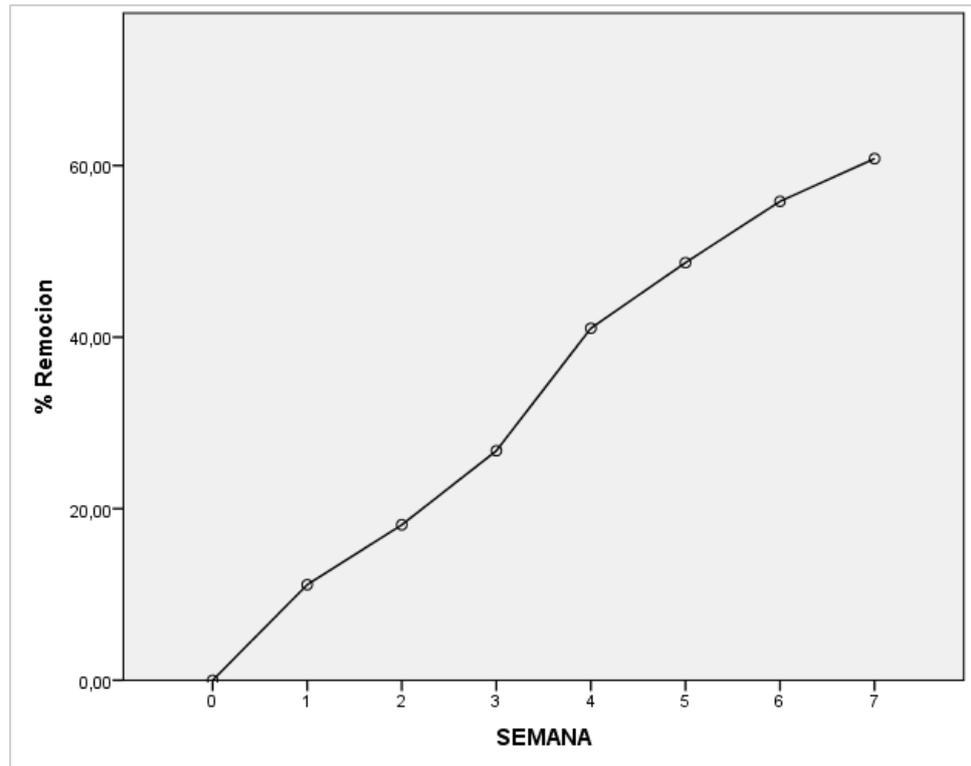


Figura 10. Curva de remoción de cromo total tratado con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en el tratamiento 1 en un periodo de 7 semanas.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Análisis de varianza de cromo total (%) del segundo tratamiento evaluados durante 7 semanas.

| VARIABLE DEPENDIENTE: % DE REMOCIÓN | | | | | |
|-------------------------------------|-------------------|----|------------------|-----------|------|
| Origen | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 5 828,943 | 7 | 832,706 | 2 512,187 | ,000 |
| Intra-grupos | 5,303 | 16 | ,331 | | |
| Total | 5 834,247 | 23 | | | |

a. $R^2 = 0,986$ (r al cuadrado ajustada = 0,985)

Fuente: elaboración propia.

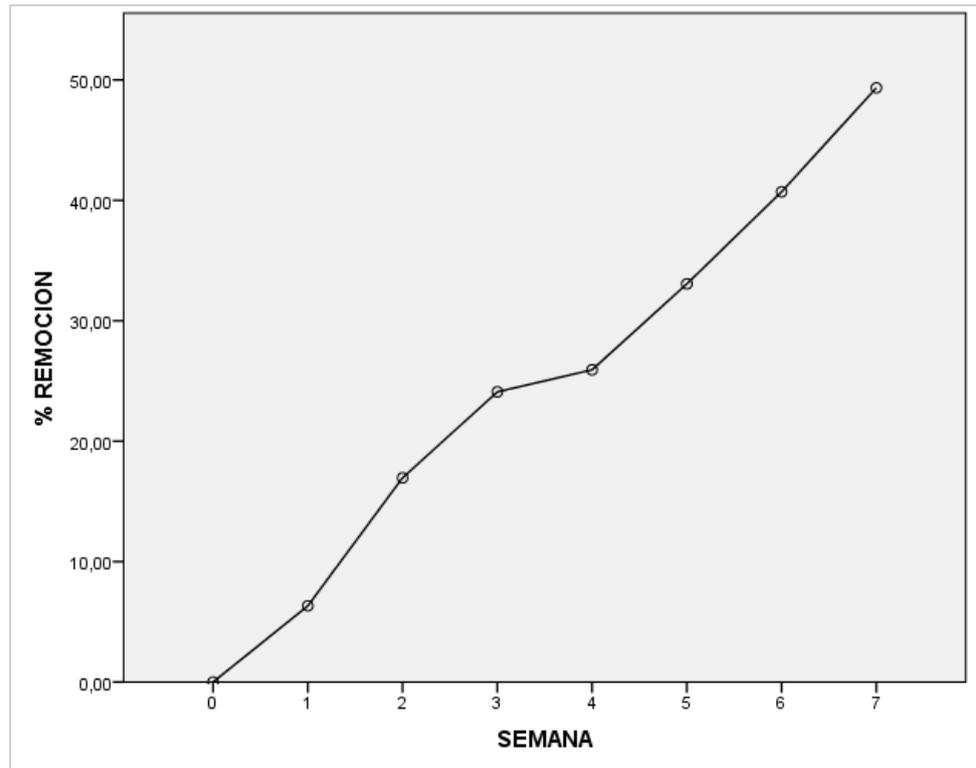


Figura 11. Curva de remoción de cromo total tratada con clorofilas filamentosas (tratamiento 2) en un periodo de 7 semanas.

Fuente: elaboración propia.

4.1.5. Resultados de la variación de la biomasa y el pH

Tabla 15. Resultados de los valores de biomasa final.

| CANTIDAD DE BIOMASA ALGAL | | | |
|---------------------------|----------------|-----------------|------|
| TRATAMIENTO | T1 (58,3 mg/L) | T2 (29,15 mg/L) | |
| REPETICIÓN | 1 | 88,2 | 53 |
| | 2 | 88 | 53,3 |
| | 3 | 88,5 | 53,1 |

Fuente: elaboración propia.

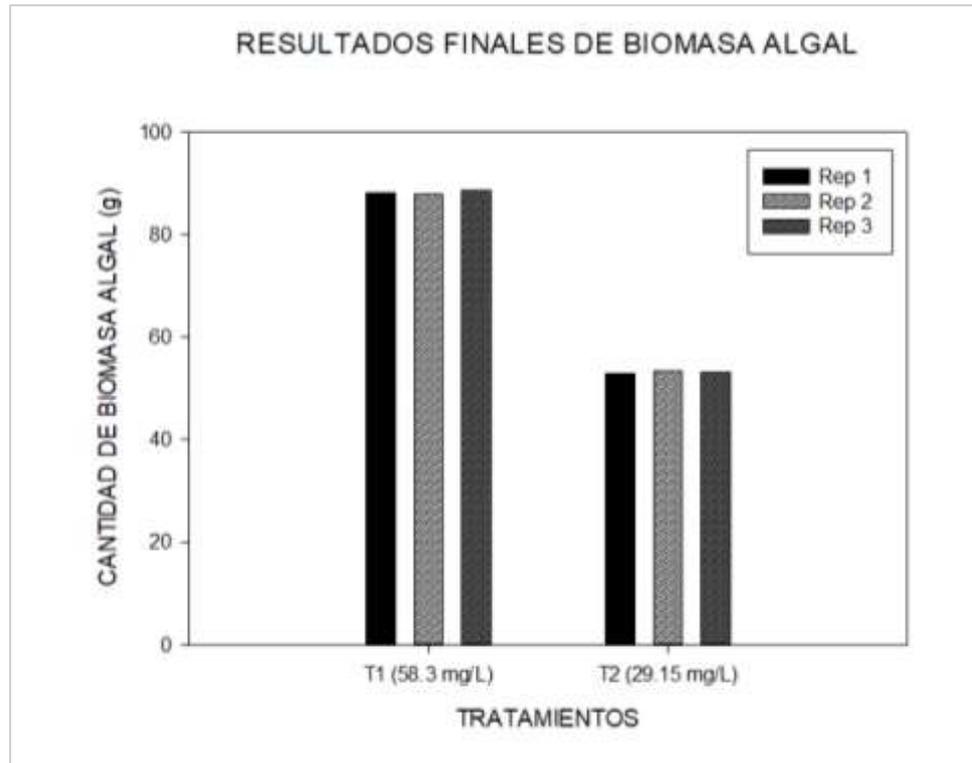


Figura 12. Resultados finales de biomasa algal.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 16. Resultados de los valores finales de pH.

| | | Valor De pH | | |
|-------------|---|-------------|----------------|-----------------|
| TRATAMIENTO | | TC* | T1 (58,3 mg/L) | T2 (29,15 mg/L) |
| REPETICIÓN | 1 | 9,16 | 7,9 | 7,9 |
| | 2 | 9,15 | 7,8 | 7,9 |
| | 3 | 9,6 | 7,7 | 8 |

Nota: TC: control.

Fuente: elaboración propia.

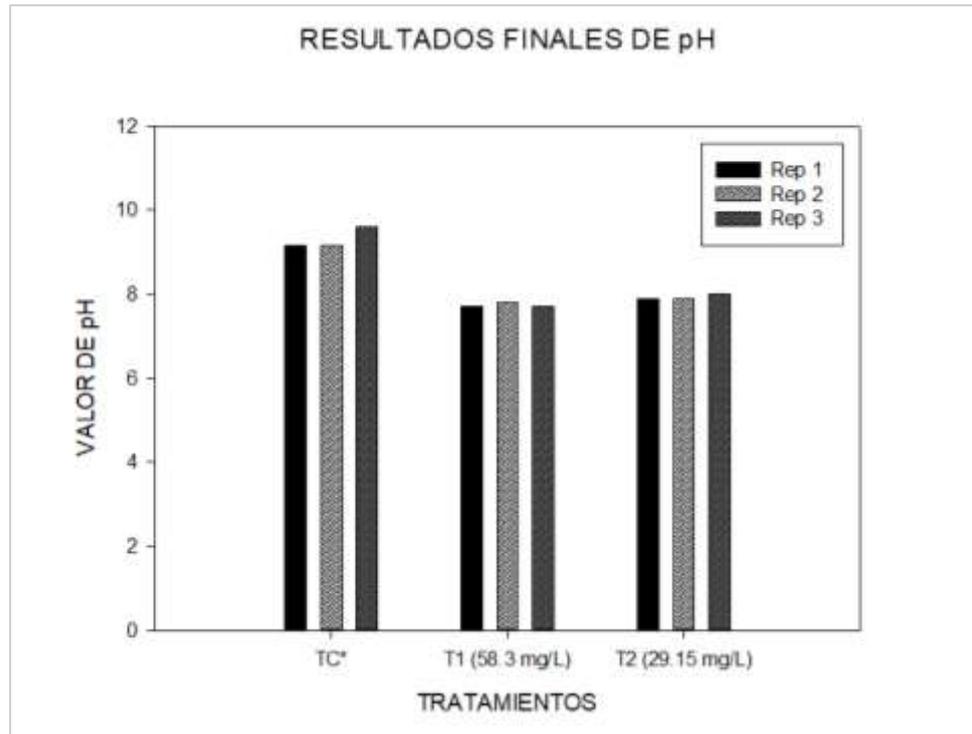


Figura 13. Resultados finales de pH.

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 17 se observa que el peso de la biomasa algal evidenció un incremento de $82,27 \pm 0,43$ % con respecto a la biomasa inicial, teniendo como valor inicial de 58,3 g y un peso final de $88,23 \pm 0,25$ en la última semana, esto respecto al tratamiento 1. En cuanto al tratamiento 2, se observa que mostró un incremento de $51,34 \pm 0,52$ % con respecto a la biomasa inicial, la cual tenía un valor inicial de 29,15 g y un peso final de $53,1 \pm 0,15$ en la última semana. Cabe mencionar que este parámetro no se midió en el tratamiento de control.

Con respecto al grado de asociación de la biomasa algal y la concentración final de cromo total, aquello evidenció un alto grado de correlación.

En tanto al pH, este inició con un valor de 9,17 y al final de las 7 semanas para el tratamiento 1 registró $7,73 \pm 0,06$ y para el tratamiento 2 $7,93 \pm 0,06$ (ver tabla 17); el grado de asociación pH y cantidad final de cromo total también presentaron un alto grado de correlación.

Tabla 17. Valores promedio de la variación de la biomasa algal (g) y el pH durante las 7 semanas.

| SEMANA | T1 (58,3 mg/L) | | T2 (29,15mg/L) | |
|--------|----------------|-------------|----------------|-------------|
| | BIOMASA | pH | BIOMASA | pH |
| 0 | 58,3 ± 0,00 | 9,17 ± 0,00 | 29,15 ± 0,00 | 9,17 ± 0,00 |
| 1 | 64,9 ± 0,10 | 9,06 ± 0,06 | 33,76 ± 0,21 | 9,1 ± 0,01 |
| 2 | 67,38 ± 0,34 | 9,00 ± 0,00 | 36,8 ± 0,26 | 9,01 ± 0,01 |
| 3 | 70,43 ± 0,51 | 8,14 ± 0,01 | 40,13 ± 0,15 | 8,63 ± 0,12 |
| 4 | 70,73 ± 0,73 | 8,06 ± 0,06 | 38,16 ± 0,44 | 8,23 ± 0,12 |
| 5 | 75,76 ± 75,77 | 7,93 ± 0,06 | 43,46 ± 0,25 | 8,26 ± 0,06 |
| 6 | 83,96 ± 83,97 | 7,8 ± 0,00 | 49,76 ± 0,25 | 8,02 ± 0,07 |
| 7 | 88,23 ± 88,23 | 7,73 ± 0,06 | 53,13 ± 0,15 | 7,93 ± 0,06 |

Fuente: elaboración propia.

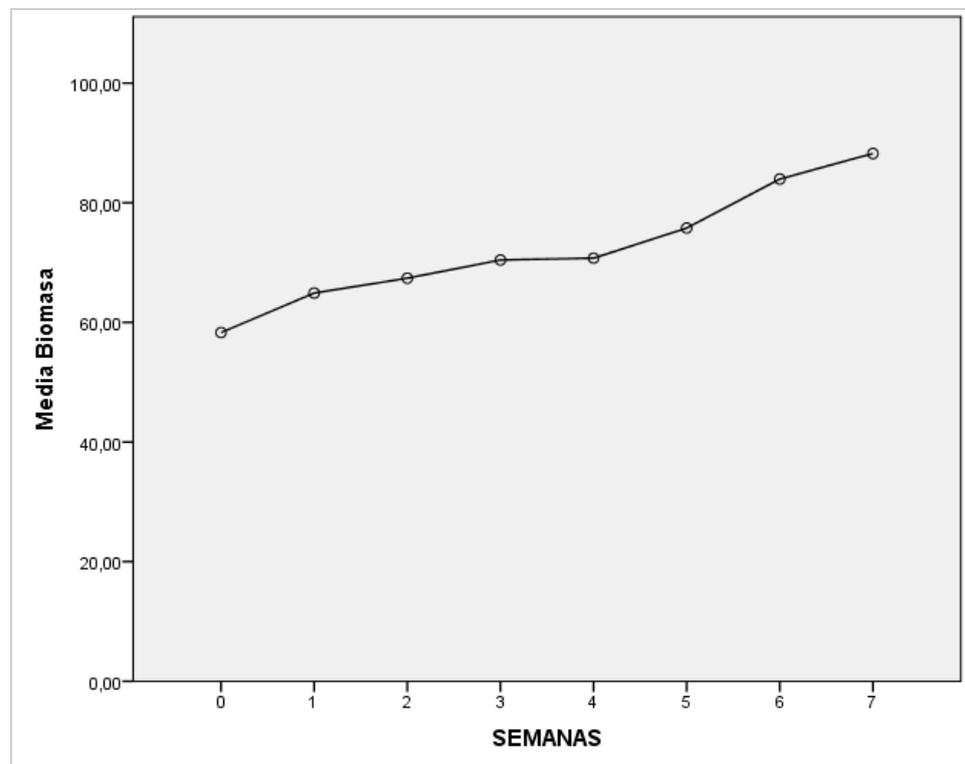


Figura 14. Curvas de la variación de la biomasa a lo largo de 7 semanas (T1).

Fuente: elaboración propia.

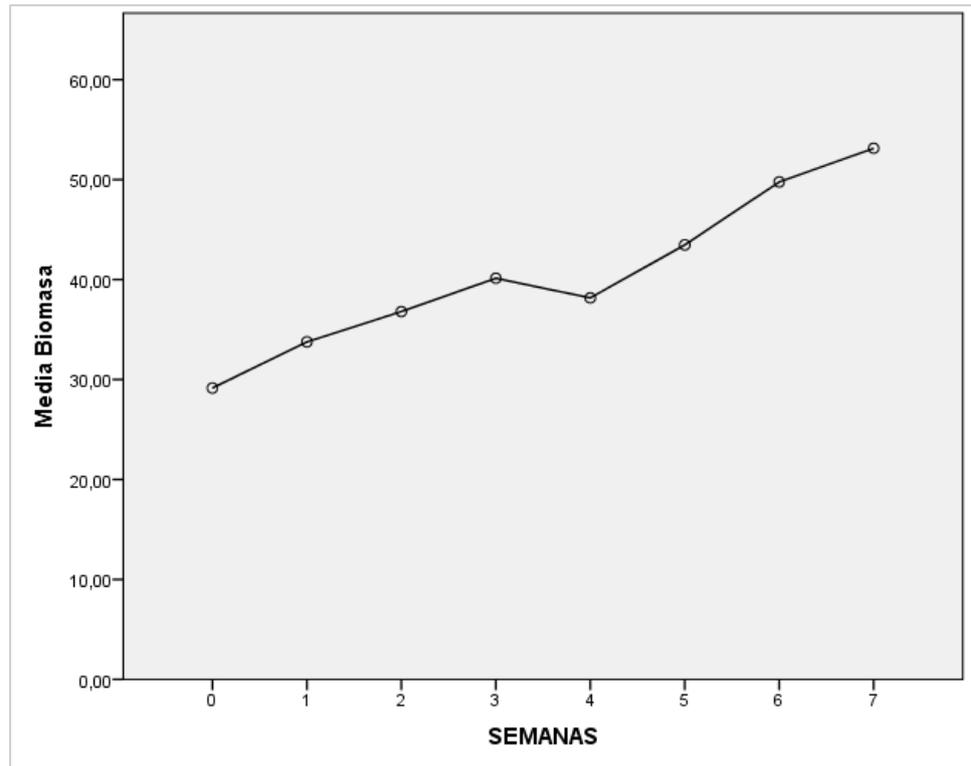


Figura 15. Curva de la variación de la biomasa a lo largo de las 7 semanas (T2).

Fuente: elaboración propia.

4.1.6. Resultados de la concentración de nitrógeno total por parte del alga clorofila filamentosa

Tabla 18. Resultados de los valores finales de nitrógeno total.

| VALOR DE NITRÓGENO TOTAL | | | | |
|--------------------------|-----|----------------|-----------------|-----|
| TRATAMIENTO | TC* | T1 (58,3 mg/L) | T2 (29,15 mg/L) | |
| REPETICIÓN | 1 | 6,10 | 3,7 | 5,4 |
| | 2 | 6,10 | 3,8 | 5,3 |
| | 3 | 6,10 | 3,81 | 5,2 |

Fuente: elaboración propia.

