



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Microalga Scenedesmus sp. para la remoción del Cromo
Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre,
2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Chienda Solis, Tyson Ezequiel (ORCID: 0000-0001-9149-5958)

Espíritu Neyra, Luiggi Daniel (ORCID: 0000-0001-6342-1222)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (ORCID: 0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LIMA - PERÚ

2020

Dedicatoria

Primero a Dios por brindarme la oportunidad de aprender nuevas cosas en esta vida. A mi abuelita Eva que me brinda fuerzas desde el cielo, a mis padres y mi hermano por todo el apoyo emocional, a mi familia en general por la confianza y anhelo en poder cursar esta etapa importante para mí.

Chienda Solis Tyson Ezequiel

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. A mis padres y hermanos, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome sus consejos y apoyo para ser una mejor persona. A mi familia por brindarme su apoyo y estar en los buenos y malos momentos.

Espíritu Neyra Luiggi Daniel

Agradecimiento

Agradezco a la Universidad César Vallejo por todo el tiempo brindado como casa de estudios, a mis padres y hermano por todo el apoyo que me brindan tanto emocional como espiritual, al Dr. Benites Alfaro Elmer por la confianza en compartir toda su sabiduría en cuanto al trabajo de investigación, a mis compañeros y futuros colegas en los cuales conocí a lo largo de este tiempo de estudio para poder concluir con satisfacción este logro.

A la Universidad César Vallejo, la cual me pudo brindar todos sus conocimientos. A mis padres, por los valores que me inculcaron y porque son un gran ejemplo para mí. A mis hermanos por ser una parte importante de mi vida. Al Dr. Elmer Benites, quien compartió todo su conocimiento para la elaboración de esta investigación. proceso de este proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	36
3.1. Tipo y diseño de investigación	36
3.2. Variables y operacionalización	37
3.3. Población, muestra y muestreo	37
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad	38
3.5. Procedimientos	39
3.5.1. Obtención de la microalga <i>Scenedesmus sp</i>	39
3.5.2. Proceso de cultivo de microalgas	40
3.5.3. Uso de materiales y recolección de muestra de agua residual	43
3.5.4. Análisis del agua residual en el laboratorio	44
3.5.5. Análisis de la microalga <i>Scenedesmus sp.</i> en el laboratorio ...	45
3.5.6. Procedimiento de experimentación	45
3.5.7. Monitoreo de 7, 14 y 21 días	46

3.6. Métodos de análisis de datos.....	48
3.7. Aspectos éticos.....	49
IV. RESULTADOS	50
4.1. Caracterización del agua contaminada de curtiembre – Río Chillón.....	50
4.2. Parámetros físico – químicos del agua contaminada con cromo hexavalente (Método Potenciométrico)	51
4.3. Oxígeno Disuelto del agua residual doméstica (OD) (método Winkler) ..	51
4.4. Caracterización del agua inicial de Curtiembre – Río Chillón (método espectrofotometría UV).....	53
4.5. Procedimiento experimental del primer tratamiento del agua contaminada por cromo hexavalente por curtiembre - Río chillón	54
4.6. Procedimiento experimental del segundo tratamiento del agua contaminada por cromo hexavalente por curtiembre - Río chillón	55
4.7. Procedimiento experimental del tercer tratamiento del agua contaminada por cromo hexavalente por curtiembre - Río chillón	58
V. DISCUSIÓN	98
VI. CONCLUSIONES.....	101
VII. RECOMENDACIONES	102
REFERENCIAS	103
ANEXOS.....	119
ANEXO 1: Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA	121
ANEXO 2: Matriz de Operacionalización de variables	122
ANEXO 3: Instrumentos de recolección de datos	123
ANEXO 4: Expertos que validaron los instrumentos.....	143
ANEXO 5: Adquisición e identificación de microalgas	144
ANEXO 6: Caracterización del agua residual y microalga <i>Scenedesmus sp</i>	149
ANEXO 7 Resultados de los tratamientos (7, 14 y 21 días).....	150

Índice de Tablas

Tabla 1: Distribución científica de la microalga <i>Scenedesmus sp.</i>	29
Tabla 3: Materiales para obtención de muestra	43
Tabla 4: Comparación de parámetros físico – químicos	50
Tabla 5: Resultados de los parámetros físico-químicos del agua inicial	51
Tabla 6: Resultados del oxígeno disuelto del agua con cromo hexavalente	52
Tabla 7: Resultados de los parámetros físico-químico de la microalga.....	53
Tabla 8: Resultados de los nutrientes de la microalga.....	53
Tabla 9: Resultados de concentración inicial del agua curtiembre - Río Chillón (Cr VI)	54
Tabla 10: Resultados del primer tratamiento de Cromo Hexavalente	54
Tabla 11: Resultados de remoción del primer tratamiento de Cromo Hexavalente... ..	55
Tabla 12: Resultados del segundo tratamiento de Cromo Hexavalente.....	56
Tabla 13: Resultados de remoción del segundo tratamiento de cromo hexavalente	57
Tabla 14: Resultados del tercer tratamiento de cromo hexavalente.....	58
Tabla 15: Resultados de remoción del tercer tratamiento de cromo hexavalente .	59
Tabla 16. Porcentaje de remoción de cromo hexavalente	60
Tabla 17. Resultados de Potencial de Hidrogeno (pH)	67
Tabla 18. Prueba de Normalidad de Potencial de Hidrógeno	68
Tabla 19. Prueba de Wilcoxon de potencial de hidrógeno	69
Tabla 20. Resultados de Temperatura (°C)	70
Tabla 21. Prueba de Normalidad de Temperatura	71
Tabla 22. Prueba de Wilcoxon de Temperatura.....	72

Tabla 23. Resultados de Oxígeno Disuelto (OD).....	73
Tabla 24. Prueba de Normalidad de Oxígeno Disuelto.....	73
Tabla 25. Prueba de T-Student	75
Tabla 26. Resultados de cromo hexavalente.....	76
Tabla 27. Prueba de normalidad de Cromo Hexavalente	77
Tabla 28. Prueba de Wilcoxon de Cromo Hexavalente	78
Tabla 29. Resultados de conductividad eléctrica ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	79
Tabla 30. Prueba de normalidad de Conductividad eléctrica	80
Tabla 31. Prueba de Wilcoxon de Conductividad Eléctrica.....	81
Tabla 32. Resultados de potencial redox (mv).....	82
Tabla 33. Prueba de normalidad de Potencial Redox.....	83
Tabla 34. Prueba de Wilcoxon de Potencial Redox.....	84
Tabla 35. Resultados de Turbidez.....	85
Tabla 36. Prueba de normalidad de Turbidez.....	86
Tabla 37. Prueba de Wilcoxon de Turbidez.....	87
Tabla 38. Remoción de cromo hexavalente	88
Tabla 39. Prueba de normalidad de remoción de cromo hexavalente	89
Tabla 40. Prueba de Kruskal-Wallis	90
Tabla 41. Post Hoc HSD Tukey de la remoción de cromo hexavalente finalizado primer Tratamiento.....	91
Tabla 42. Post Hoc HSD Tukey de la remoción de cromo hexavalente finalizado segundo Tratamiento	93
Tabla 43. Post Hoc HSD Tukey de la remoción de cromo hexavalente finalizado tercer Tratamiento.....	94

Índice de Figuras

Figura 1: Medio para la biosorción de cromo (VI)	27
Figura 2: Células de la microalga <i>Scenedesmus sp</i>	29
Figura 3: Sistema de cultivo abierto	31
Figura 4: Sistema de cultivo cerrado	31
Figura 6. Eliminación de biomasa.....	41
Figura 7. Dilución de microalgas <i>Scenedesmus sp</i>	41
Figura 8. Agua mineral con adición de NaCl para llegar al pH adecuado	42
Figura 9. Nutrientes para las microalgas	42
Figura 10. Actualidad del cultivo de la microalga <i>Scenedesmus sp</i>	43
Figura 11. Toma de muestra del agua residual	44
Figura 12. Caracterización del agua residual.....	44
Figura 13. Caracterización de la microalga <i>Scenedesmus sp</i>	45
Figura 14. Previo cultivo de microalgas con el agua residual.....	46
Figura 15. Monitoreo del agua residual	47
Figura 16. Preparación de reactivos.....	47
Figura 17. Resultados del monitoreo.....	48
Figura 18. Remoción del Cromo hexavalente del primer tratamiento.....	61
Figura 19. Remoción del Cromo hexavalente del segundo tratamiento	62
Figura 20. Remoción del Cromo hexavalente del tercer tratamiento.....	62
Figura 21. Resultados de los parámetros físico-químicos a los 7 días de tratamiento.	63
Figura 22. Medición de los parámetros CE y Potencial redox del primer tratamiento.	64

Figura 23. Resultados de los parámetros físico-químicos a los 14 días de tratamiento	64
Figura 24. Medición de los parámetros CE y Potencial redox del segundo tratamiento	65
Figura 25. Resultados de los parámetros físico-químicos a los 21 días de tratamiento	66
Figura 26. Medición de los parámetros CE y Potencial redox del tercer tratamiento	66
Figura 27. Remoción de cromo hexavalente en el primer tratamiento según dosis de microalga	92
Figura 28. Remoción de cromo hexavalente en el segundo tratamiento según dosis de microalga	93
Figura 29. Remoción de cromo hexavalente en el tercer tratamiento según dosis de microalga	95

RESUMEN

Este informe de investigación tiene como objetivo determinar la remoción de cromo hexavalente en aguas residuales de una industria de curtiembre, utilizando microalgas *Scenedesmus sp.* En primer lugar, se realizó un cultivo cerrado de un fotoperiodo de 8/16 horas luz y oscuridad, conectado a una bomba de aire por 24 horas, una iluminación de 50 W y temperatura ambiente con la finalidad de obtener una gran cantidad para dicho experimento. La parte experimental se realizó un cultivo de microalgas junto con el agua residual en 3 grupos de 9 con 3 dosis diferentes de *Scenedesmus sp.* (10, 30 y 50 ml), los análisis de cada grupo se realizaron a los 7, 14 y 21 días. Como mejor resultado fue el tratamiento TA-3-1 con una dosis de 50 ml de microalga, con un tiempo de cultivo de 21 días, el cual removió la concentración de Cr (VI) en un 60.8%. Asimismo, se determinó la capacidad de la microalga *Scenedesmus sp.*, siendo una alternativa novedosa para reducir cromo hexavalente del agua residual de curtiembre.

Palabras claves: *Scenedesmus sp.*, cromo hexavalente, aguas residuales, remoción.

ABSTRACT

This research report aims to determine the removal of hexavalent chromium in wastewater from a tannery industry, using *Scenedesmus sp.* microalgae. First, a closed culture of a photoperiod of 8/16 hours light and dark, connected to an air pump for 24 hours, 50 W lighting and ambient temperature was performed in order to obtain a large amount for such experiment. The experimental part was made a microalgae culture together with the residual water in 3 groups of 9 with 3 different doses of *Scenedesmus sp.* (10, 30 and 50 ml), the analyses of each group were made at 7, 14 and 21 days. The best result was the TA-3-1 treatment with a dose of 50 ml of microalgae, with a culture time of 21 days, which removed the concentration of Cr (VI) by 60.8%. The capacity of the microalgae *Scenedesmus sp.* was also determined, being a novel alternative to reduce hexavalent chromium from tannery wastewater.

Keywords: *Scenedesmus sp.*, hexavalent chrome, residual water, removal.

I. INTRODUCCIÓN

En el proyecto de investigación detallaron cómo las diversas actividades extractivas que realizó el hombre atentan contra el medio ambiente y en especial a las aguas donde vierten sus residuos contaminantes hacia la alcantarilla sin darle ningún tipo de tratamiento, la gran mayoría de estas descargas generan gran contaminación y son altamente dañinas para la salud del hombre.

La preocupación principal estuvo centrada en la contaminación de las aguas negras en especial de la empresa de curtiembre, que vierten metales pesados como el cromo (VI), provocando contaminación, arrastrando gran cantidad de lodo, metales pesados como el Cr, Al y Ti, polímeros orgánicos, sulfuros, sales inorgánicas y sólidos en suspensión, produciendo impactos ambientales negativos igual o más que los de la industria minera y de combustibles, siendo estos difíciles de purificar.

Actualmente se hace uso de diversas tecnologías, entre ellas una alternativa muy importante y natural, es la variedad de microalgas que son muy resistentes y que además usan estos metales pesados como nutrientes para su existencia.

Las microalgas son microorganismos, que debido a su función fotosintética son idóneos para combatir metales pesados, como el cromo (que tiene potencial mutagénico, carcinógeno) para dar tratamiento biológico a las aguas residuales de los procesos de curtiembre con el fin de disminuir, remediar y dar una solución, evitando más contaminación y/o enfermedades tanto en las poblaciones y el ambiente.

Ante esta realidad genérica de la presencia de cromo (VI) en aguas de los afluentes de la industria de curtiembre, se buscó una manera de remover el contaminante por medio del método de absorción con el uso de las microalgas *Scenedesmus sp.*

La realidad problemática se centró en la presencia de aguas residuales por la acción del proceso de curtido conteniendo metales pesados como el cromo (VI), con características de ser muy movibles en el agua provocando contaminación y efectos carcinógenos siendo muy nocivos para los seres vivos. Las industrias de curtiembre

hacen uso de los metales pesados para su proceso, como por ejemplo en Colombia estas industrias descargan sus aguas residuales no tratadas hacia las alcantarillas con una concentración elevada de cromo alrededor de 740 mg/L (CARREÑO Uriel, 2016). Asimismo, a nivel nacional según RAVELLO Marthy (2017), nos dice que la industria de curtidos da utilidad, pero a su vez genera contaminación porque sus aguas contaminadas no tratadas van directamente al alcantarillado lo cual perjudica la salud en los trabajadores y personas que puedan consumir productos alimenticios regados con estas aguas. Estas aguas son un peligro latente para el ambiente ya que al realizar un análisis la concentración del Cr (VI) llegó a 2400 mg/L, la cual supera los valores máximos admisibles para la industria de curtiembre, que deben ser por debajo de 0.5 mg/L señalados en el Decreto Supremo N° 010-2019-Vivienda. Ver anexo 3.

De la realidad problemática analizada, se desprendió el problema general: ¿Cuánto de volumen de la microalga *Scenedesmus sp.* remueve el Cromo Hexavalente del agua residual de la industria de Curtiembre, 2020?; con sus problemas específicos: ¿Cuál será el estado de los parámetros fisicoquímicos del agua residual después de haber utilizado las microalgas *Scenedesmus sp.*?; ¿Cuál será la dosis ideal de la microalga para la remoción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre?

La justificación de la investigación fue separada de esta manera: **Teórica**, considerando que esto ha sido aplicado con resultados positivos, según las teorías relacionadas al tema, se tomaron a bien de aplicar el mismo sistema en el trabajo de investigación que realizaron, las microalgas gracias a sus propiedades lograron remover un determinado porcentaje del Cromo en las aguas negras en la etapa de curtido. **Práctica**, en este trabajo aplicaron de manera práctica el sistema ya realizado en otros antecedentes, en la cual consideraron su proceso de aplicación, en la que tuvieron en cuenta los resultados obtenidos que se considera en un 50% de remoción del metal pesado en las aguas residuales. **Ambiental**, determinaron a través de la investigación el poder de remoción que demostraron las microalgas que fueron aplicadas en las aguas residuales en la que tiene la existencia de metales pesados.

Este aplicativo contribuye en disminuir la concentración de Cr (VI), que son vertidas en las aguas del alcantarillado y que a su vez puedan ser reutilizadas por industrias que trabajan con este metal pesado.

Según las indicaciones anteriores, el objetivo general fue determinar la capacidad de la microalga *Scenedesmus sp.* en la remoción del Cromo Hexavalente del agua residual de la Industria de Curtiembre, 2020; asimismo teniendo dos objetivos específicos como: Determinar el estado de los parámetros fisicoquímicos del agua residual después de haber utilizado las Microalgas *Scenedesmus sp.*; Determinar la dosis ideal de la microalga para la remoción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre. La Hipótesis General fue, al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.* Tendrá una remoción de un 70% del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre, 2020; además obtuvieron dos hipótesis específicas como: El estado de los parámetros fisicoquímicos del agua residual cambiaron en 50% al utilizar la Microalga *Scenedesmus sp.*; La dosis ideal de microalga fue efectiva en un 60% en la remoción del cromo en las aguas residuales de la industria de Curtiembre.

II. MARCO TEÓRICO

Para, GUO G. et al (2020), el objetivo de investigación que tuvo fue, indagar cuales eran los efectos de las inoculaciones bajas, medias y altas en los tres tipos de microalgas usadas en la purificación de aguas residuales y que tratamiento sería mejor y cuál fue la especie óptima. Utilizaron para ello el cultivo de tres microalgas como *Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus obliquus* y *Neochloris oleoabundans*, siendo el fotoperiodo del cultivo 12 horas luz y 12 horas de oscuridad, la densidad de luz fue de 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ y la temperatura de 25 °C. Se lavó con agua destilada la biomasa y homogeneizó en una licuadora con 100 ml de agua destilada. Para la etapa experimental se usaron vasos de vidrio como fotobiorreactores con 2,8 L de agua residual y luego vertiese tres dosis de microalga en cantidades de 62,06; 121 y 180 mg/L. obteniéndose como principales resultados que el tratamiento con la microalga *Chlorella vulgaris* de una dosis de 180 mg/L redujo un 51 % de zinc. Al terminar, se concluyó que *Chlorella vulgaris* es la microalga más eficiente para el tratamiento de aguas residuales de pocilga con respecto a las otras dos especies.

También, LI Mingming et al. (2020), cuya finalidad de investigación fue evaluar la eliminación de Cadmio (II) y DQO en aguas residuales. La parte experimental se realizó en matraces que contenían 25 ml de solución de Cadmio (II), las cepas de la microalga *Chlorella vulgaris* se cultivaron a 28 °C de temperatura, durante un ciclo de luz/oscuridad de 12//12, la intensidad utilizada de luz fue de 120 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$ y la velocidad de rotación de 150 rpm. La magnitud de la eliminación del metal pesado se incrementó paulatinamente en 98% en nueve días de incubación, con 2 ml de la microalga la propagación de la eliminación de DQO fue del 43% y luego de nueve días aumentó a 63%. Como conclusión la microalga *Chlorella vulgaris* es recomendable para la remoción de metales pesados como por ejemplo el cadmio y DQO, en lapso de tiempo para su efectividad, por es recomendable este trabajo ya que aporta una nueva forma de solución en la biorremediación de algunos medios ambientales que han sido contaminados con ciertos metales pesados y sobre todo en aguas residuales.

Asimismo, POLITAEVA N., SMYATSKAYA Yu y TATARINTSEVA E. (2020), cuyo objetivo del trabajo de investigación fue la aplicación de la biomasa de la microalga *Chlorella sorokiniana* para la expulsión de metales pesado en aguas residuales. Para poder obtener la biomasa se tuvo que potenciar las características de adsorción de la biomasa residual, este paso se realizó en una modificación térmica bajo condiciones de coquización a temperaturas de 400 °C durante 30 minutos. Para producir el absorbente granular se elaboró una mezcla la cual se le revolvió por un tiempo de 5 horas, luego se le agregó a la biomasa tratada térmicamente, al producirse una masa se formaron pequeños gránulos, la masa se graduó en una solución de NaOH al 5% y por último paso se lavó con agua la cual tenía un pH de 7.5 para luego ser secado a temperatura ambiente. Las características de adsorción del adsorbente granular se obtuvieron mediante la elaboración de un filtro, con concentraciones de iones de Cobre y Plomo (20 mg/L), una velocidad de filtración 7,5 ml/L, temperatura de 20 °C y pH de 6. En la investigación obtuvieron los siguientes resultados, 18,35 mg/g de la adsorción de iones de Pb y 8,59 mg/g de los iones de Cu. Como conclusión esta investigación demostró que la biomasa de la microalga es eficaz en pequeñas concentraciones de iones de metales pesados y que este elemento no es tóxico y es recomendable para la eliminación de sustancias tóxicas en las aguas residuales.

De igual manera, DANESHVAR E. et al. (2019), su objetivo de investigación fue determinar la eliminación del Cr (VI) utilizando diferentes métodos a base de microalgas (microalgas vivas y biocarbón), fue una investigación de diseño experimental, cuya población fue solución de Cr (VI) con una concentración inicial de 10 mg/L. La *Scenedesmus quadricauda* se compró de Culture Collection of Algae and Protozoa (CCAP) en Escocia, Reino Unido. La cantidad utilizada para esta investigación fue 900 ml de microalga *S. quadricauda*, se generó en un cultivo con fotoperiodo de 16h luz y 8h oscuridad, la intensidad de luz fue de 110 $\mu\text{mol}/\text{m}^2$. Dentro de los principales resultados se tuvo como eficiencia la eliminación de Cromo hexavalente, por medio de la microalga viva con una remoción del 67.03% en doce días. Se concluyó que la aplicación de microalgas en tratamientos de aguas residuales

resulta eficaz y de bajo costo para ser utilizado como una tecnología nueva para este tipo de tratamientos.

Para, SHEN Liang et al. (2019), tuvo como finalidad en su proyecto de investigación la biorremoción de Cr (VI) en aguas residuales contaminadas utilizando microalgas heterótrofas activas. Para la experimentación se utilizaron tres cepas de microalgas verdes heterótrofas *Botryococcus sp.*, *Scenedesmus sp.* y *Chlorella sp.*, donde se investigó el potencial de eliminación del Cr (VI) en una cisterna de aireación de una industria de tratamiento de aguas residuales ubicada en Xiapu en Xiamen, China. Se cultivó a una temperatura de 28 °C a 150 rpm dentro de una cámara de crecimiento cerrada sin luz de principio a fin del período de cultivo y los flasks fueron tapados con un tapón de algodón dando como una cantidad inicial de microalgas de 100 ml. Se utilizaron tres concentraciones de Cr (VI) en agua residual las cuales fueron de 3.53, 10.60 y 21.21 mg/L. Dentro de los principales resultados la eliminación de Cr (VI) fue de 94.2% en la concentración de 3.53 mg/L después de 7 días de cultivo de *Botryococcus sp.* Se concluyó que las microalgas heterótrofas como lo son el NJD-1 puede llegar a crecer vigorosamente junto con la coexistencia del Cr (VI), lo que implica una aplicación exitosa para el tratamiento de aguas residuales industriales.

También, LIESWITO N., RINANTI A. y FACHRUL M. (2019), cuya finalidad de investigación fue eliminar una gran cantidad de Cobre utilizando tres tipos de microalga inmovilizadas. El cultivo de las microalgas *Chlorella sorokiniana*, *Monoraphidium sp.* y *Scenedesmus obliquus* se realizó en un fotobiorreactor, se cultivó a una temperatura 25 °C, el pH fue de 8, con una intensidad de luz 3500 lux, flujo de aire de 900 ml/min, para preparar el polvo absorbente se centrifugo las microalgas a 4000 rpm por un tiempo de 20 min., para la elaboración de las células inmovilizada se utilizó dos gramos del polvo de las microalgas con 4 gramos de alginato de sodio el cual se diluyó en 200 ml de agua. Ya en la parte experimental se usó una concentración de 20 mg/L del agua residual, 10 gramos de la microalga inmovilizada y 50 ml de la solución de Cu. Obteniendo resultados de investigación con una temperatura prudente de 35 °C y que durante 120 minutos la remoción del Cu fue de 94%, mientras que en 180 minutos la

eliminación del metal pesado es de 96%. Se concluyó que a más tiempo dure el proceso de biosorción el resultado es mejor, esta investigación demostró que las microalgas inmovilizadas son muy buenos bioabsorbentes para la remoción de Cu.

Asimismo, MENESES Y., PATIÑO P. & BETANCUR J. (2019), cuyo propósito de investigación fue evaluar la eliminación de cromo mediante el uso de biomasa de la microalga *Spirulina sp.* en aguas industriales. La población fue tomada del agua de la empresa residual del sector metalmeccánico ubicado en la ciudad Manizales, Colombia. La parte experimental, se agregó la biomasa de la microalga en los 6 reactores con una concentración de 1.55×10^5 células/ml, el cual corresponde a 20 g/L, los reactores se les inyectó aire a través de un compresor con una capacidad de 2.9 W, para observar la remoción del metal pesado en los 2 tiempos se tomaron alícuotas de 500 ml y se tamizaron con una tela de 40 micras. Dentro de los principales resultados se obtuvo una mejora al emplear la microalga *Spirulina sp.* con la cual se realizaron análisis de 24 y 96 horas, logrando la remoción de Cromo en un 96.5% con una disminución en la concentración de 1.02 mg/L, dentro de las primeras 24 horas y 48,48%, con una concentración de 14.2 mg/L en 96 horas. Llegando a la conclusión, la microalga tiende a ser una alternativa económica y de fácil implementación para la remoción de metales, asimismo contribuye en la mejora de la calidad del agua.

Para, OYEBAMIJIA O. et al. (2019), cuya finalidad de investigación fue la exclusión de metales pesados y sustancias cromogénicas en aguas residuales textiles, a través de la cultivación de microalgas verdes y la generación biomasa. La población fue las aguas residuales de una planta textil en Abeokuta, Nigeria. El método empleado tanto para el aislamiento y la purificación de cepas se realizó en dos fases: (1) la separación de otras microalgas y cianobacterias, y (2) la purificación de contaminantes bacterianos y fúngicos. En el aislamiento se llevó a cabo mediante la técnica de placas de rayas, por otro lado, la purificación se logró mediante el tratamiento de cóctel de antibióticos. Para la obtención de las aguas residuales se utilizó el método de muestreo por conglomerados. Dentro de los principales resultados se determinó la concentración máxima para el crecimiento de todas las microalgas aisladas donde pudieron crecer

con concentraciones que oscilaban entre 0.25 y el 4% de las aguas residuales textiles. Dichos experimentos se escalaron a 150 ml en frascos Erlenmeyer de 250 ml para realizar una posible cosecha, la centrifugación y análisis adicionales. Asimismo, los metales pesados como el Al y Cu se redujo en un 44-67%, después de dos semanas de cultivo los metales Pb y Se fueron completamente eliminados. Se concluyó que las microalgas generan biomasa donde indica la eliminación de nutrientes de nitratos y fosfatos que se encontraban en las aguas residuales. De igual manera ayuda en la eliminación de color y metales pesados por un proceso de tratamiento que no es inherente a las plantas de tratamiento de aguas residuales. Por tanto, el cultivo de algas es una situación ventajosa con los beneficios de la producción de biomasa de microalgas y para la mejora de las aguas residuales tratadas.

Asimismo, PARK J. et al. (2019), cuya investigación tuvo como objetivo evaluar el proceder de los nutrientes y metales pesados, haciendo uso de la microalga *Scenedesmus obliquus* en aguas negras. Esta microalga para tener un buen crecimiento se realizó un cultivo a temperaturas de 28°C, un pH de 7 y con un ciclo de luz de 14/10 luz/oscuridad. Utilizando 4 tipos de cantidades en la eliminación de nutrientes que fueron 500, 1000, 5000 y 10000 mg/L, es así que para determinar la capacidad de eliminar metales pesados se utilizó 3 mediciones de 10, 30 y 50 mg/L. En el experimento se usó 2 tipos de tratamiento: tratamiento simple y tratamiento binario. Obteniéndose como resultados que el tratamiento simple elimina el 70% de nitrógeno, 34% de fósforo y en los metales pesados elimina el 40% de Cobre y 30% Zinc; con el tratamiento binario se redujo 58% de nitrógeno, 40% de fósforo, 40% Cu y 30% Zn. De esa manera se llega a la conclusión que la microalga *Scenedesmus obliquus* es una de las mejores para el tratamiento biológico, también para la eliminación de nutrientes y metales pesados en aguas residuales, además que puede ser una fuente de energía renovable.

Para, RUGNINI Lorenza et al. (2019), cuyo objetivo de investigación fue cultivar *Scenedesmus desmaceae* en un sistema primario, para precisar la eliminación de fósforo y usar la biomasa para la adsorción de Cobre y Níquel, dicho cultivo lo llevó a

cabo en un fotobiorreactor de capacidad de 140 L, virtiendose 500 ml de microalgas y 16 mg de fósforo, para analizar crecimiento y eliminación de fósforo, el cultivo se mantuvo a 19 °C y la oscuridad/luz fue de 10/14. También quitaron muestras de 50 ml de microalga luego de 24, 72, 120, 168 y 240 horas para precisar los cambios en la biomasa y la concentración de fósforo, pasado las 240 horas la biomasa de la microalga se guardó. En la experimentación se usó la biomasa no viva (0,5 g) en 50 ml de soluciones de 0,6 mg de Cu y 4,8 mg de Zinc, las muestras se tomaron luego de 15, 30, 60 y 120 minutos. Los resultados de la investigación después de 10 días de cultivo, las microalgas eliminaron 74% de fósforo, la biomasa cosechada y usada para la eliminación de metales pesados, removi6 65% de Cu y 50% de Ni. Se concluy6 que el potencial de la microalga es muy eficaz para eliminar el f6sforo y metales pesados del medio acuoso.

Asimismo, SANTOS Francisca et al. (2019), cuya finalidad de estudio fue valorar el crecimiento de microalgas y el poder de eliminaci6n de nutrientes en los entornos de contaminantes de metales pesados. Para ello, cultivaron la microalga *Chlorella vulgaris* en frascos de volumen de 500 ml en 7 d6as, la iluminaci6n se llev6 a cabo con 4 fluorescentes de 18W, el fotoperiodo fue de 24 horas luz, con una temperatura ambiente. En la experimentaci6n los cultivos estuvieron a concentraciones de Ni 15, 30 y 45 $\mu\text{mol. L}^{-1}$; Cd 10, 21 y 30 $\mu\text{mol. L}^{-1}$ y Zn 14, 30 y 47 $\mu\text{mol. L}^{-1}$. Obteniendo como resultados que el mayor crecimiento de la microalga se logr6 en el Zinc en 7 d6as y la absorci6n de metales pesados se obtuvo en los cultivos de Cd y Zn; siendo mejor la eliminaci6n de nutrientes en el cultivo de Cd. Se concluy6 que las microalgas poseen mayor efectividad en la remediaci6n de las aguas residuales que contiene metales pesados, a su vez se encarga de eliminar nutrientes y altas tasas de aumento de la *Chlorella vulgaris*.

Tambi6n, SARANYA D. y SHANTHAKUMAR S. (2019), cuyo objetivo de investigaci6n fue evaluar el potencial de las algas verdes *Chlorella vulgaris* y *Pseudochlorella pringsheimii* utilizadas para el tratamiento de aguas residuales y curtidur6a. La *Chlorella vulgaris* se recogieron del Dep6sito Nacional de Microalgas y Cianobacterias, ubicada

en la India, asimismo se recogieron muestras de agua de una planta de tratamiento situada en VIT, Vellore en India; las muestras se conservaron en un refrigerador a 4 °C y acidificado para los análisis de metales pesados. El cromo total fue analizado arrojando una concentración de 20.9 mg/L, utilizando la espectroscopia de absorción atómica. Para la experimentación utilizaron la inoculación de fase exponencial (13° días) con una cantidad de microalgas *Chlorella vulgaris* (3.8×10^5 células/mL) y *Pseudochlorella pringsheimii* (7.7×10^5 células/mL), la inoculación se realizó en una cónica de 500 mL de capacidad y un volumen de 300 mL de muestra de agua residual, contaba con una iluminación continua de $35 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ durante un periodo de dos semanas. Para la evaluación en eliminación de nutrientes como fosfatos y nitrógeno amoniacal, se monitoreo en días alternativos. El crecimiento celular se midió mediante el recuento de células con un hemocitómetro. Dentro de los principales resultados en la investigación se dio la remoción del 46.6% y la concentración final fue de 11.12 mg/L en 15 días del cromo total. Concluyeron que la microalga verde *Pseudochlorella pringsheimii* es eficiente para el tratamiento sostenible en aguas residuales combinadas y agua de curtiduría efluente junto para la producción de biocombustibles.