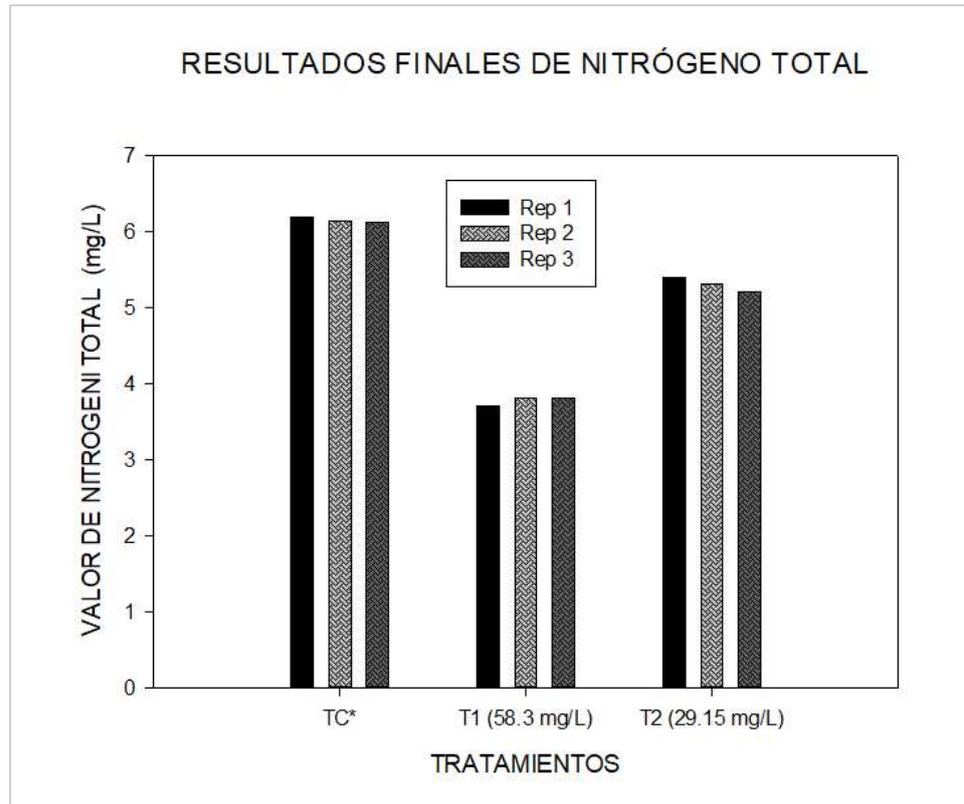


Figura 16. Resultados finales de nitrógeno total.

Fuente: elaboración propia.

La concentración inicial de nitrógeno total (NT) para el tratamiento de control, tratamiento 1 y tratamiento 2 fue de $12,91 \pm 0,19$ mg/L, $3,77 \pm 0,06$ mg/L y $5,30 \pm 0,1$ mg/L respectivamente. La cantidad de NT en el tratamiento 1 alcanzó un valor mínimo de $3,77 \pm 0,06$ mg/L alcanzando un valor de $6,104 \pm 0,04$ mg/L la última semana. a comparación del tratamiento 2 que alcanzó un valor mínimo de $5,30 \pm 0,10$ mg/L también en la última semana (tabla 19).

El alga clorofita filamentosa registró una caída relativamente constante NT desde el inicio hasta la semana 3. para luego mantenerse parcialmente constante desde la semana 4 hasta la semana 7.

El análisis de la varianza realizado para NT evidencia influencias significativas de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) sobre este nutriente (ver tablas 20 y 21).

Tabla 19. Registro semanal promedio de las concentraciones de nitrógeno total (mg/L) con la desviación estándar del tratamiento 1 y tratamiento 2.

| SEMANA | TC* | T1 (58,3 mg/L) | T2 (29,15 mg/L) |
|--------|-------------|----------------|-----------------|
| 0 | 8,38 ± 0,20 | 8,30 ± 0,00 | 8,42 ± 0,03 |
| 1 | 8,41 ± 0,03 | 8,24 ± 0,04 | 8,63 ± 0,04 |
| 2 | 8,48 ± 0,03 | 8,07 ± 0,04 | 8,49 ± 0,08 |
| 3 | 8,51 ± 0,01 | 7,57 ± 0,15 | 8,04 ± 0,03 |
| 4 | 8,55 ± 0,03 | 6,67 ± 0,02 | 7,67 ± 0,02 |
| 5 | 8,79 ± 0,01 | 5,14 ± 0,05 | 6,101 ± 0,09 |
| 6 | 7,94 ± 0,04 | 4,53 ± 0,47 | 5,81 ± 0,04 |
| 7 | 7,9 ± 0,04 | 3,77 ± 0,06 | 5,30 ± 0,01 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 20. Análisis de la varianza de la variación nitrógeno total (mg/L) del tratamiento 1 según la disminución entre semanas.

| TRATAMIENTO 1 | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| ANOVA de un factor | | | | | |
| Nitrógeno total | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 72,950 | 7 | 10,421 | 74,565 | ,000 |
| Intra-grupos | 2,236 | 16 | ,140 | | |
| Total | 75,186 | 23 | | | |

Fuente: elaboración propia.

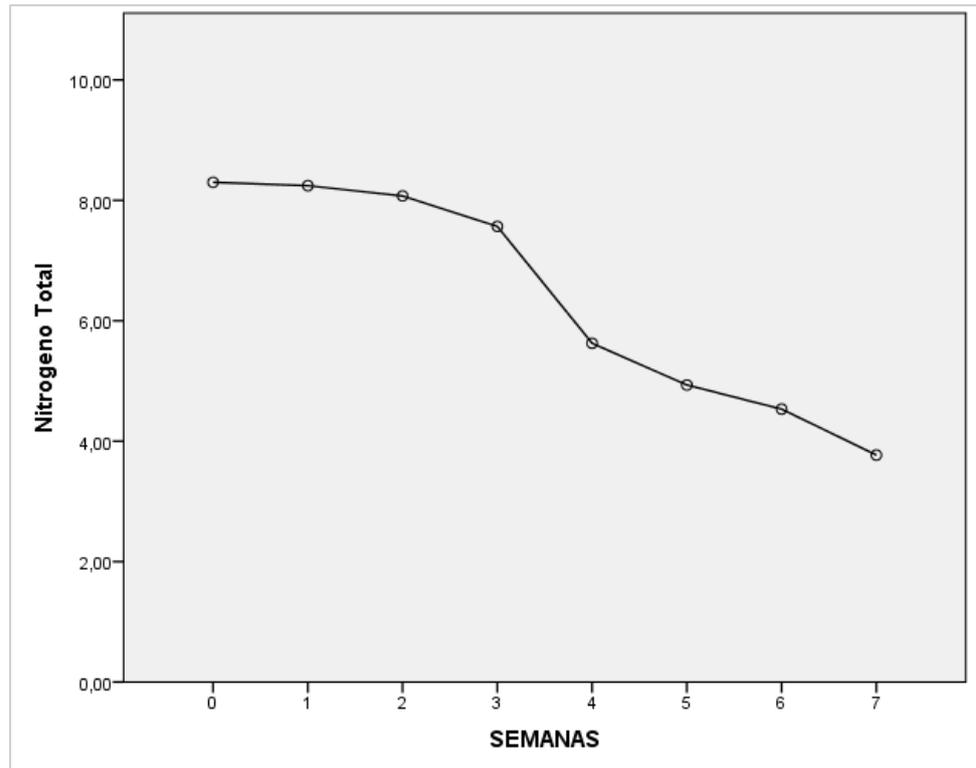


Figura 17. Curva de variación de nitrógeno total tratadas con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en el tratamiento 1 en un período de 7 semanas.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. Análisis de la varianza de la variación nitrógeno total (mg/L) del tratamiento 2 según la disminución entre semanas.

| TRATAMIENTO 2 | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|----------|------|
| ANOVA de un factor | | | | | |
| Nitrógeno total | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 38,338 | 7 | 5,477 | 1493,670 | ,000 |
| Intra-grupos | ,059 | 16 | ,004 | | |
| Total | 38,396 | 23 | | | |

Fuente: elaboración propia.

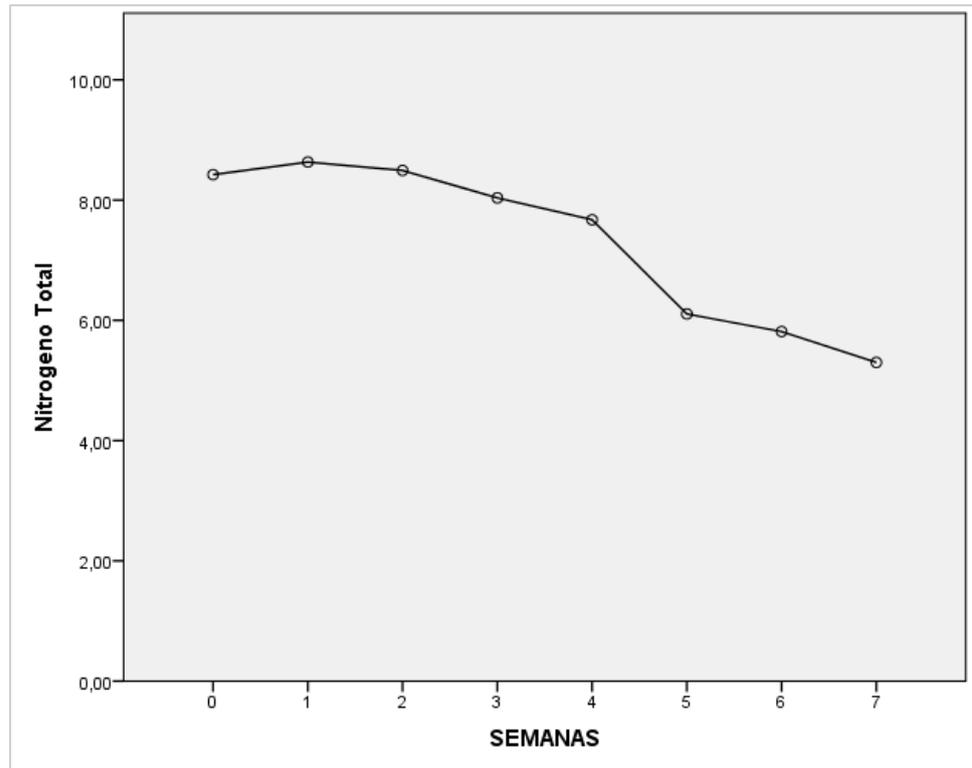


Figura 18. Curva de la variación de nitrógeno total tratadas con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en el tratamiento 2 en un periodo de 7 semanas.

Fuente: elaboración propia.

4.1.7. Resultados de la variación de la concentración de fósforo total por parte del alga clorofita filamentosa

Tabla 22. Resultados de los valores finales de fósforo total.

| VALOR DE FÓSFORO TOTAL | | | | |
|------------------------|-----|----------------|-----------------|------|
| TRATAMIENTO | TC* | T1 (58,3 mg/L) | T2 (29,15 mg/L) | |
| REPETICIÓN | 1 | 8,10 | 2,09 | 3,89 |
| | 2 | 8,40 | 2,03 | 3,88 |
| | 3 | 8,30 | 2,12 | 3,87 |

Fuente: elaboración propia.

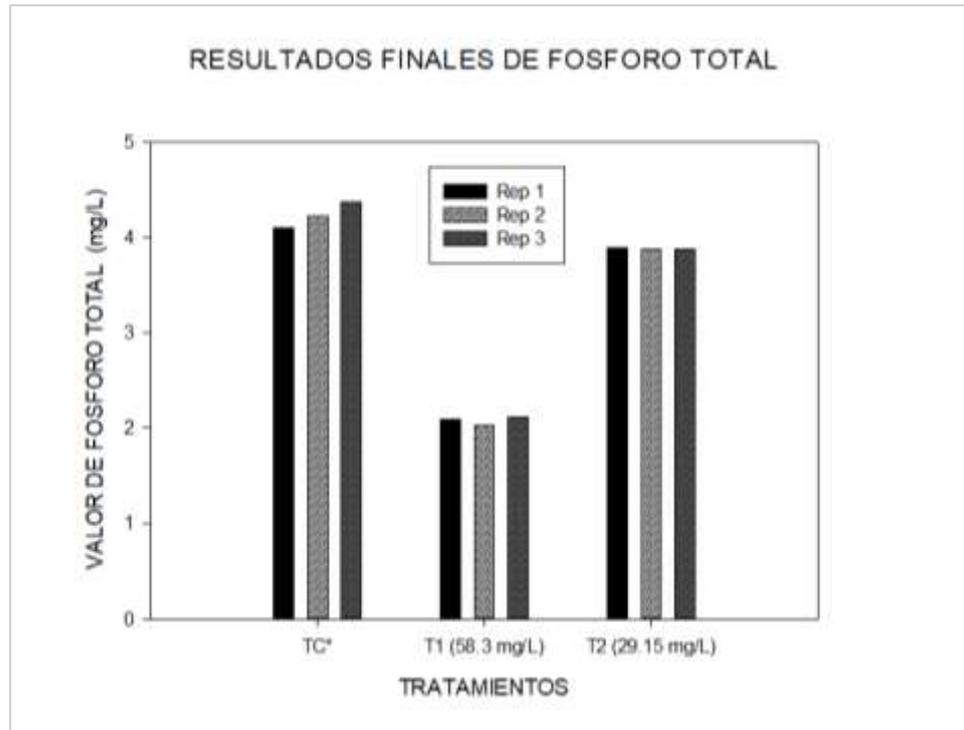


Figura 19. Resultados finales de fósforo total.

Fuente: elaboración propia.

La tabla 23 muestra el registro medio de la concentración de fósforo total teniendo como valor inicial $6,100 \pm 0,00$ mg/L tanto para el tratamiento 1 y tratamiento 2. la cantidad de fósforo total en el tratamiento 1 alcanzó un valor mínimo de $2,08 \pm 0,05$ mg/L en cuanto al tratamiento 2 el valor mínimo alcanzado fue de $3,88 \pm 0,01$ mg/L. esto en la última semana del experimento.

Para este parámetro, el análisis de varianza mostró diferencias significativas (ver tablas 24 y 25). La cantidad de este nutriente tuvo una caída importante durante las tres primeras semanas y mostró una reducción menos acelerada y constante desde la cuarta hasta la séptima semana.

El Tratamiento de control a en la primera semana presentó un valor de $6 \pm 0,00$ mg/L aumentando paulatinamente en las continuas semanas hasta alcanzar finalmente en la última semana la cantidad de $8,3 \pm 0,17$ mg/L.

Tabla 23. Registro semanal promedio de las concentraciones de fósforo total (mg/L) con la respectiva desviación estándar tanto del tratamiento de control, tratamiento 1 como del tratamiento 2.

| SEMANA | TC* | T1 (58,3 mg/L) | T2 (29,15 mg/L) |
|--------|--------------|----------------|-----------------|
| 0 | 6,00 ± 0,00 | 6,100 ± 0,00 | 6,100 ± 0,00 |
| 1 | 6,102 ± 0,10 | 6,109 ± 0,16 | 7,45 ± 0,04 |
| 2 | 6,104 ± 0,08 | 5,55 ± 0,40 | 7,25 ± 0,04 |
| 3 | 6,107 ± 0,13 | 5,30 ± 0,35 | 6,57 ± 0,15 |
| 4 | 6,40 ± 0,17 | 4,43 ± 0,12 | 5,67 ± 0,02 |
| 5 | 6,67 ± 0,20 | 4,08 ± 0,05 | 5,14 ± 0,05 |
| 6 | 7,43 ± 0,27 | 3,61 ± 0,01 | 4,77 ± 0,12 |
| 7 | 7,30 ± 0,17 | 2,08 ± 0,05 | 3,88 ± 0,01 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 24. Análisis de varianza de fósforo total en el tratamiento 1 en base a la disminución entre semanas.

| ANOVA de un factor | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| Fósforo total | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 41,257 | 7 | 5,894 | 146,582 | ,000 |
| Intra-grupos | ,643 | 16 | ,040 | | |
| Total | 41,900 | 23 | | | |

Fuente: elaboración propia.

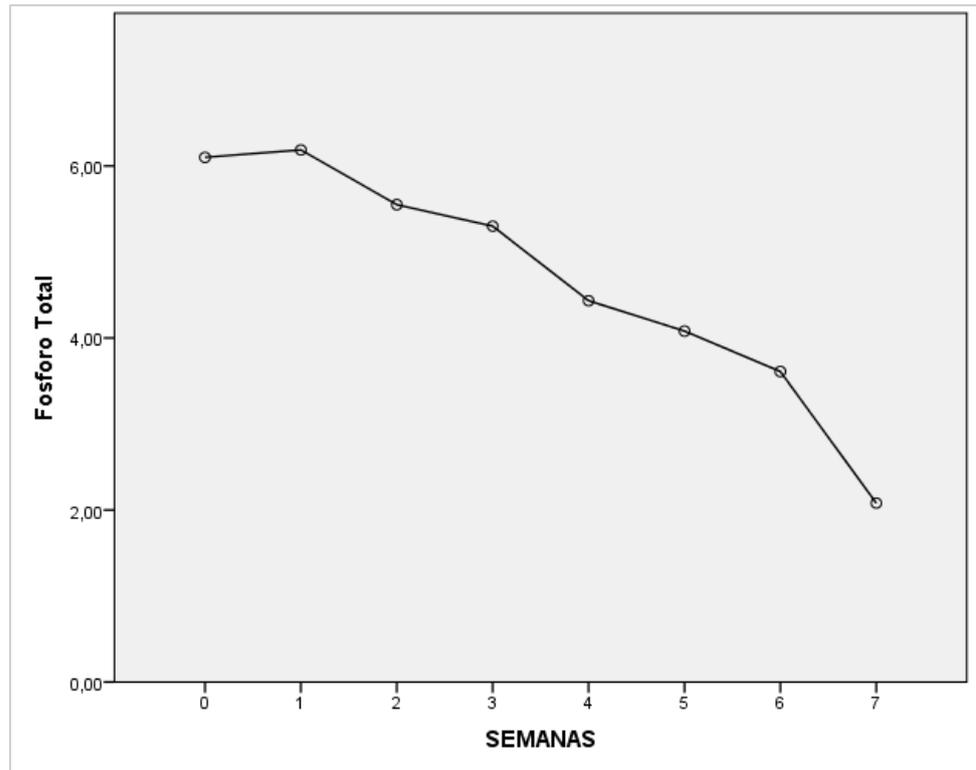


Figura 20. Curva de variación de fósforo total en el tratamiento 1 en un período de 7 semanas.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 25. Análisis de varianza de fósforo total en el tratamiento 2 en base a la disminución entre semanas.

| ANOVA de un factor | | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|--|
| Fósforo total | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. | |
| Inter-grupos | 32,050 | 7 | 4,579 | 846,578 | ,000 | |
| Intra-grupos | ,087 | 16 | ,005 | | | |
| Total | 32,137 | 23 | | | | |

Fuente: elaboración propia.

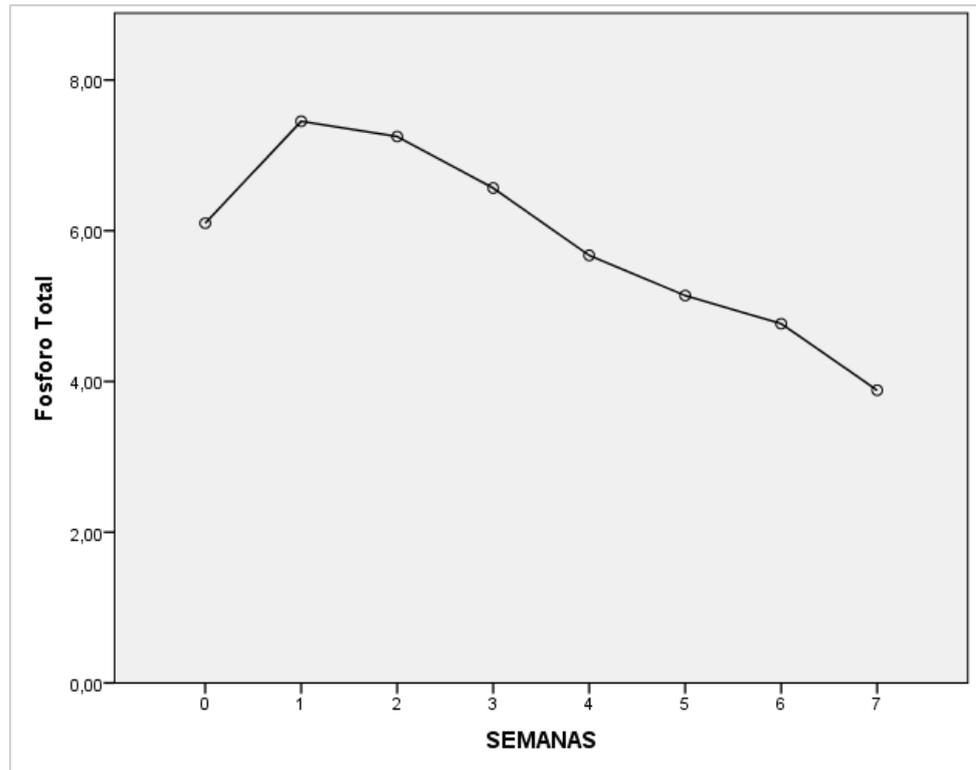


Figura 21. Curva de la variación de fósforo total en el tratamiento 2 en un periodo de 7 semanas.