Para, TRIPATHI R., GUPTA A. y THAKUR I. (2019), el objetivo de esta investigación fue la producción de biodiésel y el tratamiento de aguas residuales municipales utilizando microalgas *Scenedesmus* sp. para la eliminación de metales pesados y contaminantes orgánicos. Las muestras de aguas residuales fueron recogidas de una planta de tratamiento de aguas residuales de Nueva delhi en India. Se cultivó la cepa de microalga en diferentes concentraciones de aguas residuales esterilizadas (25%, 50% y 100%) en medio BG-11 durante un tiempo estimado de 14 días, se analizaron sus propiedades físico-químicas de las aguas residuales antes y después del tratamiento de las algas, donde se vio reflejado un aumento de pH (6.3 ± 0.5 a 8.3 ± 0.2), todos los cultivos se mantuvieron en un fotoperíodo de 18 horas de luz y 6 horas oscuridad donde se utilizó cuatro tubos de fluorescentes (50 W) con una agitación de 100 rpm. Dentro de los principales resultados se generó una remoción de 91.50%, 92.09% y 82.30% para el Zn, Fe y Al respectivamente, asimismo hubo una remoción del 100% para el Cd, Ni, Pb y Co. En conclusión, se genera este tratamiento de aguas

residuales con microalgas *Scenedesmus sp.* con el fin de utilizar un método eficiente junto con la producción de biodiésel.

Para, AJAYAN K., HARILALA C. y SELVARAJUB M. (2018), cuyo objetivo de investigación tuvo como eje central la fitoterapia en la curtiduría y los lípidos evaluando qué cambios se producen en el mecanismo de defensa en los metales para que produzcan ácidos grasos. Es así que *Chlorella sp.* una microalga fue inoculada en un medio basal, cultivada a 27 °C de temperatura, con una la iluminación de 4000lx en un tiempo de 12:12 produciendo que en la industria de la curtiembre las aguas residuales se disgregaron en dos concentraciones de 50% y 100%, el experimento se llevó a cabo en un matraz de 500 mL cuyo contenido fue de 300 mL de las muestras combinadas. Los cultivos señalaron concentraciones celulares de 114,5 x 10⁵ mL al 50% y 20,8 x 10⁵ mL al 100%, presentando la eliminación de metales pesados en una concentración del 50%, Cr 73%, Cu 90%, Pb 92% y Zn 81%, y en la concentración de 100% demostró Cr 45%, Cu 78%, Pb 52% y Zn 44%. La conclusión que da esta investigación es que la microalga *Chlorella sp.* tiene un alto potencial para la eliminación de metales pesados que se encuentran en aguas residuales de fábricas de curtiembre.

También, APANDI N. et al. (2018), cuya finalidad fue investigar la eficiencia de la microalga *Scenedesmus sp.* para la remoción de metales pesados en aguas residuales. Para ello realizaron un cultivo de esta microalga bajo la luz del sol 12 días anteriores al experimento. Utilizando frascos Erlenmeyer con un contenido de 400 ml de aguas residuales, seguidamente realizaron la filtración para eliminar residuos y luego diluirlos en agua destilada al 10%, 25%, 50%, 75% y 100%, luego cultivaron la concentración de 1x10⁶ células/ml, todo este proceso de ficorremediación fue en 18 días. Obteniendo resultados como: la mayor tasa de desarrollo de la microalga se dio en el de 50%, teniendo un peso de 2006 mg/l, llegando a eliminar 93% de Cadmio, 91% de Cromo 92% Hierro y 92% de Zinc. Llegando a la conclusión que la microalga *Scenedesmus sp.* brinda un método alternativo para el tratamiento de aguas residuales y la eliminación de metales pesados.

Igualmente, BOUZIT Laila et al. (2018), cuyo objetivo de estudio de la investigación tuvo como intención determinar la eliminación de iones de Hierro 3 con una biomasa viva de la microalga *Scenedesmus obliquus*. Para lo cual cultivaron las microalgas 7 días en un fotobiorreactor de una capacidad de 2 L, vertiendo agua residual que fue colada para eliminar partículas, usaron 900 ml de agua mezclada con 100 ml de solución de algas, la elaboración de la biomasa la realizaron centrifugando a 4000 rpm durante 20 minutos. En el experimento, utilizaron una concentración de 50 mg/L de la solución de Fe mezclada con 0,5 g de la biomasa; monitoreando los 7 primeros días para verificar el crecimiento de la microalga, obteniendo resultados como: para la eliminación del metal pesado la temperatura ideal es 30 °C, la agitación 80 r/min, la cantidad de biomasa es de 16 g/L, que logró eliminar 25 g/L de Fe 3+. La conclusión que a la que llegaron fue que el uso de microalgas es un método eficaz y prometedor para las industrias con la que obtienen mejores resultados y minimizar costos, tiempo e intensidad de trabajo.

Para, PRADHAN D. et al. (2018), cuya finalidad de investigación fue la biosorción utilizando la biomasa de las microalgas *Scenedesmus sp.* para la eliminación de Cromo Hexavalente. Para la experimentación, la realizaron en vasos de vidrio de 200 ml donde contenían 100 ml de la mezcla de Cr Hexavalente, la velocidad de agitación fue de 300 rpm a una temperatura constante. Antes de agregar la biomasa para mantener el pH inicial se añadió una gota de solución diluida de H₂SO₄ (10%), se tomaron muestras en intervalos de tiempo predeterminado para el análisis de la concentración de Cr(VI) y se midió constantemente el pH del contenido. Asimismo, tomaron 2 ml de muestra líquida con una pipeta y se centrifugó a 3000 rpm durante un tiempo de 5 minutos. Finalmente tomaron una muestra de 1.0mL del contenido y se analizó la densidad de Cr(VI). Se tomaron diferentes tiempos de contacto de la biosorción de Cr(VI) utilizando la biomasa de microalgas tales como 30, 60, 90, 120, 150, 180, 210, 240, 270 y 300 min, donde se observó que la tasa de biosorción fue rápida hasta 90 min con una eficiencia superior al 90%, después de los 90 min la tasa de biosorción fue lenta y generando una eliminación del 93.1% hasta los 120 minutos. Asimismo, el tiempo de biosorción de 120 min fue considerado el punto de equilibrio

en el experimento. Se concluyó que la biomasa de microalgas *Scenedesmus sp.* es óptima para el uso de biosorción de Cr(VI) para los procesos a bajo costo.

También, SUTKOWY Malgorzata y KLOSOWSKI Grzegorz (2018), tuvo como objetivo de estudio valorar la biomasa seca de *Ps. var boryanum longicorne* en el tratamiento de biosorción de cromo (VI) en soluciones acuosas. La microalga se obtuvieron de un fotobiorreactor, estas se incubaron en condiciones óptimas a temperatura de 22 C°, con una potencia de luz de 4000 lux y el ciclo de luz fue 12D: 12N. El experimento se realizó en tres matraces de 0,5 L, las cuales contenían 0.5, 1 y 2 g/L de microalgas seco, a cuál se le hecho 250 ml del agua residual con el metal pesado, el cual tuvo una concentración de 10 mg/L. Dentro del agua residual se encontró las dos formas del cromo hexavalente cromato (CrO₄²⁻) y dicromato (Cr₂O₇²⁻). Dando como mejor resultado los 2 g/L el cual elimino un 70% del cromo hexavalente y estabilizó el pH del agua contaminada. Se determinó que el uso de esta microalga demuestra que es óptima para la eliminación de metales pesados.

Asimismo, ROSALES A., RODRÍGUEZ C. y BALLEEN-SEGURA M. (2018), cuyo objetivo de investigación fue evaluar la capacidad que tiene las microalgas para remover el Cromo total (156.7 mg/L) y Cromo hexavalente (0.08 mg/L), comparando la eficiencia que tiene en el tratamiento de células libres y células inmovilizadas. La población fueron las aguas residuales de la curtiduría ubicada en San Benito, Bogotá y la muestra fue conformada por 20 L de agua residual la cual tuvo una concentración inicial de 0.08mg/L de Cr (VI). El experimento de las células inmovilizadas se realizó en 3 reactores con una capacidad de 2L donde se agregó 1.8L del agua residual, luego se le agregan 10 discos de la microalga, los reactores fueron mantenidos en condiciones apropiadas de temperaturas de 20 °C y ciclos de 12h luz/oscuridad, para las células libres, el agua fue esterilizada a 120 °C por un tiempo de 20 minutos para poder eliminar microorganismos y se diluyó 1:1 con agua destilada con la finalidad de reducir la turbidez del agua, se le agrego 1.8L de la dilución y la misma cantidad del cultivo de la microalga, el cultivo se centrifugó a 6000 RPM por 2 minutos. Se generó un seguimiento al crecimiento de las microalgas por un tiempo de 33 días, para las

células libres se utilizaron medidas de densidad a una muestra de 10 mL, mientras que para las células inmovilizadas 2 discos fueron pesados a diario para poder determinar el aumento de la biomasa. Dentro de los principales indicadores se obtuvo que el tratamiento con células libres removió el Cromo total en un 98.55% y el Cromo hexavalente en un 40.83%, con una concentración final de 0.14mg/L, por lo tanto, para el tratamiento con células inmovilizadas la remoción de Cromo total fue de 98.05% y el Cromo hexavalente fue de 53.33%. Se concluyó que el uso de las microalgas viene a ser efectivo para remover metales pesados en aguas residuales que son generadas en los procesos de curtiembre.

Para, TANTTE Juan (2018), cuya finalidad del trabajo de investigación fue evaluar la facultad de depurar nitrógeno, fósforo y plomo que contienen las aguas residuales domésticas en la ciudad de Huaura, al realizar el experimento se empleó un fotobiorreactor en cual se utilizó las esferas de alginato para inmovilizar las microalgas para remover metales pesados (plomo), el experimento contó con cuatro tratamientos, el cual duró 30 días, tomando muestras semanalmente y analizando los niveles de la muestra. La microalga *Chlorella vulgaris* se limpió para evitar microorganismos, luego se masificó por medio del cultivo batch y se empleó la solución hidropónica mediante la proporción de 2.5 ml/L de solución disuelta en agua destilada. Se tomaron alícuotas de 1ml del cultivo luego se realizó un conteo celular en una cámara Neubauer hasta tener la más adecuada que es de 1.4×10^7 L. La parte experimental se realizó en un fotobiorreactor, se utilizó luces led de 72W, las cuales fueron ubicadas en el centro, también se colocó una manguera la cual proporcionó oxígeno. Para la inmovilización de las células de la microalga se mezcló 100 ml de agua destilada con 4 g de alginato de sodio, luego que el alginato al 4% se encontrase a temperatura ambiente se le agregó 45 ml de la microalga con una concentración de 1×10^7 células/ml. Teniendo como principales resultados el tratamiento dos para el cual se utilizó 75 gr. de microalgas más 50% de agua residual/50% agua desionizada, dando como resultado una remoción de 66% de plomo, 75% de fósforo y una densidad de 0.5 mg/l de nitrógeno en todos los tratamientos, habiéndose obtenido mayor purificación en la

primera y segunda semana. Se concluyó que la microalga inmovilizada redujo la densidad de metales pesados en las aguas residuales.

Igualmente, ARDILA Liliana, GODOY Rubén y Montenegro Luis (2017), cuyo objetivo de investigación fue la eliminación del metal pesado, cromo de las aguas residuales de las curtidurías mediante la absorción utilizando microalgas verdes *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*. Las aguas residuales fueron tomadas de diferentes curtidurías dentro de la ciudad de Bogotá y alrededores. Las cepas *Chlorella vulgaris* y *Scenedesmus acutus*, se cultivaron en el Laboratorio de Cultivo de Algas LAUN con un volumen máximo de cultivo de 10 L y en la Estación La Terraza con un volumen de cultivo de 1 m³. Después del cultivo de la biomasa cada microalga se cosechó por centrifugación con una velocidad de 4000 rpm durante un periodo de 10-15 min. Dentro de los principales resultados mostró que la mayor eliminación de cromo se realizó en agua sintética de 88.2% con *Chlorella vulgaris*, mientras que la microalga *Scenedesmus acutus* fue de 87.1%, asimismo la eliminación de cromo en aguas residuales de las curtidurías resultó una reducción de 30.01% con *C. vulgaris* y 26.41% para *S. acutus*. Se concluyó que la disminución entre los grupos funcionales de las microalgas junto con otros compuestos presentes en las aguas residuales que compiten con la eliminación del cromo, siendo eficiente dando buenos resultados de reducción y siendo utilizado como bajo recurso.

También, BRAR Amandeep et al. (2017), su objetivo de trabajo de investigación fue el tratamiento de las aguas residuales tratando de demostrar que la ficorremediación es un proceso rentable y sostenible, estos necesitan una alta carga química y más insumo de energía. Siendo así que en esta investigación utilizaron la microalga *chlorella sp.*, mediante la recopilación de datos se encontró que las células de la microalga retenían el 10 a 21% de cromo hexavalente, el ensayo colorimétrico presentó una reducción del 50% en la concentración de cromo VI a cromo III. Llegando a la conclusión de que las microalgas verdes son eficaces para alterar los parámetros físico-químicos de las aguas residuales y de la alta producción de biomasa de la microalgas cultivadas en

aguas residuales, es por ello que da a conocer que este método es eficaz para lograr un ambiente adecuado y sostenible.

Para, FAZAL T. et al. (2017), cuyo objetivo de investigación fue la elaboración de biodiésel a partir de microalgas para biorremediar aguas residuales textiles, fue una investigación de diseño experimental, cuya población fueron las aguas residuales textiles que contienen colorantes, nitratos, fosfatos y metales pesados que son los principales ingredientes indispensables para el crecimiento en tamaño de las microalgas. Dentro de los principales resultados los diferentes géneros de microalgas como *Chlorella vulgaris*, *Chlorella protothecoides* y *Scenedesmus sp.*, eliminan altas concentraciones de colorantes, amoníaco, nitratos, fosfatos y metales pesados de las aguas residuales textiles, en especial *Chlorella vulgaris* mostró una alta eliminación de nitrógeno inorgánico (60-86%) y fósforo inorgánico (78-87%) de las aguas residuales. En conclusión, el cultivo de microalgas requiere de nutrientes esenciales, macronutrientes y micronutrientes (Mn, Cu, Fe, Cr), el cual desempeñan un papel fundamental en el enriquecimiento de la biomasa al facilitar el crecimiento celular, acumulación de lípidos, carbohidratos y aceites.

Asimismo, GANI Paran et al. (2017), En su investigación tuvo como objetivo demostrar la capacidad de la microalga *Botryococcus sp.* en la eliminación de metales pesados (Zn, Fe, Cd y Mn) producidas en aguas residuales domésticas e industriales, en su experimento utilizó 36 matraces (500 mL) las cuales llenó 350 mL de agua contaminada, para verterlo en el tratamiento con las microalgas, utilizando cinco concentraciones distintas, las cuales fueron de 1×10^3 , 1×10^4 , 1×10^5 , 1×10^6 y 1×10^7 en tiempo de 18 días. Cuyo resultado fue una mejor eficiencia de la concentración de 1×10^5 de la microalga en las aguas domésticas las que redujeron la cantidad de metales pesados en: Zinc 71%, Hierro 51%, Cadmio 83,5% y Manganeso 91,8%, en tanto que la concentración más eficiente fue de 1×10^6 las cuales dieron como resultado: 64,4%, 53,3%, 42,7% y 26,7 en las aguas industriales respectivamente.

Igualmente, JAIS N. et al. (2017), cuya finalidad de la investigación fue aplicar la ficorremediación en las aguas residuales para la reducción de nutriente, grasas,

metales pesados, etc. Mediante el desarrollo de la investigación se fueron probando diferentes tipos de microalgas en diferentes tipos de puestos en el mercado que iban a un drenaje común, que facilitaba el crecimiento de las microalgas a través de estos residuos, así mismo en las aguas residuales porcinas el promedio de fósforo 25 mg/L, nitrógeno total fue de 25 mg/L y las concentraciones de aceites y grasas fueron de 72 y 216 mg/L. Al aplicar el proceso de fitoterapia se redujo en un 83.2 % de fósforo y nitrógeno en 87 %. Se concluyó que debido a las capacidades bioquímicas de las microalgas la usa como una estrategia alternativa a las tecnologías comunes para la depuración de aguas residuales.

También, LIU Yu, JING-JING Zhan y YU Hoing (2017), cuyo objetivo fue conocer los efectos de los iones metálico en el crecimiento de las microalgas asimismo el potencial de producción de lípidos y la capacidad de purificación del agua de la sede central de *Chlorella sp.*, los investigadores utilizaron 25 muestras de diferentes aguas residuales con pH de 7,5 con 0,1 mol/L-1 HCl y 0,1 mol/L-1 de NaOH, a la microalga se le incubó en muestras de aguas residuales sintéticas autoclavadas de 180mL depositadas en matraces de 250mL con una densidad de $1,55 \times 10^6$ células mL⁻¹, a temperatura de 25 °C, la potencia de luz de 60 umol y un ciclo de luz/oscuridad de 14:10 respectivamente. Cuyo resultado denotaron la eficacia de las microalgas en la eliminación de los metales, la capacidad de absorción de las microalgas entre ellos tenemos, Fe 98%, Mn 97%, Zn 100%, Cu 95% y Cr6 45%. además de la eliminación de nutrientes como nitrógeno total 94% y fósforo total 100%. Cuya conclusión nos dan a conocer que la microalga *chlorella sp.* posee una fuerte resistencia a los iones de metales, por lo que nos recomienda cultivarlas en aguas residuales que contengan metales pesados, N y P.

Para, PODDER M. y MAJUMDER C. (2017), cuya finalidad de esta investigación fue utilizar microalgas *C. pyrenoidosa* para la fitorremediación de aguas residuales utilizando un modelo RNA que le permita con eficacia la eliminación de As (III) y As (V). Es así que cultivaron las cepas de la microalga en un matraz con una temperatura de 28 °C en siete días. Utilizando sales de NaAsO₂ y Na₂HAsO₄ en agua destilada

prepararon una solución de arsénico, el medio de fitorremediación lo sometieron a esterilización en autoclave a una presión de 15 psi y a 120°C durante 15 minutos llevándose a cabo a cabo en un cámara ambiental controlada termostáticamente y haciendo de dos pruebas a cada uno, manteniéndose la temperatura a 28°C, utilizando lámparas fluorescentes de 40W con un periodo de oscuridad/luz de 12 h/12h para su luminosidad, el experimento duró 15 días, con el fin de definir el % de moléculas eliminadas se utilizó la fórmula de % de remoción. Como principales resultados de esta investigación fueron que logró evidenciar la eliminación de iones de As (III) y As (V) con sus resultados de 81% y 85% respectivamente. Se concluyó la simulación basada en el modelo RNA aporta satisfactoriamente datos eficaces para la comprensión del comportamiento dinámico de los procesos de fitorremediación de algunos fenómenos.

Igualmente, SOEPROBOWATI Tri y HARIYATI Riche (2017), cuyo objetivo de investigación buscó comparar la capacidad de tres especies de microalgas (*Chlorella pyrenoidosa*, *Arthrospira platensis* y *Chaetoceros calcitrans*) con la finalidad de eliminar nitrógeno total, fósforo total y metales pesados (cromo, cobre, plomo y cadmio) que tuvieran las aguas residuales. Para el cultivo de las microalgas se utilizó 1L de agua de mar a la que se mejoró con fertilizante walme, las poblaciones de las microalgas fueron: *Chlorella* 1 000 000 de células mL⁻¹, *Arthrospira* 10 000 células mL⁻¹ y *Chaetoceros* 1 000 evaluando el crecimiento de las microalgas cada 15 días, en el transcurso del tratamiento presentó un pH de 7-8, temperatura 28 a 32°C, salinidad de 32-34 ppt y la intensidad de la luz de 4200 lux. Obteniendo como principales resultados que en 15 días la eliminación de metales pesados fue más del 70% en el caso de la *Chlorella*, 60% de *Arthrospira* y más del 50% por *Chaetoceros* y el nitrógeno total y fósforo se eliminaron en un 40% de las aguas residuales.

Para, YEN H. et al. (2017), cuyo objetivo de investigación fue reducción del Cr (VI) bajo diferentes condiciones mediante el uso de la microalga *Chlorella vulgaris*. Mediante el desarrollo de la investigación se realizó el método de cultivo por lotes a 25 ± 1 °C, burbujeando con 1 vvm de aire y complementado con 2% de CO₂ en un vaso flask (conteniendo 500 ml de medio). Posteriormente la botella se agitó utilizando una barra

agitadora de 100 rpm, asimismo fue iluminado continuamente con luces regulares de fluorescente o luces LED blancas para generar luz suficiente. Resultando finalmente una comparación de prueba para ambos lotes que contenían 2 g/l^{-1} de biomasa microalgánica (*Chlorella vulgaris*) y 10 mg/l^{-1} de Cr. Hexavalente. La biomasa de microalga en el lote con células muertas se esterilizó en $121 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 15 minutos. Sin embargo, se determinó una mayor reducción de Cr (VI) en el lote con células vivas. Cuya conclusión fue que la microalga *Chlorella vulgaris* fue eficaz en el lote con células vivas el cual podría tener el potencial de reducir de Cr. 6+ a Cr. 3+ mediante un proceso de bioconversión, en lugar de servir como adsorbente del Cr (VI).

Asimismo, AB Abdul et al. (2016), cuya finalidad de investigación fue el uso de microalgas para excluir los elementos físicoquímicos y los metales pesados de las aguas residuales, para lo cual filtraron la muestra de agua residual de (0,45 μm) con el fin de eliminar otro de tipo de microorganismos y sólidos en suspensión, decantar en un fotobiorreactor con capacidad de 17 L y aireación proporcionada a 1 L por minuto para homogenizar las aguas residuales y las microalgas *Botryococcus sp.*, en el tratamiento. Los resultados que obtuvieron fueron, la microalga alcanzó su valor máximo el día 4 con $2,58 \times 10^5$ células/ml, y después de 20 días redujo en un 100% fosfato y fósforo total, carbono inorgánico 99%, 42% carbono total, y nitrato en un 10% y con los metales pesados el más pronunciado fue el aluminio al cual redujo en 41%. Teniendo resultados muy satisfactorios como que esta microalga es buena elección para el tratamiento de aguas residuales y para la biotecnología en el futuro.

También, BALLEEN-SEGURA M. et al. (2016), cuyo objetivo de investigación fue determinar el desarrollo de las microalgas en aguas residuales del proceso de curtido, evaluando la supresión de metales como el cromo. Las muestras de aguas residuales fueron recolectadas de una curtiduría ubicada en la localidad de San Benito, ubicada en Colombia. La experimentación se realizó con tres concentraciones diferentes de aguas residuales al 100%, 50% y 20% (V/V), por un periodo de 15 días. El cultivo de la microalga la realizaron en un medio basal en condiciones de luz 12:12 h luz/oscuridad y a temperaturas de $20 \text{ }^\circ\text{C}$, de cada dilución se halló la densidad óptica

y el peso en seco, para este paso se filtró 100 ml sobre filtros celulosa, preliminarmente pesado y secado en un horno a 60 °C durante 1 día, luego de 15 días se centrifugó cada botella para recolectar la biomasa de la microalga. Dentro de los principales resultados se obtuvo un crecimiento proporcional de la microalga con gran cantidad de obtención en biomasa el cual redujo concentraciones de Cr (>98%), nitratos (>90%) y fosfatos (>99%) los cuales sirven de nutriente para el desarrollo de la microalga. Se concluyó que la *Scenedesmus sp.* es una alternativa rentable y de bajo costo para los tratamientos de aguas residuales.

Por ello, BIRIS-DORHOI Elena et al. (2016), cuyo objetivo de investigación fue la reducción de metales pesados, microorganismos de las aguas residuales, nutrientes, DBO y DQO y la producción de biodiesel. Según las investigaciones para la reducción de nutriente que contienen las aguas residuales se podría usar las microalgas *Chlorella*, *Scenedesmus* y *Spirulina* quienes pueden eliminar entre 80-100% de nutrientes. Para la reducción del DBO y DQO es recomendable la *Scenedesmus*, ya que esta microalga se probó en aguas residuales domésticas y eliminaron un 68.4% y 67,2% de DBO y DQO respectivamente. En la eliminación de metales pesado en las aguas residuales se sugiere la *Spirogyra sp.* ya que esta microalga elimina la concentración de zinc en 90-95% en 30 minutos, la *Chlorella* es eficaz en el tratamiento de uranio y plomo, la *Synechocystis* reduce iones de cromo en 60%, Hierro 66%, Níquel 70%, Mercurio 77%, Calcio 65% y Magnesio 63%, las microalgas pueden retener iones de metales pesado con sus mecanismos de adsorción y absorción en otra biomasa microbiana.

También, DELRUE Florian et al. (2016), cuya finalidad fue aprovechar el uso de las microalgas por la capacidad de biorremediación que tienen para tratar aguas residuales y hallar con ello soluciones a diversos procesos de tratamiento en los volúmenes de aguas residuales. Las aguas residuales industriales generar altas concentraciones de DBO (40-50 gO₂/L) y DQO (80-10 gO₂/L), al hacer uso de las microalgas *Chlorella sorokiniana* estas concentraciones reducirían de 20 a 1,2 gO₂/L. Se realizaron experimentos en aguas residuales de una empresa minera la cual redujo

en gran cantidad los metales pesados que se encontraron en estas aguas (95% Hierro, 79-97% Cobre, 84-86% Zinc, 88% Plomo, 59-83% Cobalto, 22-62% Níquel y 28-45% Manganeso). Se concluyó que el cultivo de las microalgas en las aguas residuales da una forma de tratar a las aguas contaminadas de diversas industrias.

Asimismo, KUPIGROCH K., JANOSZ-RAJEZYK M. y SKOWRON-GRABOWSKA B. (2016), cuyo objetivo se basó en la biosorción de metales pesados (cadmio y cobre) utilizando las microalgas vivas. El cultivo de la microalga se realizó en un tanque de 120 dm³, iluminado con fluorescencia blanca, la metodología del experimento fue mezclar 50 cm³ del cultivo en siete recipientes de 100 cm³. El proceso se dio en tres tiempos el primero fue de medición inmediata, el segundo luego de 1h y por último después de 24h de la distribución de iones de metales pesados. Los principales resultados mostraron ser muy efectivos ya que al vertir 0.86 mg/dm³ de iones de Cd (II) se redujo en 95% de este metal y al vertir 0.86 mg/dm³ iones de Cu (II) redujo en un 80-95% del metal. Como conclusión el estudio nos demostró que una cantidad de algas mixtas era un buen medio biosorbente de iones de Cobre y Cadmio.

Para, COLLA L. et al. (2015), cuya finalidad de investigación fue la conversión de cromo hexavalente a cromo trivalente mediante el uso de *Spirulina platensis* viva como biosorción. El desarrollo de la investigación se realizó en frascos Erlenmeyer de 2 L con un volumen medio inicial de 1.3 L, con un período de 12 horas y aireación constante. Los medios de cultivo obtuvieron Cr (VI) mediante soluciones estandarizadas de dicromato de potasio (K₂Cr₂O₇) con concentraciones que varían de acuerdo con el diseño experimental. Las soluciones de dicromato de potasio fueron añadidas en modo batch alimentado después de que los cultivos alcanzaran una cierta biomasa (0.5 g/L⁻¹ o 1.0 g/L⁻¹). Después de la primera concentración, se adicionaron Cr (VI) en intervalos de 5 días a todos los ensayos al final de la etapa de crecimiento. En los parámetros de crecimiento cinético se evaluó las muestras de pH con un medidor, evaluándose el crecimiento de microalga cada dos días mediante la lectura de absorbancia con un espectrofotómetro a 670 nm y se obtuvo resultados con la biomasa estándar. Sin embargo, al final del período de crecimiento se determinó la presencia

de Cromo (VI) y Cromo (III) con el fin de evaluar su eliminación y conversión de Cromo hexavalente a Cromo trivalente. Cuya conclusión, determinó que la microalga eliminó hasta un 65.2% de Cr (VI) que fue añadido al cultivo, teniendo un 90.42% de Cromo hexavalente convertida a Cromo trivalente y 9.6% retenido por la biomasa.

También, AJAYAN K. et al. (2015), cuyo objetivo de investigación fue la fitorremediación de las aguas residuales de la curtiduría utilizando microalgas *Scenedesmus sp.* Mediante la toma de muestra fueron obtenidas de las aguas residuales de la curtiduría ubicada en el distrito de Vellore de Tamilnadu en India, posteriormente las muestras fueron almacenadas en polietileno en una nevera durante 48 horas para su traslado hasta el laboratorio, donde se tomaron medidas de las propiedades físicas del agua residual como, temperatura, pH, sólidos totales, sólidos disueltos totales, sólidos suspendido totales, DBO, DQO, contenido de oxígeno disuelto y los principales metales pesados, el cromo, cobre, zinc y plomo. Se establecieron experimentos para la remoción de los metales pesados mencionados anteriormente, mediante el cultivo de microalgas *Scenedesmus sp.* en diferentes concentraciones de soluciones de 10%, 25%, 50%, 75% y 100% utilizando agua destilada y uno de control. La cantidad de microalgas iniciales fueron de aproximadamente 25×10^4 células/mL y el cultivo se realizó en frascos Erlenmeyer de 250 ml que contenía 150 mL de muestras del agua residual fijadas a un rotor que giraba a 150 rpm, la temperatura se mantuvo a 27 ± 2 °C, la iluminación fue proporcionada por lámparas fluorescentes de color blanco a 4000 lux. Los experimentos se realizaron en un periodo de 12 días y todas las pruebas con tres repeticiones. Se concluyó con la eficiencia de la microalga el cual removió Cr, Cu, Pb y Zn con tasas entre 60% y 100%. Asimismo, el estudio de la microalga al 12° día el pH del agua residual aumentó significativamente de 5,6 a 8,3 por otro lado en la concentración final de metales pesados como Cromo, Cobre, Plomo y Zinc después de tratar con *Scenedesmus* fue de 5.4 mg/L, 1.0 mg/L, 1.91 mg/L y 2.52 mg/L respectivamente.

Asimismo, BALAJI S. et al. (2015), cuya finalidad de investigación fue la eliminación de metales pesados utilizando *Arthrospira (spirulina) plantesis* en los efluentes de una curtiduría en la zona industrial de Ambur. Para el cultivo se utilizaron dos concentraciones diferentes de metales pesados (50% y 100%) que contenían los efluentes de curtiduría tratados con *Arthrospira plantesis* los cuales fueron sometidos a crecimiento, análisis bioquímico y análisis de metales pesados. Se midió diferentes parámetros como el crecimiento específico, clorofila total, contenido de proteínas en totalidad y las enzimas antioxidantes en diferentes intervalos de días (1, 3, 6, 9 y 12). Dentro de los principales resultados mediante el cultivo se determinó un 65,37% de reducción del crecimiento. La eliminación máxima del cual produjo la *Arthrospira plantesis* con la muestra del 50% de tratamiento de efluente fue de 71.92, 81.54 y 73.04% en cromo. Como conclusión de la investigación la remoción de metales pesados en los efluentes de curtiduría fue muy eficaz en la desintoxicación en lo que conduce a la reducción de los sólidos totales, sólidos disueltos totales y sólidos totales suspendidos.

También, CHOI Hee-Jeong Cho y LEE Seung-Mok (2015), cuyo objetivo de estudio fue proponer un sistema híbrido con el uso de microalgas que eliminara metales pesados. Para ello cultivo microalga *Chlorella vulgaris* utilizando el medio Jaworski con el uso de lámparas de diodos a una temperatura ambiente, las microalgas se cultivaron en un matraz de 200 mL, pH 7,2 con un tiempo de luz y oscuridad de 8 y 16 horas. El crecimiento de la biomasa alcanzo los 2,95 g/L/ día. El experimento se llevó a cabo en un fotobiorreactor, obteniéndose la eliminación de metales pesados de Fe 98%, Cu 97%, Zn 99%, Mn 99%, As 100% y Cd 100%. Se concluyó que el crecimiento de la biomasa ha sido 8 veces mayor que la concentración inicial, logrando una óptima remoción de los metales pesados y la productividad de la biomasa.

Para, JAIS Noor et al. (2015), cuyo objetivo fue el cultivo de microalga *Scenedesmus sp.* y a la vez identificar la concentración óptima que requiere para la eliminar nutrientes y metales pesados en aguas residuales. El experimento se llevó a cabo en cinco diferentes cantidades de microalga las que fueron: $6,0 \times 10^5$, $49,8 \times 10^4$, $34,7 \times 10^4$,

19,6x10⁴ y 49,8x10⁴, repitiéndose tres veces cada una, con una cantidad de agua residual de 625 mL. Al cabo de dieciséis días llegaron a la conclusión de que la muestra de mejor concentración fue 49,88x10⁴ ya que logro eliminar hierro 65%, fósforo total 76% y metales pesados como zinc 82% y nitrógeno total 65%.

Asimismo, CHOI Hee-Jeong (2015), cuya finalidad de esta investigación fue el uso de un sistema híbrido de cuentas de sericita y microalgas para el tratamiento de drenaje de ácido en minas. Utilizando en esta investigación la microalga *Chlorella sp.* la cual fueron cultivadas con lámparas de diodos de luz a una temperatura ambiente. Usándose un fotobiorreactor en el que se colocó sericita (mineral de arcilla natural) y aguas contaminadas, para que permitiera neutralizar el exceso de los efluentes del drenaje, al cual se le adicionan luego las microalgas para que eliminará las impurezas de las aguas residuales. Este tratamiento requirió de 3 horas con las perlas de sericita y 6 días con el fotobiorreactor conteniendo las microalgas para la neutralización y eliminación de iones de metales pesados del drenaje. Obteniendo grandes resultados en la eliminación de metales pesados con el uso de las perlas de sericita y las microalgas en el drenaje que fueron 98,92% de Fe 99,21% de Cu, 99,04% de Zn, 97,87% de As y 97,78 de Fe. Concluyendo que la producción de biomasa se incrementa con la eliminación de los iones de metales pesados y que el sistema híbrido de cuentas de sericita y microalgas es muy eficaz en eliminación de metal pesado y para mejorar la producción de biomasa siendo una alternativa eficaz en el tratamiento de drenaje de ácidos de minas.

YANG J. et al. (2015), el objetivo de investigación fue utilizar un método económico para la producción de biocombustible mediante la eliminación de metales pesados en aguas residuales utilizando microalgas *Chlorella minutissima* UTEX 2341, en el medio de cultivo se utilizaron diferentes nutrientes, para la incubación se utilizó un agitador orbital de 140 rpm durante 7 días con una iluminación de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad. En la primera parte del experimento de biosorción los metales se aplicaron directamente a la fase de crecimiento de las algas, el sobrenadante fue recogido por centrifugación a 6000 rpm y se analizó la concentración de metales, en

la segunda parte se utilizó algas liofilizadas como adsorbente. Se investigaron los efectos del pH entre 2-10 y temperaturas de 10, 28 y 37 °C. Las concentraciones de metal se midieron con un espectrómetro de emisión óptica de plasma de acoplamiento inductivo. Dentro de las principales tasas máximas de eliminación en Zn, Mn, Cd y Cu con el *Chlorella minutissima* UTEX 2341 fueron de 62.05%, 83.68%, 74.34% y 83.60% respectivamente. Como conclusión se mostraron resultados eficientemente en la eliminación de ciertos metales a través de la acumulación intracelular, asimismo el Cd y el Cu ayudaron con la productividad del cultivo de algas oleaginosas en aguas residuales contaminadas con metales pesados.

La teoría científica con el cual se soporta la siguiente investigación fue relacionado a la contaminación ambiental, que es denominado de la siguiente manera cuando en el ambiente es detectado cualquier agente (físico, químico o biológico) o en conjunto combinado de estas de tal manera que sea tóxico para la salud y la biodiversidad. Asimismo, también se denominan las acciones del hombre al contaminar el ambiente con cantidades excesivas permitidas (MINAM, 2016, p.10).

Según las teorías (MINAM, 2016, p.12), nos dice acerca de los metales pesados, son una gran parte de elementos químicos que se ubican en la parte central de la tabla periódica, poseen altas concentraciones de toxicidad no aptas para la vida humana, presentan densidades altas con una capacidad de generar cambios por consecuencia a sus resultados dañinos y (AMABILIS-SOSA L., 2015), indica que los metales pesados más peligrosos son el Cromo, Mercurio y Plomo, que se utilizan en todo el mundo en las empresas relacionadas con la minería, papel, curtido de pieles, la galvanoplastia, la producción de baterías, etc, En las plantas de tratamiento de aguas negras no tratan las aguas que tiene metales pesados, porque su sistema biológico colapsaría debido a la toxicidad que presentan sus cationes inorgánicos o que saldrían con el efluente.

La Generación de metales pesados se originó de acuerdo a los elementos químicos de la clase de metales pesados con propiedades físicas y químicas, estos son acumulados activamente y en organismos marinos son bioacumulados, aumentando

la concentración en sus tejidos. Esta bioacumulación viene a ser la incorporación de metales en organismos afectados mediante procesos químicos de especiación. así se podría incrementar más si el organismo tiene una alta concentración de elementos químicos de metales pesados (GUIÑEZ M. et al., 2015). La presencia de metales pesados en el ambiente hace variar la flora microbiana, dando a conocer que la contaminación con metales pesados produce resistencia bacteriana en ambientes marinos como terrestres y estos organismos a su vez portan genes que se hacen muy resistentes a los antibióticos (ESPEJO W., 2017).

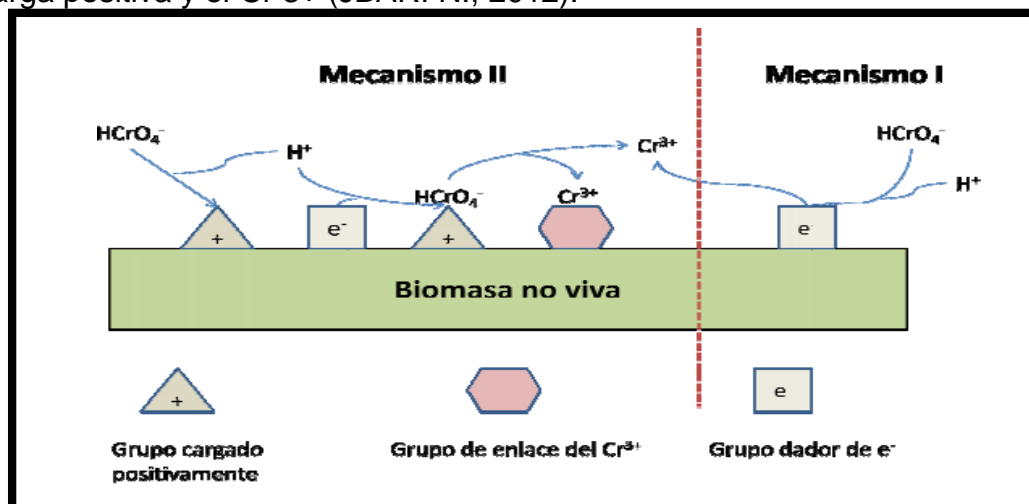
La industria de curtiembre según (RESTREPO, S., 2015), nos dice que es una ocupación económica fundamental para los países ya que es fuente de trabajo y de ingresos económicos, esta se dedica a transformar las pieles de los animales evitando que se putrefacta mediante la adición de sustancias químicas y así convertirlas en cuero para la elaboración de carteras, zapatos, muebles, etc., mediante un proceso denominado curtido. En este proceso de curtido las pieles interaccionan con las sustancias químicas, evitando los procesos de descomposición y putrefacción. Esta empieza con el desencalado que tiene como función remover el sulfuro de sodio y cal de la piel usando dióxido de carbono y sulfato de amonio para sacar la alcalinidad, a través de enzimas bacterianas que modifican ciertas proteínas de la piel para hacerla suave y flexible en el proceso de curtiembre; luego sigue el piquelado que trata las pieles con ácidos sulfúrico, clorhídrico, fosfórico, acético y sales cloruro sódico, dando a las pieles un pH de 2 y 3, al recibir un curtido mineral de Cr.; siendo el curtido en el que se coloca a la piel un curtiente vegetal (tanino) o mineral (compuestos inorgánicos derivados de Cr., Zr., Al. y Fe.) para formar el cuero fuerte y que resista la degradación física o biológica, prosigue con el escurrido operación mecánica para que el cuero pierda la humedad e incremente su urea; para finalizar se da el rebajado que baja el grosor del cuero a un espesor uniforme (TÉLLEZ J., 2004).

Uno de los metales pesados más usados en el proceso de curtido es el cromo que es un elemento químico perteneciente al grupo de los metales que es poco estable pero muy soluble y con alta movilidad en los sustratos, por ello termina siendo un gran contaminante ambiental de características tóxicas y cancerígenas (MORA A. y BRAVO

E., 2017). Es un metal de transición que tiene varios estados de oxidación, desde Cr (0) forma metálica, Cr III trivalente, Cr VI hexavalente tóxico si está en cantidades mayores a 0.05 mg/L que el Cr (III) puede encontrarse en aguas potables y tiene propiedades mutagénicas y cancerígenas (PÁJARO Yina y DÍAZ Fredyc, 2012). También el Cr (VI) tiene dos características que dan a conocer su alto porcentaje de toxicidad: siendo las membranas celulares permeables al Cr VI y no al cromo III y que el Cr VI se reduce a Cr III cuando está en las mitocondrias y el núcleo de una célula. La variación del cromo VI a cromo III es intracelular y desarrolla mecanismos de coordinación con las moléculas intracelulares, siendo estas muy importantes en la toxicidad del Cr VI. El cromo en su estado de valencia 6+, en el proceso de curtido se comporta como un elemento químico altamente dañino para la salud de los individuos que trabajan con materiales que lo contienen (TÉLLEZ J., 2004). También se da la biosorción de cromo (VI) que tiene un mecanismo I llamado reducción directa se tiene que el Cr (VI) se reduce a Cr (III) en fase acuosa con los dadores de la biomasa.

En el mecanismo II llamado reducción indirecta tiene tres etapas: Ver figura 1.

1. Se unen los aniones de Cr VI a los que tiene carga positiva de la biomasa.
2. El Cr VI se reduce a Cr III.
3. Se libera iones de Cr III en solución acuosa por repulsión electrónica en los grupos con carga positiva y el Cr 3+ (JBARI N., 2012).



Fuente: Uso continuo secuencial de microalgas en depuración y adsorción de cromo (VI) (JBARI N., 2012).

Figura 1: Medio para la biosorción de cromo (VI)

El proceso de remoción es aplicado en los procesos biológicos para la remoción de nutriente y de materia orgánica e inorgánica cuenta en la actualidad con el uso del cultivo a grandes escalas de microalgas para tratar aguas residuales, con la finalidad de remover metales pesados como nitrógeno, fósforo, cromo, etc., el aumento del pH, la oxidación de materia orgánica y la oxigenación del agua, recuperando el O₂ en un proceso fotosintético (RAMOS R. y PIZARRO R., 2018).

Según los investigado existen varios tipos de microalgas que son las siguientes: *Spirulina (Cyanophyceae)*, según CHU, W., (2013), es una microalga de la especie S máxima que se utiliza mucho por su alto contenido de proteína y minerales. Otra microalga es *Dunaliella (Chlorophyceae)*, tiene alto contenido de proteína glicerol se le utiliza también como regulador de crecimiento (PRIYADARSHANI, I. y RATH, B., 2013). La microalga *Botryococcus (Trebouxiophyceae)*, es muy importante en el comercio pues se le utiliza como fuente de combustibles y lubricante (BARSANTI, L. y GUALTIERI, P., 2013). La microalga *Chlorella (Chlorophyceae)*, esta microalga se consigue una biomasa heterótrofa como autótrofa. Obteniéndose un producto que se distribuye comercialmente como píldora. Es una buena productora de almidón a nivel comercial (CHU, W., 2013).

La microalga *Scenedesmus sp.*, según ANDRADE Charity et al. (2009), perteneciente a la división *Chlorophyta*, de clase *Chlorophyceae*, de orden *Chlorococcales*, y familia *Scenedesmaceae*, como se puede ver en la tabla 1, se le puede ubicar en pareja o solitaria con la cual forma cenobios. *Scenedesmus* ha sido apreciado por su disposición que tiene en mantener grandes acumulaciones de nutrientes vertidas en el agua residual, además de tener actividades metabólicas de resistencia y elevadas alteraciones ambientales la cual le permiten resistir en aguas residuales. Son células ovoides, fusiformes, rectas, alargadas, inclinadas, lateralmente angostas en forma de S, curvadas terminadas en punta; con una longitud de 13.5 a 22.5 µm, 3.5 a 7.0 µm de diámetro; solitaria. Multiplicación por autocolonias (ACEVEDO José y RAMÍREZ John, 2003). Ver figura 2



Fuente: US, Roberto (2011).

Figura 2: Células de la microalga *Scenedesmus sp.*

Tabla 1: Distribución científica de la microalga *Scenedesmus sp.*

Reino	Protista
División	<i>Chlorophyta</i>
Clase	<i>Chlorophyceae</i>
Orden	<i>Sphaeropleales</i>
Familia	<i>Scenedesmaceae</i>
Género	<i>Scenedesmus</i>
Especie	<i>Scenedesmus sp.</i>

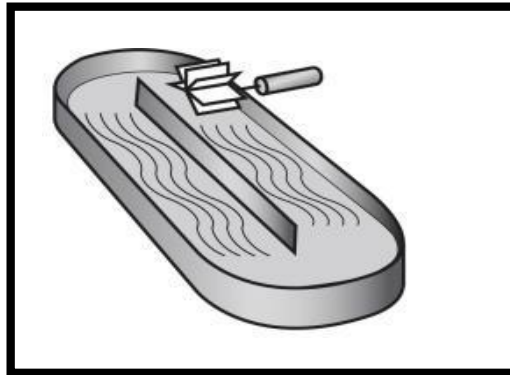
Fuente: PÁSTOR, V. y POZO, A., como se citó en Bold y Alexopoulos (2013)

Los factores principales de crecimiento de la microalgas son: La luz es el principal parámetro que se toma en cuenta en un sistema de cultivo, los que tiene mayor densidad celular usan la luz incidente más eficazmente que los cultivos diluidos, debido a que las células más cercanas dan sombra a las células más alejadas permitiendo

así que el sistema HRAP (high rate algal ponds) mezcle todas las células y capten luz (HERNÁNDEZ-PÉREZ, Alexis y LABBÉ, José, 2014). Otro factor es la temperatura que debido al cultivo de las algas aumentan con la temperatura la que es propicia entre los 28° a 35 °C. En un cultivo cerrado se puede controlar la temperatura con rociadores de agua y en un cultivo abierto no es tan fácil controlar la temperatura, pero se puede tapar con plásticos translúcidos (HERNÁNDEZ-PÉREZ, Alexis y LABBÉ, José, 2014). El pH y CO₂, en un cultivo de algas el pH tiene que ver con diversos factores como alcalinidad, composición iónica, productividad y la eficiencia del CO₂. Siendo el pH 8 más adecuado para las especies de agua dulce, otro aspecto importante para la reproducción de microalgas es el CO₂ que al vertir mejoran la productividad en el tratamiento de las aguas residuales (HERNÁNDEZ-PÉREZ, Alexis y LABBÉ, José, 2014). También el nitrógeno es uno de los principales componentes en las vías metabólicas de las microalgas. NH₄⁺ se combina con la forma inorgánica formando aminoácidos (ENAMALA Manoj et al., 2018). El nitrógeno pasa a ser limitante del crecimiento de las microalgas se debe a la acumulación de lípidos aumentados en más de 40% y si se limita el nitrógeno disminuye la producción de microalgas (HERNÁNDEZ-PÉREZ, Alexis y LABBÉ, José, 2014). Otro factor es el Fósforo es un elemento químico que compone a las microalgas y tiene que ver con la tasa de crecimiento de estas, y el contenido de lípidos que ayudan a dar resultados deseados (ENAMALA Manoj et al., 2018). El fósforo es importante en los procesos celulares de la microalga como la creación de ácidos nucleicos y transferencia de energía, siendo en un porcentaje menor al 1% su falta que perjudica el crecimiento de esta especie (HERNÁNDEZ-PÉREZ, Alexis y LABBÉ, José, 2014). Además, el Oxígeno en las microalgas tienen la capacidad de convertir el CO₂ en O₂ reduciendo así las sustancias tóxicas del ambiente (ENAMALA Manoj et al., 2018).

Los sistemas de cultivo para la producción de microalgas se utilizan dos tipos de cultivos el cual puede ser abierto y cerrado, para ello se debe elegir de acuerdo a su complejidad, producción que se requiere y la disposición de suelo y agua (HERNÁNDEZ-PÉREZ, Alexis y LABBÉ, José, 2014). Los principales sistemas son: Sistema de cultivo abierto, son más usados en lagunas, estanques artificiales en el

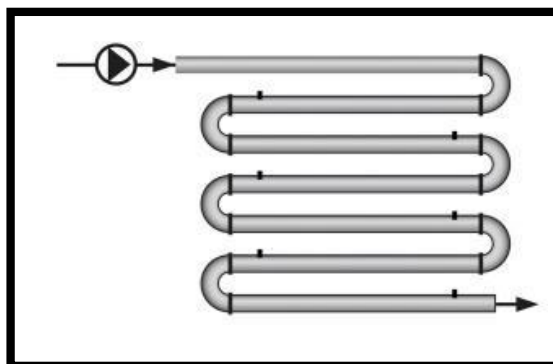
tratamiento de aguas residuales de diferente origen, este sistema tiene más ventaja debido a que el costo menor, es de fácil construcción y buena duración. Las desventajas que presenta son es que requiere de un área grande, la evaporación y que necesariamente haya contaminación y plancton para su crecimiento y reproducción (HERNÁNDEZ-PÉREZ, A. y LABBÉ, J., 2014). Ver figura 3.



Fuente: HERNÁNDEZ-PÉREZ, Alexis y LABBÉ, José. (2014).

Figura 3: Sistema de cultivo abierto.

Y sistema de cultivo cerrado son importantes para controlar los problemas y parámetros, permiten realizar cultivos mixtos que tengan un volumen superior de 1.5 g/L para obtener una alta densidad celular, como por ejemplo los fotobiorreactores a pequeña escala son efectivos en el tratamiento de aguas residuales, los cuales requieren poca energía solar (HERNÁNDEZ-PÉREZ, Alexis y LABBÉ, José, 2014). Ver figura 4.



Fuente: HERNÁNDEZ-PÉREZ, Alexis y LABBÉ, José, (2014).

Figura 4: Sistema de cultivo cerrado.

Las principales características que tienen las microalgas son que poseen la capacidad de depuración que se conoce como ficorremediación. a) Son rápidas en crecimiento y posibles en tener mayor productividad en la creación de biomasa; b) Contiene una composición bioquímica la cual facilita en la variación en cambios ambientales y la alteración de su medio de cultivo; c) Pueden almacenar altas concentraciones de interés comercial como glicerol, proteínas, pigmentos naturales, lípidos, almidón (HERNÁNDEZ-PÉREZ Alexis y LABBÉ José, 2014). En las microalgas verdes del género *Scenedesmus*, se puede hallar en el suelo y en agua dulce en todo el mundo además que viven en colonias. Estas microalgas poseen requerimientos nutricionales simples y altas tasas de crecimiento que al cultivarse *Scenedesmus* se hace fácil mantenerlas en el laboratorio la colonia de ellas está compuesta de dos, cuatro, ocho o 16 células, así como también de forma unicelular. Las algas verdes *Scenedesmus* se dividen en dos grupos: a) Grupo sin espinas (las "*obliquus*"): con células fusiformes, agrupadas en colonias y cuando van envejeciendo se separan en formas unicelulares, su reproducción es de forma asexual por autoesporas y sexual por fusión de isogametos biflagelados. b) El grupo con espinas, de células alargadas, viven en colonias tienen espinas en los extremos y su reproducción son de forma asexual. En las microalgas verdes del género *Scenedesmus* hay también *S. obliquus*, una que se agrupa en colonias de 4, 8 o 16 células. Está compuesta por lípidos que representan de 11 a 55 % de su peso seco. los lípidos están formados por triacilglicéridos, con ácidos grasos de 16 y 18 carbonos (US R., 2011).

El crecimiento de la microalga *Scenedesmus sp.*, tiende a crecer más rápido si la fuente de nitrógeno es en forma de amonio (NH_4^+), urea ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) y nitrato (NO_3^-); produciendo una asimilación de fósforo y nitrógeno donde el nitrógeno está presente como nitrato y urea (cultivo realizado con amonio) (LI XIN Hu y ZHANG Yu-Ping, 2011). Presentando ciertas fases de crecimiento que son: Fase de adaptación viene a ser la etapa en el que no aumenta la cantidad de células por lo que su crecimiento es bajo debido a que las esporas en el inóculo o a cambio de los nutrientes del cultivo que no permita su desarrollo. La función del inóculo considera células reproductoras, aunque no puedan dividirse al momento (ZARE, J., 2018). Como siguiente fase exponencial

se da cuando las células comienzan a multiplicarse y a crecer, es bueno para el tratamiento porque minimiza el tiempo de su producción (ZARE, J., 2018). Otra fase es la de retardo el crecimiento del cultivo se produce una minoría de nutrientes, el pH cambia, produciendo la disminución de las microalgas. Al finalizar logra su mayor nivel y mayor densidad poblacional, buen estado fisiológico (ZARE, J., 2018). Además de la fase estacionaria, en esta fase alcanza el número de células constante en un determinado tiempo en la cual no se aprecia una división celular, estando el cultivo agotado tiene una limitación de nutrientes y su pH aumentado, permaneciendo estancado su reproducción debido a los cambios sufridos que lo limitan (ZARE, J., 2018). Y por último la fase de muerte, en esta fase se produce el deterioro de la calidad del agua, escasez de nutrientes, falta de oxígeno y aumento del pH, que traen como consecuencia la muerte de las células, cambiando el color del cultivo y por ende teniendo una tasa de mortalidad alta (ZARE, J., 2018).

La aplicación de la microalga viene a ser las que actúan como agentes de remediación y remoción, sirven para tratar aguas residuales, son las que se encargan de eliminar nutrientes, iones de metales pesados, patógenos y reducen el DBO del oxígeno elaborado por el proceso de la fotosíntesis y la transformación de los nutrientes a biomasa (RAMOS R. y PIZARRO R., 2018). Para ello la dosis ideal de la microalga: de esta clase de microalga sobrevive con bajo nivel de nutrientes, teniendo la capacidad de crecer en entornos secundarios, y bajar los nutrientes inorgánicos. Esta microalga acumula el 31-33% (del peso seco) de lípidos en la biomasa de algas, convirtiéndose en una microalga ideal para el tratamiento de aguas residuales y para crear biodiesel (LIN XIN Hu y GAN KE Sun, 2010).

La remoción de cromo en aguas residuales en este proceso se llevó a cabo mediante la insolubilización de los hidróxidos de metales pesados, seguido se produce la coagulación para separar las fases sólidas y líquidas, tomando en cuenta la selección el nivel de remoción de los metales y la curva de sedimentación de un precipitado producido (SOTO Eduardo et al., 2004). La concentración final de cromo, para la remoción de cromo que presenta un comportamiento más definido que los reactores inoculados con cepas tolerantes presentaron valores de 60% de eliminación,

descendiendo hasta el 50%, con cambios menores a 10%. Se comprobó con lo observado en los humedales artificiales con cepas convencionales, que dieron cada vez menos eficiencia en la eliminación de cromo conforme pasaba el tiempo. Descendiendo hasta 24% al final de la remoción; presentando diversas estadísticas significativas a partir del día 40 de operación ($P < 0.05$). Asimismo, las bacterias que toleran los metales pesados tienen un mecanismo de protección que se vincula a la capacidad de bajar los cationes con enzimas reductasas resultando beneficioso en casos de toxicidad del cromo (AMABILIS-SOSA Leonel et al., 2015).

Los parámetros fisicoquímicos del agua residual, nos indica algunos parámetros entre los que se encuentran los tratamientos químicos con agentes reductores, la electrocinética, la síntesis de arcillas aniónicas y la fotocatalisis, con resultados que se ven limitados en la parte económica y por el consumo de energía y/o la creación de otros contaminantes, que hacen que se poco viables los procesos de descontaminación a gran escala (RAMIREZ Alexander y BENITEZ-CAMPO Neyla, 2013). Dentro de los principales parámetros tenemos al potencial de hidrógeno, es conocido como la base de la concentración de iones hidrógeno, donde la escala de pH se va desde el 0 si es muy ácido al 14 si es muy alcalino, y si es 7 dará la neutralidad exacta a 25°C (RODRIGUEZ Johel, 2009). Como segundo parámetro tenemos a la Temperatura, es la característica física de gran importancia en los múltiples fenómenos que se presentan en el agua. Dando como ejemplo la solubilidad de los gases (fundamental para la solubilidad del oxígeno) y de las sales, también en las reacciones biológicas, que presentan una temperatura óptima para realizarse (RODRIGUEZ Johel, 2009). Otro de los parámetros es el oxígeno disuelto, viene a ser uno de los gases primordiales en la dinámica y se caracteriza en los sistemas acuáticos, es de suma importancia en la supervivencia para la gran mayoría de animales acuáticos y en bajos niveles de indicativos encontrándose con altas concentraciones bacterianas. Cuando se genera un descenso de temperatura y salinidad es por el aumento de la solubilidad, siendo que esto afecte en el porcentaje de la saturación óptima de oxígeno de un cuerpo de agua (ALVARADO Juan y AGUILAR José, 2009). El siguiente parámetro es la conductividad eléctrica, se le denomina a la habilidad que tiene una

solución para conducir electricidad, ya que existen pequeñas partículas que están cargadas eléctricamente, denominadas iones, que pueden llevar corriente eléctrica a través de soluciones de agua, dichos iones vienen principalmente de los ácidos y sales de la solución. Mientras más concentrada sea la solución de fuente se le añade agua, produciendo que el número de iones se aumente, junto con la conductividad (RODRIGUEZ Johel, 2009). Otro parámetro es la turbidez es la medición de la cantidad de materia en suspensión que impide el paso de la luz a través del agua. Las unidades de este parámetro es nefelométricas de turbiedad (NTU) y el instrumento para medir este parámetro es el turbidímetro. Se forma por materias suspendidas como materia inorgánica y orgánica finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros microorganismos (ZHEN Bi, 2009). El potencial redox se usa como una medida de las actividades de los electrones. El término redox expresa los procesos de reducción y oxidación que se producen en soluciones acuosas. En los procesos de oxidación, una cede electrones, es decir, al oxidar la sustancia, el oxidante es reducido disminuye. Mientras que , los oxidantes son aceptores de electrones y los agentes reductores son donantes de electrones (FONSECA Gerson, AVENDAÑO Eduardo y ARAQUE Andrés, 2014). Otro de los parámetros es el porcentaje de remoción de cromo, en los últimos tiempos se está empleando la utilidad de las microalgas que son resistentes a metales pesados en aguas residuales en las cuales cuentan con la capacidad de remover Mercurio (Hg), Plomo (Pb) y Cromo (Cr), en comparación con otras bacterias convencionales de un agua residual. Alcanzando altos porcentajes de remoción de los metales pesados (AMABILIS-SOSA Leonel et al., 2015).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación:

El tipo de investigación: Fue una investigación del tipo aplicada. La investigación aplicada se concentró en buscar soluciones a problemas en corto, mediano y largo plazo, con el fin de producir mejoras de procesos aplicando un proceso de investigación en la que se busca acertar en mejora de la propuesta a realizarse (CEGARRA José, 2011, p.42).

- **Diseño:** El estudio de Microalga *Scenedesmus sp.* para la remoción del Cromo en aguas residuales procedentes de la industria de Curtiembre, es un diseño experimental. Asimismo, se utilizó la variable independiente que viene a ser la microalga *Scenedesmus sp.*, el cual será manipulada por el investigador para poder remover el metal pesado del agua residual. El diseño de tipo experimental se encargó de manipular las variables dependiente e independiente para reconocer la relación causa-efecto del objeto que se busca evaluar, esta actividad fue aplicada en el campo para ver de manera concreta el proceso de aplicación del experimento (LERMA H., 2009). El trabajo de investigación tuvo un enfoque cuantitativo. Este enfoque se basó en la organización del proyecto de investigación, que parte de la inquietud en base a preguntas que toman como referencia una problemática, y de la cual resulta una hipótesis; donde se descubren las variables para ser aplicada y luego comprobar si es verdadero o falso y que se hará un informe a través de cuadros estadísticos y gráficos, y en la cual se puede obtener diversos resultados (GÓMEZ Marcelo, 2006, p. 60). El estudio de microalga *Scenedesmus sp.* para la remoción del Cromo en aguas residuales procedentes de la industria de Curtiembre, es de nivel explicativo. Este nivel se basó en determinar las causas, sucesos y/o fenómenos e identificar en qué circunstancias se dio el problema, en la que se relacionaron varias variables según la situación presentada, y que estas sirvieron para realizar el proceso de investigación planteado (GÓMEZ Marcelo, 2006, p. 68)

3.2. Variables y operacionalización

Variable independiente: Uso de microalga *Scenedesmus sp.*

Las microalgas tienen células ovoides, fusiformes, rectas, alargadas, inclinadas, lateralmente angostas en forma de S, curvadas terminadas en punta; con una longitud de 13.5 a 22.5 μm , 3.5 a 7.0 μm de diámetro; solitaria. Multiplicación por autocolonias (Acevedo, Ramírez, 2003).

Variable dependiente: Remoción del Cromo en aguas residuales procedentes de la industria de Curtiembre.

Proceso se lleva a cabo mediante la insolubilización de los hidróxidos de metales pesados, seguido se produce la coagulación para separar las fases sólidas y líquidas, tomando en cuenta la selección el nivel de remoción de los metales y la curva de sedimentación de un precipitado producido (Soto et al., 2004).

Matriz de operacionalización de variables, ver anexo 4.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población: En este trabajo de investigación se tomó como población a las aguas residuales de la industria de curtiembre, que fueron observados para tener en cuenta y determinar la contaminación que se produce por el vertimiento en alcantarillado. Conjunto de personas y especies a conocer en una investigación con el fin de estudiarlas y poder hallar una solución es llamado también universo está constituido por personas, animales, etc. (LÓPEZ Pedro, 2004).

Muestra: Es una parte del universo o población en que se llevará a cabo la investigación. Existen métodos para determinar la cantidad de la muestra como fórmulas, lógica. La muestra representa a la población (LÓPEZ Pedro, 2004).

Para el trabajo de investigación se utilizó una cantidad de 18 L del agua residual de la industria de curtido.

Técnica de muestreo: Según LÓPEZ Pedro (2004), el trabajo de investigación requirió del muestreo probabilístico aleatorio simple, como el método que más se usa en una investigación cuantitativa debido a que las partes de la población cuentan con la misma oportunidad para ser elegidos como muestra, a este método lo llaman también sorteo, rifa, tómbola.

Para la toma de muestra, se recogió una determinada cantidad que serán tomadas del alcantarillado y del pozo de la industria a estudiar.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

Técnica: Para la recolección de datos del trabajo de investigación es la observación, consiste en la observación directa del objeto o a través de instrumentos de laboratorio (microscopios, telescopios, etc.) con la intención de conocer con precisión sus características. Al observar se tiene que identificar diversos aspectos del objeto de estudio y este puede ser oculto para que no se produzca alteraciones (LERMA Héctor, 2009). El tipo de observación es: observación estructurada tiende a realizarse para que tenga correspondencia con los objetivos, para ello usa una guía diseñada anticipadamente, que detalle los elementos a observar (ARIAS Fidias, 2006).

Instrumento de recolección de datos (Ver anexo 5).

Según ARIAS Fidias (2006), en la observación estructurada, se acostumbra usar instrumentos prediseñados: escala de estimación, lista de cotejo y lista de frecuencias.

Los instrumentos que nos ayudaron para la recolección de datos fueron creados como fichas:

- a) **Ficha de registro de datos en campo:** Se realizó la medición de prueba in-situ recolectada en campo.
- b) **Ficha de análisis de los parámetros fisicoquímicos del agua residual:** Se realizó la prueba de análisis de los parámetros fisicoquímicos en el laboratorio del agua residual obtenida de la industria de curtiembre.

- c) **Ficha de análisis de las características de la microalga *Scenedesmus sp.***: Se monitoreo las características de la microalga *Scenedesmus sp.* tanto en crecimiento, N, P y O. Las cuales son las condiciones en las que esta se alimentará.
- d) **Ficha de Concentración final de los tratamientos de 15 y 30 días de cultivo:** Se monitoreo las concentraciones finales en los días 15 y 30 después de cultivarse la microalga para poder medir la remoción de cromo óptimo.