Fuente: elaboración propia.

4.1.8. Resultados del cálculo de ratio NT/PT

Los resultados obtenidos del cálculo del ratio NT/PT del tratamiento 1 y tratamiento 2 se detallan en la tabla 26. Para el tratamiento 1 se observó un valor de ratio con un valor aproximado de $1,36 \pm 0,00$ al inicio del tratamiento, aunque entre las semanas que duró el tratamiento presentó valores fluctuantes. La primera semana el valor del ratio NT/PT presentó una disminución para en la segunda semana mostrarse un aumento para volver a disminuir en la semana 5 y 6. Finalmente, este índice alcanzó un valor de ratio de $1,81 \pm 0,05$.

La misma fluctuación de valores se presentó para el tratamiento 2, en lo que duro las 7 semanas de la experimentación (tabla 26).

Los resultados del análisis de la varianza mostraron que el alga clorofitas filamentosa presenta una influencia significativa al ratio NT/PT en las 7

semanas (ver tabla 27 para el tratamiento 1 y tabla 28 para el tratamiento 2). La prueba Tukey mostró que durante las primeras semanas en ratio NT/PT no presentó diferencias significativas entre sí a la acción del alga, mientras que en las demás semanas presentaron altas diferencias significativas (ver Anexo 5). Lo mismo pasa para el tratamiento 2 (ver Anexo 6).

Tabla 26. Valores promedio del ratio NT/PT durante las semanas en el tratamiento 1 y tratamiento 2.

| SEMANA | T1 (58,3 mg/L) | T2 (29,15 mg/L) |
|--------|----------------|-----------------|
| 0 | 1,36 ± 0,00 | 1,38 ± 0,00 |
| 1 | 1,33 ± 0,03 | 1,16 ± 0,01 |
| 2 | 1,46 ± 0,12 | 1,17 ± 0,02 |
| 3 | 1,43 ± 0,12 | 1,22 ± 0,03 |
| 4 | 1,51 ± 0,04 | 1,35 ± 0,00 |
| 5 | 1,26 ± 0,01 | 1,19 ± 0,01 |
| 6 | 1,26 ± 0,13 | 1,22 ± 0,02 |
| 7 | 1,81 ± 0,05 | 1,37 ± 0,02 |

Fuente: elaboración propia.

Tabla 27. Análisis de la varianza del ratio NT/PT del tratamiento 1 según la variación entre las semanas.

| ANOVA | | | | | |
|--------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | ,681 | 7 | ,097 | 16,1084 | ,000 |
| Intra-grupos | ,096 | 16 | ,006 | | |
| Total | ,777 | 23 | | | |

Fuente: elaboración propia.

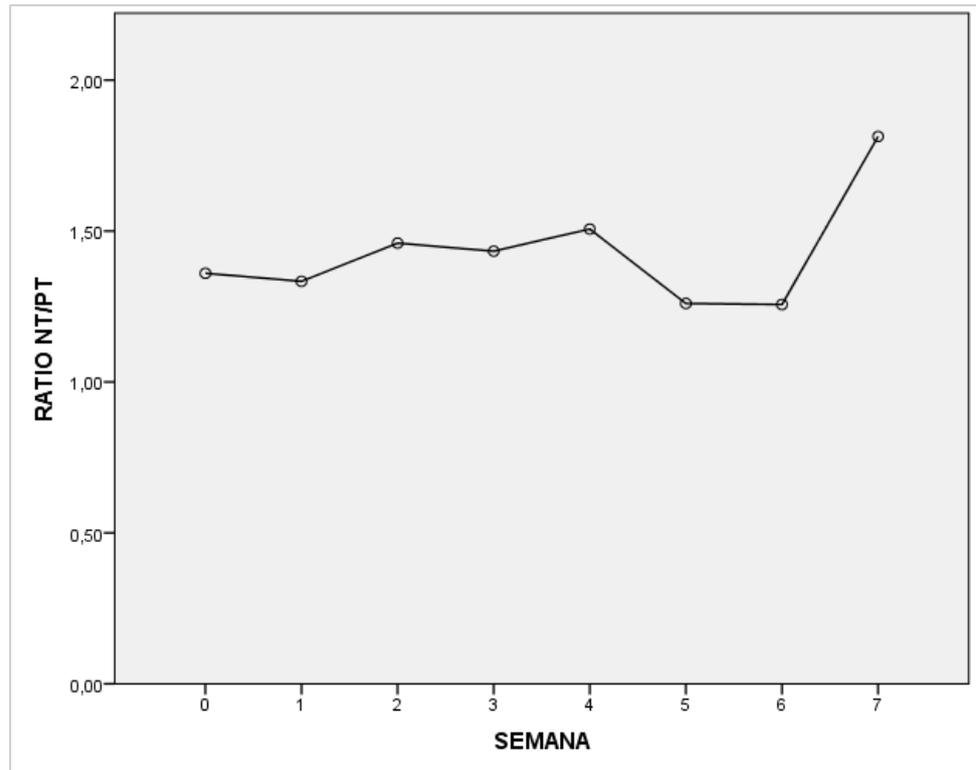


Figura 22. Curva de valores de los ratios de NT/PT en un periodo de las 7 semanas para el tratamiento 1.

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28. Análisis de la varianza del ratio NT/PT del tratamiento 2 según la variación entre las semanas.

| ANOVA | | | | | |
|--------------|-------------------|----|------------------|--------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | ,183 | 7 | ,026 | 73,867 | ,000 |
| Intra-grupos | ,006 | 16 | ,000 | | |
| Total | ,189 | 23 | | | |

Fuente: elaboración propia.

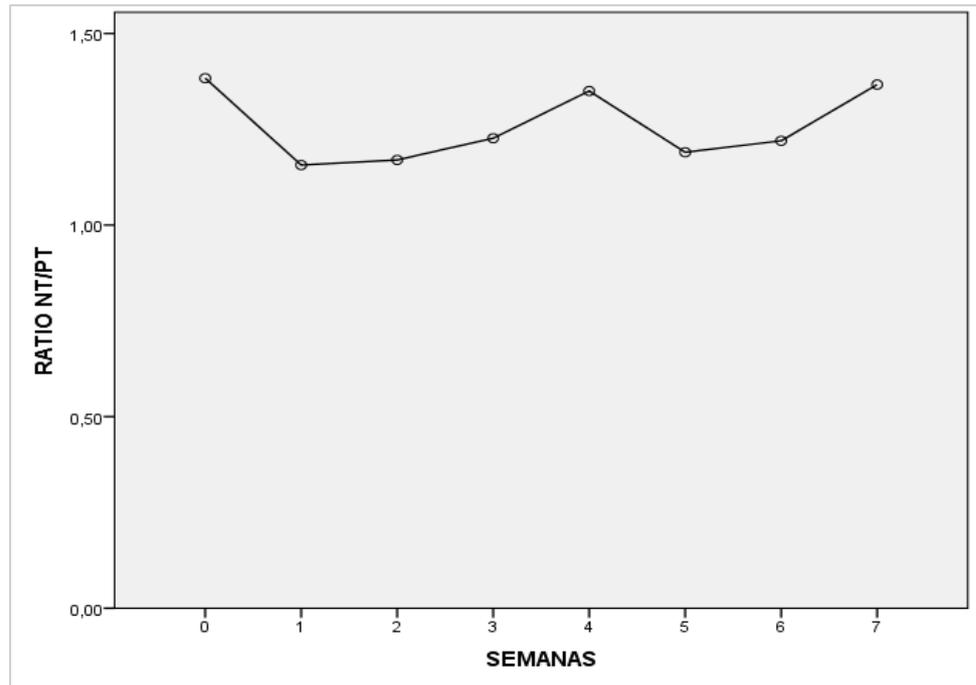


Figura 23. Curva de valores de los ratios de NT/PT en un periodo de las 7 semanas para el tratamiento 2.

Fuente: elaboración propia.

4.2. Análisis de la información

Los resultados del control o testigo de los parámetros que se analizaron en la muestra de agua de los efluentes de curtiembres fueron comparados con los Límites Máximos Permisibles (ver tabla 29).

Tabla 29. Comparación de los resultados iniciales del control con los LMP.

| REP. | RESULTADOS CONTROL | UNIDAD | LMP AGUA | INTERPRETACIÓN | |
|------|--------------------|--------|--------------|----------------|--------|
| 1 | Cromo total | 20,07 | mg/L | 2,5 | Excede |
| | pH | 9,17 | Unidad de pH | 5,0-8,5 | Excede |
| 2 | Cromo total | 20,0 | UNT | 2,5 | Excede |
| | pH | 9,17 | Unidad de pH | 5,0-8,5 | Excede |
| 3 | Como total | 20,07 | mg/L | 2,5 | Excede |

| | | | | | |
|--|-----------|------|---------------------|---------|---------------|
| | pH | 9,17 | Unidad de pH | 5,0-8,5 | Excede |
|--|-----------|------|---------------------|---------|---------------|

Fuente: elaboración propia en base a lo propuesto por el ECA para agua D.S. 003-2002-PRODUCE.

4.3. Prueba de hipótesis

En la investigación presentada, se realizó la inferencia estadística con la ayuda del programa SPSS versión 2019, a través del método ANOVA (análisis de varianza).

4.3.1. Remoción de cromo total

Los resultados obtenidos a través de ANOVA para el parámetro cromo total (tabla 30) muestran que existe una influencia de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en la remoción de cromo total presente en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño. A través de la prueba ANOVA se puede determinar si las medias de los Tratamientos son iguales o al menos una es diferente a las de las demás, con ello se logra demostrar la influencia de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en los parámetros analizados, como se muestra en las tablas a continuación.

Hipótesis general:

- $H_0: \mu_{TC} = \mu_{T1} = \mu_{T2}$.
- H_a : al menos una de las medias es diferente de las demás.

Si el Sig. > 0.05, se acepta H_0 , si es ≤ 0.05 se rechaza H_0 .

Tabla 30. Resultados de ANOVA para cromo total.

| ANOVA de un factor | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|----------------------|------|
| Cromo total | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 252,440 | 2 | 126,220 | $\frac{23}{715,622}$ | ,000 |

| | | | |
|--------------|---------|---|------|
| Intra-grupos | ,032 | 6 | ,005 |
| Total | 252,472 | 8 | |

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, siendo la significancia bilateral (p-valor) = 0,00 menor a la significancia = 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se puede afirmar que por lo menos una de las medias de los tratamientos es diferente a las demás, logrando así demostrar que la aplicación de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) presenta influencia en este parámetro, aceptándose la hipótesis alterna que afirma que la aplicación de la *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) actúa como biosorvente en la reducción de concentración de cromo total en el tratamiento de efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.

Tabla 31. Resultados de Duncan para cromo total.

| CROMO TOTAL | | | | |
|-------------|---|------------------------------|---------|---------|
| DUNCAN | | | | |
| Tratamiento | N | Subconjunto para alfa = 0,05 | | |
| | | G1 | G2 | G3 |
| 1 | 3 | 7,8667 | | |
| 2 | 3 | | 10,1567 | |
| 0 | 3 | | | 20,0700 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Fuente: elaboración propia.

En la prueba de Duncan (tabla 31), los grupos 1, 2 y 3 indican que los tratamientos son significativamente diferentes, esto con un nivel de confianza del 95 %.

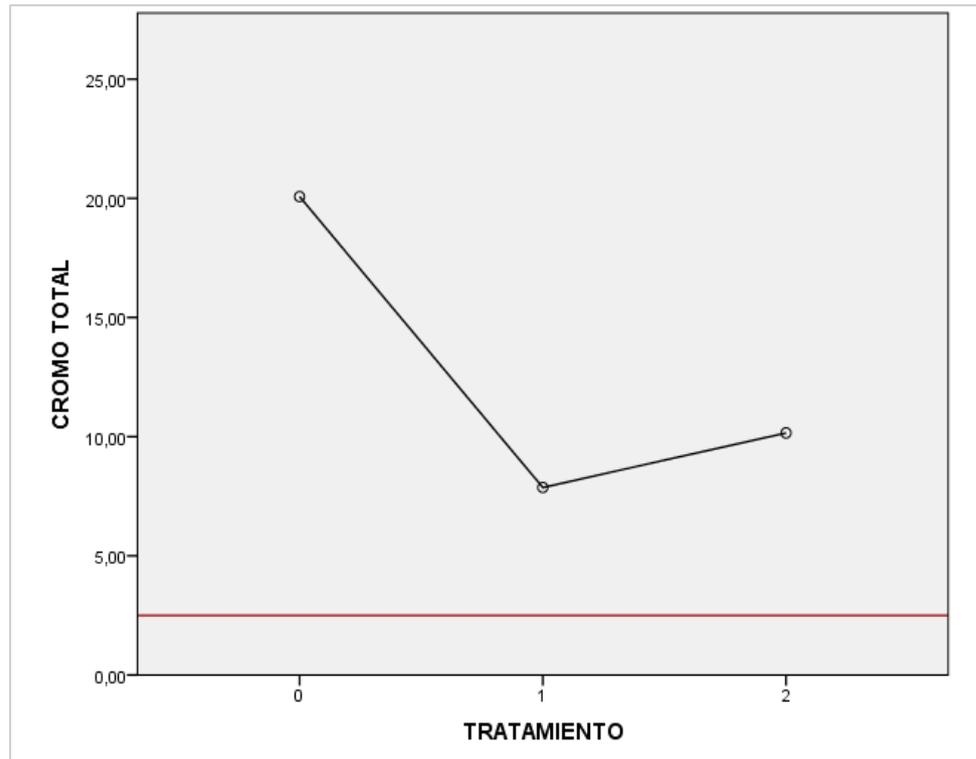


Figura 24. Medias de cromo total por tratamiento.

Fuente: elaboración propia.

En la comparación de medias de los tratamientos (figura 23) se muestra una gran reducción de concentración de cromo total en los tratamientos donde se aplicaron las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) respecto al grupo de control, así también el tratamiento 1 muestra una mayor reducción que el tratamiento 2. Asimismo, se observa una gran aproximación del tratamiento 1 a la línea que delimita el LMP, comprobando la efectividad de reducción de cromo total.

Hipótesis específicas:

- I. La cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño tiene relación directa con la cantidad de inóculo inicial aplicado de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).

Los resultados obtenidos de ANOVA para la remoción de cromo total respecto a la cantidad de inóculo inicial (tabla 32), indican la relación

de la aplicación de distintas cantidades de inóculo inicial de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en la extracción de cromo total de los efluentes de curtiembres en el distrito de San Pedro de Saño; a través de la prueba de ANOVA podemos determinar si las medias de los tratamientos son iguales o al menos una es diferente a las demás, con ello demostrar la diferencia de resultados con la aplicación de diferentes cantidades de inóculos iniciales (T1 y T2), como se demuestra a continuación:

- Hipótesis específica N° 01:

$$H_0: \mu_{TC} = \mu_{T1} = \mu_{T2}.$$

H_a : al menos una de las medias es diferente de las demás.

Si el Sig. > 0.05, se acepta H_0 , si es ≤ 0.05 se rechaza H_0 .

Tabla 32. Resultados de ANOVA para la relación inóculo - cantidad de cromo total extraído.

| ANOVA | | | | | |
|--------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 7,866 | 1 | 7,866 | 985,322 | ,000 |
| Intra-grupos | ,032 | 4 | ,008 | | |
| Total | 7,898 | 5 | | | |

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, siendo la significancia bilateral (p-valor) = 0,00 menor a la significancia = 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se afirma que por lo menos una de las medias de los tratamientos es diferente a las demás, demostrando que la aplicación de distinta cantidad de inóculo inicial presenta influencia a la hora de extraer cantidades distintas de cromo total de los efluentes de curtiembres, por tanto, se acepta la hipótesis alterna que menciona que la aplicación de distintas cantidades de inóculo inicial de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas

filamentosas) tiene relación directa en la cantidad de cromo total extraído, en los tratamientos de las aguas de efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.

Tabla 33. Resultados de Duncan para la relación inóculo inicial - cromo total.

| Tratamiento | N | Subconjunto para alfa = 0,05 | | |
|-------------|---|------------------------------|---------|---------|
| | | G1 | G2 | G3 |
| 1 | 3 | 7,8667 | | |
| 2 | 3 | | 10,1567 | |
| 0 | 3 | | | 20,0700 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Fuente: elaboración propia.

En la prueba de Duncan (tabla 33), los tres grupos indican que los tratamientos 1 y 2 son significativamente diferentes entre sí, con un nivel de confianza del 95 %.

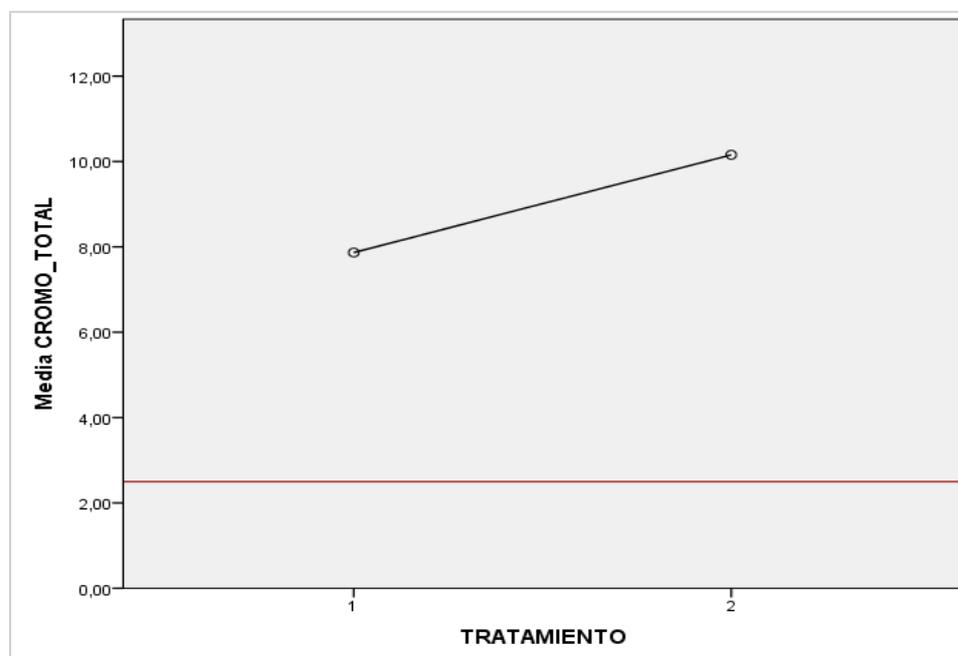


Figura 25. Comparación de medias de la concentración de cromo total en relación a la cantidad de inóculo inicial.

Fuente: elaboración propia.

En la comparación de medias de los tratamientos (T1 = 58,3 mg/L y T2 = 29,15 mg/L), se muestra una reducción distinta en la concentración de cromo total en los tratamientos donde se aplicó inóculo inicial de clorofilas filamentosas en distinta medida o cantidad, respecto al control, así se puede evidenciar que el tratamiento 2 (29,15 mg/L) presenta una menor disminución de la concentración de cromo total, en cuanto al tratamiento 1 (58,3 mg/L), éste presenta una disminución mucho mayor en la concentración de cromo total, llegando a tener una mayor aproximación a la cantidad establecida por la normativa nacional.