Dato: Las últimas fichas de instrumentos fueron utilizadas para calcular los días de cultivo el cual se distribuyó a tres tratamientos de cada 7 días, siendo un total de 21 días de tratamiento.

Validez del instrumento

Para tal caso, lo importante es comprobar si el instrumento realiza una buena medida de lo que se quiere saber y comparar la correspondencia de los objetivos específicos y las variables de una investigación. Se puede utilizar el juicio de expertos para este procedimiento. (ARIAS Fideas, 2006).

La validez de los instrumentos, fue medida tomando en cuenta el juicio de cuatro expertos de la Universidad César Vallejo, los cuales revisaron y validaron el trabajo de investigación obteniendo un promedio de 89,4%. Ver anexo 6.

Confiabilidad del instrumento

Está relacionada con la precisión de medida del instrumento, por el cual da seguridad y estabilidad a los resultados que se obtienen de manera coherente, es aplicado por varias técnicas que están relacionados a la muestra (MACIAS Ernesto, 2011).

3.5. Procedimientos

3.5.1. Obtención de la microalga *Scenedesmus sp.*

Las microalgas se obtuvieron de IMARPE (Instituto del mar del Perú), el cual fue proporcionado en un recipiente, la cual fue previamente enjuagado dos a tres veces con agua destilada para desechar posibles contaminantes, estas microalgas fueron cultivadas para que se puedan reproducir y así generar una cantidad apropiada para el uso del presente trabajo a realizarse. Ver Anexo 7.

3.5.2. Proceso de cultivo de microalgas

Después de la instalación del lugar de las microalgas, se empezó con el cultivo de la *Scenedesmus sp.*, el cual se realizó de la siguiente manera:

- El fotoperiodo del cultivo fue de 8 horas luz y 16 horas oscuridad, la bomba de aire estuvo prendida las 24 horas, la potencia de luz fue de 50 W. y la temperatura ambiente. Ver figura 5.

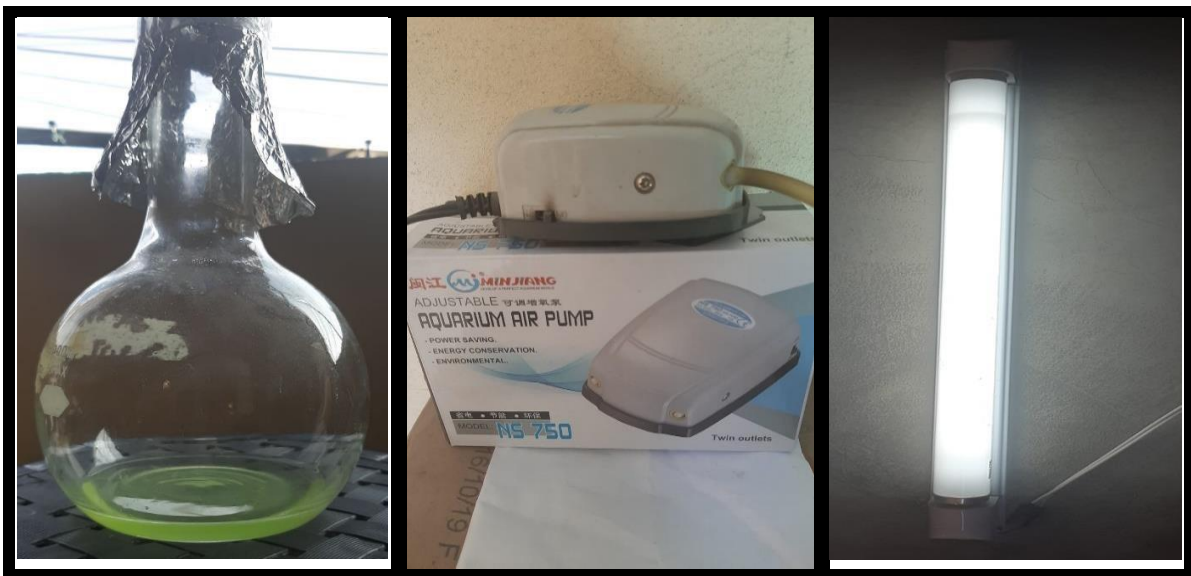


Figura 5. Instalación de cultivo de microalgas en lugar cerrado (muestra inicial 20ml)

- Para evitar la acumulación de biomasa, se realizaba un movimiento en forma circular al matraz con la finalidad de que esta se acumule en gran cantidad. Ver figura 6.



Figura 6. Eliminación de biomasa

- Cumpliéndose el primer mes de cultivo de microalgas *Scenedesmus sp.*, se realizó la primera dilución en el cual al momento de ejecutarse se generaba una pérdida de 5ml de la muestra inicial, resultando como producto final 30ml después del aumento de agua. Ver figura 7



Figura 7. Dilución de microalgas *Scenedesmus sp.*

- El agua que se utilizaba tenía que tener un pH adecuado, el cual se utilizaba agua mineral y para llegar a un pH apropiado se utilizaba sal de mesa (NaCl). Ver figura 8.



Figura 8. Agua mineral con adición de NaCl para llegar al pH adecuado.

- Para obtener una mejora en el cultivo de microalgas *Scenedesmus sp.*, se utilizó abono foliar entre 4 a 5 gotas cada vez que se realizaba la dilución el cual sirvieron como nutrientes aprovechadas para el cultivo de estas. Ver figura 9.



Figura 9. Nutrientes para las microalgas

- Por último, en este proceso se fue generando simultáneamente hasta la fecha actual hasta poder tener una cantidad apropiada para la experimentación de dicho informe de investigación. Ver figura 10.



Figura 10. Actualidad del cultivo de la microalga *Scenedesmus sp.*

3.5.3. Uso de materiales y recolección de muestra de agua residual

- Para la previa recolección de muestra de agua residual se utilizaron ciertos materiales.

Tabla 3: Materiales para obtención de muestra

Materiales	
<ul style="list-style-type: none"> ● 1 Galón ● Balde ● Guantes quirúrgicos ● Mascarilla 	<ul style="list-style-type: none"> ● GPS ● Tableros ● Lapiceros

- Para la recolección de muestra del agua residual de Curtiembre mediante el río Chillón, se realizó con un balde pequeño previamente lavado con la misma agua del río para poder eliminar algunos agentes patógenos que pudieran alterar la muestra, para la toma de muestra se utilizó un galón de 18 L. Ver figura 11.



Figura 11. Toma de muestra del agua residual

3.5.4. Análisis del agua residual en el laboratorio

Se realizó la caracterización de la muestra del agua residual en el laboratorio. En donde se tomó los siguientes parámetros que es: la temperatura, pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y cromo. Ver figura 12.

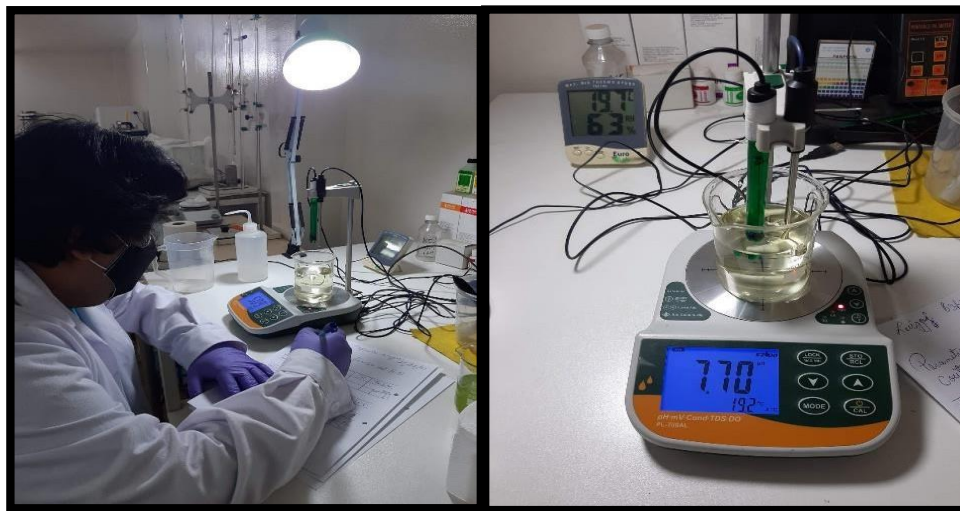


Figura 12. Caracterización del agua residual

3.5.5. Análisis de la microalga *Scenedesmus sp.* en el laboratorio

- Se realizó análisis de la microalga *Scenedesmus sp.* en el cual se pudo determinar el crecimiento y otras características como el porcentaje de nitrógeno (%), fósforo (%) y oxígeno (%). Ver figura 13.



Figura 13. Caracterización de la microalga *Scenedesmus sp.*

3.5.6. Procedimiento de experimentación

Para la parte experimental se utilizó 27 envases con una capacidad de 750 ml, las cuales fueron previamente lavadas con la misma agua para no alterar los resultados, luego se dividieron en tres grupos de 9, estos envases fueron llenados con 500 ml del agua residual contaminadas con cromo hexavalente.

Finalmente, en cada grupo de 9 se utilizaron 3 dosis distinta de microalga (10ml, 30ml y 50ml) con sus respectivas repeticiones. Ver figura 14

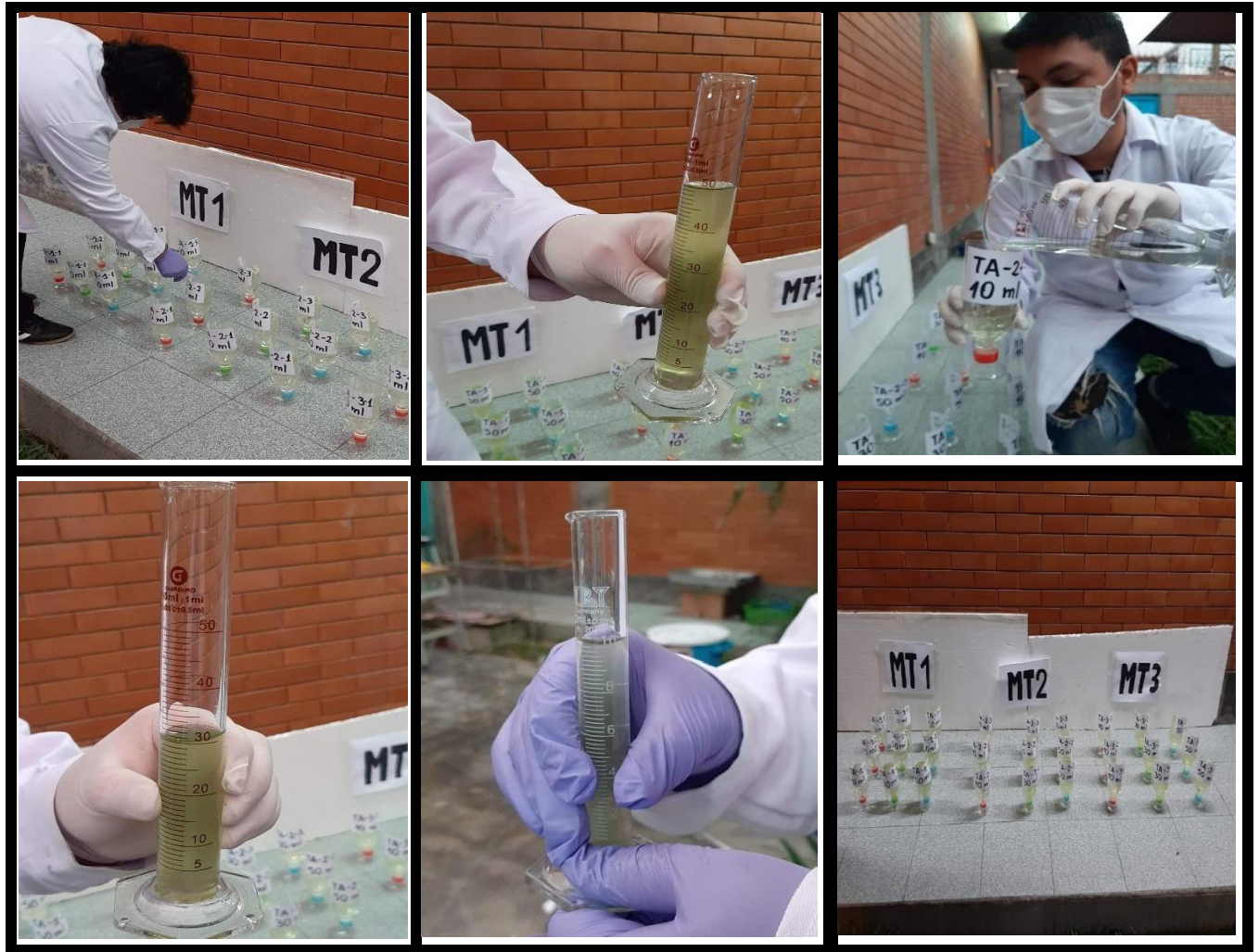


Figura 14. Previo cultivo de microalgas con el agua residual

3.5.7. Monitoreo de 7, 14 y 21 días

Pasos para los monitoreos

Paso 1. Para realizar los monitoreos se tomaron muestras de 50 ml de cada grupo, de cada tratamiento, las cuales fueron previamente filtradas para eliminar todo tipo de partículas que puedan alterar el resultado. Ver figura 15,



Figura 15. Monitoreo del agua residual

Paso 2. Se utilizaron 0.5 ml de ácido sulfúrico (H_2SO_4) 1:1, se ajusta con una varilla $pH < 2$, luego se le hecha 1 ml de difenilcarbazida, se procedió a mover con una varilla y se dejó reposar de 7 a 10 minutos para desarrollar color. Ver figura 16.



Figura 16. Preparación de reactivos

Paso 3. Luego se realizó la medición en el espectrofotómetro UV a 540 nm para la muestra blanca (BK) con celdas de 5 cm (50 mm).

Y para los tratamientos se utilizó 600 nm con celdas de 5 cm (50 mm), para cada tratamiento la celda fue previamente enjuagada con la misma muestra para poder eliminar la contaminación anterior. Ver figura 17.



Figura 17. Resultados del monitoreo.

Dato: estos pasos se realizaron para cada grupo de tratamiento en sus tiempos correspondientes.

3.6. Métodos de análisis de datos

Este método emplea técnicas lógicas (análisis-síntesis, deducción, inducción), estadísticas (descriptivas o inferenciales), que den a conocer los datos recogidos (SEOANE T., 2007).

Estadística descriptiva: Viene a ser la parte de la estadística que sintetiza y resume la información de un conjunto de datos. Esta se realiza usando dos procedimientos: cálculo de índices estadísticos que son números que dan a conocer la información de datos reales, o el uso de representaciones gráficas que brinda información de manera rápida (SEOANE T., 2007).

Estadística inferencial: Da a conocer la distribución de la población y deducir las relaciones de las variables a partir de la información de la muestra recogida. Quiere decir que los objetivos principales de la inferencia estadística vienen a ser la

estimación y el contraste de hipótesis (SEOANE T., 2007). El software que se utilizó para el análisis estadístico de los datos fue el SPSS 25.

3.7. Aspectos éticos

En esta investigación se hará uso de los principios éticos como veracidad y originalidad, al recolectar información, se citará y se pondrá su referencia según la norma ISO que permitirá una mayor veracidad del proyecto. Esta investigación utilizará el TURNITIN como instrumento de verificación de la originalidad del proyecto en la cual tuvimos como resultado 16%, ver anexo 8. Como también en las investigaciones que se realiza velamos porque se cumplan los máximos estándares del conocimiento científico y la propiedad intelectual de cada investigador y a la vez promoviendo y fomentando las investigaciones para las mejoras del medio ambiente.

IV. RESULTADOS

4.1. Caracterización del agua contaminada de curtiembre – Río Chillón

La caracterización del agua contaminada del efluente de curtiembre con cromo hexavalente (Cr^{+6}), fue realizado en medir los parámetros físicos – químicos de la muestra. Ver anexo 9.

Tabla 4: Comparación de parámetros físico – químicos

Parámetros físico - químicos	Caracterización del agua de curtiembre	V.M.A (D.S. N° 010 – 2019 - VIVIENDA)
Temperatura	19.2 °C	<35
Potencial de hidrógeno	7.7 pH	6 – 9 pH
Conductividad eléctrica	1125 $\mu\text{S}/\text{cm}$	-
Oxígeno disuelto	6.59 mgO_2/L	-
Cromo hexavalente	2.857 mg/L	0.5 mg/L

En la tabla 4, se muestra una comparación de los parámetros físico – químicos de la muestra inicial del agua de curtiembre junto con los valores máximos admisibles del Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA.

4.2. Parámetros físico – químicos del agua contaminada con cromo hexavalente (Método Potenciométrico)

Se homogenizo la muestra, donde luego se tomó un volumen de 100ml, se llevó al multiparámetro, el cual inicialmente fue calibrado con su buffer de pH de 4,7 y 10, para llegar a calibrar el electrodo en porcentaje de funcionamiento lo que fue del 98%, quedando así listo para su utilización donde se obtuvieron los siguientes valores. Ver anexo 9.

Tabla 5: Resultados de los parámetros físico-químicos del agua inicial

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno pH	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial redox mv	Turbidez NTU
MA –Cr ⁺⁶	19.2	7.70	1125	245	24.4

Donde:

MA –Cr⁺⁶: Muestra de agua contaminado con cromo hexavalente

En la Tabla 5, se observa los resultados del análisis de los parámetros físico – químicos realizados en el laboratorio.

4.3. Oxígeno Disuelto del agua residual doméstica (OD) (método Winkler)

El oxígeno disuelto es importante cuando las aguas son vertidas a un cuerpo de agua, que al no ser tratadas antes de verter estas perjudican a la fauna acuática, fue desarrollado con un frasco winkler estandarizado como menciona la norma del método, se tomó 300 ml de la muestra teniendo cuidado que no tenga burbujas de aire porque esto terminaría con el análisis, luego se utilizó el método volumétrico titulándose con tiosulfato de sodio y un indicador el almidón analítico, donde por un viraje de color azul oscuro a incoloro hizo que se obtenga su valor, el cual se calcula de la siguiente manera::

Fórmula:

$$OD \text{ (mgO}_2\text{/L)} = \frac{Vgt * Nts * 8000 * Vfw}{Vm * (Vfw - 2)}$$

Dónde:

Vgt: Volumen gastado de tiosulfato

Nts: Normalidad del tiosulfato

Vfw: Volumen del frasco winkler

Vm: Volumen de la muestra

Tabla 6: Resultados del oxígeno disuelto del agua con cromo hexavalente

Código	Vgt ml	Nts	Vfw ml	Vm ml	OD (mgO₂/L)
OD - AC	3.8	0.02155	300	100	6.59

Dónde:

OD: Oxígeno Disuelto

AC: Agua contaminada con cromo hexavalente

En la tabla 6, se puede apreciar los resultados del Oxígeno disuelto de la muestra de agua contaminada con Cromo hexavalente. Ver anexo 9.

Tabla 7: Resultados de los parámetros físico-químico de la microalga

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno pH	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial redox mv	Turbidez NTU
MA – L	19.8	6.59	50	124	180.5

Dónde:

MA –L: Muestra de MICROALGA – LIMA

En la tabla 7, se refleja los parámetros físico – químicos de la microalga *Scenedesmus sp.*, tales como temperatura, pH, conductividad eléctrica, potencial redox y turbidez. Ver anexo 9.

Tabla 8: Resultados de los nutrientes de la microalga

Código	Nitrógeno %	Fósforo %	Oxígeno %
MA –L	1.1037	0.7562	10

En la tabla 8, señala los resultados de nutrientes de la microalga antes de verter al agua contaminada con cromo hexavalente. Ver anexo 9.

4.4. Caracterización del agua inicial de Curtiembre – Río Chillón (método espectrofotometría UV)

El agua fue tomada del tubo de salida del efluente de la curtiembre que descarga en el Río Chillón, la que fue analizada por cromo Hexavalente (Cr^{+6}).

Fórmula: $\text{Abs} = K \cdot C$ $\text{Abs} = -\log(\%T/100)$ $\lambda = 600\text{nm}$

Tabla 9: Resultados de concentración inicial del agua curtiembre - Río Chillón (Cr VI)

Código	Tramitancia %	Absorbancia	Factor de dilución	Concentración mgCr⁺⁶/l
AIC – RCH	60.2	0.220	10/50	2.857

Dónde:

AIC – RCH: Agua inicial de la curtiembre – Río Chillón

En la tabla 9, se muestra los resultados de la concentración de cromo hexavalente, obtenidas de un punto de salida de efluentes de la industria de curtiembre hacia el Río Chillón. Ver anexo 9.

4.5. Procedimiento experimental del primer tratamiento del agua contaminada por cromo hexavalente por curtiembre - Río chillón

Tabla 10: Resultados del primer tratamiento de Cromo Hexavalente

Código	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno pH (acido/base)	Conductividad eléctrica µS/cm	Potencial Redox mv
TA1-(1-10)	21.00	8.06	3150	170
TA1-(2-10)	21.00	8.07	3200	174
TA1-(3-10)	21.00	8.05	3180	173
TA1-(1-30)	21.00	7.89	2390	140
TA1-(2-30)	21.00	7.88	2520	145
TA1-(3-30)	21.00	7.85	2510	142
TA1-(1-50)	21.00	7.74	2650	133
TA1-(2-50)	21.00	7.76	2400	135
TA1-(3-50)	21.00	7.70	2360	137

En la Tabla 10, se muestra los resultados del primer tratamiento de microalgas junto con el agua contaminada con cromo hexavalente luego de cumplirse el plazo de 7 días cultivadas, dando los resultados como: temperatura, pH, conductividad eléctrica y potencial redox. Ver anexo 10.

Tabla 11: Resultados de remoción del primer tratamiento de Cromo Hexavalente

Código	Cromo hexavalente	Oxígeno disuelto	Turbidez
TA1-(1-10)	2.657	7.70	23.40
TA1-(2-10)	2.656	7.76	23.70
TA1-(3-10)	2.655	7.78	23.00
TA1-(1-30)	2.553	7.89	25.20
TA1-(2-30)	2.550	7.86	25.45
TA1-(3-30)	2.552	7.87	25.40
TA1-(1-50)	2.349	7.91	30.70
TA1-(2-50)	2.347	7.90	30.40
TA1-(3-50)	2.348	7.93	30.80

En la Tabla 11, se observa los resultados obtenidos luego de cumplirse el plazo de tratamiento de los primeros 7 días dando los indicadores de oxígeno disuelto, turbidez y la remoción de cromo hexavalente. Ver anexo 10.

4.6 Procedimiento experimental del segundo tratamiento del agua contaminada por cromo hexavalente por curtiembre - Río chillón

Tabla 12: Resultados del segundo tratamiento de Cromo Hexavalente

Código	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno pH (acido/base)	Conductividad eléctrica µS/cm	Potencial Redox mv
TA2-(1-10)	20.00	8.29	3330	178
TA2-(2-10)	20.00	8.25	3320	157
TA2-(3-10)	20.00	8.24	3222	151
TA2-(1-30)	20.00	7.99	3125	146
TA2-(2-30)	20.00	7.94	3120	141
TA2-(3-30)	20.00	7.96	3124	133
TA2-(1-50)	20.00	7.11	3090	139
TA2-(2-50)	20.00	7.20	3075	137
TA2-(3-50)	20.00	7.26	3060	134

En la Tabla 12, nos muestra los indicadores del segundo tratamiento de microalgas junto con el agua contaminada con cromo hexavalente, luego de cumplirse un cultivo continuo de 14 días, dando los resultados como: temperatura, pH, conductividad eléctrica y potencial redox. Ver anexo 10.

Tabla 13: Resultados de remoción del segundo tratamiento de cromo hexavalente

Código	Cromo hexavalente	Oxígeno disuelto	Turbidez
TA2-(1-10)	2.112	6.46	20.25
TA2-(2-10)	2.114	6.45	22.15
TA2-(3-10)	2.115	6.47	20.23
TA2-(1-30)	2.045	6.50	20.24
TA2-(2-30)	2.048	6.51	20.20
TA2-(3-30)	2.044	6.53	20.18
TA2-(1-50)	1.932	6.62	20.19
TA2-(2-50)	1.930	6.60	20.40
TA2-(3-50)	1.929	6.61	20.80

En la Tabla 13, nos menciona el segundo tratamiento de microalgas junto con el agua residual contaminada con cromo hexavalente, brindando como resultados lo siguiente: oxígeno disuelto, turbidez y la remoción de cromo hexavalente, luego de cumplirse 14 días del cultivo. Ver anexo 10.

4.7. Procedimiento experimental del tercer tratamiento del agua contaminada por cromo hexavalente por curtiembre - Río chillón

Tabla 14: Resultados del tercer tratamiento de cromo hexavalente

Código	Temperatura °C	Potencial de Hidrógeno pH (ácido/base)	Conductividad eléctrica μS/cm	Potencial Redox mv
TA3-(1-10)	19.00	7.86	3300	100
TA3-(2-10)	19.00	7.85	3298	101
TA3-(3-10)	19.00	7.87	3299	101
TA3-(1-30)	19.00	7.70	3115	123
TA3-(2-30)	19.00	7.74	3116	125
TA3-(3-30)	19.00	7.76	3114	129
TA3-(1-50)	19.00	7.10	2085	98
TA3-(2-50)	19.00	7.14	2088	94
TA3-(3-50)	19.00	7.15	2089	97

En la Tabla 14, se observa los resultados del tercer tratamiento de microalgas junto con el agua contaminada con cromo hexavalente luego de cumplirse el plazo de 21 días cultivadas, obteniéndose como resultados: temperatura, pH, conductividad eléctrica y potencial redox. Ver anexo 10.

Tabla 15: Resultados de remoción del tercer tratamiento de cromo hexavalente

Código	Cromo hexavalente	Oxígeno disuelto	Turbidez
TA3-(1-10)	2.023	7.59	20.00
TA3-(2-10)	2.022	7.56	20.18
TA3-(3-10)	2.020	7.55	20.19
TA3-(1-30)	1.786	7.50	20.56
TA3-(2-30)	1.784	7.53	20.54
TA3-(3-30)	1.785	7.52	20.52
TA3-(1-50)	1.120	7.40	20.55
TA3-(2-50)	1.126	7.45	20.58
TA3-(3-50)	1.123	7.48	20.60

En la Tabla 15, se muestra los resultados obtenidos luego de cumplirse el plazo de tratamiento de 21 días dando los siguientes indicadores de oxígeno disuelto, turbidez y la remoción de cromo hexavalente. Ver anexo 10.

Tabla 16. Porcentaje de remoción de cromo hexavalente

Nº	Código	Muestra por grupo	Dosis de microalga (ml)	Concentración inicial de Cr (mg/L)	Remoción de concentración por semana (mg/L)	Tratamiento por días	Remoción por semana (%)	Promedio de remoción por tratamiento de dosis de microalga (%)
1	MT 1	TA - 1 - 1	10	2.857	2.657	7 días	7.00	7.0
2		TA - 1 - 2			2.656		7.04	
3		TA - 1 - 3			2.655		7.07	
4		TA - 1 - 1	30		2.553		10.64	10.7
5		TA - 1 - 2			2.55		10.75	
6		TA - 1 - 3			2.552		10.68	
7		TA - 1 - 1	50		2.349		17.78	17.8
8		TA - 1 - 2			2.347		17.85	
9		TA - 1 - 3			2.348		17.82	
1	MT 2	TA - 2 - 1	10	2.857	2.112	14 días	26.08	26.0
2		TA - 2 - 2			2.114		26.01	
3		TA - 2 - 3			2.115		25.97	
4		TA - 2 - 1	30		2.045		28.42	28.4
5		TA - 2 - 2			2.048		28.32	
6		TA - 2 - 3			2.044		28.46	
7		TA - 2 - 1	50		1.932		32.38	32.4
8		TA - 2 - 2			1.93		32.45	
9		TA - 2 - 3			1.929		32.48	
1	MT 3	TA - 3 - 1	10	2.857	2.023	21 días	29.19	29.2
2		TA - 3 - 2			2.022		29.23	
3		TA - 3 - 3			2.02		29.30	
4		TA - 3 - 1	30		1.786		37.49	37.5
5		TA - 3 - 2			1.784		37.56	
6		TA - 3 - 3			1.785		37.52	
7		TA - 3 - 1	50		1.12		60.80	60.7
8		TA - 3 - 2			1.126		60.59	
9		TA - 3 - 3			1.123		60.69	

En la Tabla 16, se observa un promedio de remoción por tratamiento de diferentes dosis de microalga *Scenedesmus sp.* establecido para diferentes días de cultivo reflejando una reducción del metal pesado cromo hexavalente.

Fórmula:

$$R (\%) = \frac{C_o - C_f}{C_o} * 100$$

Dónde:

R = Remoción por semana

C_o = Concentración inicial

C_f = Concentración final

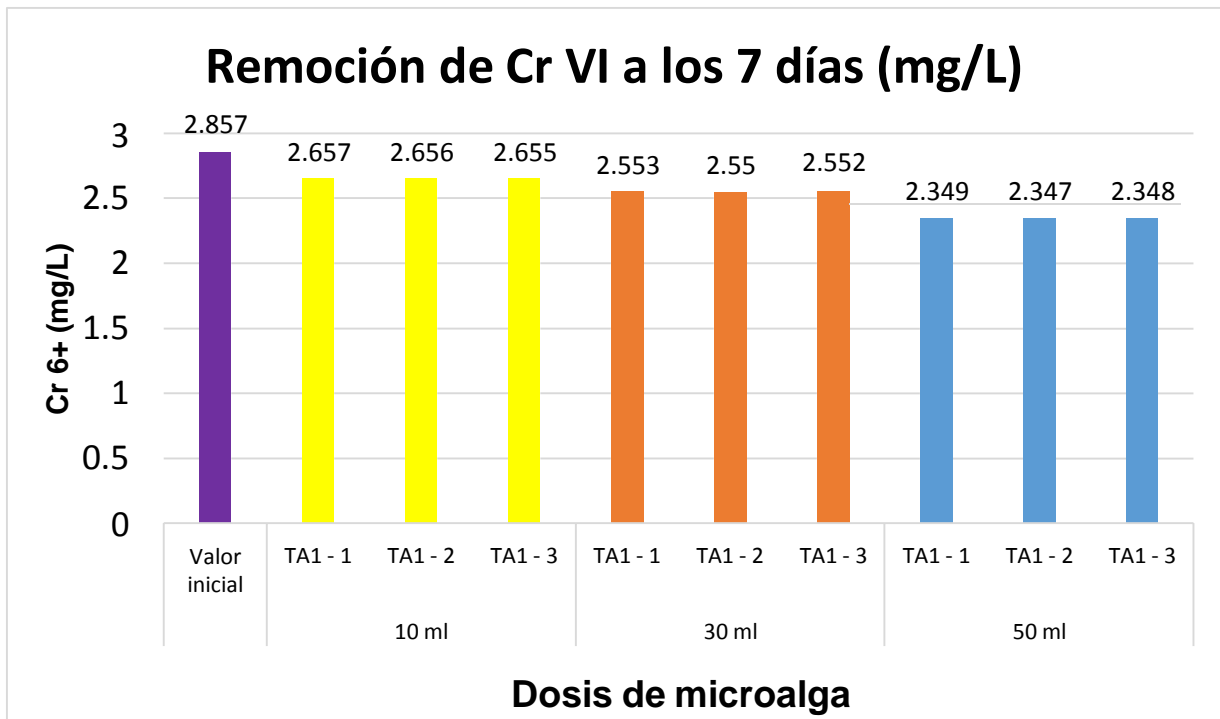


Figura 18. Remoción del Cromo hexavalente del primer tratamiento.

En la Figura 18, se puede apreciar el valor inicial en concentración del cromo hexavalente que es de 2.857 mg/L y las cantidades de remoción del primer tratamiento con 3 dosis distintas de microalgas *Scenedesmus sp.* dando como mejor resultado la muestra TA1 – 2 de 50 ml, eliminando una concentración de 2.347 mg/L, siendo una cantidad de 17.9%.