- II. La variación del pH influye en la cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).

Los resultados obtenidos de ANOVA para el parámetro pH (tabla 34), indican que existe influencia en la cantidad de cromo total extraído por la variación del pH tras la aplicación de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en el tratamiento de las aguas de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño. A través de la prueba ANOVA podemos determinar si las medias de los tratamientos son iguales o al menos una es diferente a las demás, con ello lograr demostrar la influencia del bioadsorbente natural en los parámetros analizados, como se muestra a continuación:

- Hipótesis específica N° 02:

$$H_0: \mu_{TC} = \mu_{T1} = \mu_{T2}.$$

H_a : al menos una de las medias es diferente de las demás.

Si el Sig. > 0.05, se acepta H_0 , si es ≤ 0.05 se rechaza H_0 .

Tabla 34. Resultados de ANOVA para la relación pH - cromo total extraído.

| ANOVA | | | | | |
|---------------------------|-------------------|----|------------------|---------|------|
| Relación pH - cromo total | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 3,562 | 2 | 1,781 | 797,557 | ,000 |
| Intra-grupos | ,013 | 6 | ,002 | | |
| Total | 3,576 | 8 | | | |

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, siendo la significancia (p-valor) = 0,00 siendo menor a la significancia = 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se afirma que por lo menos una de las medias de los tratamientos es diferente a las demás, demostrando que la variación del pH presenta influencia en la extracción de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño. Entonces, se acepta la hipótesis alterna que menciona que la concentración de cromo total varía con el valor de pH, en el tratamiento del agua de efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.

Tabla 35. Resultados de Duncan para pH.

| Tratamiento | N | Subconjunto para alfa = 0,05 | | |
|-------------|---|------------------------------|--------|--------|
| | | G1 | G2 | G3 |
| 1 | 3 | 7,7333 | | |
| 2 | 3 | | 7,9333 | |
| 0 | 3 | | | 9,1567 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Fuente: elaboración propia.

En la prueba de Duncan (tabla 35), los tres grupos son distintos en todos los tratamientos, con un nivel de confianza del 95 %.

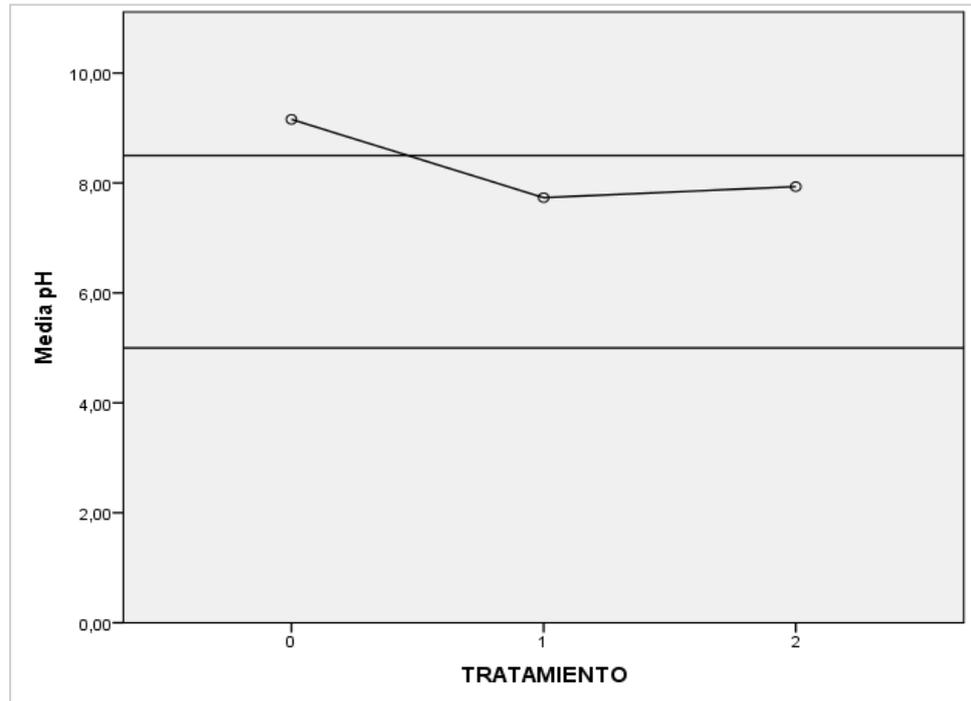


Figura 26. Comparación de medias de pH.

Fuente: elaboración propia.

En la comparación de medias de los tratamientos (figura 25) se muestra una reducción en los tratamientos T1 y T2, mientras que, el tratamiento de control, Tc, no presenta cambio alguno visible respecto a la variación de en la concentración de cromo total. Asimismo, se observa que los valores de pH obtenidos se encuentran dentro del rango establecido en la normativa nacional.

III. La biomasa de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) varía significativamente durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.

Los resultados obtenidos de ANOVA para el parámetro biomasa algal (inóculo inicial) (tabla 36), indican que existe relación significativa con la cantidad de cromo total extraído; se presenta una variación de la

masa algal tras los tratamientos de las aguas de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño. A través de la prueba ANOVA podemos determinar si las medias de los tratamientos son iguales o al menos una es diferente a las demás, con ello lograr demostrar la influencia del bioadsorbente natural en los parámetros analizados, como se muestra a continuación:

- Hipótesis específica N° 03:

$H_0: \mu_{TC} = \mu_{T1} = \mu_{T2}$.

H_a : al menos una de las medias es diferente de las demás.

Si el Sig. > 0.05, se acepta H_0 , si es ≤ 0.05 se rechaza H_0 .

Tabla 36. Resultados de ANOVA para la variación de la masa algal.

| ANOVA de un factor | | | | | |
|-------------------------------|-------------------|----|------------------|----------------------|------|
| Variación de la biomasa algal | | | | | |
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 1 846,962 | 1 | 1 846,962 | $\frac{42}{969,263}$ | ,000 |
| Intra-grupos | ,172 | 4 | ,043 | | |
| Total | 1 847,134 | 5 | | | |

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, siendo la significancia bilateral (p-valor) = 0,00 menor a la significancia = 0,05, se rechaza la hipótesis nula y se afirma que por lo menos una de las medias de la biomasa algal es diferente a las demás, demostrando que la variación de la masa algal varía significativamente durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño, entonces, se acepta la hipótesis alterna que menciona que la variación de la masa algal varía significativamente durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño. Para este caso no se puede realizar la prueba Duncan puesto que para este

parámetro solo se tuvieron dos grupos o tratamientos, ya que no se consideró el tratamiento de control ya que no se le añadió biomasa de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).

- IV. La variación de la concentración de fósforo total y nitrógeno total influye en la cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).

Los resultados obtenidos de ANOVA para los parámetros nitrógeno total y fósforo total (tablas 37 y 38) respectivamente, indican que existe influencia en la cantidad de cromo total extraído por la variación del fósforo total y nitrógeno total tras la aplicación de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en el tratamiento de las aguas de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño. A través de la prueba ANOVA, podemos determinar si las medias de los tratamientos son iguales o al menos una es diferente a las demás, con ello lograr demostrar la influencia de las clorofitas filamentosas en los parámetros analizados, como se muestra a continuación:

- Hipótesis específica N° 03:

$$H_0: \mu_{TC} = \mu_{T1} = \mu_{T2}$$

H_a : al menos una de las medias es diferente de las demás.

Si el Sig. > 0.05, se acepta H_0 , si es ≤ 0.05 se rechaza H_0 .

Tabla 37. Resultados de ANOVA para la relación inóculo - reducción de nitrógeno total.

| ANOVA de un factor | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|----------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 143,793 | 2 | 71,896 | 4305,168 | ,000 |
| Intra-grupos | 0,100 | 6 | ,017 | | |

| | | |
|-------|---------|---|
| Total | 143,893 | 8 |
|-------|---------|---|

Fuente: elaboración propia.

Tabla 38. Resultados de ANOVA para la relación inóculo - reducción de fósforo total.

| ANOVA de un factor | | | | | |
|--------------------|-------------------|----|------------------|----------|------|
| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
| Inter-grupos | 61,394 | 2 | 30,697 | 2892,906 | ,000 |
| Intra-grupos | 0,640 | 6 | ,011 | | |
| Total | 61,458 | 8 | | | |

Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, siendo la significancia bilateral (p-valor) = 0.00 menor a la significancia = 0.05, esto en el caso del nitrógeno total y fósforo total, se rechaza la hipótesis nula y se afirma que por lo menos una de las medias de los tratamientos es diferente a las demás, demostrando que existe influencia en la cantidad de cromo total extraído por la variación del fósforo total y nitrógeno total tras la aplicación de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en el tratamiento de las aguas de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño, entonces, se acepta la hipótesis alterna que menciona que existe influencia en la cantidad de cromo total extraído por la variación del fósforo total y nitrógeno total tras la aplicación de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en el tratamiento de las aguas de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.

Tabla 39. Resultados de Duncan para relación inóculo - nitrógeno total.

| Inóculo - nitrógeno total | | | | |
|---------------------------|---|------------------------------|----|----|
| Duncan | | | | |
| Tratamiento | N | Subconjunto para alfa = 0,05 | | |
| | | G1 | G2 | G3 |

| | | | | |
|------|---|--------|--------|---------|
| 1 | 3 | 3,7700 | | |
| 2 | 3 | | 5,3000 | |
| 0 | 3 | | | 12,9100 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Fuente: elaboración propia.

En la prueba de Duncan (tabla 39), los tres grupos indican que los tratamientos (T1, T2) son significativamente diferentes entre sí, con un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 40. Resultados de Duncan para relación inóculo - fósforo total.

| Inóculo - fósforo total | | | | |
|--------------------------------|----------|-------------------------------------|-----------|-----------|
| Duncan | | | | |
| Tratamiento | N | Subconjunto para alfa = 0,05 | | |
| | | G1 | G2 | G3 |
| 1 | 3 | 2,0800 | | |
| 2 | 3 | | 3,8800 | |
| 0 | 3 | | | 8,2967 |
| Sig. | | 1,000 | 1,000 | 1,000 |

Fuente: elaboración propia.

En la prueba de Duncan (tabla 40), los tres grupos indican que los tratamientos (T1, T2) son significativamente diferentes entre sí, con un nivel de confianza del 95 %.

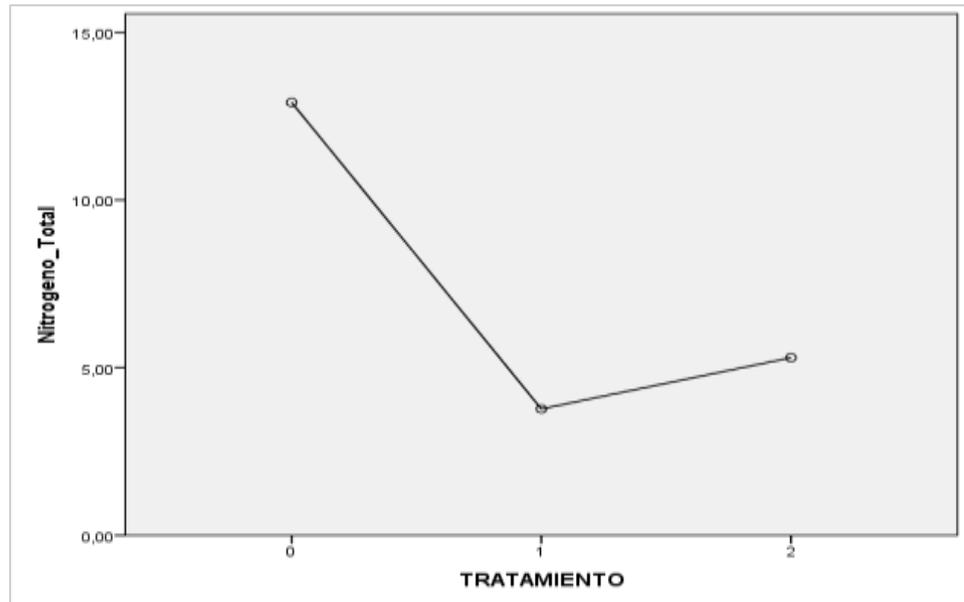


Figura 27. Comparación entre medias de nitrógeno total final.

Fuente: elaboración propia.

En la comparación de medias de los tratamientos (figura 27) se muestra una reducción en los tratamientos T1 y T2, mientras que en tratamiento de control (TC*) no presenta cambio alguno visible respecto a la variación de en la concentración de cromo total. Asimismo, se observa que los valores de nitrógeno total obtenido se encuentran dentro del rango establecido en la normativa nacional.

4.3.2. Contrastación de la hipótesis general

- H_0 : las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) no tienen efecto significativo en la remoción de cromo total en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.
- H_a : las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) tienen efecto significativo en la remoción de cromo total en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.

La validez o rechazo de nuestra hipótesis general se determinó a través de los resultados descritos en las tablas y figuras anteriormente mencionadas y obtenidas tras validación estadística, que demuestran una reducción notable en los parámetros de cromo total expresado en mg/L y pH,

pudiendo así demostrar la influencia positiva de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) para reducir la concentración de cromo total del agua, así como también del valor del pH.

Asimismo, los valores obtenidos para cada parámetro se compararon con los Límites Máximo Permisibles (LMP) del sector industrial demostrándose la no excedencia en el parámetro del pH y una gran aproximación del parámetro cromo total, esto en las tres repeticiones hechas, por tal motivo se concluye que hay suficiente evidencia para inferir que la hipótesis alterna es falsa, por lo que aceptamos la hipótesis nula, siendo ésta: las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) son efectivas para remover el cromo total presente en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.

Tabla 41. Resultados de contrastación.

| PARÁMETROS | TRATAMIENTO CONTROL | TRATAMIENTO IDEAL | LMP AGUA | DECISIÓN |
|----------------------------|---------------------|-------------------|-----------|-----------|
| pH | 9,16 | 7,73 | 5,0 - 8,5 | No Excede |
| Metal pesado (cromo total) | 20,07 mg/L | 7,87 mg/L | 2,5 mg/L | Excede |

Fuente: elaboración propia.

4.4. Discusión de resultados

La aplicación de la biotecnología con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en la remoción de cromo total de los efluentes de curtiembres, representa una gran novedad en el Perú. Estas algas filamentosas generan masas de filamentos verdosos en ecosistemas acuáticos, se encuentran comúnmente en las lagunas de Junín, según Montoya (35). La morfología de los filamentos aisladas (provenientes de la laguna Ñahuimpuquio) es similar a la reportada en la literatura científica, no obstante, se debe realizar una determinación taxonómica más rigurosa a nivel de especie desde un enfoque clásico y molecular.

Los resultados de la evaluación de la capacidad biorremediadora con *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) sobre los efluentes de curtiembres ubicados en el distrito de San Pedro de Saño, muestra que la biomasa de este organismo es tolerante a las concentraciones de cromo (20,07 mg/L), además esto se evidencia la alta capacidad de remoción de este metal (60,80 %). Dicho comportamiento se ha registrado ampliamente en distintas especies de biológicos como el alga que llega a acumular el metal en función a su adaptabilidad y disponibilidad.

En cuanto a la investigación de Berly (36), se obtuvo como resultado una remoción de 83,2 % de este metal con una aplicación de 1,023 g/100mL de inóculo inicial del hongo filamentosos, para luego emplear la adsorción con carbón activado (10 mg por 10 mL de la muestra), mejorando el rendimiento de extracción hasta llegar a un 97,1 % de una concentración inicial de 435 mg/L.

Para el caso de la investigación de Lagos (37), luego de realizar pruebas empleando muestras de agua de efluentes de una curtiembre que tenía una concentración inicial de cromo total promedio de 2 462 ppm, obtuvo como resultado final, luego del tratamiento de estos efluentes con borra de café y habiendo determinado que el tamaño de grano de café no tiene un efecto considerable en su capacidad de adsorción, una concentración de 158 ppm equivalente a un 94,1 % de remoción del metal antes mencionado.

El estudio de Pérez (4) sobre el efecto biorremediador de las clorofitas filamentosas para este caso plomo asociado a la variación de la biomasa algal, dio como resultado un mayor porcentaje de remoción de metales pesados (para este caso plomo) con una concentración inicial de 0,86 mg/L, donde presentó una mayor efectividad en estas aguas por la baja concentración de este metal, llegando a remover hasta un 91,8 % en las pruebas, empleando un inóculo de 53,6 mg/L del alga filamentosas; en cuanto al estudio de Suganya *et al.* (38), sobre la acumulación de Pb, Ni y Cr, para la variación de la biomasa algal inicial presentó un aumento de 60,8 %, 60,15 % y 50,55 % en la aplicación y acción del plomo, níquel y cromo respectivamente, mientras que en la presente investigación la biomasa se incrementó en 51,33 % con respecto a la biomasa inicial en ensayos realizados con el efluente conteniendo cromo. El incremento mostrado en la biomasa es por lo general resultado del uso de nutrientes como el nitrógeno y los microelementos que ayudan a mantener el metabolismo primario aun en presencia de metales. En esta investigación no se agregó nutriente alguno, pero es muy probable que el efluente

de la curtiembre ubicado en el distrito de San Pedro de Saño haya contenido trazas de nutrientes que permitiera el incremento de la biomasa algal.

Para finalizar, diversos estudios indican que el pH es un parámetro efectivo en la captación de iones de metal pesado en algas. Adelaja *et al.* (39) realizaron un estudio para evaluar el pH en la captación de plomo y cadmio, empleando para tal efecto diferentes valores de pH con rangos de 1,0 a 8,0, encontrando una alta significancia en la absorción del plomo y cadmio principalmente en un rango de 4,5 a 6,5. En esta investigación, los valores de pH que se registraron (7,9 a 9,2) mostraron una alta correlación con respecto a la remoción de cromo total hecha por las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas), mostrando que a valores de pH menores, la remoción de cromo total se incrementa. Estos resultados reflejan una alta influencia del pH en los procesos biorremediadores de cromo total en soluciones metálicas. Es de conocimiento que el pH afecta la solubilidad de los iones metálicos, así también la disponibilidad de los grupos funcionales presentes en la pared celular de la biomasa principalmente de algas.

De igual forma, se ha observado una reducción en el ratio NT/PT, cuyos valores iniciales disminuyeron de 1,36 +/- 0,05 hasta 1,26 +/- 0,13, esto debido a la acción metabólica de las clorofitas filamentosas. El factor más importante que influyó en la remoción de dichos nutrientes fue la concentración inicial de éstos, por lo que los resultados tan solo pueden ser comparables con investigaciones que tengan concentraciones iniciales de nitrógeno total y fósforo total similares a éste. Las concentraciones finales de nitrógeno total (3,77 mg/L) no superó los Límites Máximos Permisibles en el Perú.

CONCLUSIONES

1. Las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) demostraron tener una alta tolerancia al contacto con el cromo total, llegando a tener una eficiencia de remoción de hasta un 60,79 % de este metal en estudio en el tratamiento 1, considerando un periodo de 7 semanas, además presentaron una alta capacidad de reducción de nitrógeno y fósforo total.
2. El porcentaje más eficiente en la reducción de cromo total se obtuvo con el tratamiento 1 donde se aplicó una dosis de 58,3 g de inóculo de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en 1 litro de agua provenientes de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño, llegando a reducir un 60,79 % del metal pesado antes mencionado, a comparación del tratamiento 2 donde se aplicó una dosis de 29,15 g de inóculo de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) que al igual que en el tratamiento 1 se aplicó 1 litro de agua proveniente de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño, aunque en ninguno de los casos se alcanzó el valor idóneo para no exceder los Límites Máximos Permisibles (LMP) establecido por Ley, evidenciando que a mayor cantidad de inóculo aplicado a los efluentes se llega a extraer mayor cantidad de cromo total.
3. En la presente investigación, los valores que se llegaron a registrar para el caso del pH a lo largo del experimento demuestran que existe una alta afinidad con respecto a la remoción de cromo total hecha por *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas), llegando a demostrar que a valores menores de pH se incrementa la remoción del metal cromo total, teniendo una relación directa entre pH-cantidad del metal extraído.
4. En el tratamiento 1, en el cual se le añadió 58,3 g de inóculo de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en 1 litro de efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño, la masa algal aumento hasta alcanzar 88,3 g que es equivalente a 51,8 % más que el inóculo inicial; respecto del tratamiento 2, se añadió 29,15 g inóculo de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en 1 litro de efluentes de curtiembres, la masa algal aumentó hasta alcanzar 53,1 g que es equivalente a 82,26 % respecto al inóculo inicial, llegando a demostrar que a mayor inóculo la cantidad de la masa algal es mayor.
5. Los resultados evidencian que a mayor cantidad de inóculo inicial, mayor es la reducción de nitrógeno total y fósforo total, esto basado en que el tratamiento 1, en el cual se aplicó mayor cantidad de inóculo de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas), presentó un mayor porcentaje de reducción de los parámetros antes mencionados.

RECOMENDACIONES

1. Para futuras investigaciones, es muy recomendable evaluar y probar la remoción de cromo total no solo con algas filamentosas, sino que también con otros tipos de algas de la región Junín, ya que existe una gran variedad de algas en las lagunas y lagos; éstas cumplen la función de purificar las aguas contaminadas con residuos minerales.
2. Para investigaciones futuras se recomienda evaluar las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) en la remoción de otros metales pesados en cuerpos de agua contaminados.
3. Para futuras investigaciones se ve necesario evaluar el efecto de los tratamientos con biomasa algal en algunos otros parámetros fisicoquímicos, tales como son DBO, DQO, conductividad eléctrica, salinidad, entre otros; para así tener más a detalle el efecto remediador de este tipo de biomasa en la extracción de metales pesados en cuerpos de agua.
4. Para reducir los márgenes de error durante la etapa de evaluación de los resultados obtenidos a lo largo de la experimentación, las mediciones de los distintos parámetros que se están estudiando se deben dar en periodos de tiempo más cortos.
5. Teniendo como antecedente esta investigación es altamente recomendable para futuras investigaciones aplicar mayor concentración de inóculo inicial de *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas) para alcanzar una concentración de metales pesados que no exceda a los valores establecidos a nivel normativo, según sea la proveniencia de las aguas que se estudien.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) CARREAZO, D., GARCÍA, L., CORREDOR, J. y SASTOQUE, J. Efectos en la salud asociados a la exposición ambiental a productos químicos generados en la industria del curtido en una población del barrio San Benito y su área de influencia durante el 2017. Trabajo de grado. Bogotá: Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales, 2017.
- (2) ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN [en línea]. Comité de problemas de productos básicos. Comercio de cueros y pieles y medio ambiente, 1998. Disponible en: <https://www.fao.org/3/Y1008s/Y1008s.htm>
- (3) SYED, M., SALEEM, T., ASIF, M., JAVED, F., BILAL, M. y SADIQ, K. Effects of leather industry on health and recommendations for improving the situation in Pakistan. Archives of Environmental & Occupational Health, 2010, 65(3). pp. 163-172. DOI 10.1080/19338241003730895.
- (4) PÉREZ, Y. Efecto biorremediador de las clorofitas filamentosas en el tratamiento de aguas contaminadas por metales pesados provenientes del río Chillón - Callao. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Lima: Universidad Católica Sedes Sapientiae, 2017.
- (5) MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN [en línea]. Aprueban Límites Máximos Permisibles y Valores Referenciales para las actividades industriales de cemento, cerveza, curtiembre y papel, 2002 [fecha de consulta: 10 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-limites-maximos-permisibles-valores-referenciales-las>
- (6) REY DE CASTRO, A. Recuperación de cromo (III) de efluentes de curtido para el control ambiental y optimización del proceso productivo. Tesis (Título de Licenciado en Química). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2014.
- (7) DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES [en línea]. Occupational Exposure to Hexavalent Chromium, 2013 [fecha de consulta: 10 de febrero de 2021]. Disponible en: https://www.cdc.gov/niosh/docs/2013-128/pdfs/2013_128.pdf
- (8) CUIZANO, N. y NAVARRO, A. Biosorción de metales pesados por algas marinas: posible solución a la contaminación a bajas concentraciones. Real Sociedad Española de Química, 2008. pp. 120-125.
- (9) CASTAÑEDA, L. y CASTILLO, J. Influencia de la iluminancia, pH y tiempo en la remoción de sulfuros, sólidos suspendidos, demanda química y biológica de oxígeno de efluentes de ribera en curtiembres utilizando microalgas en un fotobiorreactor a

- escala laboratorio. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2016.
- (10) MEJÍA, G. Aproximación teórica a la biosorción de metales pesados por medio de microorganismos. CES Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2006, 1(1). pp. 77-99.
 - (11) CHÁVEZ, A. Descripción de la nocividad del cromo proveniente de la industria curtiembre y de las posibles formas de removerlo. Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 2008, 9(8). pp. 41-50.
 - (12) OSPINA-ÁLVAREZ, N., PEÑA, E. y BENÍTEZ, R. Efecto de la salinidad en la capacidad de bioacumulación de plomo en el alga verde *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey (Chlorophyceae, Cladophorales). Actualidades Biológicas, 2017, 28(84). pp. 17-25.
 - (13) DUARTE, E., OLIVERO, J. y JARAMILLO, B. Remoción de cromo de aguas residuales de curtiembres usando quitosano obtenido de desechos de camarón. Scientia Et Technica, 2009, XV(42). pp. 290-295.
 - (14) MORENO, C. y TÉLLEZ, E. Evaluación del potencial de biosorción de cromo mediante microalgas nativas aisladas del río Tunjuelito en Bogotá D.C. para descontaminación por cromo hexavalente. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Bogotá: Universidad Nacional Abierta y a Distancia, 2020.
 - (15) HIGUERA, O., ESCALANTE, H. y LAVERDE, D. Reducción del cromo contenido en efluentes líquidos de la industria del cuero, mediante un proceso adsorción - desorción con algas marinas. Scientia Et Technica, 2005, XI(29). pp. 115-120.
 - (16) ARREAGA, L. y MAYA, S. Optimización del proceso de remoción del ion cromo en un medio acuoso utilizando el alga *Codium santamariae*. Trabajo de Titulación (Grado de Químico y Farmacéutico). Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2019.
 - (17) REYES, I. Adsorción de cobre, hierro y mercurio empleando *Chondracanthus chamissoi*. Tesis (Doctor en Medio Ambiente). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2014.
 - (18) BARTRA, S. Evaluación de la remoción de arsénico utilizando la microalga *Chlorella vulagris* en aguas superficiales del río Uchusuma, Tacna - Perú. Ingeniería Investiga, 2021, 3(1).
 - (19) ESPINOZA, V. Eficiencia de bioacumulación de plomo por *Spyrogira sp.* a escala de laboratorio en la Universidad Nacional Agraria la Selva. Tesis (Título de Ingeniero Ambiental). Tingo María: Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2014.

- (20) CHUQUILÍN, R. Estudio de la biosorción de Cd (II) Y Pb (II), usando como adsorbente el Nostoc (*Nostoc sp.*). Tesis (Magíster en Ingeniería Ambiental). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2015.
- (21) DRECKMANN, K., SANTÍES, A. y NUÑEZ, M. [en línea]. Manual de prácticas de Laboratorio de Biología de Algas. *División de Ciencias Biológicas y de la Salud*, 2013 [fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: <http://publicacionescbs.izt.uam.mx/DOCS/biologiadealgas.pdf>
- (22) CUBAS, P. [en línea]. *Chlorophyta* (algas verdes), 2008 [fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: http://botit.botany.wisc.edu/courses/botany_130-spring-07/Diversity/Movies/Chlamydomonas.html
- (23) GARZÓN, J., RODRÍGUEZ-MIRANDA, J. y HERNÁNDEZ-GÓMEZ, C. Aporte de la biorremediación para solucionar problemas de contaminación y su relación con el desarrollo sostenible Contribution of bioremediation to solve pollution problems and its relationship with sustainable development. *Universidad y Salud*, 2017, 19(2). pp. 309-318.
- (24) SPAIN, A. y ALM, E. Implications of microbial heavy metal tolerance in the environment. *Reviews in Undergraduate Research*, 2003, 2. pp. 1-6.
- (25) CORTINA, J. [en línea]. Evaluación de las tecnologías de tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con cromo, *Tecnologías de tratamiento in-situ de aguas subterráneas*, 2006 [fecha de consulta: 28 de abril de 2021]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/3153>
- (26) CAÑIZARES-VILLANUEVA, R. Biosorción de metales pesados mediante el uso de biomasa microbiana. *Rev. Latinoamericana de Microbiología*, 2000, 42. pp. 131-143.
- (27) HERNÁNDEZ-SAMPIERI, R., FERNÁNDEZ-COLLADO, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la investigación*. México: McGraw Hill, 2014. ISBN: 9781456223960.
- (28) RAMÍREZ, A. [en línea]. Metodología de la investigación científica, 2012 [fecha de consulta: 21 de junio de 2021]. Disponible en: https://www.academia.edu/6829832/METODOLOGÍA_DE_LA_INVESTIGACIÓN_CIENTÍFICA_ALBERTO_RAMIREZ_PONTIFICIA_UNIVERSIDAD_JAVERIANA_FACULTAD_DE_ESTUDIOS_AMBIENTALES_Y_RURALES_ENFOQUE_PRÁCTICO_CÓMO_FORMULAR_PROYECTOS_DE_INVESTIGACIÓN_Y_TRABAJOS_DE_GRADO_III_ESTADÍSTICAS_DE_ANÁLISIS
- (29) CEGARRA, J. [en línea]. Metodología de la investigación científica y tecnológica, 2004 [fecha de consulta: 21 de junio de 2021]. Disponible en:

https://www.academia.edu/31681132/Metodología_de_la_investigación_científica_y_tecnológica

- (30) ARIAS, F. [en línea]. El proyecto de investigación: introducción a la metodología científica, 2012 [fecha de consulta: 3 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://universoabierto.org/2017/05/22/el-proyecto-de-investigacion-introduccion-a-la-metodologia-cientifica/>
- (31) AUTORIDAD NACIONAL DEL AGUA [en línea]. Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales, 2016 [fecha de consulta: 4 de febrero de 2021]. Disponible en: <https://www.ana.gob.pe/publicaciones/protocolo-nacional-para-el-monitoreo-de-la-calidad-de-los-recursos-hidricos-0>
- (32) DIRECCIÓN GENERAL DE SALUD AMBIENTAL. Muestreo de Efluentes y Cuerpos Receptores en el Marco de la Autorización Sanitaria de Vertimiento, 2006 [fecha de consulta: 5 de mayo de 2022]. Disponible en: www.digesa.minsa.gob.pe/pw_camisea/2006/informe_protocolo_monitoreo.pdf
- (33) PICK, F. y LEAN, D. The role of macronutrients (C, N, P) in controlling cyanobacterial dominance in temperate lakes. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, 2010. DOI 10.1080/00288330.1987.9516238.
- (34) WAYNE, D. *Bioestadística: base para el análisis de las ciencias de la salud*. Georgia: Limusa Wiley, 1991. ISBN 0471097535.
- (35) MONTOYA, H. Flora y ecología algal del ecosistema lagunar de Puerto Viejo, Departamento de Lima. *Magistri et Doctores*, 2006, 1(1).
- (36) BERLY, L. Tratamiento de efluentes de curtiembres utilizando hongos nativos filamentosos y carbón activado para la remoción de cromo total. Tesis (Título de Licenciado en Química). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2019.
- (37) LAGOS, L. Bioadsorción de cromo con borra de café en efluentes de una industria curtiembre local. Tesis (Título de Licenciado en Química). Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2016.
- (38) SUGANYA, S., KAYALVIZHI, K., SENTHIL KUMAR, P., SARAVANAN, A. y VINOTH KUMAR, V. Biosorption of Pb(II), Ni(II) and Cr(VI) ions from aqueous solution using *Rhizoclonium tortuosum*: extended application to nickel plating industrial wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 2016, 57(51). pp. 25114-25139.
- (39) ADELAJA, O., AMOO, I. y ADERIBIGBE, A. Biosorption of lead (II) ions from aqueous solution using *Moringa oleifera* pods. *Arch. Appl. Sci. Res*, 2011, 3(6). pp. 50-60.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.

| Problema de Investigación | Objetivos | Hipótesis | Variables e Indicadores | Metodología | Población y Muestra |
|--|---|---|--|--|---|
| <p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el efecto de las <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) en la biosorción de cromo total presente en los efluentes de curtiembres ubicados en el distrito de San Pedro de Saño?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la relación de la cantidad de inóculo inicial aplicado de <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) con la cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño? • ¿Cómo varía el pH durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño con <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas)? • ¿Cómo varía la biomasa de <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño? • ¿Cómo varía la concentración de fósforo total y nitrógeno Total en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño en la biosorción de cromo total con <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas)? | <p>Objetivo General:</p> <p>Evaluar la eficiencia de las <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) en la biosorción de cromo total presente en los efluentes de curtiembres ubicados en el distrito de San Pedro de Saño.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Identificar la relación de la cantidad de inóculo inicial aplicado de <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) con la cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño. • Evaluar la variación del pH durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño con <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas). • Evaluar la variación de la biomasa de <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño. • Evaluar la variación de la concentración de fósforo total y nitrógeno total en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño durante la biosorción de cromo total con <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas). | <p>Hipótesis general:</p> <p>Las <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) son efectivas para remover el cromo total presente en los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño.</p> <p>Hipótesis específicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño tiene relación directa con la cantidad de inóculo inicial aplicado de <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas). • La variación del pH influye en la cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño con <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas). • La biomasa de <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) varía significativamente durante la biosorción de cromo total de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño. • La variación de la concentración de fósforo total y nitrógeno total influye en la cantidad de cromo total extraído de los efluentes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño con <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas). | <p>Variable Independiente:</p> <p>Biomasa de <i>Rhizoclonium sp.</i> (clorofitas filamentosas) como biosorbente natural.</p> <p>Variable Dependiente:</p> <p>Muestra de efluentes provenientes de curtiembres del distrito de San Pedro de Saño, las cuales contienen alto concentración de cromo total.</p> | <p>Tipo de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El tipo de Investigación es experimental-aplicada, mientras que el nivel es correlacional, exploratorio y comparativo. <p>Diseño de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El diseño de la investigación es experimental puro, pues requerirá de la manipulación de la variable independiente para poder observar los cambios y efectos sobre la variable dependiente. | <p>Población:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Efluentes de curtiembres existentes en el distrito de San Pedro de Saño. <p>Muestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Muestra de efluentes de curtiembres para la experimentación (12 litros). <p>Técnicas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Observación • Recolección de Información primaria. • Aplicación de protocolos nacionales • Aplicación de metodologías preestablecidas. <p>Instrumentos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fichas de observación. • Instrumentos de Medición de laboratorio. • Cadena de custodia. • Formatos de llenado de datos de campo. |

Anexo 2. Registro semanal de las concentraciones (mg/L) de cromo total con la desviación estándar del grupo de control, tratamiento 1 y tratamiento 2.

| Semana | GRUPO CONTROL | | | | | GRUPO EXPERIMENTAL 1 (58,3 mg/L) | | | | | GRUPO EXPERIMENTAL 2 (29,15 mg/L) | | | | |
|--------|---------------|--------|--------|-------|---------------------|----------------------------------|--------|--------|-------|---------------------|-----------------------------------|--------|--------|-------|---------------------|
| | Rep. 1 | Rep. 2 | Rep. 3 | Media | Desviación Estándar | Rep. 1 | Rep. 2 | Rep. 3 | Media | Desviación Estándar | Rep. 1 | Rep. 2 | Rep. 3 | Media | Desviación Estándar |
| 0 | 20,07 | 20,07 | 20,07 | 20,07 | 0 | 20,07 | 20,07 | 20,07 | 20,07 | 0 | 20,07 | 20,07 | 20,07 | 20,07 | 0 |
| 1 | 20,07 | 20,05 | 20,07 | 20,06 | 0,01 | 17,9 | 17,8 | 17,8 | 17,83 | 0,05 | 18,7 | 18,9 | 18,8 | 18,8 | 0,1 |
| 2 | 20,06 | 20,05 | 20,06 | 20,06 | 0,01 | 16,5 | 16,5 | 16,3 | 16,43 | 0,09 | 16,5 | 16,8 | 16,7 | 16,67 | 0,15 |
| 3 | 20,07 | 20,07 | 20,06 | 20,07 | 0,01 | 14,5 | 14,7 | 14,9 | 14,7 | 0,16 | 15,4 | 15,3 | 15 | 15,23 | 0,21 |
| 4 | 20,08 | 20,06 | 20,07 | 20,07 | 0,01 | 11,6 | 11,9 | 12 | 11,83 | 0,17 | 14,7 | 14,9 | 15 | 14,87 | 0,15 |
| 5 | 20,08 | 20,08 | 20,08 | 20,08 | 0 | 10,3 | 10,3 | 10,3 | 10,3 | 0 | 13,4 | 13,4 | 13,5 | 13,43 | 0,06 |
| 6 | 20,07 | 20,06 | 20,06 | 20,06 | 0,01 | 8,9 | 8,8 | 8,9 | 8,87 | 0,05 | 11,9 | 11,9 | 11,9 | 11,9 | 0 |
| 7 | 20,07 | 20,07 | 20,07 | 20,07 | 0 | 7,8 | 7,8 | 8 | 7,87 | 0,09 | 10,1 | 10,2 | 10,2 | 10,17 | 0,06 |

Anexo 3. Límites Máximos Permisibles de efluentes para aguas superficiales de las actividades de cemento, cerveza, papel y curtiembre.

| PARÁMETROS | CEMENTO | | CERVEZA | | PAPEL | | CURTIEMBRE | |
|--------------------------------|---------|-------|---------|-------|---------|-------|------------|---------|
| | ENCURSO | NUEVA | ENCURSO | NUEVA | ENCURSO | NUEVA | ENCURSO | NUEVA |
| PH | 6-9 | 6-9 | 6-9 | 6-9 | 6-9 | 6-9 | 5,0-8,5 | 5,0-8,5 |
| Temperatura (°C) | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 | 35 |
| Sólidos Susp. Tot. (mg/l) | 50 | 30 | 50 | 30 | 100 | 30 | 50 | 30 |
| Aceites y Grasas (mg/l) | | | 5 | 3 | 20 | 10 | 25 | 20 |
| DBO ₅ (mg/l) | | | 50 | 30 | | 30 | 50 | 30 |
| DQO (mg/l) | | | 250 | 50 | | 50 | 250 | 50 |
| Sulfuro (mg/l) | | | | | | | 1 | 0,5 |
| Cromo VI (mg/l) | | | | | | | 0,3 | 0,2 |
| Cromo Total (mg/l) | | | | | | | 2,5 | 0,5 |
| Coliformes Fecales, NMP/100 ml | | | | | | | 4000 | 1000 |
| N - NH ₄ (mg/l) | | | | | | | 20 | 10 |

Anexo 4. Registro semanal de las remociones (%) de cromo total con la desviación estándar y promedios de los tratamientos con sus repeticiones.

| % Remoción Tratamiento 1 | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|------------------------|
| Semana | Repeticón 1 | Repeticón 2 | Repeticón 3 | Promedio de % | Desviación de % |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 10,81 | 11,31 | 11,31 | 11,14 | 0,29 |
| 2 | 17,79 | 17,79 | 18,78 | 18,12 | 0,58 |
| 3 | 27,75 | 26,76 | 25,76 | 26,76 | 1,00 |
| 4 | 42,20 | 40,71 | 40,21 | 41,04 | 1,04 |
| 5 | 48,68 | 48,68 | 48,68 | 48,68 | 0,00 |
| 6 | 55,66 | 56,105 | 55,66 | 55,82 | 0,29 |
| 7 | 61,14 | 61,14 | 60,14 | 60,80 | 0,58 |
| % Remoción Tratamiento 2 | | | | | |
| Semana | Repeticón 1 | Repeticón 2 | Repeticón 3 | Promedio de % | Desviación de % |
| 0 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 1 | 6,83 | 5,83 | 6,33 | 6,33 | 0,50 |
| 2 | 17,79 | 16,29 | 16,79 | 16,96 | 0,76 |
| 3 | 23,27 | 23,77 | 25,26 | 24,10 | 1,04 |
| 4 | 26,76 | 25,76 | 25,26 | 25,93 | 0,76 |
| 5 | 33,23 | 33,23 | 32,74 | 33,07 | 0,29 |
| 6 | 40,71 | 40,71 | 40,71 | 40,71 | 0,00 |
| 7 | 49,68 | 49,18 | 49,18 | 49,34 | 0,29 |

Anexo 5. Prueba de Tukey de la variación del ratio NT/PT del tratamiento 1.