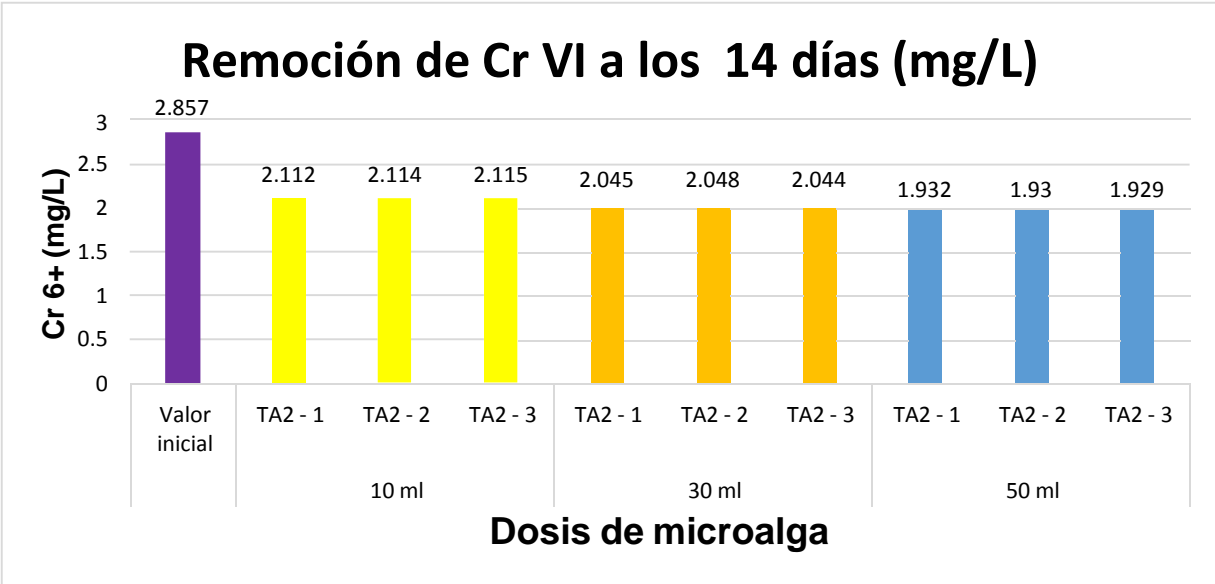


Figura 19. Remoción del Cromo hexavalente del segundo tratamiento.

En la Figura 19, se verifica la concentración inicial de cromo hexavalente de 2.857 mg/L, además se afirma las cantidades de remoción por dosis de microalga *Scenedesmus sp.* del segundo tratamiento al cumplirse los 14 días, dando como una mejor eliminación la muestra TA2 – 3 de 50 ml, removiendo una concentración de 1.929 mg/L que equivalen a 32.5%.

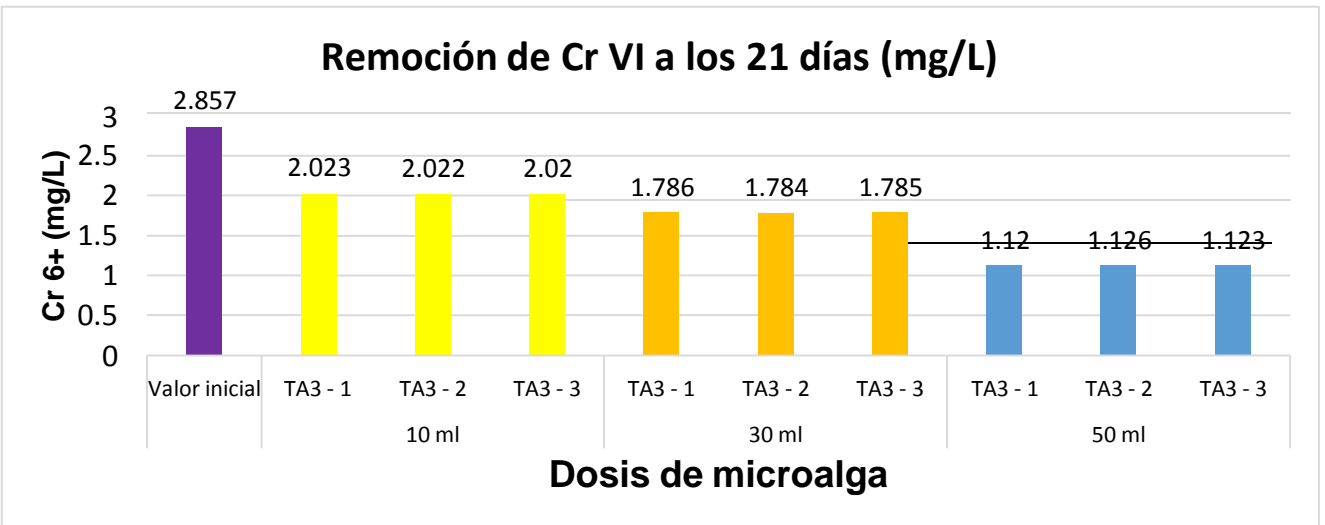


Figura 20. Remoción del Cromo hexavalente del tercer tratamiento.

En la Figura 20, se aprecia la concentración inicial del cromo hexavalente en valores de 2.857 mg/L, asimismo nos indica las dosis de microalgas *Scenedesmus sp.* utilizadas para el tercer tratamiento que duró 21 días, dando como mejor resultado la muestra TA3 – 1 de 50 ml, reduciendo una concentración de 1.12 mg/L, siendo una cantidad de 60.8%.

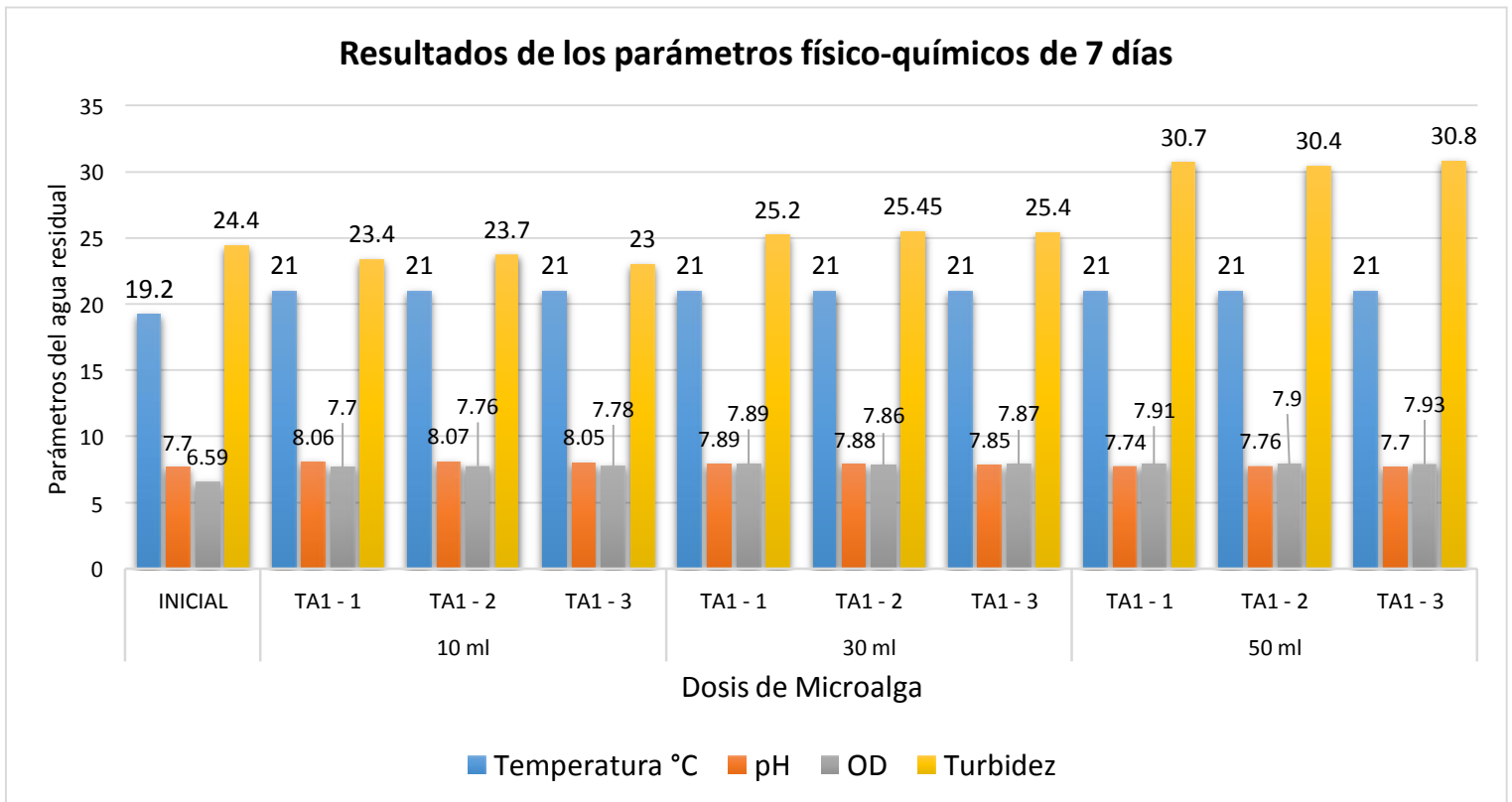


Figura 21. Resultados de los parámetros físico-químicos a los 7 días de tratamiento.

En la Figura 21, podemos apreciar los parámetros físico-químicos iniciales del agua residual que son: la temperatura (19.2 °C), pH (7.7), oxígeno disuelto (6.59 mg/L) y turbidez (6.59 NTU), asimismo se verifica una variación en los parámetros físico-químicos luego de ejecutar el primer tratamiento que tuvo una duración de 7 días, tenemos los siguientes parámetros físico-químicos temperatura constante de 21 °C, pH de 7.7 a 8.07, oxígeno disuelto de 7.7 a 7.93 mg/L y turbidez de 23 a 30.8 NTU.

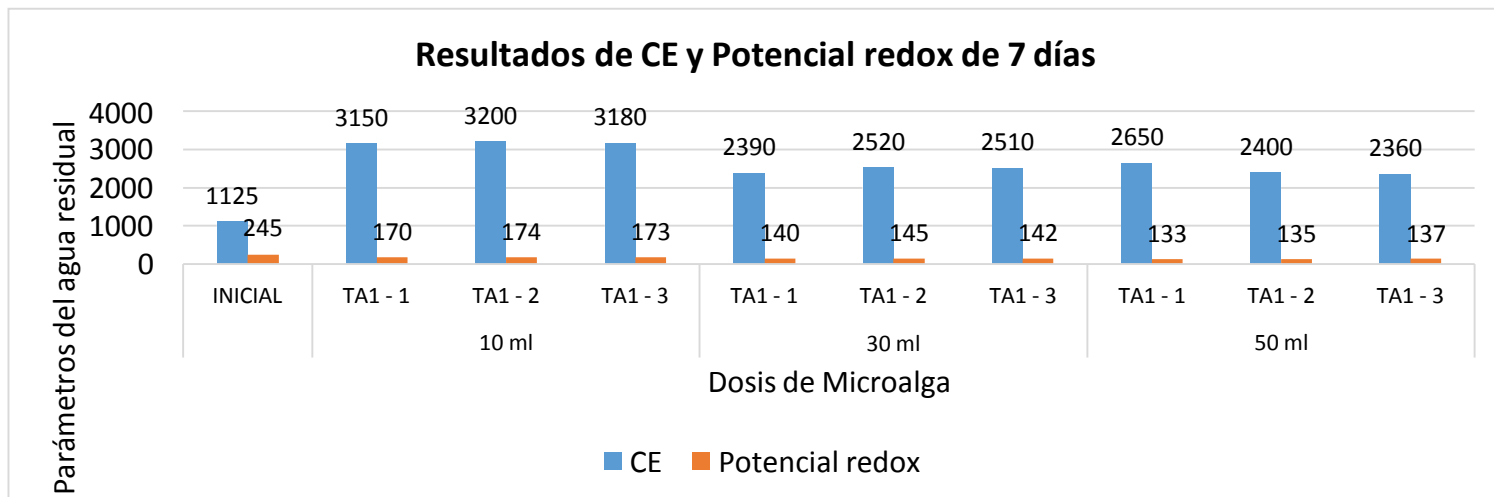


Figura 22. Medición de los parámetros CE y Potencial redox del primer tratamiento.

En la Figura 22, se observa la CE y Potencial redox inicial del agua residual y después del tratamiento, los cuales se verifican que existe una variación al momento de utilizar las microalgas *Scenedesmus sp.* tenemos lo siguiente: CE de 2360 a 3200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y Potencial redox de 133 a 174 mv.

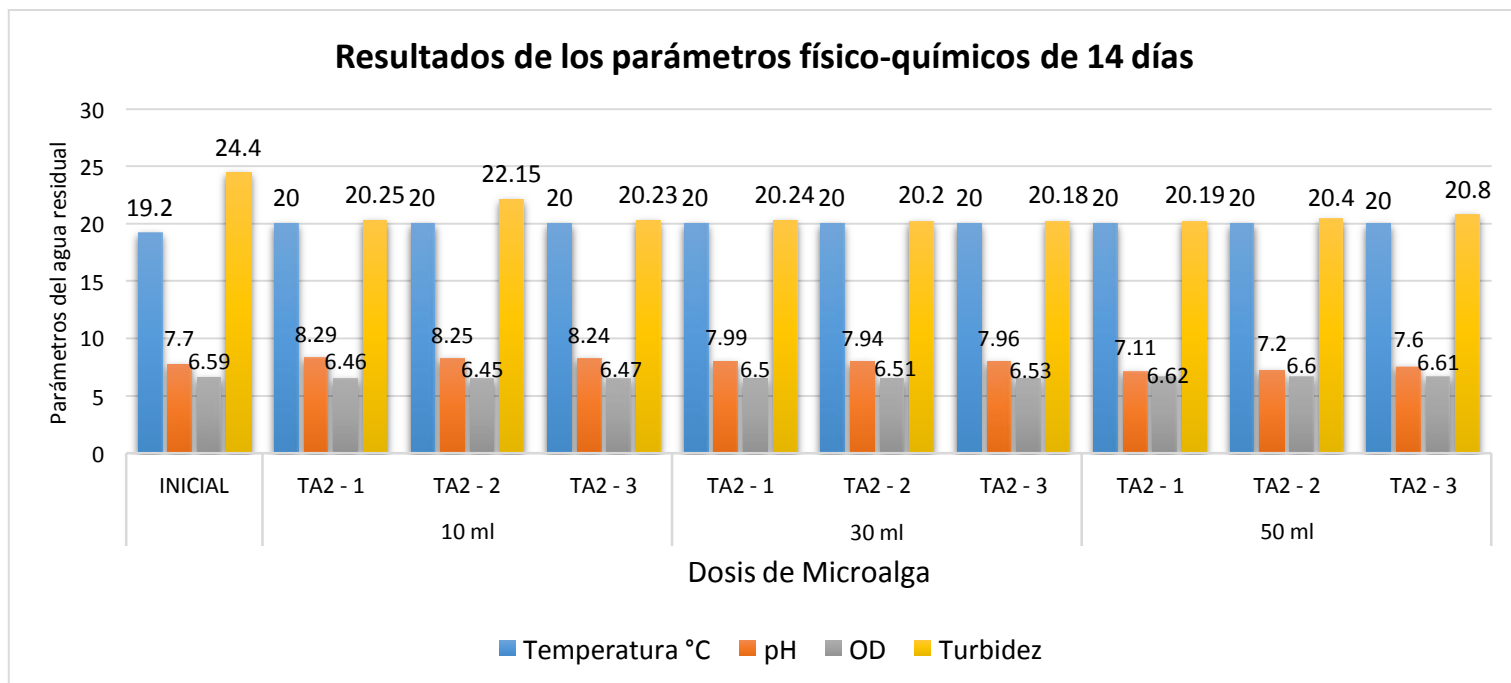


Figura 23. Resultados de los parámetros físico-químicos a los 14 días de tratamiento.

En la Figura 23, se puede apreciar los parámetros físico-químicos iniciales del agua residual que son: temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez, por otro lado, se muestra las variaciones de estas al tener contacto con las microalgas *Scenedesmus sp.* por un tiempo de tratamiento de 14 días las cuales tuvieron un rango en variación a lo siguiente: temperatura constante 20 °C, pH de 7.11 a 8.29, oxígeno disuelto de 6.45 a 6.62 mg/L y turbidez de 20.8 a 22.15 NTU.

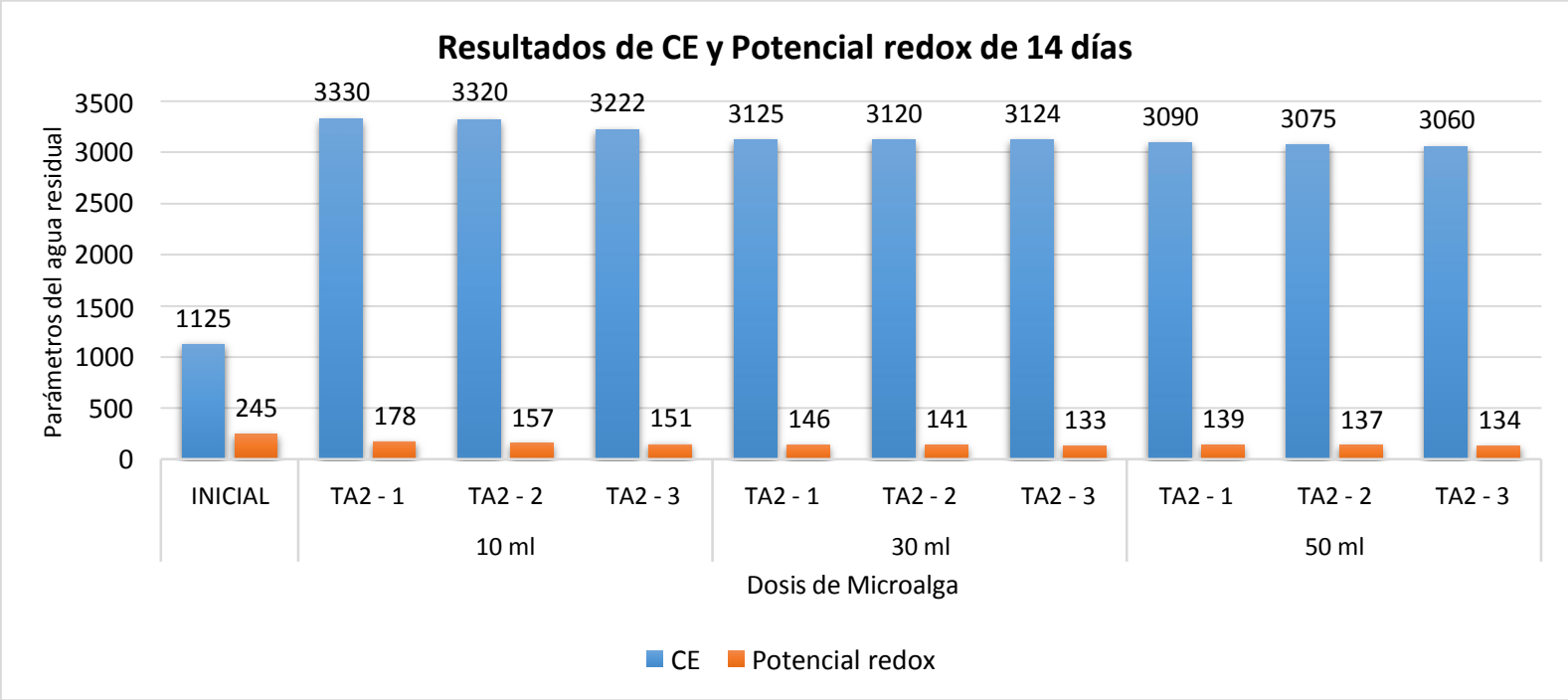


Figura 24. Medición de los parámetros CE y Potencial redox del segundo tratamiento.

En la Figura 24, se refleja los resultados de CE y Potencial redox de la muestra de agua residual inicial, además se verifica una variación en cuanto al segundo tratamiento con las microalgas *Scenedesmus sp.* lo cuales son los siguiente: CE de 3060 a 3330 μ S/cm y Potencial redox de 133 a 178 mv.

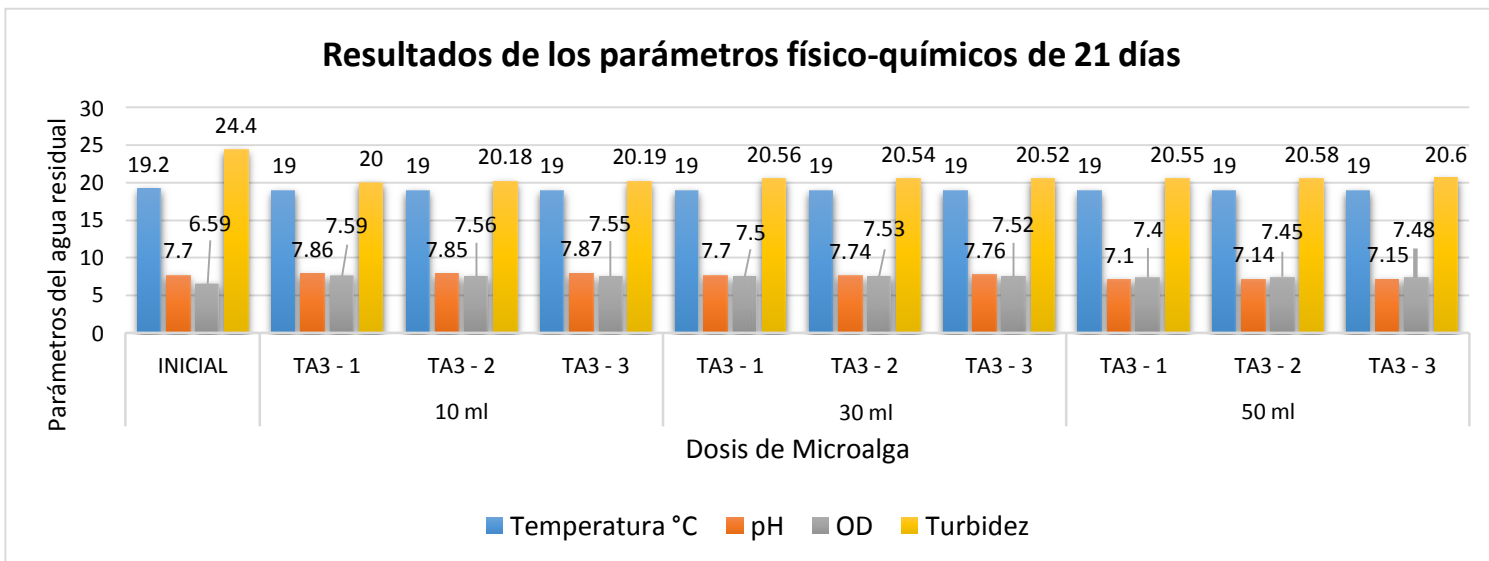


Figura 25. Resultados de los parámetros físico-químicos a los 21 días de tratamiento.

En la Figura 25, se observa los parámetros físico-químicos iniciales del agua residual que son: temperatura, pH, oxígeno disuelto y turbidez, por otro lado, también se aprecia una variación de estos parámetros luego de aplicar un tratamiento con microalgas *Scenedesmus sp.* con una duración de 21 días, tales como: temperatura constante de 19 °C, pH de 7.7 a 7.87, oxígeno disuelto de 7.4 a 7.59 mg/L y turbidez de 20 a 20.6 NTU.

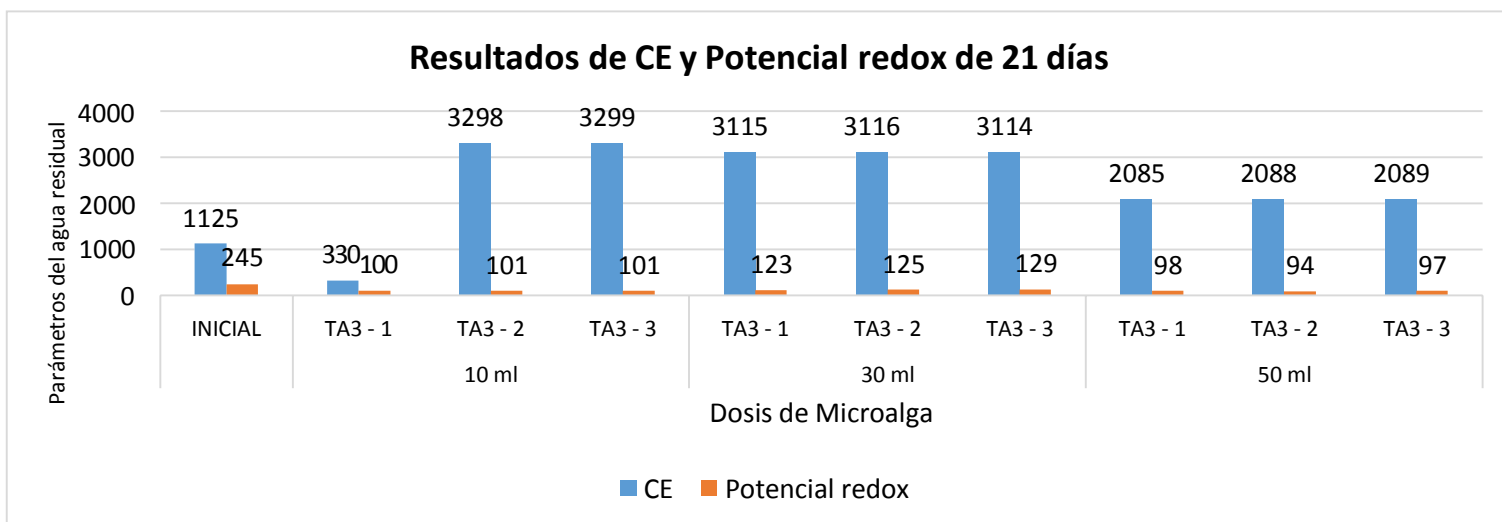


Figura 26. Medición de los parámetros CE y Potencial redox del tercer tratamiento.

Estadística inferencial

Se presentó los resultados obtenidos Pre-test y Post-Test de la aplicación de acuerdo a los objetivos planteados:

Determinar el estado de los parámetros fisicoquímicos del agua residual después de haber utilizado las microalgas *Scenedesmus sp.*

Tabla 17. Resultados de Potencial de Hidrogeno (pH)

Parámetro	Dosis (ml)	Repeticiones	Valores Iniciales (Pre-Test)	Valores Finales Primer Tratamiento a los 7 días. (Post-Test)	Valores Finales Segundo tratamiento a los 14 días. (Post-Test)	Valores Finales Tercer Tratamiento a los 21 días. (Post-Test)
Potencial de Hidrógeno (pH)	10	R1	7,7	8,06	8,29	7,86
		R2	7,7	8,07	8,25	7,85
		R3	7,7	8,05	8,24	7,87
	30	R1	7,7	7,89	7,99	7,70
		R2	7,7	7,88	7,94	7,74
		R3	7,7	7,85	7,96	7,76
	50	R1	7,7	7,74	7,11	7,10
		R2	7,7	7,76	7,20	7,14
		R3	7,7	7,70	7,26	7,15

En la Tabla 17, se presentó los resultados obtenidos en relación al parámetro de Potencial de hidrógeno (pH), según las dosis empleadas de microalgas *Scenedesmus sp.*, que fueron de 10ml, 30ml y 50ml, a fin de comparar la variación que existe entre los valores iniciales (Pre-test) y valores finales (Post-test), determinando el estado del potencial de hidrógeno del agua residual después del primer tratamiento (7 días), segundo tratamiento (14 días) y tercer tratamiento (21 días).

Tabla 18. Prueba de Normalidad de Potencial de Hidrógeno

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
PH_Inicial	.	9	.	.	9	.
PH_Final_T1	,203	9	,020*	,893	9	,015
PH_Final_T2	,278	9	,044	,825	9	,040
PH_Final_T3	311	9	,012	,754	9	,006

En la Tabla 18, se procedió a realizar la prueba de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro-Wilk, por ser muestras pequeñas (menores a 30). Del mismo modo, se probó si es paramétrico o no paramétrico.

Hipótesis: probaremos

Ho: Los datos obtenidos de potencial de hidrógeno siguen una distribución normal.

Ha: Los datos obtenidos de potencial de hidrógeno no siguen una distribución normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza Ho

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza Ho

Se obtuvo **p-valores** de:

- pH Inicial (Pre-Test): 0.000
- pH Final T1 (Post-Test): 0.015
- pH Final T2 (Post-Test): 0.040
- pH Final T3 (Post-Test): 0.006

Dónde α de: 0.05

Decisión

Por la obtención de **p-Valores** menores que α , la **H₀** se rechaza, en conclusión, los datos obtenidos de la estimación de potencial de hidrógeno no siguen una distribución normal. Aseverando que los datos se mantienen dentro de un rango de 95% de confiabilidad.

De la Tabla 18, se verificó que la significancia de potencial de hidrógeno, tienen valores menores a 0.05. Por lo tanto, conforme a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Puesto que se quiere evaluar si el estado de temperatura del agua residual cambia en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*, procediéndose al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon. Ver Tabla 19.

Tabla 19. Prueba de Wilcoxon de potencial de hidrógeno.

Estadísticos de prueba ^a			
	PH_Final_T1 - PH_Inicial	PH_Final_T2 - PH_Inicial	PH_Final_T3 - PH_Inicial
Z	-2,521 ^b	-,593 ^b	-,420 ^c
Sig. asintótica(bilateral)	,012	,553	,674

Hipótesis: probaremos

H₀: El estado del potencial de hidrógeno del agua residual no cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

H_a: El estado del potencial de hidrógeno del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Regla de decisión

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza H_0

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza H_0

En la Tabla 19, se obtuvo **p-valores** de:

- pH_Final_T1 - pH_Inicial: 0.012
- pH_Final_T2 - pH_Inicial: 0.553
- pH_Final_T3 - pH_Inicial: 0.674

Dónde α de: 0.05.

Contrastación de hipótesis específica 1: Parámetro potencial hidrógeno

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 25, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de $p\text{-valor}$ menor que α , al finalizar el primer tratamiento del agua contaminada, concluyéndose que el estado del potencial de hidrógeno del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp* en el primer tratamiento.

Tabla 20. Resultados de Temperatura (°C)

Parámetro	Dosis	Repeticiones	Valores Iniciales (Pre-Test)	Valores Finales Primer Tratamiento a los 7 días. (Post-Test)	Valores Finales Segundo tratamiento a los 14 días. (Post-Test)	Valores Finales Tercer Tratamiento a los 21 días. (Post-Test)
Temperatura (C°)	10	R1	19,2	21	20	19
		R2	19,2	21	20	19
		R3	19,2	21	20	19
	30	R1	19,2	21	20	19
		R2	19,2	21	20	19
		R3	19,2	21	20	19
	50	R1	19,2	21	20	19
		R2	19,2	21	20	19
		R3	19,2	21	20	19

En la Tabla 20, se mostró los resultados obtenidos en relación al parámetro de Temperatura (°C), según las dosis empleadas de microalgas *Scenedesmus sp*, que fueron de 10ml, 30ml y 50ml, a fin de comparar la variación que existe entre los valores iniciales (Pre-test) y valores finales (Post-test), se determinó el estado de temperatura del agua residual después del primer tratamiento (7 días), segundo tratamiento (14 días) y tercer tratamiento (21 días).

Tabla 21. Prueba de Normalidad de Temperatura

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Temp_Inicial	.	9	.	.	9	.
Temp_Final_T1	.	9	.	.	9	.
Temp_Final_T2	.	9	.	.	9	.
Temp_Final_T3	.	9	.	.	9	.

En la Tabla 21, se procedió a realizar la prueba de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro-Wilk, por ser pequeñas muestras (menores a 30). Del mismo modo, se probó si es paramétrico o no paramétrico.

Hipótesis: probaremos

Ho: Los datos obtenidos de temperatura siguen una distribución normal.