RATIO NT/PT TRATAMIENTO 1 HSD de Tukey^a

| SEMANA | N | Subconjunto para alfa = 0,05 | | |
|--------|---|------------------------------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| 6 | 3 | 1,2567 | | |
| 5 | 3 | 1,2600 | | |
| 1 | 3 | 1,3333 | 1,3333 | |
| 0 | 3 | 1,3600 | 1,3600 | |
| 3 | 3 | 1,4333 | 1,4333 | |
| 2 | 3 | 1,4600 | 1,4600 | |
| 4 | 3 | | 1,5067 | |
| 7 | 3 | | | 1,8133 |
| Sig. | | ,079 | ,180 | 1,000 |

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Anexo 6. Prueba de Tukey de la variación del ratio NT/PT del tratamiento 2.

RATIO NT/PT TRATAMIENTO 2 HSD de Tukey^a

| | N | Subconjunto para alfa = 0,05 | | | |
|------|---|------------------------------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | 3 | 1,1567 | | | |
| 2 | 3 | 1,1700 | 1,1700 | | |
| 5 | 3 | 1,1900 | 1,1900 | 1,1900 | |
| 6 | 3 | | 1,2200 | 1,2200 | |
| 3 | 3 | | | 1,2267 | |
| 4 | 3 | | | | 1,3500 |
| 7 | 3 | | | | 1,3667 |
| 0 | 3 | | | | 1,3833 |
| Sig. | | ,416 | ,073 | ,310 | ,416 |

Se muestran las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.

a. Usa el tamaño muestral de la media armónica = 3,000.

Anexo 7. Panel fotográfico.

A. Proceso de extracción de las *Rhizoclonium sp.* (clorofitas filamentosas).



Extracción de alga filamentososa.



Extracción del alga filamentososa.



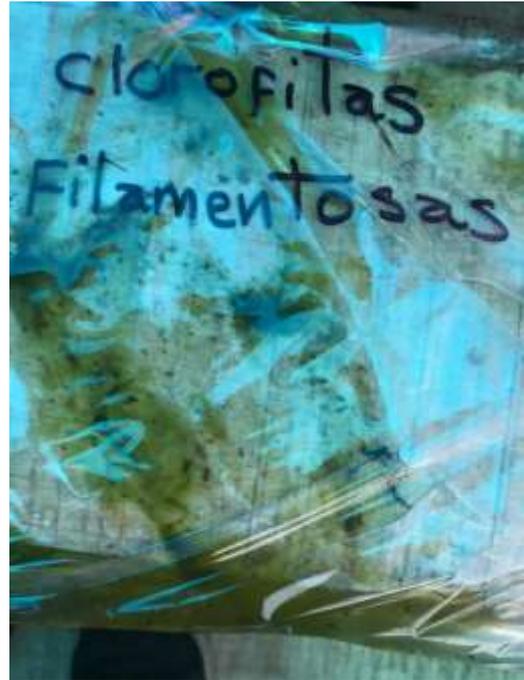
Ubicación del punto de extracción del alga.



Extracción del alga filamentososa.



Extracción de alga filamentosa.



Alga filamentosa.

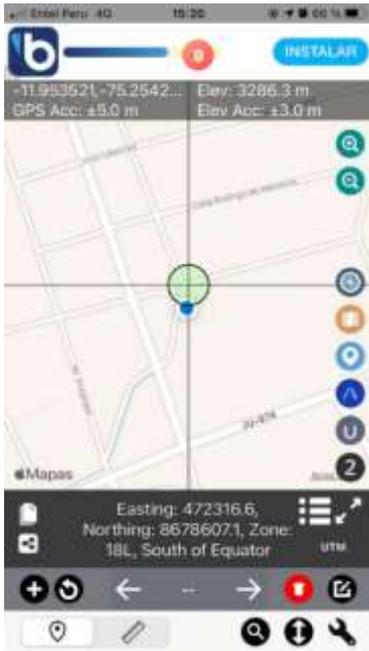
B. Proceso de toma de muestra de los efluentes de curtiembres de San Pedro de Saño.



Ubicación de la curtiembre Edithel.



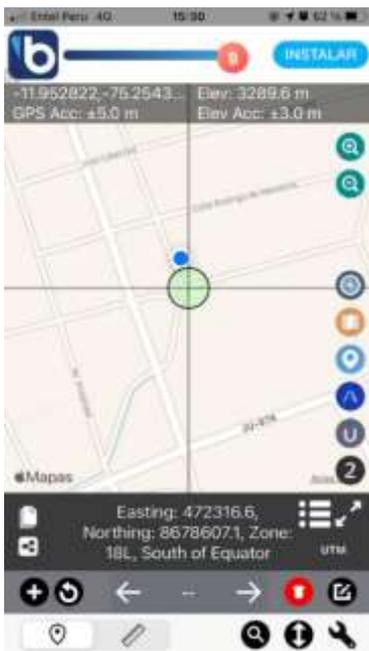
Punto de toma de muestra en el distrito de San Pedro de Saño.



Ubicación del punto ECUR-01



Toma de muestra ECUR-01



Ubicación del punto ECUR-02



Toma de muestra ECUR-02



Ubicación del punto ECUR-03



Toma de muestra ECUR-03



Muestras ECUR-01, ECUR-02 y ECUR-03

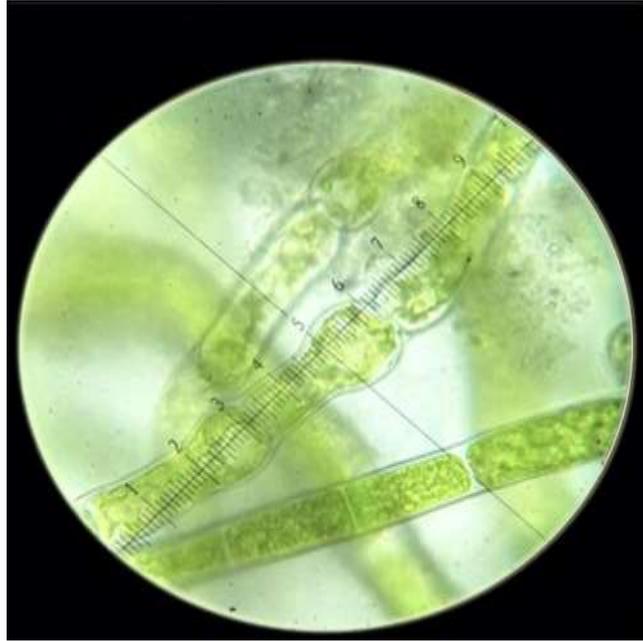


Homogeneización y filtrado de las muestras.

C. Procedo de métodos de ensayo a nivel de laboratorio.



Observación de la materia biológica
(alga filamentosa)



Características del alga clorofila
filamentosa (diámetro, ancho y largo)



Pesaje de biomasa algal T1 (58,30 mg/L)



Pesaje de biomasa algal T2 (29,15 mg/L)

Anexo 8. Certificados de laboratorio.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-067-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Milton Cesar De La Cruz Galindo
DOMICILIO LEGAL : J. Pachacuti N° 415 Sector 32 El Tendido - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Milton Cesar De La Cruz Galindo
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtiembre para el Proyecto "Biosesión de Grama Total" de las Fuentes de Curtiembre de San Pedro de Sañas con Cloritas Filamentosas (2021)"
PROCEDENCIA : Efluente de Curtiembre del Distrito de San Pedro de Sañas, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de plástico
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/08/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas Este | Coordenadas Norte | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| ECUR-01 | | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluente de |
| ECUR-02 | M-21-60 | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | Curtiembre |
| ECUR-03 | | 0472266 | 8678701 | 15/06/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|--|--|
| Crómo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2110 Cr B, 23rd Ed, 2017 | Cr. Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N+ B, 23rd Ed, 2017 | pH Value, Electrode Method |
| Nitrógeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987 (Validated for sample weighing), 2018. | Balance Analytical, Simple Weighing |



LAB-PL-000-000001-01-18 - 10/2020

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su autenticidad a su vez está certificada por el sistema de gestión de la calidad. Este prohíbe la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo de proceso a su elaboración. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la entidad que lo produce.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-067-21

III. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Crómo Total | 20.07 ± 0.00 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.00 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 8.38 ± 0.20 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 6.00 ± 0.00 | mg/L |

Resultados de la Repetición 1:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Crómo Total | 20.07 ± 0.00 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.00 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 8.30 ± 0.00 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 6.10 ± 0.00 | mg/L |

Resultados de la Repetición 2:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Crómo Total | 20.07 ± 0.00 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.00 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 8.40 ± 0.03 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 6.10 ± 0.00 | mg/L |

Resultados de la Repetición 3:



Huancayo, 23 de Junio del 2021

[Handwritten signature]
 Mg. Jhony J. Torres
 Ing. Jhony J. Torres
 Ing. Jhony J. Torres

LAB-PL-000-000001-01-18 - 10/2020

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su autenticidad a su vez está certificada por el sistema de gestión de la calidad. Este prohíbe la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo de proceso a su elaboración. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la entidad que lo produce.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-068-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
DOMICILIO LEGAL : J. Pachacuti N° 415 Sector 32 El Tendido - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curfombio para el Proyecto "Biosanidad de Coma Total desde Efluentes de Curfombio de San Pedro de Sañas con Clorofitas Filamentosas -2021"
PROCEDENCIA : Efluente de Curfombio del Distrito de San Pedro de Sañas, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : ALOS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de muestra
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 16/06/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas Este Norte | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|------------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| ECUR-01 | | 0472218 8678607 | 15/06/2021 | 15:35 | Efluentes de |
| ECUR-02 | M-Q1-00 | 0472218 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | de |
| ECUR-03 | | 0472208 8678701 | 15/06/2021 | 16:13 | Curfombio |

El análisis se realizó con la red de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|---|
| Cromo Total | SMWW-APHA-AWWA-WEF Part 3210 Cr B, 23rd Ed, 2017 | Cr Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed, 2017 | pH Value, Electronic Method |
| Nitrogeno Total | SMWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987 (Validated for sample weighing), 2018 | Balance Analytical, Simple Weighing |



LAB. PASAD. VERSION 01.11.15 - 02/2018

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su adhesión a su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excluido el tiempo de proceso a su administración. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la entidad que lo produce.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-068-21

III. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.06 ± 0.01 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.01 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.41 ± 0.03 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.12 ± 0.10 | mg/L |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioarbolente natural (Clorofitas Filamentosas)

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 17.83 ± 0.05 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.02 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrogeno Total | 8.24 ± 0.04 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 6.26 ± 0.18 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 64.9 ± 0.00 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioarbolente natural (Clorofitas Filamentosas) 66.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 18.70 ± 0.70 | mg/L |
| ECUR-01 | pH | 9.17 ± 0.00 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrogeno Total | 8.03 ± 0.04 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 7.41 ± 0.94 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 34.00 ± 0.00 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioarbolente natural (Clorofitas Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 23 de Junio del 2021

[Handwritten signature]
 Mónica J. Córdova
 No. de Profesional: 5133
 E-mail: mcordova@ambientallaboratorios.com.pe

LAB. PASAD. VERSION 01.11.15 - 02/2018

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su adhesión a su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excluido el tiempo de proceso a su administración. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de gestión de la entidad que lo produce.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-069-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Nilton Cesar De La Cruz Gutierrez
DOMICILIO LEGAL : J. Pichasquez N° 415 Sector 32 El Tambo - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Nilton Cesar De La Cruz Gutierrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curumbere para el Proyecto "Biorreactor de Cromo Total de los Efluentes de Curumbere de San Pedro de Barbas con Clorofitas Filamentosas -021"

PRECEDENCIA : Efluente de Curumbere del Distrito de San Pedro de Barba, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de muestra
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/05/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/05/2021 - 04/06/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|--------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472316 | 8678607 | 15/05/2021 | 15:05 | Efluentes de |
| ECUR-02 | M-21-60 | 0472316 | 8678607 | 15/05/2021 | 15:28 | Curumbere |
| ECUR-03 | | 0472306 | 8679701 | 15/05/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|--|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3210 Cr-B, 23rd Ed., 2017 | Cr. Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed., 2017 | pH Value, Electrode Method |
| Nitrógeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987 (validated for sample weighing), 2018 | Balance Analytical, Sample Weighing |



LAB-1700-001-VERSION 01.11.15 - 03/08/18

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autenticidad y su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán comunicados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excluido el tiempo de traslado a su administración. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-069-21

III. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.07 ± 0.00 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.01 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 8.42 ± 0.00 | mg/L |
| | Fósforo Total | 8.10 ± 0.18 | mg/L |

Resultados obtenidos con tratamientos de bioacorbante natural (Clorofitas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 17.90 ± 0.00 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.02 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 8.23 ± 0.07 | mg/L |
| | Fósforo Total | 8.30 ± 0.20 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 54.8 ± 0.50 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioacorbante natural (Clorofitas Filamentosas) 16.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 16.80 ± 0.04 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.00 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 8.24 ± 0.04 | mg/L |
| | Fósforo Total | 7.46 ± 0.32 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 33.80 ± 0.11 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioacorbante natural (Clorofitas Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 23 de Junio del 2021.

[Firma manuscrita]
 Dr. José A. Castro Gómez
 P. 13 años de experiencia

LAB-1700-001-VERSION 01.11.15 - 03/08/18

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autenticidad y su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán comunicados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excluido el tiempo de traslado a su administración. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-070-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
DOMICILIO LEGAL : J. Pichascales N° 415 Sector 32 El Tendido - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtiembre para el Proyecto "Bioserción de Cromo Total desde Fuentes de Curtiembre de San Pedro de Cañas con Clorofas Filamentosas -2021"
PROCEDENCIA : Efluente de Curtiembre del Distrito de San Pedro de Saña, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : ALOS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de efluente
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 16/06/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas Este | Coordenadas Norte | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|--------------------|
| ECUR-01 | | 0472218 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluente de |
| ECUR-02 | M-01-00 | 0472218 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | Curtiembre |
| ECUR-03 | | 0472206 | 8678701 | 15/06/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la muestra de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|---|
| Cromo Total | SM/WW-APHA-AWWA-WEF Part 3210 Cr B, 23rd Ed, 2017 | Cr Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SM/WW-APHA-AWWA-WEF Part 4505-H-H B, 23rd Ed, 2017 | pH Value, Electronic Method |
| Nitrogeno Total | SM/WW-APHA-AWWA-WEF Part 4505-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Peroxide Method |
| Fósforo Total | SM/WW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987. (Validated for sample weighing), 2018. | Balance Analytical, Sample Weighing |



LAB-16-2020-00000001-0118 - 00000000

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su autenticidad a su uso exclusivo conlleva de ello contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que precede a su emisión. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-070-21

III. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.05 ± 0.05 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.01 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.41 ± 0.05 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.19 ± 0.16 | mg/L |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 17.86 ± 0.03 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.02 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.21 ± 0.05 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.00 ± 0.84 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 65.2 ± 0.00 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofas Filamentosas) 58.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 18.90 ± 0.00 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.00 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.24 ± 0.04 | mg/L |
| | Fósforo Total | 7.49 ± 0.00 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 33.70 ± 0.21 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofas Filamentosas) 29.15mg/L.

Huancayo, 23 de Junio del 2021

[Firma manuscrita]
 Dr. Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
 Ej. de Gerente de Operaciones



LAB-16-2020-00000001-0118 - 00000000

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su autenticidad a su uso exclusivo conlleva de ello contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que precede a su emisión. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-071-21

R. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.05 ± 0.22 | mg/L |
| | pH | 9.11 ± 0.50 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrógeno Total | 8.48 ± 0.09 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 6.14 ± 0.08 | mg/L |

Resultados obtenidos en tratamiento de bioabsorbente natural (Chlorella Filamentosa).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 16.84 ± 0.02 | mg/L |
| | pH | 9.00 ± 0.00 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrógeno Total | 8.06 ± 0.93 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 5.85 ± 0.02 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 67.60 ± 0.00 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioabsorbente natural (Chlorella Filamentosa) 58.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 15.84 ± 0.15 | mg/L |
| | pH | 9.01 ± 0.01 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrógeno Total | 6.56 ± 0.03 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 7.25 ± 0.00 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 37.02 ± 0.02 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioabsorbente natural (Chlorella Filamentosa) 29.15mg/L.

Huancayo, 23 de Junio del 2021



LAB. INGENIERIA CONSULTAS S.R.L. - 102899

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excluido el tiempo de traslado a su laboratorio. Estos resultados 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.

Página 2 de 2



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-071-21

R. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.05 ± 0.22 | mg/L |
| | pH | 9.11 ± 0.50 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrógeno Total | 8.48 ± 0.09 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 6.14 ± 0.08 | mg/L |

Resultados obtenidos en tratamiento de bioabsorbente natural (Chlorella Filamentosa).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 16.84 ± 0.02 | mg/L |
| | pH | 9.00 ± 0.00 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrógeno Total | 8.06 ± 0.93 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 5.85 ± 0.02 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 67.60 ± 0.00 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioabsorbente natural (Chlorella Filamentosa) 58.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 15.84 ± 0.15 | mg/L |
| | pH | 9.01 ± 0.01 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrógeno Total | 6.56 ± 0.03 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 7.25 ± 0.00 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 37.02 ± 0.02 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioabsorbente natural (Chlorella Filamentosa) 29.15mg/L.

Huancayo, 23 de Junio del 2021



LAB. INGENIERIA CONSULTAS S.R.L. - 102899

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excluido el tiempo de traslado a su laboratorio. Estos resultados 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.