Ha: Los datos obtenidos de temperatura no siguen una distribución normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza Ho

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza Ho

Se obtuvo **p-valores** de:

- Temperatura Inicial (Pre-Test): 0.000
- Temperatura Final T1 (Post-Test): 0.000
- Temperatura Final T2 (Post-Test): 0.000
- Temperatura Final T3 (Post-Test): 0.000

Dónde α de: 0.05

Decisión

Por la obtención de **p-Valores** menores que α , la **H₀** se rechaza, en conclusión, los valores obtenidos de la estimación de potencial de hidrógeno no siguen una distribución normal. Aseverando que los datos se mantienen dentro de un rango de 95% de confiabilidad.

De la Tabla 21, se verificó que la significancia de temperatura, tienen valores menores a 0.05. Por ende, conforme a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Puesto que se debe evaluar si el estado de temperatura del agua residual cambia en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*, procediéndose al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon. Ver Tabla 22.

Tabla 22. Prueba de Wilcoxon de Temperatura

Estadísticos de prueba ^a			
	Temp_Final_T1 Temp_Inicial	Temp_Final_T2 Temp_Inicial	Temp_Final_T3 Temp_Inicial
Z	-3,000 ^b	-3,000 ^b	-3,000 ^c
Sig. asintótica(bilateral)	,003	,003	,003

Hipótesis: probaremos

H₀: El estado de temperatura del agua residual no cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

H_a: El estado de temperatura del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Regla de decisión

Si p-valor < α : rechaza H₀

Si p-valor > α : no rechaza H₀

En la Tabla 22, se obtuvo **p-valores** de:

- Temp_Final_T1 - Temp_Inicial: 0.003
- Temp_Final_T2 - Temp_Inicial: 0.003
- Temp_Final_T3 - Temp_Inicial: 0.003

Donde α de: 0.05.

Contrastación de hipótesis específica 1: Parámetro temperatura.

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 25, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valor menor que α , concluyéndose que el estado de temperatura del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Tabla 23. Resultados de Oxígeno Disuelto (OD)

Parámetro	Dosis	Repeticiones	Valores Iniciales (Pre-Test)	Valores Finales Primer Tratamiento a los 7 días. (Post-Test)	Valores Finales Segundo Tratamiento a los 14 días. (Post-Test)	Valores Finales Tercer Tratamiento a los 21 días. (Post-Test)
Oxígeno Disuelto (mgO ₂ /L)	10	R1	6,59	7,70	6,46	7,59
		R2	6,59	7,76	6,45	7,56
		R3	6,59	7,78	6,47	7,55
	30	R1	6,59	7,89	6,5	7,5
		R2	6,59	7,86	6,51	7,53
		R3	6,59	7,87	6,53	7,52
	50	R1	6,59	7,91	6,62	7,4
		R2	6,59	7,90	6,60	7,45
		R3	6,59	7,93	6,61	7,48

En la Tabla 23, se presentó los resultados obtenidos en relación al parámetro de Oxígeno Disuelto (mgO₂/L), según las dosis empleadas de microalga *Scenedesmus sp.* que fueron de 10ml, 30 ml y 50ml, a fin de comparar la variación que existe entre los valores iniciales (Pre-test) y valores finales (Post-test), determinando el estado de Oxígeno Disuelto del agua residual después del primer tratamiento (7 días), segundo tratamiento (14 días) y tercer tratamiento (21 días).

Tabla 24. Prueba de Normalidad de Oxígeno Disuelto

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
OD_Inicial	.	9	.	.	9	.
OD_Final_T1	,245	9	,128	,891	9	,203
OD_Final_T2	,194	9	,200*	,884	9	,175
OD_Final_T3	,130	9	,200*	,974	9	,928

En la Tabla 24, se procedió a realizar la prueba de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro-Wilk, por ser pequeñas muestras (menores a 30). Del mismo modo, se probó si es paramétrico o no paramétrico.

Hipótesis: probaremos

Ho: Los datos obtenidos de oxígeno disuelto siguen una distribución normal.

Ha: Los datos obtenidos de oxígeno disuelto no siguen una distribución normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza Ho

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza Ho

Se obtuvo **p-valores** de:

- OD-Inicial (Pre-Test): 0.000
- OD-Final T1 (Post-Test): 0.203
- OD-Final T2 (Post-Test): 0.175
- OD-Final T3 (Post-Test): 0.928

Dónde α de: 0.05

Decisión

Por la obtención de **p-Valores** mayores que α , la **Ho** no se rechaza, en conclusión, los valores obtenidos de la estimación de Oxígeno disuelto siguen una distribución normal. Aseverando que los datos se mantienen dentro de un rango de 95% de confiabilidad.

De la Tabla 24, se pudo verificar que la significancia de oxígeno disuelto, tienen valores menores a 0.05. Por lo tanto, conforme a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos paramétricos. Puesto que se quiere evaluar si el estado de oxígeno disuelto del agua residual cambia en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*, procediéndose al análisis con el estadístico de T-student. Ver Tabla 25.

Tabla 25. Prueba de T-Student

Prueba de muestras emparejadas									
		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	OD_Inicial - OD_Final_T1	- 1,25444	,07892	,02631	-1,31510	-1,19378	-47,688	8	,000
Par 2	OD_Inicial - OD_Final_T2	,06222	,06667	,02222	,01098	,11347	2,800	8	,023
Par 3	OD_Inicial - OD_Final_T3	-,91889	,05883	,01961	-,96411	-,87367	-46,857	8	,000

Hipótesis: probaremos

Ho: El estado de Oxígeno disuelto del agua residual no cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Ha: El estado de Oxígeno disuelto del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Regla de decisión

Si p-valor < α : rechaza Ho

Si p-valor > α : no rechaza Ho

En la Tabla 25, se obtuvo **p-valores** de:

- OD_Final_T1 - OD_Inicial: 0.000
- OD_Final_T2 - OD_Inicial: 0.023
- OD_Final_T3 - OD_Inicial: 0.000

Donde α de: 0.05.

Contrastación de hipótesis específica 1: Parámetro oxígeno disuelto.

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 25, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valor menor que α , concluyéndose que el estado de oxígeno disuelto del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Tabla 26. Resultados de cromo hexavalente

Parámetro	Dosis	Repeticiones	Valores Iniciales (Pre-Test)	Valores Finales Primer Tratamiento a los 7 días. (Post-Test)	Valores Finales Segundo tratamiento a los 14 días. (Post-Test)	Valores Finales Tercer Tratamiento a los 21 días. (Post-Test)
Cr (mgCr+6/L)	10	R1	2,857	2,657	2,112	2,023
		R2	2,857	2,656	2,114	2,022
		R3	2,857	2,655	2,115	2,020
	30	R1	2,857	2,553	2,045	1,786
		R2	2,857	2,550	2,048	1,784
		R3	2,857	2,552	2,044	1,785
	50	R1	2,857	2,349	1,932	1,120
		R2	2,857	2,347	1,930	1,126
		R3	2,857	2,348	1,929	1,123

En la Tabla 26, se presentó los datos obtenidos en relación al parámetro de cromo hexavalente, según las dosis empleadas de microalga *Scenedesmus sp.* que fueron de 10ml, 30ml y 50ml, a fin de comparar la variación que existe entre los valores iniciales (Pre-test) y valores finales (Post-test), determinando el estado de cromo hexavalente del agua residual después del primer tratamiento (7 días), segundo tratamiento (14 días) y tercer tratamiento (21 días).

Tabla 27. Prueba de normalidad de Cromo Hexavalente

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Cr_Hexav_Inicial	.	9	.	.	9	.
Cr_Hexav_Final_T1	,258	9	,085	,800	9	,021
Cr_Hexav_Final_T2	,236	9	,157	,817	9	,032
Cr_Hexav_Final_T3	,303	9	,017	,769	9	,009

En la Tabla 27, se procedió a realizar la prueba de normalidad mediante el estadístico de Shapiro-Wilk, por ser pequeñas muestras (menores a 30). Del mismo modo, se probó si es paramétrico o no paramétrico.

Hipótesis: probaremos

Ho: Los datos obtenidos de cromo hexavalente siguen una distribución normal.

Ha: Los datos obtenidos de cromo hexavalente no siguen una distribución normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza Ho

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza Ho

En la Tabla 27, se obtuvo **p-valores** de:

- Cromo Hexavalente Inicial (Pre-Test): 0.000
- Cromo Hexavalente Final T1 (Post-Test): 0.021
- Cromo Hexavalente Final T2 (Post-Test): 0.032
- Cromo Hexavalente Final T3 (Post-Test): 0.009

Dónde α de: 0.05

Decisión

Por la obtención de **p-Valores** menores que α , la **Ho** se rechaza, en conclusión, los resultados obtenidos de cromo hexavalente siguen una distribución normal. Aseverando que los valores se mantienen dentro de un rango de 95% de confiabilidad.

De la Tabla 27, se pudo verificar que la significancia de Cromo hexavalente, tienen valores menores a 0.05. Por lo tanto, conforme a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Puesto que se requiere evaluar si el estado de cromo hexavalente del agua residual cambia en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.* procediéndose al análisis con el estadístico de Wilcoxon. Ver Tabla 28

Tabla 28. Prueba de Wilcoxon de Cromo Hexavalente

Estadísticos de prueba ^a			
	Cr_Hexav_Final_T1 - Cr_Hexav_Inicial	Cr_Hexav_Final_T2 - Cr_Hexav_Inicial	Cr_Hexav_Final_T3 - Cr_Hexav_Inicial
Z	-2,666 ^b	-2,666 ^b	-2,666 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,008	,008	,008

Hipótesis: probaremos

Ho: El estado de Cromo hexavalente del agua residual no cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Ha: El estado de Cromo hexavalente del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Regla de decisión

Si p-valor < α : rechaza Ho

Si p-valor > α : no rechaza Ho

En la Tabla 28, se obtuvo **p-valores** de:

- Cr_Hexav_Final_T1 – Cr_Hexav_Inicial: 0.008
- Cr_Hexav_Final_T2 – Cr_Hexav_Inicial: 0.008
- Cr_Hexav_Final_T3 - Cr_Hexav_Inicial: 0.008

Donde α de: 0.05.

Contrastación de hipótesis específica 1: Parámetro de cromo hexavalente.

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 25, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valor menor que α , concluyéndose que el estado de cromo hexavalente del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Tabla 29. Resultados de conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)

Parámetro	Dosis	Repeticiones	Valores Iniciales (Pre-Test)	Valores Finales Primer Tratamiento a los 7 días. (Post-Test)	Valores Finales Segundo tratamiento a los 14 días. (Post-Test)	Valores Finales Tercer Tratamiento a los 21 días. (Post-Test)
Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)	10	R1	1125	3150	3330	3300
		R2	1125	3200	3320	3298
		R3	1125	3180	3222	3299
	30	R1	1125	2390	3125	3115
		R2	1125	2520	3120	3116
		R3	1125	2510	3124	3114
	50	R1	1125	2650	3090	2085
		R2	1125	2400	3075	2088
		R3	1125	2360	3060	2089

En la Tabla 29, se presentó los valores obtenidos en relación al parámetro de conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$), según las dosis empleadas de microalga *Scenedesmus sp.* que fueron de 10ml, 30ml y 50ml, a fin de comparar la variación que existe entre los valores iniciales (Pre-test) y valores finales (Post-test), determinando el estado de conductividad eléctrica del agua residual después del primer tratamiento (7 días), segundo tratamiento (14 días) y tercer tratamiento (21 días).

Tabla 30. Prueba de normalidad de Conductividad eléctrica

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CE_Inicial	.	9	.	.	9	.
CE_Final_T1	,252	9	,104	,789	9	,015
CE_Final_T2	,310	9	,013	,831	9	,046
CE_Final_T3	,357	9	,002	,710	9	,002

En la Tabla 30, se procedió a realizar la prueba de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro-Wilk, por ser muestras pequeñas (menores a 30). Del mismo modo, se probó si es paramétrico o no paramétrico.

Hipótesis: probaremos

Ho: Los datos obtenidos de conductividad siguen una distribución normal.

Ha: Los datos obtenidos de conductividad no siguen una distribución normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza Ho

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza Ho

En la Tabla 30, se obtuvo **p-valores** de:

- Conductividad Eléctrica Inicial (Pre-Test): 0.000
- Conductividad Eléctrica Final T1 (Post-Test): 0.015
- Conductividad Eléctrica Final T2 (Post-Test): 0.046
- Conductividad Eléctrica Final T3 (Post-Test): 0.002

Dónde α de: 0.05

Decisión

Por la obtención de **p-Valores** menores que α , la **H₀** se rechaza, en conclusión, los datos obtenidos de conductividad eléctrica no siguen una distribución normal. Aseverando que los datos se mantienen dentro de un rango de 95% de confiabilidad.

De la Tabla 30, se pudo verificar que la significancia de Conductividad eléctrica, tienen valores menores a 0.05. Por lo tanto, conforme a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Puesto que se quiere evaluar si el estado de conductividad eléctrica del agua residual cambia en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.* procediéndose al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon. Ver Tabla 31.

Tabla 31. Prueba de Wilcoxon de Conductividad Eléctrica

Estadísticos de prueba ^a			
	CE_Final_T1 - CE_Inicial	CE_Final_T2 - CE_Inicial	CE_Final_T3 - CE_Inicial
Z	-2,666 ^b	-2,666 ^b	-2,666 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,008	,008	,008

Hipótesis: probaremos

H₀: El estado de conductividad eléctrica del agua residual no cambió en 50% al utilizar microalga *Scenedesmus sp.*

H_a: El estado de conductividad eléctrica del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Regla de decisión

Si p-valor < α : rechaza H₀

Si p-valor > α : no rechaza H₀

En la Tabla 31, se obtuvo **p-valores** de:

- C.E_Final_T1 – C.E_Inicial: 0.008

- C.E_Final_T2 – C.E_Inicial: 0.008
- C.E_Final_T3 – C.E_Inicial: 0.008

Donde α de: 0.05.

Contrastación de hipótesis específica 1: Parámetro de conductividad eléctrica

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 25, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valor menor que α , concluyéndose que el estado de conductividad eléctrica del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Tabla 32. Resultados de potencial redox (mv)

En la Tabla 32, se presentó los datos obtenidos en relación al parámetro de potencial

Parámetro	Dosis	Repeticiones	Valores Iniciales (Pre-Test)	Valores Finales Primer Tratamiento a los 7 días. (Post-Test)	Valores Finales Segundo tratamiento a los 14 días. (Post-Test)	Valores Finales Tercer Tratamiento a los 21 días. (Post-Test)
Potencial redox (mv)	10	R1	245	170	178	100
		R2	245	174	157	101
		R3	245	173	151	101
	30	R1	245	140	146	123
		R2	245	145	141	125
		R3	245	142	133	129
	50	R1	245	133	139	98
		R2	245	135	137	94
		R3	245	137	134	97

redox (mv), según las dosis empleadas de microalga *Scenedesmus sp.* que fueron de 10ml, 30ml y 50ml, a fin de comparar la variación que existe entre los valores iniciales (Pre-test) y valores finales (Post-test), determinando el estado de potencial redox del agua residual después del primer tratamiento (7 días), segundo tratamiento (14 días) y tercer tratamiento (21 días).

Tabla 33. Prueba de normalidad de Potencial Redox

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Potencial_Redox_Inicial	.	9	.	.	9	.
Potencial_Redox_Final_T1	,278	9	,043	,795	9	,018
Potencial_Redox_Final_T2	,198	9	,200*	,854	9	,082
Potencial_Redox_Final_T3	,349	9	,002	,787	9	,015

En la Tabla 33, se procedió a realizar la prueba de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro-Wilk, por ser pequeñas muestras (menores a 30). Del mismo modo, se probó si es paramétrico o no paramétrico.

Hipótesis: probaremos

Ho: Los datos obtenidos de potencial redox siguen una distribución normal.

Ha: Los datos obtenidos de potencial redox no siguen una distribución normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza Ho

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza Ho

En la Tabla 33, se obtuvo **p-valores** de:

- Potencial Redox Inicial (Pre-Test): 0.000
- Potencial Redox Final T1 (Post-Test): 0.018
- Potencial Redox Final T2 (Post-Test): 0.082
- Potencial Redox Final T3 (Post-Test): 0.015

Donde α de: 0.05

Decisión

Por la obtención de **p-Valores** menores que α , la **H₀** se rechaza, en conclusión, los resultados obtenidos de potencial redox no siguen una distribución normal. Aseverando que los datos se mantienen dentro de un rango de 95% de confiabilidad.

De la Tabla 33, se pudo verificar que la significancia de Potencial Redox, tienen valores menores a 0.05. Por lo tanto, conforme a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Puesto que se quiere evaluar si el estado de potencial redox del agua residual cambia en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.* procediéndose al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon. Ver Tabla 34.

Tabla 34. Prueba de Wilcoxon de Potencial Redox

Estadísticos de prueba ^a			
	Potencial_Redox_Final_ T1 - Potencial_Redox_Inicial	Potencial_Redox_Final_ T2 - Potencial_Redox_Inicial	Potencial_Redox_Final_ T3 - Potencial_Redox_Inicial
Z	-2,666 ^b	-2,666 ^b	-2,668 ^b
Sig. asintótica(bilateral)	,008	,008	,008

Hipótesis: probaremos

H₀: El estado de potencial redox del agua residual no cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

H_a: El estado de potencial redox del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Regla de decisión

Si p-valor < α : rechaza H₀

Si p-valor > α : no rechaza H₀

En la Tabla 34, se obtuvo **p-valores** de:

- Potencial Redox_Final_T1 – Potencia Redox_Inicial: 0.008
- Potencial Redox_Final_T2 – Potencial Redox_Inicial: 0.008
- Potencial Redox_Final_T3 – Potencial Redox_Inicial: 0.008

Dónde α de: 0.05.

Contrastación de hipótesis específica 1: Parámetro de potencial redox

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 25, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valor menor que α , concluyéndose que el estado de potencial redox del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Tabla 35. Resultados de Turbidez

Parámetro	Dosis	Repeticiones	Valores Iniciales (Pre-Test)	Valores Finales Primer Tratamiento a los 7 días. (Post-Test)	Valores Finales Segundo tratamiento a los 14 días. (Post-Test)	Valores Finales Tercer Tratamiento a los 21 días. (Post-Test)
Turbidez (NTU)	10	R1	24,4	23,40	20,25	20,00
		R2	24,4	23,70	22,15	20,18
		R3	24,4	23,00	20,23	20,19
	30	R1	24,4	25,20	20,24	20,56
		R2	24,4	25,45	20,20	20,54
		R3	24,4	25,40	20,18	20,52
	50	R1	24,4	30,70	20,19	20,55
		R2	24,4	30,40	20,40	20,58
		R3	24,4	30,80	20,80	20,60

En la Tabla 35, se presentó los valores obtenidos en relación al parámetro de Turbidez (NTU), según las dosis empleadas de microalga *Scenedesmus sp.* que fueron de 10ml,

30ml y 50ml, a fin de comparar la variación que existe entre los valores iniciales (Pre-test) y valores finales (Post-test), determinando el estado de Turbidez del agua residual después del primer tratamiento (7 días), segundo tratamiento (14 días) y tercer tratamiento (21 días).

Tabla 36. Prueba de normalidad de Turbidez

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Turbidez_Inicial	.	9	.	.	9	.
Turbidez_Final_T1	,287	9	,031	,812	9	0,028
Turbidez_Final_T2	,349	9	,002	,591	9	0,000075
Turbidez_Final_T3	,349	9	,002	,771	9	0,009

En la Tabla 36, se procedió a realizar la prueba de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro-Wilk, por ser muestras pequeñas (menores a 30). Del mismo modo, se probó si es paramétrico o no paramétrico.

Hipótesis: probaremos

Ho: Los datos obtenidos de turbidez siguen una distribución normal.

Ha: Los datos obtenidos de turbidez no siguen una distribución normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si p-valor < α : rechaza Ho

Si p-valor > α : no rechaza Ho

En la Tabla 36, se obtuvo **p-valores** de:

- Turbidez Inicial (Pre-Test): 0.000
- Turbidez Final T1 (Post-Test): 0.028

- Turbidez Final T2 (Post-Test): 0.000075

- Turbidez Final T3 (Post-Test): 0.009

Dónde α de: 0.05

Decisión

Por la obtención de **p-Valores** menores que α , la **H₀** se rechaza, en conclusión, los datos obtenidos de Turbidez no siguen una distribución normal. Aseverando que los datos se mantienen dentro de un rango de 95% de confiabilidad.

De la Tabla 36, se pudo confirmar que la significancia de Turbidez, tienen valores menores a 0.05. Por lo tanto, conforme a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Puesto que se quiere evaluar si el estado de turbidez del agua residual cambia en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.* procediéndose al análisis con el estadígrafo de Wilcoxon. Ver Tabla 37.

Tabla 37. Prueba de Wilcoxon de Turbidez

Estadísticos de prueba ^a			
	Turbidez_Final_T1 - Turbidez_Inicial	Turbidez_Final_T2 - Turbidez_Inicial	Turbidez_Final_T3 - Turbidez_Inicial
Z	-1,423 ^b	-2,666 ^c	-2,666 ^c
Sig. asintótica(bilateral)	,155	,008	,008

Hipótesis: probaremos

H₀: El estado de turbidez del agua residual no cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

H_a: El estado de turbidez del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Regla de decisión

Si p-valor < α : rechaza H₀

Si p -valor $> \alpha$: no rechaza H_0

En la Tabla 37, se obtuvo **p-valores** de:

- Turbidez_Final_T1 – Turbidez_Inicial: 0.008
- Turbidez_Final_T2 – Turbidez_Inicial: 0.008
- Turbidez_Final_T3 – Turbidez_Inicial: 0.008

Dónde α de: 0.05.

Contrastación de hipótesis específica 1: Parámetro de Turbidez

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 25, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p -valor menor que α , concluyéndose que el estado de potencial redox del agua residual cambió en 50% al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.*

Continuando con el segundo objetivo específico:

Determinar la dosis ideal de la microalga para la remoción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre.

Tabla 38. Remoción de cromo hexavalente

Parámetro	Dosis	Repetición	Remoción a los 7 días (%)	Remoción a los 14 días (%)	Remoción a los 21 días (%)
Cr (mgCr+6/L)	10	R1	7,00	26,08	29,19
		R2	7,04	26,01	29,23
		R3	7,07	25,97	29,30
	30	R1	10,64	28,42	37,49
		R2	10,75	28,32	37,56
		R3	10,68	28,46	37,52
	50	R1	17,78	32,38	60,80
		R2	17,85	32,45	60,59
		R3	17,82	32,48	60,69

En la Tabla 38, se presentó los valores obtenidos en relación a la remoción de cromo hexavalente según las dosis empleadas de microalga *Scenedesmus sp.* que fueron de 10ml, 30ml y 50ml, a fin de determinar la dosis ideal respecto a la variación que existe después del primer tratamiento (7 días), segundo tratamiento (14 días) y tercer tratamiento (21 días).

Tabla 39. Prueba de normalidad de remoción de cromo hexavalente

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Remoción_T1	,258	9	,085	,800	9	,021
Remoción_T2	,236	9	,158	,817	9	,032
Remoción_T3	,303	9	,017	,769	9	,009

En la Tabla 39, se procedió a realizar la prueba de normalidad mediante el estadígrafo de Shapiro-Wilk, por ser pequeñas muestras (menores a 30). Del mismo modo, se probó si es paramétrico o no paramétrico.

Hipótesis: probaremos

Ho: Los datos obtenidos de remoción de cromo hexavalente siguen una distribución normal.

Ha: Los datos obtenidos de remoción de cromo hexavalente no siguen una distribución normal.

Estadística y región crítica de la prueba:

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza Ho

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza Ho

En la Tabla 39, se obtuvo **p-valores** de:

- Remoción de cromo hexavalente T1: 0.021

- Remoción de cromo hexavalente T2: 0.032
- Remoción de cromo hexavalente T3: 0.009

Dónde α de: 0.05

Decisión

Por la obtención de **p-Valores** menores que α , la **H₀** se rechaza, en conclusión, los datos obtenidos de remoción de cromo hexavalente no siguen una distribución normal. Aseverando que los datos se mantienen dentro de un rango de 95% de confiabilidad.

De la Tabla 39, se pudo comprobar que la significancia de remoción de cromo hexavalente, tienen valores menores a 0.05. Por lo tanto, conforme a la regla de decisión, queda demostrado que tienen comportamientos no paramétricos. Puesto que se quiere evaluar si la dosis ideal de microalga fue efectiva en un 60% en la remoción del cromo en las aguas residuales de la industria de Curtiembre, procediéndose al análisis con el estadígrafo de Kruskal-Wallis. Ver Tabla 40.

Tabla 40. Prueba de Kruskal-Wallis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Remocion_T1 es la misma entre las categorías de DOSIS.	Prueba de Kruskal-Walis para muestras independientes	,027	Rechazar la hipótesis nula
2	La distribución de Remocion_T2 es la misma entre las categorías de DOSIS.	Prueba de Kruskal-Walis para muestras independientes	,027	Rechazar la hipótesis nula
3	La distribución de Remocion_T3 es la misma entre las categorías de DOSIS.	Prueba de Kruskal-Walis para muestras independientes	,027	Rechazar la hipótesis nula

La Tabla 40, presentó la prueba estadística de Kruskal-Wallis relacionado a la remoción de cromo hexavalente, donde la obtención de un P-valor menor a 0.05, indica que hay desigualdades significativas de medias de las remociones de cromo hexavalente.

Asimismo, se procedió a realizar la prueba de post Hoc HSD Tukey, para conocer que dosis es ideal presentan la menor y mayor diferencia de medias con respecto a la remoción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre conforme a cada tratamiento sometido. Ver Tabla 41, Tabla 42 y Tabla 43.

Tabla 41. Post Hoc HSD Tukey de la remoción de cromo hexavalente finalizado primer Tratamiento

DOSIS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
DOSIS_10	3	7,0367		
DOSIS_30	3		10,6900	
DOSIS_50	3			17,8167
Sig.		1,000	1,000	1,000

En la Tabla 41, se observó la prueba de post Hoc de HSD de Tukey de la remoción de cromo hexavalente finalizado primer Tratamiento, donde se determina que la remoción registrada por la dosis de 50 ml presenta mayor diferencia de medias con un valor de 17,8167. Se concluye a través de su análisis estadístico que la dosis de 50ml de microalga, logró obtener mayor remoción de Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre en el primer tratamiento. Ver Figura 27

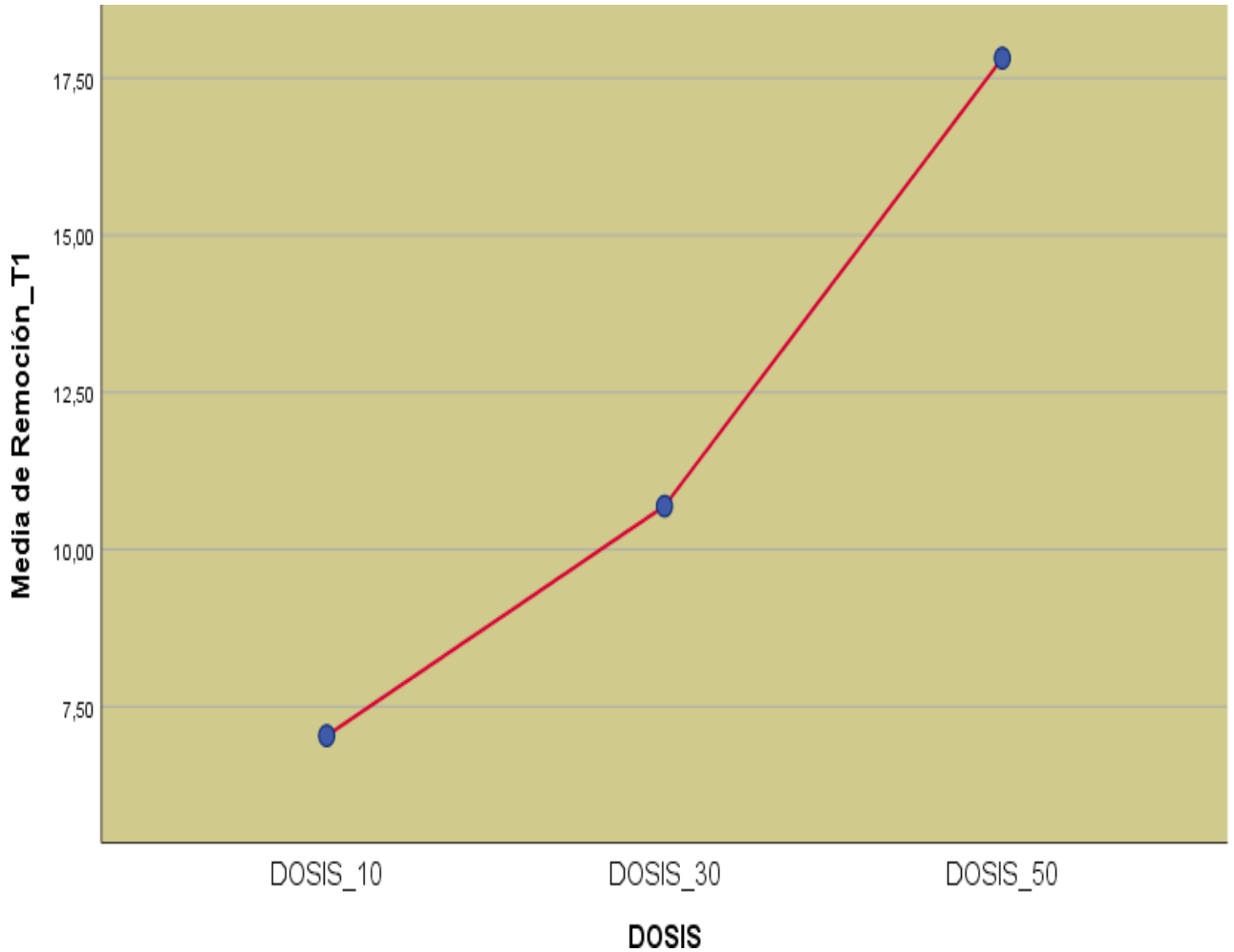


Figura 27. Remoción de cromo hexavalente en el primer tratamiento según dosis de microalga.

La Figura 27, se mostró un gráfico de medias, con relación a la remoción de cromo hexavalente obtenido al finalizar el primer tratamiento, evaluados según las dosis de 10ml, 30ml y 50 ml. Evidenciándose que la dosis de 50ml de microalga, logró obtener mayor remoción de Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre en el presente tratamiento.

Tabla 42. Post Hoc HSD Tukey de la remoción de cromo hexavalente finalizado segundo Tratamiento

DOSIS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
DOSIS_10	3	26,0200		
DOSIS_30	3		28,4000	
DOSIS_50	3			32,4367
Sig.		1,000	1,000	1,000

En la Tabla 42, se observó la prueba de post Hoc de HSD de Tukey de la remoción de cromo hexavalente finalizado segundo tratamiento, donde se determina que la remoción registrada por la dosis de 50 ml presenta mayor diferencia de medias con un valor de 32,4367. Se concluyó a través de su análisis estadístico que la dosis de 50ml de microalga, logró obtener mayor remoción de Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre en el Segundo tratamiento. Ver Figura 28.

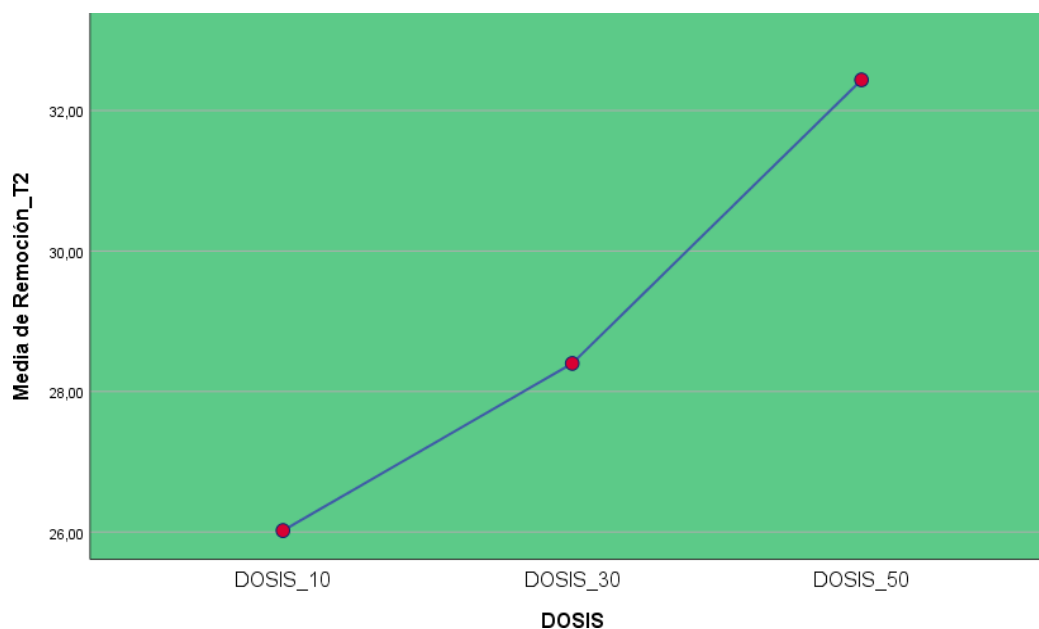


Figura 28. Remoción de cromo hexavalente en el segundo tratamiento según dosis de microalga.