Página 2 de 2



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-072-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Nilon Cesar De La Cruz Guillenas
DOMICILIO LEGAL : Jr. Peshacoles N° 415 Sector 32 El Tambo - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Nilon Cesar De La Cruz Guillenas
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curfombra para el Proyecto "Biosorción de Cromo Total desde Efuentes de Curfombra de San Pedro de Saño con Clorofitas Filamentosas - 0021"
PROCEDENCIA : Efuentes de Curfombra del Distrito de San Pedro de Saño, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/CS - 048 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de plástico
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/08/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|--------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluentes |
| ECUR-02 | M-21-60 | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:26 | Ag |
| ECUR-03 | | 0472286 | 8678701 | 10/05/2021 | 16:13 | Curfombra |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|--|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-APWA-WEF Part 5210 Cr B, 23rd Ed. 2017 | Cr. Aluminio Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-APWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed. 2017 | pH Value, Electrode Method |
| Nitrógeno Total | SMEWW-APHA-APWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-APWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR 16M 4D, Appendix J to Part 50, 1987 (Validated for sample weighing), 2018 | Balance Analytical, Sample Weighing |



LABORATORIO AMBIENTAL S.A.C. - 002088

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adhesión a su uso implica constatación de conformidad con la ley pública. Esta prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, pasado el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-072-21

III. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.07 ± 0.00 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.13 ± 0.39 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 8.30 ± 0.42 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.14 ± 0.08 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 17.01 ± 0.14 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.01 ± 0.02 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 8.12 ± 0.00 | mg/L |
| | Fósforo Total | 5.51 ± 0.82 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 67.56 ± 0.21 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 58.1mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 16.35 ± 0.82 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.02 ± 0.01 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 8.02 ± 0.18 | mg/L |
| | Fósforo Total | 7.21 ± 0.86 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 36.9 ± 0.02 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 23 de Junio del 2021

[Handwritten signature]
 Mg. Nilton Cesar Guillenas
 23/06/2021

LABORATORIO AMBIENTAL S.A.C. - 002088

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adhesión a su uso implica constatación de conformidad con la ley pública. Esta prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, pasado el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-073-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Nilton Cesar De La Cruz Gutierrez
DOMICILIO LEGAL : J. Pachacuti N° 415 Sector 32 El Tendido - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Nilton Cesar De La Cruz Gutierrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtiembre para el Proyecto "Biosolución de Cromo Total desde Efluentes de Curtiembre de San Pedro de Saña con Clorofitas Filamentosas (2021)"
PROCEDENCIA : Efluente de Curtiembre del Distrito de San Pedro de Saña, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galoneras de plástico
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/08/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|--------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472318 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluentes de |
| ECUR-02 | M-21-80 | 0472318 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | Curtiembre |
| ECUR-03 | | 0472296 | 8678701 | 15/06/2021 | 18:13 | |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|---|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 8210 Cr B, 23rd Ed, 2017 | Cr Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed, 2017 | pH Value, Electronic Method |
| Nitrogeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987 (validated for sample weighing), 2015 | Balance Analytical, Sample Weighing |



El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su adhesión a su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Esta prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado el laboratorio, después de lo cual se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-073-21

III. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.07 ± 0.01 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.16 ± 0.09 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.20 ± 0.39 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.14 ± 0.08 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 18.83 ± 0.71 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.00 ± 0.20 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.04 ± 0.92 | mg/L |
| | Fósforo Total | 5.70 ± 0.29 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 67.39 ± 0.02 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 50.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 17.02 ± 0.35 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.22 ± 0.03 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.40 ± 0.99 | mg/L |
| | Fósforo Total | 7.29 ± 0.11 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 36.5 ± 0.41 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 23 de Junio del 2021

[Firma manuscrita]
 Mg. Jhony Carlos Sotelo
 Sr. Jefe de Laboratorio
 Huancayo

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su adhesión a su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Esta prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado el laboratorio, después de lo cual se procede a su eliminación. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-074-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Nitón Cesar De La Cruz Gutierrez
DOMICILIO LEGAL : J. Pichincha N° 418 Sector 32 El Tumbú - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Nitón Cesar De La Cruz Gutierrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtiembre para el Proyecto "Biorrección de Cromo Total de los Efluentes de Curtiembre de San Pedro de Barbas con Clorofitas Filamentosas - 021"

PROCEDENCIA : Efluente de Curtiembre del Distrito de San Pedro de Barbas, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de plástico
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/08/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|--------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluente de |
| ECUR-02 | M-21-60 | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | Curtiembre |
| ECUR-03 | | 0472306 | 8678701 | 15/06/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la ayuda de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|--|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 C- B, 23rd Ed, 2017 | Cr. Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed, 2017 | pH Value, Electrode Method |
| Nitrogeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method. |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987 (Validated for sample weighing), 2018 | Balance Analytical, Sample Weighing |



LABORATORIO AMBIENTAL S.A.C. - 020000

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autenticidad a su vez está debidamente certificada dentro de la ley pública. Este prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
 Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, pasado el tiempo se procede a su eliminación.
 Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-074-21

III. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.00 ± 0.01 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.18 ± 0.01 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.48 ± 0.32 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.17 ± 0.11 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamiento de biocorriente natural (Clorofitas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 14.70 ± 0.16 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.14 ± 0.23 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 7.70 ± 0.15 | mg/L |
| | Fósforo Total | 5.70 ± 0.11 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 70.21 ± 0.13 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biocorriente natural (Clorofitas Filamentosas) 58.7mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 15.23 ± 0.21 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.70 ± 0.06 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.04 ± 0.02 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.70 ± 0.15 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 40.06 ± 0.36 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biocorriente natural (Clorofitas Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 07 de Julio del 2021

[Handwritten signature]
 Mg. PhD. Gloria Gloria
 Ph. D. Química

LABORATORIO AMBIENTAL S.A.C. - 020000

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autenticidad a su vez está debidamente certificada dentro de la ley pública. Este prohíbe la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
 Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, pasado el tiempo se procede a su eliminación.
 Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-075-21

NOMBRE DEL CLIENTE: Nilton Cesar De La Cruz Gutierrez
DOMICILIO LEGAL: J. Pichascales N° 410 Sector 32 El Tambo - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR: Nilton Cesar De La Cruz Gutierrez
REFERENCIA DEL CLIENTE: Análisis de Agua del Efluente de Curtiembre para el Proyecto "Biorremediación de Cromo Total de los Efluentes de Curtiembre de San Pedro de Sañas con Clorofitas Filamentosas-002"

PROCEGENCIA: Efluente de Curtiembre del Distrito de San Pedro de Sañas, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N°: AL/OS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS: 3 galones de plásticos
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA: 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO: 15/06/2021 - 06/08/2021
TOMA DE MUESTRA: Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA: Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|-------------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluentes de Curtiembre |
| ECUR-02 | M-21-60 | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | de Curtiembre |
| ECUR-03 | | 0472386 | 8678701 | 15/06/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la redondeo de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|--|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 Cr-B, 23rd Ed., 2017 | Cr. Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed., 2017 | pH Value, Electrode Method |
| Nitrogeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987 (Validated for sample weighing), 2018 | Balance Analytical, Sample Weighing |



LAB-PRO-001-VERSION 01.11.2018

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autenticación a su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excluido el tiempo de traslado a su administración. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-075-21

III. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.06 ± 0.01 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.15 ± 0.34 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.50 ± 0.41 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.17 ± 0.10 | mg/L |

Resultados obtenidos con tratamientos de biorremediante natural (Clorofitas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 14.70 ± 0.16 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.15 ± 0.00 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrogeno Total | 7.48 ± 0.85 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 5.70 ± 0.58 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 71.23 ± 0.11 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biorremediante natural (Clorofitas Filamentosas) 98.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 15.23 ± 0.21 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.56 ± 0.32 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrogeno Total | 8.06 ± 0.02 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 6.48 ± 0.93 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 40.02 ± 0.41 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biorremediante natural (Clorofitas Filamentosas) 26.15mg/L.



Huancayo, 07 de Julio del 2021

[Firma manuscrita]
 Mónica López Pineda
 Ing. en Análisis Químico
 E.I. Titular

LAB-PRO-001-VERSION 01.11.2018

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autenticación a su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excluido el tiempo de traslado a su administración. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-076-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
BOMICLIO LEGAL : J. Pichascales N° 410 Sector 33 El Tumbao - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtembo para el Proyecto "Bioscudor de Cromo Total de las Efluentes de Curtembo de San Pedro de Barcos con Clorofitas Filamentosas-2021"
PROCEGENCIA : Efluente de Curtembo del Distrito de San Pedro de Barcos, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galoneras de plástico
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/08/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|--------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluentes de |
| ECUR-02 | M-21-60 | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 18:28 | Curtembo |
| ECUR-03 | | 0472296 | 8678701 | 15/06/2021 | 18:13 | |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|---|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 Cr B, 23rd Ed, 2017 | Cr Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed, 2017 | pH Value, Electrode Method |
| Nitrogeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987 (validated for sample weighing), 2018 | Balance Analytical Sample Weighing |



LABORATORIO DE ENSAYOS S.A.C. - 15/06/2021

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autenticidad e su uso exclusivo constituye delito contra la fe pública. Este prohíbe la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un período máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que se procede a su administración. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-076-21

III. RESULTADOS

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.06 ± 0.01 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.17 ± 0.00 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.51 ± 0.01 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.15 ± 0.01 | mg/L |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioacorbente natural (Clorofitas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 14.70 ± 0.16 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.15 ± 0.14 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 7.80 ± 0.01 | mg/L |
| | Fósforo Total | 5.10 ± 0.82 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 70.91 ± 0.12 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioacorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 98.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 15.23 ± 0.21 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.57 ± 0.84 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.01 ± 0.45 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.61 ± 0.02 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 40.02 ± 0.22 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioacorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 07 de Julio del 2021

[Handwritten signature]
 Mónica Patricia
 M. P. M. M. M.
 M. P. M. M. M.

LABORATORIO DE ENSAYOS S.A.C. - 15/06/2021

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autenticidad e su uso exclusivo constituye delito contra la fe pública. Este prohíbe la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un período máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que se procede a su administración. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-077-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Nilón Cesar De La Cruz Gutiérrez
DOMICILIO LEGAL : J. Pachacuti N° 415 Sector 32 El Tambor - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Nilón Cesar De La Cruz Gutiérrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtiembre para el Proyecto "Biorremediación de Cromo Total de las Efluentes de Curtiembre de San Pedro de Saños con Cianobas Filamentosas 2021"
PROCEDENCIA : Efluente de Curtiembre del Distrito de San Pedro de Saños, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/CS - 049 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de plástico
FECHAS DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/07/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

1. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|------------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472316 | 8679607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluente de Curtiembre |
| ECUR-02 | M-21-60 | 0472316 | 8679607 | 15/06/2021 | 15:28 | de Curtiembre |
| ECUR-03 | | 0472306 | 8678701 | 15/06/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

2. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|---|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3010 Cr B, 23rd Ed, 2017 | Cr Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed, 2017 | pH Value Electrometric Method |
| Nitrogeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 30, 1987. (Validated for sample weighing), 2018. | Balance Analytical, Sample Weighing |



LAB-15-00000001 (F.E. 02020)

El presente informe es propiedad integralmente de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que precede a su almacenamiento.
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como verificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-077-21

3. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.08 ± 0.01 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.16 ± 0.13 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 8.95 ± 0.04 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.35 ± 0.32 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamiento de biocorbante natural (Cianobas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 11.02 ± 0.18 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 6.12 ± 0.34 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrogeno Total | 6.67 ± 0.02 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 4.43 ± 0.01 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 70.61 ± 0.23 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biocorbante natural (Cianobas Filamentosas) 50.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 14.78 ± 0.23 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.32 ± 0.12 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrogeno Total | 7.88 ± 0.32 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 5.66 ± 0.41 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 41.23 ± 0.88 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biocorbante natural (Cianobas Filamentosas) 28.15mg/L.



Huancayo, 14 de Julio del 2021

[Handwritten signature]
 Mg. Yvett Llanos Bernal
 Ing. de Laboratorio
 Q. de Control de Calidad

LAB-15-00000001 (F.E. 02020)

El presente informe es propiedad integralmente de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que precede a su almacenamiento.
 Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como verificación del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-080-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Nilón Cesar De La Cruz Gutierrez
DOMICILIO LEGAL : J. Pachacuti 1° 410 Sector 22 El Tanco - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Nilón Cesar De La Cruz Gutierrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtembe para el Proyecto "Biosólidos de Cromo Total de los Efluentes de Curtembe de San Pedro de Saños con Clorofitas Filamentosas -0221"

PROCEDENCIA : Efluente de Curtembe del Distrito de San Pedro de Saños, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galoneras de plástico
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/06/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

1. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|----------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:25 | Efluente de Curtembe |
| ECUR-02 | M-21-90 | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | Efluente de Curtembe |
| ECUR-03 | | 0472286 | 8678701 | 15/06/2021 | 16:13 | |

El ensayo se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

2. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|---|
| Cromo Total | SME/WW-APHA-AWWA-WEF Part 3210 Cr-B, 23rd Ed., 2017 | Cr Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SME/WW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed., 2017 | pH Value, Electrometric Method |
| Nitrógeno Total | SME/WW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SME/WW-APHA-AWWA-WEF Part 4500 P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR 704.40, Appendix J to Part 50, 1987 (validated for sample weighing), 2018 | Balance Analytical, Sample Weighing |



LAB-000006-00000001 (F.E. 10/2018)

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, accediendo al tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-080-21

II. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.08 ± 0.03 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.02 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 6.60 ± 0.01 | mg/L |
| | Fósforo Total | 6.57 ± 0.40 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 10.30 ± 0.02 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 7.91 ± 0.02 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 5.14 ± 0.05 | mg/L |
| | Fósforo Total | 4.09 ± 0.12 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 75.46 ± 0.12 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 56.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 13.40 ± 0.12 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.25 ± 0.05 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 6.14 ± 0.34 | mg/L |
| | Fósforo Total | 5.16 ± 0.02 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 43.20 ± 0.34 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 21 de Julio del 2021

[Handwritten signature]
 Mónica Cecilia Gálvez
 M. P. M. G. Gálvez
 2018-00000001 (F.E. 10/2018)

LAB-000006-00000001 (F.E. 10/2018)

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, accediendo al tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-081-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Nilton Cesar De La Cruz Gutierrez
DOMICILIO LEGAL : J. Pichasquez N° 418 Sector 32 El Tanco - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Nilton Cesar De La Cruz Gutierrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtembre para el Proyecto "Biorreactor de Cromo Total delos Efluentes de Curtembre de San Pedro de Barbas con Clorofitas Filamentosas -021"
PRECEDENCIA : Efluente de Curtembre del Distrito de San Pedro de Barba, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de efluentes
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/08/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|--------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluentes de |
| ECUR-02 | M-21-00 | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | Curtembre |
| ECUR-03 | | 0472306 | 8679701 | 15/06/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|--|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 8310 Cr-B, 23rd Ed., 2017 | Cr. Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed., 2017 | pH Value, Electrode Method |
| Nitrogeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987 (Validated for sample weighing), 2018 | Balance Analytical, Sample Weighing |



LAB-170004-VERSION 01.11.13 - 03/08/18

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autenticidad a su vez está debidamente constatación de ella contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán comunicados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excluido el tiempo que se requiere a su elaboración. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-081-21

III. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.08 ± 0.01 | mg/L |
| | pH | 8.16 ± 0.23 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrogeno Total | 8.78 ± 0.25 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 6.48 ± 0.36 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamientos de bioacortante natural (Clorofitas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 10.28 ± 0.36 | mg/L |
| | pH | 7.87 ± 0.16 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrogeno Total | 5.14 ± 0.05 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 4.03 ± 0.02 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 76.12 ± 0.12 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioacortante natural (Clorofitas Filamentosas) 58.7mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 13.51 ± 0.12 | mg/L |
| | pH | 8.26 ± 0.06 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrogeno Total | 6.11 ± 0.09 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 5.11 ± 0.21 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 43.70 ± 0.09 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioacortante natural (Clorofitas Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 21 de Julio del 2021.

[Handwritten signature]
 Mg. J. Carlos J. Jara
 Ph.D. Carlos Jara
 Ph.D. Carlos Jara

LAB-170004-VERSION 01.11.13 - 03/08/18

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autenticidad a su vez está debidamente constatación de ella contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán comunicados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excluido el tiempo que se requiere a su elaboración. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-083-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Nilón César De La Cruz Gutiérrez
DOMICILIO LEGAL : J. Pachacuti N° 418 Sector 52 El Tumbo - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Nilón César De La Cruz Gutiérrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtiembre para el Proyecto "Biosolución de Cromo Total de los Efluentes de Curtiembre de San Pedro de Baños con Cianobas Filamentosas -0021"

PROCEDENCIA : Efluente de Curtiembre del Distrito de San Pedro de Baños, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 948 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de muestra
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/08/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|------------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 9472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluente de Curtiembre |
| ECUR-02 | M-21-60 | 9472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | Efluente de Curtiembre |
| ECUR-03 | | 9472286 | 8678701 | 15/06/2021 | 16:13 | Efluente de Curtiembre |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|---|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 Cr-B, 23rd Ed, 2017 | Cr Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed, 2017 | pH Value: Electrometric Method |
| Nitrógeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987. (Validated for sample weighing), 2018. | Balance Analytical: Sample Weighing |



LAB-PRO-006 VERSIÓN 01 (15 - 10/2018)

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que precede a su eliminación. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-083-21

III. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.06 ± 0.21 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.17 ± 0.25 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 7.32 ± 0.45 | mg/L |
| | Fósforo Total | 7.38 ± 0.62 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamiento de bioesterilización natural (Cianobas Filamentosas)

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 8.90 ± 0.11 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 7.82 ± 0.02 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 4.90 ± 0.81 | mg/L |
| | Fósforo Total | 3.81 ± 0.01 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 84.00 ± 0.02 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioesterilización natural (Cianobas Filamentosas) 98.3mg/L

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 11.90 ± 0.12 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.02 ± 0.07 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 5.81 ± 0.04 | mg/L |
| | Fósforo Total | 4.77 ± 0.01 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 50.06 ± 0.36 | g |



Resultados obtenidos con tratamiento de bioesterilización natural (Cianobas Filamentosas) 29.15mg/L

Huancayo, 28 de Julio del 2021

[Handwritten signature]
 Ing. M. César Gutiérrez
 El Tumbo - Huancayo
 04-07-2021

LAB-PRO-006 VERSIÓN 01 (15 - 10/2018)

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que precede a su eliminación. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-084-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
DIRECCIÓN LEGAL : J. Pachayubi N° 415 Sector S2 El Tendido - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtiembre para el Proyecto "Biosorción de Cromo Total desde Efuentes de Curtiembre de San Pedro de Saño con Clorofitas Filamentosas -3521"

PROCEDENCIA : Efluente de Curtiembre del Distrito de San Pedro de Saño, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 948 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de muestra
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/08/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas Este | Coordenadas Norte | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------------|
| ECUR-01 | | 0472318 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:25 | Efluentes de Curtiembre |
| ECUR-02 | M-21-60 | 0472318 | 8678607 | 10/06/2021 | 15:28 | Efluentes de Curtiembre |
| ECUR-03 | | 0472298 | 8678701 | 10/06/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|--|---|
| Cromo Total | SMWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 Cr B, 23rd Ed, 2017 | Cr Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed, 2017 | pH Value, Electrometric Method |
| Nitrógeno Total | SMWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 42, Appendix J to Part 50, 1987 (Validated for sample weighing), 2018. | Balance Analytical, Sample Weighing |



LAB-0004-VERSION 01 (15-10-2020)

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autorización e su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, accediendo al tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-084-21

II. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.07 ± 0.12 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.15 ± 0.71 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 7.79 ± 0.13 | mg/L |
| | Fósforo Total | 7.52 ± 0.52 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas)

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 8.88 ± 0.12 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 7.78 ± 0.57 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 4.81 ± 0.24 | mg/L |
| | Fósforo Total | 3.60 ± 0.45 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 83.80 ± 0.25 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 58.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 11.92 ± 0.01 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.02 ± 0.07 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 5.81 ± 0.04 | mg/L |
| | Fósforo Total | 4.70 ± 0.32 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 49.86 ± 0.10 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 28.15mg/L.



Huancayo, 28 de Julio del 2021.

[Firma manuscrita]
 M. Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
 Analista de Laboratorio

LAB-0004-VERSION 01 (15-10-2020)

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su autorización e su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, accediendo el tiempo se procede a su eliminación. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-085-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Nilton Cesar De La Cruz Galdames
DOMICILIO LEGAL : J. Pichasbuzac N° 418 Sector 32 El Tanco - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Nilton Cesar De La Cruz Galdames
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtiembre para el Proyecto "Biosorción de Cromo Total de los Efluentes de Curtiembre de San Pedro de Sallas con Clorofitas Filamentosas -021"

PROCEDENCIA : Efluente de Curtiembre del Distrito de San Pedro de Sallas, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galoneras de plástico
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/08/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|--------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472318 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluente de |
| ECUR-02 | M-21-00 | 0472318 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | Curtiembre |
| ECUR-03 | | 0472306 | 8678701 | 15/06/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|---|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 8210 Cr B, 23rd Ed., 2017 | Cr Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed., 2017 | pH Value, Electrode Method |
| Nitrógeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987 (validated for sample weighing), 2018 | Balance Analytical, Sample Weighing |



LAB-IE-004-03/01/01 (E) - 03/03/01

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibida la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que provenga de su almacenamiento. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-085-21

II. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.06 ± 0.02 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.16 ± 0.23 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 7.32 ± 0.81 | mg/L |
| | Fósforo Total | 7.41 ± 0.31 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 8.87 ± 0.05 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 7.80 ± 0.12 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 4.90 ± 0.01 | mg/L |
| | Fósforo Total | 3.82 ± 0.03 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 84.10 ± 0.37 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 58.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 11.89 ± 0.14 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.02 ± 0.07 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 5.81 ± 0.04 | mg/L |
| | Fósforo Total | 4.70 ± 0.83 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 49.76 ± 0.15 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 28 de Julio del 2021

[Handwritten signature]
 Ing. PABLO GARCÍA
 Director General

LAB-IE-004-03/01/01 (E) - 03/03/01

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibida la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que provenga de su almacenamiento. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-086-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Nilton Cesar De La Cruz Galvez
DIRECCION LEGAL : J. Pachacuti N° 410 Sector 52 El Tande - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Nilton Cesar De La Cruz Galvez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtiembre para el Proyecto "Biosólidos de Cromo Total de los Efluentes de Curtiembre de San Pedro de Salfes con Cianobacterias Filamentosas -0021"

PROCEDENCIA : Efluente de Curtiembre del Distrito de San Pedro de Salfes, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 946 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de muestra
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/08/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

1. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|-------------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472318 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:25 | Efluentes de Curtiembre |
| ECUR-02 | M-21-60 | 0472318 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | Efluentes de Curtiembre |
| ECUR-03 | | 0472298 | 8678701 | 10/06/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

2. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|---|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 3210 Cr B, 23rd Ed, 2017 | Cr Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed, 2017 | pH Value, Electrode Method |
| Nitrógeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 42, Appendix J to Part 50, 1987, (Validated for sample weighing), 2018. | Balance Analytical, Sample Weighing |



LAB-PRO-001-001 (1.1) - 10/2018

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibida la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que precede a su eliminación. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-086-21

3. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.07 ± 0.00 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 9.15 ± 0.15 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 7.17 ± 0.04 | mg/L |
| | Fósforo Total | 7.30 ± 0.26 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamiento de bioresorte natural (Cianobacterias Filamentosas)

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 7.60 ± 0.49 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 7.73 ± 0.06 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 3.77 ± 0.21 | mg/L |
| | Fósforo Total | 2.08 ± 0.22 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 88.29 ± 0.14 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioresorte natural (Cianobacterias Filamentosas) 88.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 10.12 ± 0.12 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.03 ± 0.26 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrógeno Total | 6.41 ± 0.12 | mg/L |
| | Fósforo Total | 3.88 ± 0.01 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 93.10 ± 0.32 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioresorte natural (Cianobacterias Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 04 de Agosto del 2021

[Firma manuscrita]
 Ing. PABLO GARCÍA GARCÍA
 Director General
 29 de Agosto del 2021

LAB-PRO-001-001 (1.1) - 10/2018

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibida la reproducción parcial o total salvo autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Las muestras serán conservadas en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que precede a su eliminación. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-087-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Nilton Cesar De La Cruz Galdames
DOMICILIO LEGAL : J. Pichaschitz N° 418 Sector 32 El Tanco - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Nilton Cesar De La Cruz Galdames
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curtembre para el Proyecto "Biosorción de Cromo Total de los Efluentes de Curtembre de San Pedro de Tarica con Clorofitas Filamentosas -021"

PROCEDENCIA : Efluente de Curtembre del Distrito de San Pedro de Saño, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS - 045 - 2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de plástico
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/08/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/08/2021 - 04/09/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|--------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472318 | 8678607 | 15/08/2021 | 15:05 | Efluente de |
| ECUR-02 | M-21-00 | 0472318 | 8678607 | 15/08/2021 | 15:28 | Curtembre |
| ECUR-03 | | 0472306 | 8678701 | 15/08/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO:

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|---|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 8210 Cr B, 23rd Ed., 2017 | Cr Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23rd Ed., 2017 | pH Value, Electrode Method |
| Nitrogeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C, 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E, 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987 (validated for sample weighing), 2018 | Balance Analytical, Sample Weighing |



LAB-15-03-04-00000001-IE-100000

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibida la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que provenga de su almacenamiento. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-087-21

II. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.06 ± 0.45 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 8.18 ± 0.03 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 7.84 ± 0.12 | mg/L |
| | Fósforo Total | 7.30 ± 0.07 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 7.85 ± 0.23 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 7.73 ± 0.08 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 3.80 ± 0.06 | mg/L |
| | Fósforo Total | 2.03 ± 0.84 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 88.00 ± 0.10 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 58.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 10.20 ± 0.12 | mg/L |
| ECUR-02 | pH | 7.89 ± 0.02 | Unidad pH |
| ECUR-03 | Nitrogeno Total | 5.30 ± 0.25 | mg/L |
| | Fósforo Total | 3.89 ± 0.12 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 53.21 ± 0.04 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de biosorbente natural (Clorofitas Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 04 de Agosto del 2021

[Firma manuscrita]
 Ing. PABLO GARCÍA BARRA
 INGENIERO QUÍMICO
 INGENIERO DE LABORATORIO

LAB-15-03-04-00000001-IE-100000

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C., su adulteración o su uso indebido constituye delito contra la fe pública. Está prohibida la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que provenga de su almacenamiento. Estos resultados 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 DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-088-21

NOMBRE DEL CLIENTE : Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
DOMICILIO LEGAL : J. Paredones N° 418 Sector 32 El Tamarco - Huancayo - Junín
SOLICITADO POR : Milton Cesar De La Cruz Gutierrez
REFERENCIA DEL CLIENTE : Análisis de Agua del Efluente de Curumbere para el Proyecto "Bioserbio de Cromo Total de los Efluentes de Curumbere de San Pedro de Saños con Clorofas Filamentosas-002"

PROCEGENCIA : Efluente de Curumbere del Distrito de San Pedro de Saños, Huancayo, Junín
ORDEN DE SERVICIO N° : AL/OS-045-2021
CANTIDAD DE MUESTRAS : 3 galones de plásticos
FECHA(S) DE RECEPCIÓN DE MUESTRA : 15/06/2021
PERIODO DE ENSAYO : 15/06/2021 - 04/08/2021
TOMA DE MUESTRA : Por el cliente
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : Los resultados de análisis se aplican a la muestra(s) tal como se recibió.

I. DESCRIPCIÓN Y UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MONITOREO:

| Código del Cliente | Código del Laboratorio | Coordenadas | | Fecha de Muestreo | Hora de Muestreo | Producto Declarado |
|--------------------|------------------------|-------------|---------|-------------------|------------------|--------------------|
| | | Este | Norte | | | |
| ECUR-01 | | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:05 | Efluentes de |
| ECUR-02 | M-21-60 | 0472316 | 8678607 | 15/06/2021 | 15:28 | Curumbere |
| ECUR-03 | | 0472396 | 8678701 | 15/06/2021 | 16:13 | |

El análisis se realizó con la mezcla de los 3 puntos monitoreados.

II. METODOLOGÍA DE ENSAYO

| Ensayo | Método de Referencia | Descripción |
|-----------------|---|--|
| Cromo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 C- B. 23rd Ed. 2017 | Cr. Atomic Absorption Spectrometric Method |
| pH | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017 | pH Value, Electrode Method |
| Nitrógeno Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-N C. 23rd Edition, 2017 | Nitrogen Persulfate Method |
| Fósforo Total | SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-P E. 23rd Edition, 2017 | Phosphorus Ascorbic Acid Method |
| Biomasa Algal | CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987 (Validated for sample weighing), 2018 | Balance Analytical, Sample Weighing |



LAB-00-000-000001/IE-100000

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su autenticidad a su vez mediante constancia de fe contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que procede a su almacenamiento. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como verificación del sistema de gestión de la entidad que lo produce.



**LABORATORIO DE ENSAYOS
"AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C"**

INFORME DE ENSAYO N° AL/IE-088-21

III. RESULTADOS:

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| ECUR-01 | Cromo Total | 20.07 ± 0.02 | mg/L |
| | pH | 8.15 ± 0.31 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrógeno Total | 7.32 ± 0.74 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 7.30 ± 0.07 | mg/L |

Resultados obtenidos sin tratamiento de bioabsorbente natural (Clorofas Filamentosas).

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| | Cromo Total | 8.01 ± 0.043 | mg/L |
| ECUR-01 | pH | 7.73 ± 0.06 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrógeno Total | 3.68 ± 0.23 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 2.12 ± 0.04 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 88.50 ± 0.12 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioabsorbente natural (Clorofas Filamentosas) 50.3mg/L.

| Código del Cliente | Ensayo | Resultado | Unidad |
|--------------------|-----------------|--------------|-----------|
| | Cromo Total | 10.11 ± 0.22 | mg/L |
| ECUR-01 | pH | 8.10 ± 0.26 | Unidad pH |
| ECUR-02 | Nitrógeno Total | 5.40 ± 0.01 | mg/L |
| ECUR-03 | Fósforo Total | 3.88 ± 0.41 | mg/L |
| | Biomasa Algal | 53.10 ± 0.62 | g |

Resultados obtenidos con tratamiento de bioabsorbente natural (Clorofas Filamentosas) 29.15mg/L.



Huancayo, 04 de Agosto del 2021

[Firma manuscrita]
 Mg. Pablo Antonio Gómez
 P. B. Analista

LAB-00-000-000001/IE-100000

El presente informe es redactado íntegramente en AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. su autenticidad a su vez mediante constancia de fe contra la fe pública. Está prohibido la reproducción parcial o total sin la autorización escrita de AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C. Los resultados serán conservados en un periodo máximo de 30 días de haber ingresado al laboratorio, excepto el tiempo que procede a su almacenamiento. Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como verificación del sistema de gestión de la entidad que lo produce.

Anexo 9. Certificados de calibración.



Pág. 1 de 1

CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN OPERACIONAL
N° 30052868-01

1. Solicitante: AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.

2. Dirección: AV. ELMER FAUCETT 3060 - CALLAO

3. Descripción del Instrumento

| | |
|--|---|
| Equipo : GPS Marca : GARMIN Modelo : eTrex H Serie : 2DR021522 Identificación : 3241 | Medición : UTM Rango : NO APLICA Resolución : NO APLICA Exactitud : ± 3.6 m Procedencia : USA |
|--|---|

4. Fecha de Verificación: 30/05/2020 Próxima verificación: 30/05/2021

5. Lugar de Verificación: Área de Mantenimiento y Verificación - Av. Elmer Faucett 173348 - Callao

6. Método de Verificación: La verificación se realizó según el procedimiento indicado en el manual de operación del fabricante.

7. Trazabilidad: Los resultados de la calibración tienen trazabilidad. Se utilizaron los siguientes patrones:

| Descripción | Marca | Serie / Lote | N° Certificado |
|------------------------|--------|--------------|----------------|
| GPS | OREGON | 5375005436 | NO HAYCA |
| ESTACION METEOROLOGICA | DAVIS | A110807P043 | 148-17 |

8. Condiciones Ambientales

| Temperatura | Inicial | 26.3 °C | Final | 26.4 °C |
|-------------|---------|------------|-------|----------|
| Humedad | Inicial | 75 % HR | Final | 75 % HR |
| Presión | Inicial | 757.4 mmHg | Final | 756 mmHg |

9. Resultados

| GPS PATRÓN (X, Y, UTM) | LECTURAS DEL GPS | | ERROR | ESTADO |
|---------------------------|------------------|-------------|-------|--------|
| | INICIAL (UTM) | FINAL (UTM) | | |
| 357 | 358 | 358 | 1.00 | CUMPLE |
| 291351.30 | 291352 | 291350 | -1.30 | CUMPLE |
| 8667667.30 | 8667668 | 8667668 | 0.70 | CUMPLE |
| 53 | 61 | 55 | 2.00 | CUMPLE |
| 270585.00 | 270586 | 270587 | 2.00 | CUMPLE |
| 8670624.00 | 8670622 | 8670623 | -1.00 | CUMPLE |
| 50 | 52 | 50 | 0.00 | CUMPLE |
| 270545.25 | 270545 | 270546 | 0.75 | CUMPLE |
| 8670880.81 | 8670882 | 8670883 | 2.09 | CUMPLE |

ERROR = Lectura final - Valor del estándar

ESTADO: "CUMPLE" si está dentro de los criterios de aceptación de la verificación, en caso contrario "NO CUMPLE"

10. Observaciones

- * Los resultados del presente documento son válidos únicamente para el objeto verificado.
- * El cliente define la frecuencia de verificación en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.
- * El instrumento se encuentra en buen estado y dentro de las tolerancias establecidas por el fabricante.

Fecha de Emisión
12/06/2020



Supervisor
Edwin Coente Q



Realizado por
Rolando Muñoz Z.



AmbientaL
Laboratorios S.A.C.
Av. Elmer H. Lazo 173348
Callao - Perú

D-OPE-K0-12E1W-01
Rev 00
FA Junio 2020

1



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° C - 019



Certificado de Calibración

Registro N° LC - 019

LA-490-2020

Pág. 1 de 1

- 1 Cliente** : AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
- 2 Dirección** : Av. Ferrocarril N° 661 Chilca - Huancayo - Junín
- 3 Datos del instrumento**
- | | | | |
|---------------------------|---------------------|-------------------------------|----------------------|
| - Instrumento de medición | : pH metro | - N° de serie del instrumento | : J0672757 |
| - Marca | : HANNA Instruments | - N° de serie del sensor | : 0408053N |
| - Modelo | : HI 83141 | - Intervalo de identificación | : 0,00 pH a 14,00 pH |
| - Identificación | : EQ-001-LAB | - Resolución | : 0,01 pH |
- 4 Lugar de calibración** : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C
- 5 Fecha de calibración** : 2020-09-07
- 6 Modelo de calibración**

La calibración se realizó por comparación de la indicación del instrumento con valores asignados a materiales de referencia de pH certificados, según procedimiento PC 020. Calibración de medidores de pH de INACAL 2 ed. 2017.

7 Condiciones Ambientales

| | Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%hr) |
|---------|------------------|------------------------|
| Inicial | 24,8 | 57,7 |
| Final | 24,5 | 60,2 |

8 Trazabilidad

| Patrón Usado | Código Interno | N° Lote o N° Certificado | F. Vencimiento |
|--------------|----------------|--------------------------|----------------|
| MRC pH 4 | GGP-S-01.52 | CO651498 | 2021-12-02 |
| MRC pH 7 | GGP-S-02.51 | CO652909 | 2021-12-11 |
| MRC pH 10 | GGP-S-03.52 | CO650628 | 2021-11-21 |

9 Resultados de medición

| Indicación del Instrumento (pH) | Valor del Patrón (pH) | Error (pH) | Incertidumbre (pH) |
|---------------------------------|-----------------------|------------|--------------------|
| 3,99 | 4,006 | -0,016 | 0,015 |
| 6,99 | 6,999 | -0,009 | 0,015 |
| 9,99 | 10,015 | -0,025 | 0,015 |

10 Observaciones

- a) Los resultados están dados a la temperatura de 25 °C.
b) El coeficiente de correlación calculado es 1,0000.

- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicado por el factor de cobertura $k=2$ de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimado siguiendo las directrices de guía para la expresión de la incertidumbre de medida primera edición septiembre 2008 SEM.
- Los certificados de calibración solo pueden ser difundido completamente y sin modificaciones. Sin firma y sello carecen de validez.



Fecha de emisión

2020-09-08

ISAIAS CURÍ MELGAREJO
Jefe de Laboratorio de Calibración
GREEN GROUP PE S.A.C

AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
Ing. Martín H. Laurente Salazar
Jefe de Laboratorio
CP N° 07902

LA IMPRESIÓN DE ESTE CERTIFICADO CONSTITUYE UNA COPIA DEL ORIGINAL EN VERSIÓN ELECTRÓNICA FIRMA DIGITAL, SEGÚN LEY N° 27067 LEY DE FIRMAS Y CERTIFICADOS DIGITALES

FO-(LC-PR-01)

Certificado de Calibración

LA-320-2020

Pág. 1 de 1

1 Cliente : AMBIENTAL LABORATORIOS S.A.C.
2 Dirección : AV. Ferrocarril N° 661 Chilca - Huancayo - Junín
3 Datos del instrumento
 - Instrumento de medición : Balanza analítica - N° de serie del instrumento : 25108996
 - Marca : Sartorius - Id equipo : B / EM / 001
 - Modelo : TE 2145 - Rango : 0 g a 200 g
 - Identificación : EQ-003-LAB - Escala(s) mínima(s) : 0,0001 g
4 Lugar de calibración : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C
5 Fecha de calibración : 2020-05-07

6 Método

La calibración se realizó en comparación directa con el patrón, con carga ascendente hasta el límite máximo de carga o de operación y luego descendente hasta el punto cero, realizando la prueba de excentricidad en los puntos indicadores del plato, según el método a utilizar será CFR Title 40, Appendix J to Part 50, 1987. (Validated for sample weighing), INACAL 2 ed. 2018.

7 Condiciones Ambientales

| Temperatura (°C) | Humedad Relativa (%hr) | Presión (hPa) |
|------------------|------------------------|---------------|
| 24,7 | 36,0 | 766 |

8 Trazabilidad

| Valor Nominal (g) | Prueba de Linealidad | | | | EMF (g) | Pos. Plato | Prueba de Excentricidad | | |
|---|----------------------|-------------|------------|-------------|----------|------------|-------------------------|------------------|-----------|
| | Valor Medido (g) | | Error (g) | | | | Valor Nominal (g) | Valor Medido (g) | Error (g) |
| | Ascendente | Descendente | Ascendente | Descendente | | | | | |
| 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0000 | ±0,0010 | 1 | 70,0000 | 70,0003 | 0,0003 |
| 0,3000 | 0,3001 | 0,3000 | 0,0001 | 0,0000 | ±0,0010 | 2 | 70,0000 | 70,0003 | 0,0003 |
| 0,6000 | 0,6000 | 0,6000 | 0,0000 | 0,0000 | ±0,0010 | 3 | 70,0000 | 70,0003 | 0,0003 |
| 1,0000 | 1,0001 | 1,0000 | 0,0001 | 0,0000 | ±0,0010 | 4 | 70,0000 | 70,0003 | 0,0003 |
| 3,0000 | 3,0001 | 3,0000 | 0,0001 | 0,0000 | ±0,0010 | 5 | 70,0000 | 70,0003 | 0,0003 |
| 5,0000 | 5,0003 | 4,9999 | 0,0003 | -0,0001 | ±0,0030 | 6 | 70,0000 | 70,0001 | 0,0001 |
| 10,0000 | 10,0002 | 9,9999 | 0,0002 | -0,0001 | ±0,0030 | | | | |
| 30,0000 | 30,0003 | 30,0000 | 0,0003 | 0,0000 | ±0,0030 | | | | |
| 50,0000 | 50,0004 | 50,0002 | 0,0004 | 0,0002 | ±0,0030 | | | | |
| 100,0000 | 100,0005 | 100,0003 | 0,0005 | 0,0003 | ±0,0030 | | | | |
| 200,0000 | 200,0006 | - | 0,0006 | - | ±0,0030 | | | | |
| Incertidumbre Expandida U ₉₅ = | | | | | ±0,00010 | | | | |
| Histeresis máxima = | | | | | 0,0003 | | | | |
| Intervalo de verificación (g) = | | | | | 0,0010 | | | | |



10 Observaciones

a) Los resultados aquí presentados son válidos únicamente para el momento de la calibración esto implica que el manejo y cuidado posterior a la calibración del instrumento es responsabilidad de la empresa solicitante.

- La incertidumbre se calculó según la guía para la evaluación y expresión de la incertidumbre para la medición de resultados del NIST de los Estados Unidos de Norteamérica Nota técnica número 1297.

La incertidumbre expandida está calculada para un nivel de confianza del 95% el cual da un factor de cobertura k igual dos.

Este certificado cumple con los requisitos de las normas ISO 12025 2005 hizo 100121

Alteraciones o cambios invalidan el presente este certificado o no es válido sin firma original éste podrá ser producido y utilizado en forma completa solo con la autorización expresa de Green Group PE S.A.C.



Fecha de emisión

2020-06-08


ISAIAS CURÍ MELGAREJO
 Jefe de Laboratorio de Calibración
 GREEN GROUP PE S.A.C


Isaias Curi Melgarejo
 JEFE DE LABORATORIO
 DE CALIBRACIÓN

ESTE CERTIFICADO CONSTITUYE UNA COPIA DEL ORIGINAL EN VERSIÓN ELECTRÓNICA PARA DIGITAL, SEGÚN LEY N° 27097 DE FIRMAS Y CERTIFICADOS DIGITALES

FO-(C-PR-01)