La Figura 28, se mostró un gráfico de medias, con relación a la remoción de cromo hexavalente obtenido al finalizar el segundo tratamiento, evaluados según las dosis de 10ml, 30ml y 50ml. Evidenciándose que la dosis de 50ml de microalga, logró obtener mayor remoción de Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre en el presente tratamiento.

Tabla 43. Post Hoc HSD Tukey de la remoción de cromo hexavalente finalizado tercer Tratamiento

DOSIS	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
DOSIS_10	3	29,2400		
DOSIS_30	3		37,5233	
DOSIS_50	3			60,6933
Sig.		1,000	1,000	1,000

En la Tabla 27, se observó la prueba de post Hoc de HSD de Tukey de la remoción de cromo hexavalente finalizado segundo tratamiento, donde se determina que la remoción registrada por la dosis de 50ml presenta mayor diferencia de medias con un valor de 60,6933. Se concluyó a través de su análisis estadístico que la dosis de 50ml de microalga, logró obtener mayor remoción de Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre en el tercer tratamiento. Ver Figura 29.

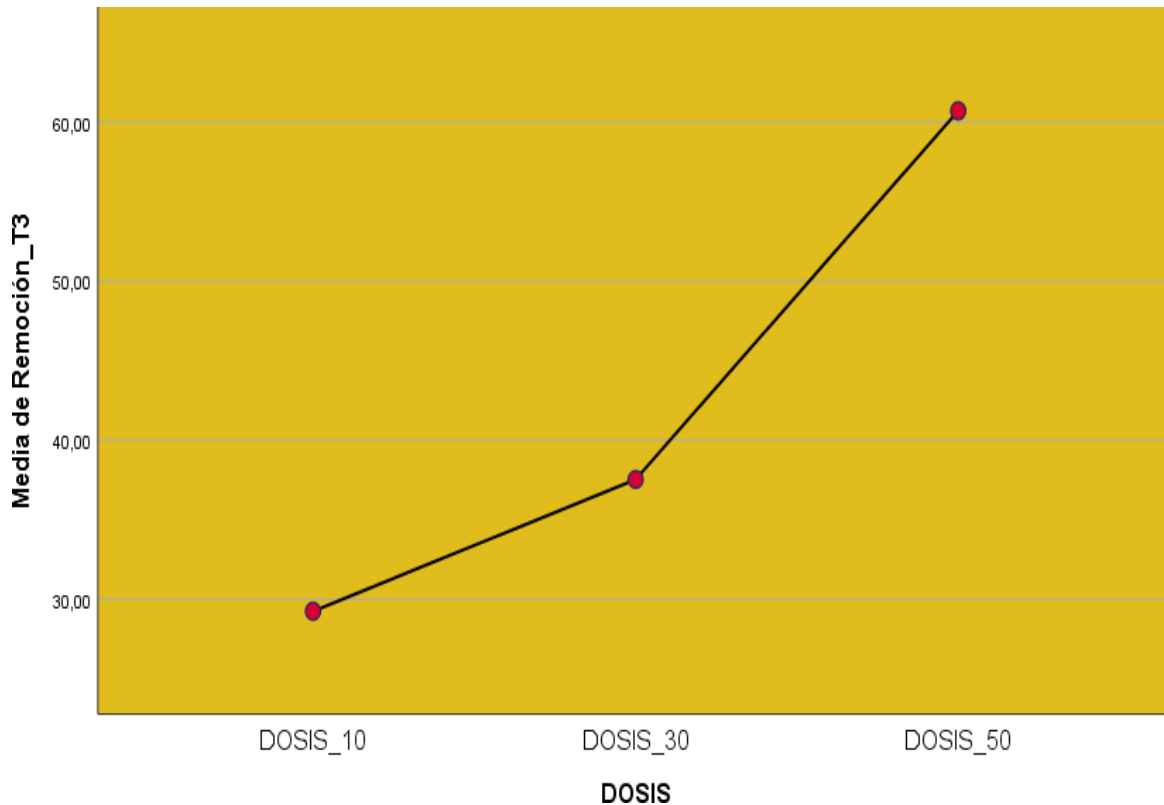


Figura 29. Remoción de cromo hexavalente en el tercer tratamiento según dosis de microalga.

La Figura 29, se mostró un gráfico de medias, respecto a la remoción de cromo hexavalente obtenido al finalizar el tercer tratamiento, evaluados según las dosis de 10ml, 30ml y 50ml. Evidenciándose que la dosis de 50ml de microalga, logró obtener mayor remoción de Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre en el presente tratamiento.

Hipótesis: probaremos

Ho: La dosis ideal de microalga no fue efectiva en un 60% en la remoción del cromo en las aguas residuales de la industria de Curtiembre.

Ha: La dosis ideal de microalga fue efectiva en un 60% en la remoción del cromo en las aguas residuales de la industria de Curtiembre.

Regla de decisión

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza H_0

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza H_0

En la Tabla 40, se obtuvo **p-valores** de:

- Remoción Cr Hexav_T1: 0.027
- Remoción Cr Hexav_T2: 0.027
- Remoción Cr Hexav_T3: 0.027

Dónde α de: 0.05.

Contrastación de hipótesis específica 2

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 25, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valor menor que α , concluyéndose que la dosis ideal de microalga fue efectiva en un 60% en la remoción del cromo en las aguas residuales de la industria de Curtiembre.

PRUEBA DE HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis: probaremos

H_0 : Al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.* no se tendrá una remoción de un 60% del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre, 2020.

H_a : Al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.* se tendrá una remoción de un 60% del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre, 2020.

Regla de decisión

Si $p\text{-valor} < \alpha$: rechaza H_0

Si $p\text{-valor} > \alpha$: no rechaza H_0

En la Tabla 19, Tabla 22, Tabla 25, Tabla 28, Tabla 31, Tabla 34 y Tabla 37, se obtuvo **p- valores** menores a 0.05.

En la Tabla 40, se obtuvo **p-valores** de:

- Remoción Cr Hexav_T1: 0.027
- Remoción Cr Hexav_T2: 0.027
- Remoción Cr Hexav_T3: 0.027

Dónde α de: 0.05.

Contrastación de Hipótesis General

Analizados los resultados obtenidos, mediante el IBM SPSS Statistics 25, indicamos al 95% de confianza que se rechaza la hipótesis nula, debido a la obtención de p-valor menor que α , se concluyó que al utilizar la microalga *Scenedesmus sp.* se tendrá una remoción de un 60% del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre, 2020.

V. DISCUSIÓN

En la investigación la muestra inicial del agua residual de curtiembre obtenida del Río Chillón fue de 2.857 mg/L de cromo hexavalente, se utilizó tres dosis de microalgas *Scenedesmus sp.*, que se aplicó para tres tratamientos por 21 días generando una disminución del metal pesado Cr (VI) a 1.12 mg/L siendo el porcentaje de remoción de 60.8%; resultados que tienen una similitud con el estudio realizado por DANESHVAR E. et al. (2019), en su trabajo de investigación la muestra de agua residual tuvo una concentración inicial de 10 mg/L de Cr (VI), luego de utilizar microalgas *Scenedesmus quadricauda* tuvo como resultados en 12 días la eliminación de 67.03 %; resultados similares presentó el estudio de ROSALES A., RODRÍGUEZ C. y BALLEEN-SEGURA M. (2018), en su investigación cuenta con una muestra inicial de 0.8 mg/L de Cr (VI), utilizó microalgas *Scenedesmus sp.* generando resultados en un tiempo de 33 días de cultivo, la reducción de Cr(VI) en concentración fue de 0.14 mg/L y en porcentaje del 40.83%; además los resultados para MENESES Y., PATIÑO P. & BETANCUR J. (2019), en su proyecto de investigación la muestra de agua residual tuvo una concentración inicial de 29.3 mg/L de Cromo total, al utilizar microalgas *Spirulina sp.* como mejor tiempo de cultivo fue de 24 horas generando la disminución de la concentración 1.02 mg/L del metal pesado y una reducción del 96.5%; obteniendo resultados similares con el estudio de SHEN Liang et al. (2019), en su trabajo de investigación la muestra inicial de agua residual fue de 3.53 mg/L de Cr (VI), como tratamiento utilizó microalgas *Botryococcus sp.* por 7 días de cultivo teniendo un resultado de eliminación de 94.2%; un caso similar en la remoción de metales pesados presenta la investigación de RUGNINI Lorenza et al. (2019), quienes en su proyecto la muestra inicial de sus aguas residuales tuvo una concentración de 6 mg/L de Cu y 4.8 mg/L de Ni, luego de aplicar microalgas *Tetrademus obliquus* por un tiempo de cultivo de 120 minutos, llegando a eliminar un total de 65 % de Cu y 50% Ni; por otro lado SARANYA D. y SHANTHAKUMAR S. (2019), en su artículo de investigación utilizó una muestra de agua de curtiembre con concentración inicial de cromo total de 20.9 mg/L, utilizó un cultivo con microalgas *Pseudochlorella pringsheimii*, viendo sus resultados

óptimos de tratamiento al concluir los 15 días, generando una disminución de la concentración de 11.12 mg/L y una remoción de 46.6% de cromo total.

Los parámetros físico-químicos analizados en la dosis óptima fueron la temperatura de 19 °C, el pH de 7.10, Ce 2085 µS/cm, potencial redox 98 mV, oxígeno disuelto 7.40 mgO₂/L y turbidez 20.55 NTU; de igual manera haciendo una comparación con AJAYAN Kayil et al. (2015), quien empleó la microalga *Chlorella sp.*, como tratamiento para la eliminación de metales pesados, teniendo también cambios en los parámetros físico-químicos que fueron el pH de 8.3 y el oxígeno disuelto de 11.2 mg/L.; para LIESWITO N., RINANTI A. y FACHRUL M. (2019), en su trabajo de investigación utilizó microalgas mixtas *Chlorella sorokiniana*, *Monoraphidium sp.* y *Scenedesmus obliquus* donde se obtuvo un considerable cambio en los parámetros físico-químicos del agua residual como la temperatura óptima que fue de 35°C; así como también TRIPATHI R., GUPTA A. y THAKUR I. (2019), en su artículo de investigación se centró en el uso de cepa microalgalina *Scenedesmus sp.* para realizar tratamiento de aguas residuales municipales donde observó que hubo una variación en el pH de 8.3; por otro lado ARDILA Liliana, GODOY Rubén y Montenegro Luis (2017), quienes en su investigación utilizaron microalgas *Chlorella Vulgaris* y *Scenedesmus Acutus* para tratar aguas residuales de curtiembre, donde presenciaron cambios de temperatura de 27.5 °C y pH 4.5; asimismo con POLITAEVA N., SMYATSKAYA Yu y TATARINTSEVA E. (2020), en su trabajo de investigación utilizaron la microalga *Chlorella sorokiniana* para eliminar iones de metales pesados en aguas residuales, el cual el tratamiento les dio los siguientes parámetros, temperatura 20 °C y pH 6; continuando con las comparaciones tenemos a BOUZIT Laila et al. (2018), quienes en su proyecto de investigación usaron la microalga *Scenedesmus obliquus* para el tratamiento de aguas residuales, el tratamiento les dio los siguientes parámetros como producto final temperatura 30 °C y pH 3; también tenemos una comparación con TANNTTE Juan (2018), en su investigación trabajó con microalgas *Chlorella Vulgaris* inmovilizada para el tratamiento de aguas residuales, generando una variación en la temperatura de 31.5 °C y un valor de pH de 7.8 a 8.0; también se puede comparar los resultados de BALLEEN-SEGURA M. et al. (2016), quienes usaron la microalga *Scenedesmus sp.* en

proyecto de investigación para el tratamiento de aguas residuales de curtiembre, en el cual obtuvieron los siguientes parámetros de pH 6.94, conductividad eléctrica 21.48 us/cm, finalizando con la comparación tenemos también al D.S. N° 010-2019-VIVIENDA que aprueba el reglamento de valores máximos admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario, donde menciona los parámetros óptimos como una temperatura menores a 35° C y un pH de 6 a 9.

Las dosis que se utilizaron en la investigación fueron de 10, 30 y 50 ml de la microalga *Scenedesmus sp.*, siendo la más efectiva la de 50 ml, en remover mayor cantidad de Cr(VI); comparado con DANESHVAR E. et al. (2019), quienes en su proyecto de investigación utilizaron la dosis de 900 ml de microalga *Scenedesmus quadricauda* como tratamiento para eliminar cromo hexavalente de aguas residuales; en contraste con el estudio de ROSALES A., RODRÍGUEZ C. y BALLEEN-SEGURA M. (2018), emplearon las microalgas *Scenedesmus sp.*, con una dosis de 1.8 L, para eliminar cromo y sulfuros del agua residual de una industria de curtiembre; así como MENESES Y., PATIÑO P. & BETANCUR J. (2019), quienes en su proyecto utilizaron 20 g/L de biomasa viva de la microalga *Spirulina sp.*, como dosis ideal para remover cromo total de agua residual industrial; mientras que SHEN Liang et al. (2019), quienes en su trabajo de investigación utilizaron la microalga *Botryococcus sp.*, con una dosis de 100 ml para eliminar Cr (VI) de aguas residuales; asimismo RUGNINI Lorenza et al. (2019), en su proyecto de investigación utilizaron la dosis de 0.5 g., de microalga *Tetrademus obliquus* para remover metales pesados (Cu y Ni) en aguas residuales; finalmente con SARANYA D. y SHANTHAKUMAR S. (2019), quienes en su investigación usaron la microalga *Pseudochlorella pringsheimii* con una dosis de 7.7×10^5 células/mL para remover cromo total del agua residual de curtiembre.

VI. CONCLUSIONES

Se determinó el estado de los parámetros fisicoquímicos del agua residual después de utilizar las microalgas *Scenedesmus sp.*, resultando una variación después del tratamiento de 21 días dando como resultado los siguientes parámetros: pH de 7.1, temperatura de 19 °C, oxígeno disuelto de 7.4, conductividad eléctrica de 2085 $\mu\text{S}/\text{cm}$, potencial redox de 98 mv y turbidez de 20.55 NTU. Asimismo, el D.S. 010-2019-VIVIENDA indica los VMA para descargas al sistema de alcantarillado como pH de 6-9 y temperatura menor a 35 °C.

Se determinó la dosis ideal de la microalga *Scenedesmus sp.*, para la remoción de cromo hexavalente, con cantidades de 10, 30 y 50 ml, llegando a un resultado favorable con mayor remoción resultó con el tercer tratamiento de la muestra TA3-1 (50 ml) donde removi6 una concentración de 1.12 mg/L y elimin6 un 60.8%.

Por lo tanto, se determin6 la capacidad de la microalga *Scenedesmus sp.* mediante tres dosis (10, 30 y 50 ml) presentando una mejora tanto en la remoci6n del cromo hexavalente del agua residual de curtiembre, ya que se obtuvo resultados favorables de reducci6n de Cr(VI) con una concentraci6n inicial de 2.857 mg/L, con respecto al tratamiento de 21 d6as las cuales se generaron mejores resultados, asimismo la dosis de 10 ml tuvo una remoci6n de 29.2%, la dosis de 30 ml removi6 37.5% y finalmente la dosis de 50 ml removi6 60.7%.

VII. RECOMENDACIONES

Utilizar más de 50 ml de las microalgas para tratar aguas residuales, permitiendo llegar a los valores máximos admisibles.

No tener expuestas las microalgas al ambiente, ya que esto puede perjudicar la investigación.

Al preparar la dilución de la microalga se debe regular el pH del agua mineral entre 7 y 8 para tener un buen cultivo.

Experimentar con otra especie de microalga para el tratamiento de aguas residuales contaminadas con cromo hexavalente.

Comparar los componentes de microalga (Nitrógeno, Fósforo y Oxígeno) con teorías relacionadas al cultivo de ellas, para asegurar que sean las correctas para una investigación.

Al momento de realizar el cultivo de microalgas, no tener conectado la bomba de aire más de 24 horas, ya que esto podría aumentar el oxígeno disuelto de estas.

REFERENCIAS

- AB, Abdul [et al]. Physiochemicals and heavy metal removal from domestic wastewater via phycoremediation. *EDP Sciences*, 47, 2016. Available in: <https://search.proquest.com/docview/1786270126/F59F655EB6BF4BB8PQ/6?accountid=37408>
- ACEVEDO, José y RAMÍREZ, John. Influencia de un gradiente cruzado de luz y temperatura en la morfología de *Scenedesmus acutus* Meyen var. *globosus* Hortobágyi y sus implicaciones taxonómicas. [en línea]. Julio 2003, pp. 141-145. [Fecha de consulta: 13 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://matematicas.udea.edu.co/~actubiol/actualidadesbiologicas/raba2003v25n79art6.pdf>
- APANDI, N. [et al]. Phycoremediation of heavy metals in wet market wastewater. *Earth and Environmental Science*: 140 (1), 2017. Available in: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85046074807&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=use+of+microalgae+for+the+removal+of+heavy+metals+in+wastewater&nlo=&nlr=&nls=&sid=e4a53ba71d3c3b9b371542c5e66d64b4&sot=b&sd=cl&cluster=scopubyr%2c%222020%22%2ct%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2c%222017%22%2ct%2c%222016%22%2ct&sl=78&s=TITLE-ABS-KEY%28use+of+microalgae+for+the+removal+of+heavy+metals+in+wastewater%29&relpos=58&citeCnt=0&searchTerm=>

DOI: 10.1088 / 1755-1315 / 140/1/012017
- ARDILA, Liliana; GODOY, Rubén and MONTENEGRO, Luis. Sorption Capacity Measurement of *Chlorella vulgaris* and *Scenedesmus acutus* to Remove Chromium from Tannery Waste Water. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 83(1), 012031, 2017. Available in: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85029524348&origin=resultslist&sort=plf->

[f&src=s&st1=use+of+microalgae+to+remove+heavy+metals+in+wastewater&n
o=&nlr=&nls=&sid=428d7d36aaf9b572df05fea6b6513aed&sot=b&sdt=b&sl=69
&s=TITLE-ABS-
KEY%28use+of+microalgae+to+remove+heavy+metals+in+wastewater%29&r
elpos=22&citeCnt=1&searchTerm=](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15226514.2014.989313)

ISSN 1755-1307

- AJAYAN, Kayil [et al]. Phycoremediation of tannery waste water using microalgae *Scenedesmus* species. International Journal of Phytoremediation, 17(10), pp. 907-916, 2015. Available in: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15226514.2014.989313>
 - AJAYAN, K., HARILAL, C. and SELVARAJU, M. Phycoremediation resultant lipid production and antioxidant changes in green microalgae *Chlorella* sp. International Journal of Phytoremediation, 20(11). pp. 1144-1151, 2018. Available in: <https://search.proquest.com/docview/2099575024/6B6A2C9997554275PQ/8?aaccountid=37408>
 - ALVARADO, Juan y AGUILAR, José. Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica. Rev. biol. trop, 57 (1): pp. 19-29, 2009. Consultado en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442009000500005&lng=en&nrm=iso>.
- ISSN 0034-7744.
- AMABILIS-SOSA, Leonel E.; SIEBE, Christina; MOELLER-CHAVEZ, Gabriela y DURÁN-DOMÍNGUEZ-DE-BAZUA, María del Carmen. Remoción de mercurio, cromo y plomo por humedales artificiales inoculados con cepas tolerantes. Tecnologías y ciencias del agua, 6 (2): pp. 21-34, 2015. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/1687939975/fulltextPDF/97DD80D155FE41CBPQ/5?accountid=37408>
 - ANDRADE, Charity [et al]. Producción de biomasa de la microalga *Scenedesmus* sp. utilizando aguas residuales de pescadería. 32 (2): 2009.

Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702009000200005

ISSN: 0254-0770

- ARIAS, Fidas. El proyecto de investigación introducción a la metodología científica, Vol. 6: 2012: Disponible en: <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACION-C3%93N-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>
- BALAJI, S. [et al]. Removal of heavy metals from tannery effluents of Ambur industrial area, Tamilnadu by *Arthrospira (Spirulina) platensis*. Environmental Monitoring and Assessment. Tomo 187 (6): pp. 1-10, 2015. Available in: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25944749/>
DOI: doi.org/10.1007/s10661-015-4440-7
- BALLEEN-SEGURA, Miguel [et al]. Using *Scenedesmus sp.* for the Phycoremediation of Tannery Wastewater. Tecciencia, 11 (21): pp.69-75, 2016. Available in: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-36672016000200011&lng=en&nrm=iso
ISSN 1909-3667
- BARSANTI, L. & GUALTIERI, P. Algae: Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology. Journal of Phycology, 43(2), pp. 412-414, 2006. Available in: <http://dspace.nbu.gov.ua/handle/123456789/68039>
- BIRIS-DORHOI, Elena [et al]. Applications of Microalgae in Wastewater Treatments. ProEnvironment Promediu, 9(28), 2016. Available in: <https://search.proquest.com/docview/1993068526/D473610943814B53PQ/2?accountid=37408>
- BOUZIT, Laila [et al]. Fe³⁺ adsorption by a living biomass of microalgae from *Scenedesmus obliquus*. Mediterranean journal of chemistry, 7(2): 156-163, 2018. Available in: <http://medjchem-v3.azurewebsites.net/index.php/medjchem/article/view/677>
DOI: doi.org/10.13171/mjc72/01809271825-bouzit
- BRAR, Amandeep [et al]. Photoautotrophic microorganisms and bioremediation of industrial effluents: current status and future prospects. 3 biotech, 7(1), 2017.

- Available in:
<https://search.proquest.com/docview/1953246223/FFEC909FE9C84681PQ/45?accountid=37408>
- CARREÑO, Uriel. Diseño y evaluación de un biosistema de tratamiento a escala piloto de aguas de curtiembres a través de la *Eichhornia crassipes*. Revista Colombiana de Biotecnología, XVIII (2): 2016. Disponible en:
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=77649147009>
 ISSN: 0123-3475.
 - CEGARRA, José. Metodología de la investigación científica y tecnológica. ed. Díaz Santos, 2011.42pp. Disponible en:
https://www.academia.edu/31681132/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_cinet%C3%ADfica_y_tecnol%C3%B3gica
 ISBN: 978-84-9969-027-8
 - CHOI Hee-Jeong Cho y LEE Seung-Mok. Heavy metal removal from acid mine drainage by calcined eggshell and microalgae hybrid system. Environmental Science and Pollution Research International, 22(17), 13404-13411, 2015. Available in:
<https://search.proquest.com/docview/1707495203/30A3C30FB37B4737PQ/16?accountid=37408>
 - CHOI Hee-Jeong Cho. Biosorption of heavy metals from acid mine drainage by modified sericite and microalgae hybrid system. Water, air and soil pollution, 226(6), 1-8, 2015. Available in:
<https://search.proquest.com/docview/1686262593/CB1D148F25F2493FPQ/74?accountid=37408>
 - COLLA, Luciane [et al]. Potential of Hexavalent Chromium and Its Conversion to Trivalent Chromium. International Journal of Phytoremediation, 17, pp. 861-868, 2015. Available in:
<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15226514.2014.964846?scroll=top&needAccess=true>

- DANESHVAR, Ehsan [et al]. Hexavalent chromium removal from water by microalgae-based materials: adsorption, desorption and recovery studies, Vol. 293: 2019. Available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852419312945>
ISSN: 0960-8524
- DECRETO SUPREMO 010-2019-VIVIENDA. Decreto Supremo que aprueba el Reglamento de Valores Máximos Admisibles (VMA) para las descargas de aguas residuales no domésticas en el sistema de alcantarillado sanitario. Ministerio de Vivienda, construcción y saneamiento 2019. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/vivienda/normas-legales/272120-010-2019-vivienda>
- DELRUE, Florian [et al]. The environmental biorefinery: using microalgae to remediate wastewater, a win-win paradigm. *Energies*, 9 (3), 132, 2016. Available in: <https://search.proquest.com/docview/1771275536/D31C8E1F796640BAPQ/106?accountid=37408>
- ENAMALA, Manoj [et al]. Production of biofuels from microalgae - A review on cultivation, harvesting, lipid extraction, and numerous applications of microalgae, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 94: 49-68, 2018. Available in: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032118303551>
ISSN: 1364-0321.
- ESPEJO, Winfred [et al]. Posibles implicancias ambientales debido a la resistencia a metales pesados en bacterias aisladas de excretas del pingüino de Humboldt. *Interciencia*, 42 (5): 324-330, 2017. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/1955964908/fulltextPDF/B25533654D4C47FFPQ/26?accountid=37408>
- FAZAL, Tahir [et al]. Bioremediation of textile wastewater and successive biodiesel production using microalgae. [Online]. October 2017, Vol. 82. [Consultation date: September 14, 2019]. Available in:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032117314016?via%3Dihub>

ISSN: 1364-0321

- GANI, Paran [et al]. Green approach in the bio-removal of heavy metals from wastewaters. MATEC Web of Conferences, 103: 2017. Available in: <https://search.proquest.com/docview/2057190925/5EF92DB5F73C4B3FPQ/4?accountid=37408>
- GOMEZ, Marcelo. Introducción a la metodología de la investigación científica. ed. Brujas, 2006. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=9UDXPe4U7aMC&pg=PA2&lpg=PA2&dq=987-591-026-0&source=bl&ots=b8sEF-tJFS&sig=ACfU3U1s6nDlcFv7Lratt5WSBKZq53vtMA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjYyM7ovMvpAhWLGrkGHe-8DIIQ6AEwBHoECBEQAQ#v=onepage&q=987-591-026-0&f=false>

ISBN: 987-591-026-0

- GUIÑEZ, Marcos, VALDES, Jorge y CASTILLO, Alexis. Metals Content in Sediments and Emerita Análoga (Stimpson, 1857) in South Mejillones Bay, Chile. Latin American Journal of Aquatic Research, 43 (1): 94-106, 2015. Available in: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0718-560X2015000100009&lng=es&nrm=iso&tlng=en

ISSN: 0718-560X

- GUO, G., GUAN, J., SUN, S., LIU, J., & ZHAO, Y. Nutrient and heavy metal removal from piggery wastewater and CH₄ enrichment in biogas based on microalgae cultivation technology under different initial inoculum concentration. Water Environment Research. 92(6): 922-933, 2020. Available in: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85077905958&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=use+of+microalgae+for+the+removal+of+heavy+metals+in+wastewater&st2=&sid=d2d5584bb77a6f54c95fc6456bbe94b0&sot=b&sdt=b&sl=78&s=TITLE-ABS->

[KEY%28use+of+microalgae+for+the+removal+of+heavy+metals+in+wastewater%29&relpos=1&citeCnt=1&searchTerm=](#)

DOI: 10.1002/wer.1287

- HERNÁNDEZ-PÉREZ, Alexis y LABBÉ, José. Microalgas, cultivo y beneficios. Rev. biol. mar. oceanogr. 49(2): 157-173, 2014. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-19572014000200001&lng=es&nrm=iso.

ISSN 0718-1957

- JAIS, Noor [et al]. Removal of nutrients and selected heavy metals in wet market wastewater by using microalgae *Scenedesmus sp.* Applied Mechanics and Materials, 1210-1224, 2015. Available in: <https://search.proquest.com/docview/1696937666/54DCC72B56F9407DPQ/3?accountid=37408>
- JAIS, N.; MOHAMED, R.; AL-GHEETHI, A. y HASHIM, M. The dual roles of phycoremediation of wet market wastewater for nutrients and heavy metals removal and microalgae biomass production. Clean Technologies & Environmental Policy, 19(1), 37–52, 2017. Available in: <http://web.a.ebscohost.com/ehost/detail/detail?vid=4&sid=019ac777-a070-4be3-b2a8-5239ebe72e68%40sessionmgr4008&bdata=Jmxhbm9ZMmc2l0ZT1laG9zdC1saXZl#db=eih&AN=120601533>
- JBARI, Nohman. Utilización secuencial de microalgas en depuración y adsorción de cromo (VI). Tesis doctoral. Granada: Universidad de Granada, pp. 60, 2012. Disponible en: <https://digibug.ugr.es/handle/10481/23879>
- KIPIGROCH, Katarzyna; JANOSZ-RAJCZYK, Marta y SKOWRON-GRABOWSKA, Beata. The use of algae in the removal of Cd and Cu in the process of waste water recovery. Desalinización y tratamiento de aguas, 57(3), pp. 1508-1514, 2016. Available in:

<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/19443994.2015.1043491?scroll=top&needAccess=true>

- LERMA, Héctor. Metodología de la investigación: Propuesta, anteproyecto y proyecto. 4a. ed. Bogotá: Ecoe Ediciones, 2009. Disponible en: <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/3244/1/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20PROPUESTA%20ANTEPROYECTO%20Y%20PROYECTO.pdf>

ISBN: 978-958-648-602-6

- LI, Mingming [et al]. Synergistic removal of cadmium and organic matter by a microalgaeendophyte symbiotic system (MESS): An approach to improve the application potential of plant-derived biosorbents. Environmental Pollution, 261, 2020. Available in: <https://www.scopus.com/citation/output.uri?origin=recordpage&view=&src=s&eid=2-s2.0-85079662266&outputType=quikbib>

DOI: 10.1016 / j.envpol.2020.114177

- LI XIN, Hu y ZHANG, Yu-Ping. Growth and lipid accumulation properties of a freshwater microalga *Scenedesmus* sp. under different cultivation temperature. Bioresource Technology 102, 2011. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852410017116>

- LIESWITO N., RINANTI A. y FACHRUL M. Removal of heavy metals (Cu²⁺) by immobilized microalgae biosorbent with temperature and contact time effect. Journal of Physics, 2(4), 2019. Available in: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85078271279&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=use+of+microalgae+for+the+removal+of+heavy+metals+in+wastewater&nlo=&nlr=&nls=&sid=5886486135d8e2c37a8197e2c3298706&sot=b&stdt=cl&cluster=scopubyr%2c%222020%22%2ct%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2c%222017%22%2ct%2c%222016%22%2ct&sl=78&s=TITL>

E-ABS-

KEY%28use+of+microalgae+for+the+removal+of+heavy+metals+in+wastewater%29&relpos=15&citeCnt=0&searchTerm=

DOI: 10.1088 / 1742-6596 / 1402/2/022106

- LIN XIN, Hu y GAN KE, Sun. Effects of different nitrogen and phosphorus concentrations on the growth, nutrient uptake, and lipid accumulation of a freshwater microalga *Scenedesmus* sp. *Bioresource Technology*, 101 (14): 5494-5500, 2010. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852410002877>
 - LIU, Yu; JING.JING, Zhan and YU Hong. Effects of metal ions on the cultivation of an oleaginous microalga *Chlorella* sp. *Environmental science and pollution research international*, 24(34), 26594-26604, 2017. Available in: <https://search.proquest.com/docview/1973804080/CF710E0C44B242A2PQ/48?accountid=37408>
 - LOPEZ, Pedro Luis. Población muestra y muestreo. *Punto Cero*. 09(08): 69-74, 2004. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012
- ISSN: 1815-0276.
- MACIAS, Ernesto. Validación y confiabilidad de pruebas de opción múltiple para la evaluación de habilidades. *Maestro en ciencias en estadística oficial*. Guanajuato: 2011, pp 21. Disponible en: <https://cimat.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1008/245/2/TE%20373.pdf>
 - MENESES, Yeni; PATIÑO, Paula y BETANCUR, Jhon. Remoción de cromo en aguas residuales industriales mediante el uso de biomasa de *Spirulina* sp, sedimentación primaria y precipitación química. *Revista de investigación agraria*

y ambiental, 2018. Disponible en:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6756090>

- MINAM. Aprende a prevenir los efectos del Mercurio [en línea]. Lima: San Isidro, 2016 [fecha de consulta: 13 de octubre del 2019]. Disponible en:
<http://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-1.-Texto-de-consulta-M%C3%B3dulo-1-1.pdf>
- MORA, Alexander. y BRAVO, Enrique. Aislamiento de microorganismos electrogénicos con potencial para reducir cromo hexavalente. Acta biológica Colombiana, 22(1): 27-36, 2017. Disponible en:
<https://search.proquest.com/docview/1856845602/D70DBAD9E021459BPQ/2?accountid=37408>
ISSN: 0120548X
- OYEBAMIJI, Olufunke [et al]. Green microalgae cultured in textile wastewater for biomass generation and biodetoxification of heavy metals and chromogenic substances. Journal Bioresource Technology Reports, (7): 2019. Available in:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2589014X19301379?via%3Dihub>
- PÁJARO, Yina y DÍAZ, Fredyc. Remoción de cromo hexavalente de aguas contaminadas usando quitosano obtenido de exoesqueleto de camarón. Revista Colombiana de Química, 41(2): 2012. Disponible en:
http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28042012000200008&script=sci_abstract&tlng=en
ISSN 01202804.
- PARK, J. [et al]. Behavior of nutrients and heavy metals (cu, zn) and applicability evaluation from swine wastewater treatment using microalga *Scenedesmus obliquus*. Applied Chemistry for Engineering, 30(2): 226-232, 2019. Available in:
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85070783216&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=use+of+microalgae+for+metal+removal+in+wastewater&nlo=&nlr=&nls=&sid=0a470fcd893d15e8d23a004631807582&sot=b&sdt=cl&cluster=sc>

opubyr%2c%222020%22%2ct%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2c%222017%22%2ct%2c%222016%22%2ct&sl=64&s=TITLE-ABS-KEY%28use+of+microalgae+for+metal+removal+in+wastewater%29&relpos=41&citeCnt=0&searchTerm=

DOI: 10.14478 / ace.2019.1003

- PRADHAN, D. [et al]. Biosorption for removal of hexavalent chromium using microalgae *Scenedesmus* sp. Journal of Cleaner Production, 209: 617-629, 2018. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618333213>
- PODDER, M. y MAJUMDER, C. Prediction of phycoremediation of as (III) and as (V) from synthetic wastewater by *Chlorella pyrenoidosa* using artificial neural network. Applied Water Science, 7(7), 3949-3971, 2017. Available in: <https://search.proquest.com/docview/1951520827/19E1D6E72E814FE6PQ/33?accountid=37408>
- POLITAEVA, N., SMYATSKAYA, Yu y TATRINTSEVA, E. Using adsorption material based on the residual biomass of *Chlorella sorokiniana* microalgae for wastewater purification to remove heavy metal ions. Chemical and Petroleum Engineering, 55, 2020. Available in: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85082868473&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=use+of+microalgae+for+the+removal+of+heavy+metals+in+wastewater&nlo=&nlr=&nls=&sid=5818852f95043fb692f62917fca2da69&sot=b&sdt=cl&cluster=scopubyr%2c%222020%22%2ct%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2c%222017%22%2ct%2c%222016%22%2ct&sl=78&s=TITLE-ABS-KEY%28use+of+microalgae+for+the+removal+of+heavy+metals+in+wastewater%29&relpos=11&citeCnt=0&searchTerm=>
DOI: 10.1007 / s10556-020-00712-z
- RAMIREZ, Alexander y BENITEZ-CAMPO, Neyla. Tolerancia y reducción de cromo (vi) por bacillus cereus b1, aislado de aguas residuales de una

curtiembre. Universidad del Valle, 2013. Disponible en: http://manzanadiscordia.univalle.edu.co/index.php/revista_de_ciencias/article/view/486/608

- RAMOS, Roberto y PIZARRO, Roberto. Crecimiento y capacidad de biorremediación de *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta) cultivada en aguas residuales generadas en el cultivo del pez dorado *Seriola lalandi* (Perciformes: Carangidae, Vol. 53; 2018. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572018000100075>
ISSN: 0718-1957
- RAVELLO, Marthy. Evaluación técnica-económica, al recuperar y reutilizar el cromo en efluentes de curtiembre rebaza, minimizando el impacto ambiental negativo. 2017. Disponible en: <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12519/Ravello%20Alva%20Marthy%20Odil%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- RESTREPO, Sandra; VASQUEZ, Diego y VASQUEZ, Natalia. Reciclaje de residuos de cuero: una revisión de estudios experimentales. Informador técnico, 79 (2), 188-198: 2015. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/1805468028/D0FB0BA7451241BEPQ/11?accountid=37408>
- RODRIGUEZ, Johel. Parámetros físico-químicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela. Revista Pensamiento Actual, Universidad de Costa Rica, Vol. 9: 12-13. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5897932>
ISSN: 1409 - 0112.
- ROSALES, A., RODRÍGUEZ, C., y BALLEEN-SEGURA, Miguel. Remoción de contaminantes y crecimiento del alga *Scenedesmus sp.* en aguas residuales de

curtiembres, comparación entre Células Libres e Inmovilizadas. Ingeniería y Ciencia, Jul, 14(28): 11-34, 2018. Consultado en: https://www.researchgate.net/publication/329256450_Remocion_de_contaminantes_y_crecimiento_del_alga_Scenedesmus_sp_en_aguas_residuales_de_curtiembres_comparacion_entre_celulas_libres_e_inmovilizadas
ISSN: 17949165.

- RUGNINI, Lorenza [et al]. Scaling-up of wastewater bioremediation by tetrademus obliquus, sequential bio-treatments of nutrients and metals. Ecotoxicology and Environmental Safety, 172: 59-64, 2019. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0147651319300703>
DOI: doi:10.1016/j.ecoenv.2019.01.059
- SANTOS, Francisca et al. Inhibition effect of zinc, cadmium, and nickel ions in microalgal growth and nutrient uptake from water: An experimental approach. Chemical Engineering Journal: 366, 358-367, 2019. Available in: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85061568848&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=use+of+microalgae+for+the+removal+of+heavy+metals+in+wastewater&nlo=&nlr=&nls=&sid=ea9723a575e1c15f01eb404fd96683d7&sot=b&sd=cl&cluster=scopubyr%2c%222020%22%2ct%2c%222019%22%2ct%2c%222018%22%2ct%2c%222017%22%2ct%2c%222016%22%2ct&sl=78&s=TITLE-ABS-KEY%28use+of+microalgae+for+the+removal+of+heavy+metals+in+wastewater%29&relpos=29&citeCnt=2&searchTerm=>
DOI: 10.1016 / j.cej.2019.02.080
- SARANYA D. y SHANTHAKUMAR S. Green microalgae for combined sewage and tannery effluent treatment: Performance and lipid accumulation potential. Journal of Environmental Management, 241: 167-178, 2019. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719304888>

- SEOANE Teresa [et al]. Capítulo 7: Estadística: Estadística Descriptiva y Estadística Inferencial, pp. 467-469, 2007. Disponible en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/50445620/s1138-3593_2807_2973945-x20161120-28483-117t2l5.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCapitulo_7_Estadistica_Estadistica_Descr.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191028%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191028T030430Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=6758887e083c1086ec3a315a2f6220fe95900c9f1920eb355020870dac1f6df0
- SHEN, Liang [et al]. The critical utilization of active heterotrophic microalgae for bioremoval of Cr(VI) in organics co-contaminated wastewater. *Chemosphere*, 228: 536-544, 2019. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653519308069>
- SOTO, Eduardo [et al]. Remoción de metales pesados en aguas residuales mediante agentes químicos, vol. VII: 2004 Disponible en: http://eprints.uanl.mx/10138/1/23_p46a51_soto.pdf
- SOEPROBOWATI, Tri and HARIYATI, Riche. The phycoremediation of textile wastewater discharge by *Chlorella pyrenoidosa* H. Chick, *Arthrospira platensis* Gomont, and *Chaetoceros calcitrans* (Paulson) H. Takano. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*, 10 (3): 640-651, 2017. Available in: <https://search.proquest.com/docview/2056427196/fulltextPDF/D745CE5D72714D1EPQ/6?accountid=37408>
- STAMATIOU, K. Hexavalent chromium and bladder cancer risk. *Actas Urológicas Españolas (English Edition)*, 36(3): 199-200, 2012. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0210480611002610>
- SUTKOWY, Malgorzata y KLOSOWSKI, Grzegorz. Use of the coenobial green algae *pseudopediastrum boryanum* (chlorophyceae) to remove hexavalent chromium from contaminated aquatic ecosystems and industrial wastewaters. *Water*, 10(6): 712, 2018: Available in:

<https://search.proquest.com/docview/2110050805/B89FBD671B8D4872PQ/1?accountid=37408>

- TANTTE, Juan. Evaluación de la capacidad depuradora de *Chlorella Vulgaris* Beyerinck inmovilizada en alginato para el tratamiento de aguas residuales de la ciudad de Huaura-Lima (Bachiller en Ingeniería Ambiental). Lima: Universidad Católica Sedes Sapientiae 2018. Consultado en: http://repositorio.ucss.edu.pe/bitstream/handle/UCSS/552/Tante_Juan_tesis_bachiller_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- TELLEZ, Jairo; CARVAJAL, Mary y GAITÁN Ana. Aspectos toxicológicos relacionados con la utilización del cromo en el proceso productivo de curtiembres. 52 (1): 50-61, 2004. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/1677569010/BE96ABEAD7C24CA1PQ/7?accountid=37408>
- TRIPATHI, Ritu, GUPTA, Asmita y THAKUR, Indu Shekhar. An integrated approach for phycoremediation of wastewater and sustainable biodiesel production by green microalgae, *Scenedesmus* sp. ISTGA1. Renewable Energy, 135, pp. 617-625, 2019. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148118314952>
- US, Roberto. Efecto de la limitación de Nitrógeno y Fósforo en la producción de lípidos en cultivos de las microalgas verdes *Scenedesmus obliquus* y *Scenedesmus* sp. (Maestría en ciencias de energía renovable). México: Centro de investigación científica de Yucatán 2011. Disponible en: https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/670/1/PCER_M_Te_sis_2011_Roberto_And%C3%A9s%20Us_V%C3%A1zquez.pdf
- PASTOR, Vidal y POZO, Andrea. Evaluación del rol de la iluminancia, el pH y la cantidad de nutrientes en el crecimiento de la microalga *Scenedesmus* sp. en condiciones de laboratorio (Ingeniero en biotecnología de los recursos naturales). Quito: Universidad Politécnica Salesiana sede Quito 2013, 100. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/6013/1/UPS-QT03777.pdf>

- PRIYADARSHANI, Indira y RATH, Biswajit. Commercial and industrial applications of microalgae. *Journal of algal biomass utilization*. 3 (4): 89-100, 2012. Available in: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/44276968/paper14vol3no4.pdf?response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DCommercial+and+industrial+applications_o.pdf&X-Amz-Algorithm=AWS4-HMAC-SHA256&X-Amz-Credential=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A%2F20191202%2Fus-east-1%2Fs3%2Faws4_request&X-Amz-Date=20191202T032614Z&X-Amz-Expires=3600&X-Amz-SignedHeaders=host&X-Amz-Signature=e19d7365fbdf3bc1dc67544fbb155fa7272dd9242ec21c7935dc4bcc6222dab8
- YANG JinShui [et al]. Lipid production combined with biosorption and bioaccumulation of cadmium, copper, manganese and zinc by oleaginous microalgae *Chlorella minutissima* UTEX2341. *Bioresource Technology*, 175, pp. 537-544, 2015. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852414015569?via%3Dihub#!>
- YEN, Hong-Wei [et al]. The use of autotrophic *Chlorella vulgaris* in chromium (VI) reduction under different reduction conditions. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 74, pp. 1-6, 2017. Available in: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1876107016302930>
- ZARE, Jairo. Uso de ensilado a base de residuos de trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiss*) como fertilizante orgánico para producción de microalga marina *Tetraselmis suecica* (Tesis para obtener el grado de ingeniero pesquero). Lima: Universidad nacional Agraria La Molina 2018. Consultado en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/3706/zare-vergara-jairo-luis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANEXOS

ANEXO 1: Decreto Supremo N° 010-2019-VIVIENDA

PARÁMETRO	UNIDAD	SIMBOLOGÍA	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/l	Al	10
Arsénico	mg/l	As	0.5
Boro	mg/l	B	4
Cadmio	mg/l	Cd	0.2
Cianuro	mg/l	CN-	1
Cobre	mg/l	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/l	Cr ⁺⁶	0.5
Cromo total	mg/l	Cr	10
Manganeso	mg/l	Mn	4
Mercurio	mg/l	Hg	0.02
Níquel	mg/l	Ni	4
Plomo	mg/l	Pb	0.5
Sulfatos	mg/l	SO ₄ ⁻²	1000
Sulfuros	mg/l	S ⁻²	5
Zinc	mg/l	Zn	10
Nitrógeno Amoniacal	mg/l	NH ⁺⁴	80
Potencial Hidrógeno	unidad	pH	6-9
Sólidos Sedimentables	ml/l/h	S.S.	8.5
Temperatura	°C	T	<35

ANEXO 2: Matriz de Operacionalización de variables

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES/ ESCALA
I N D E P E N D I E N T E	Uso de microalga <i>Scenedesmus sp</i>	Microalga <i>Scenedesmus sp</i>: Las microalgas tienen células ovoides, fusiformes, rectas, alargadas, inclinadas, lateralmente angostas en forma de S, curvadas terminadas en punta; con una longitud de 13.5 a 22.5 µm, 3.5 a 7.0 µm de diámetro; solitaria. Multiplicación por autocolonias (Acevedo, Ramírez, 2003).	Microalga <i>Scenedesmus sp</i>: Se realizará una selección de Microalgas en la cual será sometido en diferentes muestras de agua residual. Se va evaluar mediante un formato de observación. Se tomará cada dosis ideal de Microalga de 10, 30 y 50 mg y serán cultivadas en cada botella con contenido de agua residual del proceso de curtido.	Características de la microalga	Crecimiento	mm/día
					Nitrógeno (N)	%
					Fósforo (P)	%
					Oxígeno (O)	%
D E P E N D I E N T E	Remoción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre	Remoción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre: Proceso se lleva a cabo mediante la insolubilización de los hidróxidos de metales pesados, seguido se produce la coagulación para separar las fases sólidas y líquidas, tomando en cuenta la selección el nivel de remoción de los metales y la curva de sedimentación de un precipitado producido (Soto et al., 2004).	Remoción del Cromo Hexavalente en aguas residuales de la industria de Curtiembre: Se tomará diferentes análisis para medir el nivel de remoción del metal pesado en estas aguas residuales.	Parámetros fisicoquímicos del agua residual	Potencial de Hidrógeno	1-14
					Temperatura	°C
					Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L
					Conductividad Eléctrica	µS/cm
					Cr	mg/L
					Potencial Redox	mv
				Turbidez	NTU	
Cantidad de remoción del cromo	Concentración final del cromo	mg/L				

ANEXO 3: Instrumentos de recolección de datos

INTRUMENTOS

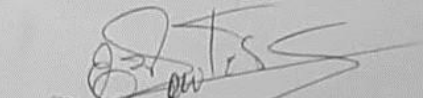
1. Ficha de Registro de Datos en Campo

Registro de Datos en Campo

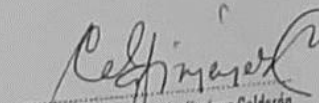
REALIZADO POR: _____

Ítem	Descripción origen/ubicación	Distrito	Provincia	Departamento	Coordenadas		Fecha	Hora	pH	Observaciones
					Norte/ Sur	Este/Oeste				

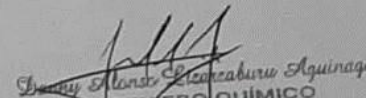
Fuente: Protocolo de monitoreo de la calidad del agua (ANA)



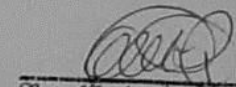
ELYEN GONZALES BENITES ALFARO
INGENIERO QUÍMICO
REG. CIP N° 71996



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP. 42355



Dany Alonso Escobar Aguinaga
INGENIERO QUÍMICO
REG. CIP. N° 95555



Carlos H. Alfonso Rodríguez
INGENIERO QUÍMICO
C. L.P. 37913

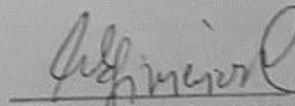
2. Ficha de Análisis de los Parámetros Fisicoquímicos del Agua residual

ITEM	Parámetros físicos				Parámetros químicos					
	Temperatura °C		Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$		pH		Oxígeno Disuelto mg/L		Cr (mg/L)	
	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final	Inicio	Final

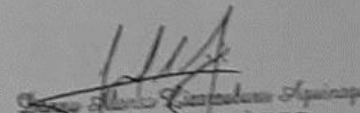
Fuente: Elaboración Propia



CESAR MONTES ALVARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 7196



Dr. Cesar Eduardo Jiménez Calderín
 CIP 42355



Cesar Alberto Castañeda Apurina
 INGENIERO QUÍMICO
 REG. CIP. N° 35556

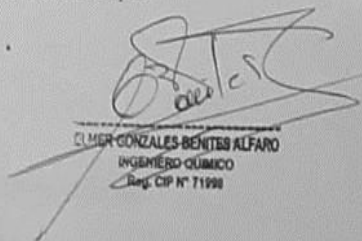


Cesar R. Collares Rodríguez
 INGENIERO QUÍMICO
 C. I. P. 37913

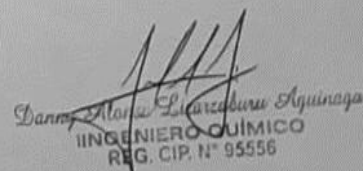
3. Ficha de Análisis de las Características de la Microalga *scenedesmus sp.*

ITEM	Crecimiento mm/día	Nitrógeno (N) %	Fósforo (P) %	Oxígeno (O) %

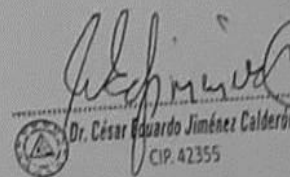
Fuente: Elaboración Propia



ELMER GONZALES-BENITES ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 71998



Danny Alonso Lizacaburu Aquinaga
 INGENIERO QUÍMICO
 REG. CIP. N° 95556



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP. 42355



Carlos H. Alfaro Rodríguez
 INGENIERO QUÍMICO
 C. I. P. 37913

4. Ficha de Concentración final de los tratamientos de 15 y 30 días de cultivo

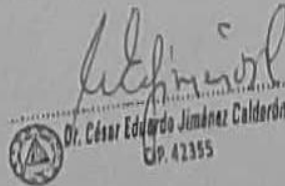
4.1. Concentración final de tratamiento de 15 días de cultivo

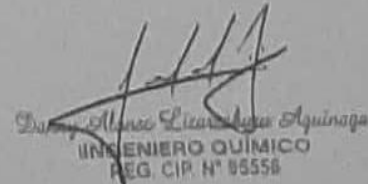
PRIMER TRATAMIENTO	Nº	Código	Dosis de Microalga (ml)	Conc. Cr Inicial (mg/L)	Conc. Cr Final (mg/L)	Remoción de Cr (mg/L)
	1	MT1	10			
	2	MT1				
	3	MT1				
	4	MT2	30			
	5	MT2				
	6	MT2				
	7	MT3	50			
	8	MT3				
	9	MT3				

Fuente: Elaboración Propia


 ÉLMER GONZÁLEZ BENITES ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 REG. CIP N° 11360


 Carlos R. Alfonso Rodríguez
 INGENIERO QUÍMICO
 C. I. P. 37813

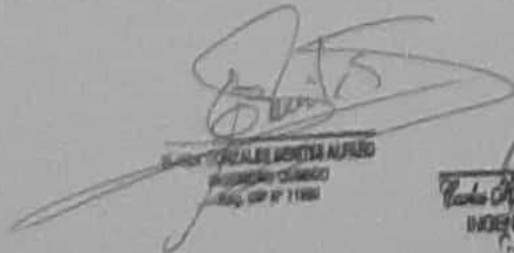

 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 C.P. 42355

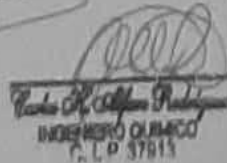

 Darío Alonso Lizasoain Aguinaga
 INGENIERO QUÍMICO
 REG. CIP. N° 85558

4.2. Concentración final de tratamiento de 30 días de cultivo.

PRIMER TRATAMIENTO	Nº	Código	Dosis de Microalga (ml)	Conc. Cr Inicial (mg/L)	Conc. Cr Final (mg/L)	Remoción de Cr (mg/L)
	1	MT1	10			
	2	MT1				
	3	MT1				
	4	MT2	30			
	5	MT2				
	6	MT2				
	7	MT3	50			
	8	MT3				
	9	MT3				

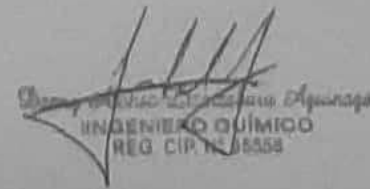
Fuente: Elaboración Propia


RAFAEL BENÍTEZ ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 REG. CIP. N° 11986


Carlos R. Salazar Rodríguez
 INGENIERO QUÍMICO
 C. L. P. 37813




Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 M.P. 42335


Juan Carlos Rodríguez Aguasaca
 INGENIERO QUÍMICO
 REG. CIP. N° 85558

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: EMER BENITES ALFARO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC - Univ. Cesar Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INE QUIMICO / DTC(INC AMBIENTAL / METODOLOGIA
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de Datos en campo...
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Tyson Ezequiel Chienda Solís

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

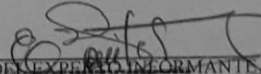
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, Noviembre del 2019


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
EMER GONZALES BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 DNI No. Reg. CIP N° 11880

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO ELMER
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC. UNIV. CÉSAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ing. QUÍMICO / Dr. ING AMBIENTAL / METODÓLOGO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Análisis de los parámetros físicoquímicos del Agua residual
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Tyson Ezequiel Chienda Solís

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
—

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, Noviembre del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

ELMER GONZALES BENITEZ ALFARO
 INGENIERO QUÍMICO
 Reg. CIP N° 71990

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO ELMER
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC. UNIV. CÉSAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. QUIMICO/DR. ING. AMBIENTAL / METODOLOGO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de análisis de las Características de la Microalga, Scenedesmus sp.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Tyson Ezequiel Chienda Solis

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

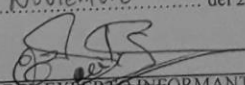
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, Noviembre del 201


 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
ELMER GONZALEZ BENITES ALFARO
 INGENIERO QUIMICO
 DNI No. Reg. CIP N° 71994 elf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: BENITES ALFARO ELMER
 1.2. Cargo e institución donde labora: DTC UNIV. CÉSAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. QUÍMICO / DR. ING. AMBIENTAL / METODOLOGO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de concentración final de los tratamientos de 15 y 30 días de cultivo.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Tyson Ezequiel Chienda Solis

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

✓
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, Noviembre del 201

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

ELMER GONZALES BENITES ALFARO

DNI No. INGENIERO QUÍMICO

Reg. CIP N° 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JIMENEZ CALDERON CÉSAR EDUARDO
- 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNIV. CÉSAR VALLEJO
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AGRÓNOMO
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Registro de Datos en campo
- 1.5. Autor(A) de Instrumento: Tyson Ezequiel Chienda Solís

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

SI
—

92.5 %



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP-42355

Lima, Noviembre del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP.....
DNI No. 16436847 Telf.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: JIMENEZ CALDERON CÉSAR EDUARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNIV. CÉSAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AGRÓNOMO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Análisis de los parámetros fisicoquímicos del Agua residual
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Tyson Ezequiel Chienda Solís

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

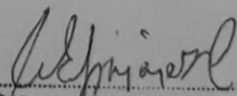
CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												✓	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												✓	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Sí
 No

92,5 %


 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP-42355

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, Noviembre del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP.....
 DNI No. 16436847 Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO
I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JIMENEZ CALDERON CÉSAR EDUARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNIV. CÉSAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AGRÓNOMO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de análisis de las características de la Microalga scenedesmus sp.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Tyson Ezequiel Chienda Solís

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												✓	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												✓	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												✓	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												✓	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												✓	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
—

92,5 %



Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
CIP-42355

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

Lima, Noviembre del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE

CIP.....
DNI No. 10436897. Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: JIMENEZ CALDERON CÉSAR EDUARDO
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNIV. CÉSAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: ING. AGRÓNOMO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de concentración final de los tratamientos de 15 y 30 días de cultivo.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Tyson Ezequiel Chienda Solís

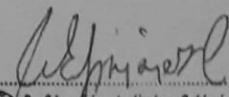
II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.													✓
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.													✓
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												✓	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												✓	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												✓	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.													✓
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.													✓
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.													✓
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.													✓
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.													✓

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI
 NO


 Dr. César Eduardo Jiménez Calderón
 CIP-42355

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

92.5 %

Lima, Noviembre del 2019

FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 CIP.....
 DNI No. 16436847 Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: WAZARABUN, ALEXINAGA, ORAY, ALONSO
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniero QUÍMICO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Registro de datos en campo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ESPÍRITU NEYRA LUIGGI DANIEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, Noviembre del 2017


FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
INGENIERO QUÍMICO
 REG. CIP. N° 95558
 DNI No. 13.706.4... Telf.: 955.788.527.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: LIZARABURU AQUINAGA Danny Alonso
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Química
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Análisis de Parámetros Físicoquímicos del Agua Residual
 1.5. Autor(A) de Instrumento: Espinoza Nerya Kvissi Daniel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.												X	
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.												X	
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.												X	
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.												X	
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales												X	
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.												X	
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.												X	
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.												X	
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.												X	
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.												X	

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, Noviembre del 2019

Danny Alonso Lizaraburu Aquinaga
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 REG. CIP. N° 95556
 DNI No. 7640671. Tel.: 975.537.529

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: LIZARRABURU, AQUINAGA, DA. DA. Y ALONSO
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad César Vallejo
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniería Química
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Análisis de los Componentes de la Muestra Secadormus sp.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ESPIRITU, NEYRA, LUSSI, DANIEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, Noviembre del 2019

Danny Alonso Lizarraburu Aquinaga
 FIRMA DEL EXPERTO INFORMANTE
 O.F.G. CIP. N° 95556
 DNI No. 764061, Telf: 972722178

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: LIZARZABURU AGUINAGA Danny Alonso
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la Universidad CESAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: Ingeniero Químico
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: Ficha de Generación Final de los tratamientos de lodos de cultivo
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ESPIRITU NEYRA Luis Daniel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si
No

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90 %

Lima, 10 de Agosto del 2019

Danny Alonso Lizarzurur Aquinaga
EXPERTO INFORMANTE
 REG. CIP. N° 95556
 DNI No. 73640671. Telf.: 975 78529

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres:.....ALFARO RODRIGUEZ Carlos Humberto.....
 1.2. Cargo e institución donde labora:.....DOCENTE de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO.....
 1.3. Especialidad o línea de investigación:.....INGENIERO Químico.....
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación:.....REGISTRO de DATOS en CAMPO.....
 1.5. Autor(A) de Instrumento:.....ESPIRITU NEYRA LUIGI DANIEL.....

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										✓			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

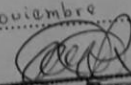
- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima,.....Noviembre..... del 2019


 FIRMA **ESPIRITU NEYRA LUIGI DANIEL**
 INGENIERO QUÍMICO
 DNI No.....C. L.P. 82913.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ALFARO RODRIGUEZ, Carlos Humberto.
 1.2. Cargo e institución donde labora: DOCENTE UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INGENIERIA QUIMICA
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA de ANALISIS de los Parametros F-O del Agua Residual
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ESPÍRITU NEYRA LUIGGI DANIEL

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.										/			
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.										✓			
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.										✓			
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.										✓			
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales										✓			
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.										✓			
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.										✓			
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.										✓			
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.										✓			
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.										✓			

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

SI

85 %

Lima, Noviembre del 201

Carlos R. Alfaro Rodriguez
 FIRMA DEL INGENIERO QUIMICO MANENTE
 CIP... C. I. P. 37913...
 DNI No..... Telf:.....

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

1.1. Apellidos y Nombres: ALFARO RODRIGUEZ Carlos Humberto
 1.2. Cargo e institución donde labora: Docente de la UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 1.3. Especialidad o línea de investigación: INGENIERO QUÍMICO
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: FICHA de Caracterización Final de los Tratamientos de los residuos de cultivo.
 1.5. Autor(A) de Instrumento: ESPÍRITU NEYRA LUISGAI Daniel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MINIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Esta formulado con lenguaje comprensible.											✓		
2. OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.											✓		
3. ACTUALIDAD	Esta adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											✓		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											✓		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											✓		
6. INTENCIONALIDAD	Esta adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											✓		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											✓		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											✓		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											✓		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											✓		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

- El Instrumento cumple con los Requisitos para su aplicación
- El Instrumento no cumple con Los requisitos para su aplicación

Si

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

85 %

Lima, Noiembre del 2019

[Firma]
 FIRMA DE INGENIERO QUÍMICO
 CIP. C. L.P. 37913
 DNI No. Telf.:

ANEXO 4: Expertos que validaron los instrumentos

Nombre de Expertos	Especialidad	Validez
Benites Alfaro Elmer Gonzales	Ingeniero Químico	90%
Jiménez Calderón César Eduardo	Ingeniero Agrónomo	92.5%
Lizarzaburu Aguinaga Danny Alonso	Ingeniero Químico	90%
Alfaro Rodríguez Carlos Humberto	Ingeniero Químico	85%
PROMEDIO TOTAL		89.4%

ANEXO 5: Adquisición e identificación de microalgas

SOLICITA: Venta de la Microalga *Scenedemus sp.*

Lima, 17 de septiembre de 2019

Señor. Biólogo Jorge Alfredo Flores Mego
Coordinador de Investigación en Acuicultura- IMARPE

Es grato dirigirme a usted, para hacer saber que estoy desarrollando mi proyecto de tesis, titulado "Biocaptación de Dióxido de carbono mediante la microalga *Scenedemus sp.*, a través de un fotobiorreactor". Asesor: Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (El desarrollo de tesis es con fines estrictamente de investigación académica).

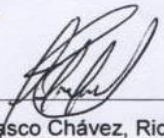
Por lo antes mencionado, recorro a su prestigiosa institución para solicitar el servicio de venta de la microalga *Scenedemus sp.*, que continuación se señala:

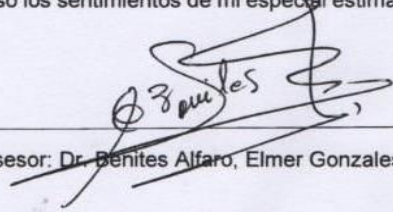
Detalles de la microalga	
Nro. De Orden	01
Nombre de la Cepa	<i>Scenedemus sp</i>
Cantidad de la cepa	10 ml

DATOS DE CONTACTO	
Nombre	Richard Antoni, Carrasco Chávez
DNI	75268406
Domicilio	La Capullana Mz. B lote 12 SMP
Celular:	997070479 – 914734968
Email:	antonicarraco96@gmail.com brieli2296@gmail.com

Agradeciendo la atención a la solicitud, expreso los sentimientos de mi especial estima.

Atte.


Carrasco Chávez, Richard
Dni:75268406


Asesor: Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales

Instituto del Mar del Perú



00005614-2019

Contraseña: nOnf

17/09/2019 15:14:26 / Teléfono:2088550
Anexos:897-858 / www.imarpe.gob.pe

CONTRATO DE COMPRA-VENTA

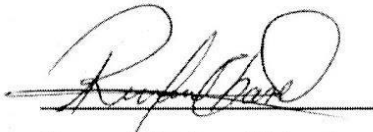
El señor, Richard Antoni Carrasco Chávez con DNI N° 75268406 por una parte, y el señor Tyson Ezequiel Chienda Solis con DNI N° 47047617 por otra, conviene en celebrar el presente contrato contenido en las siguientes cláusulas:

PRIMERA: El señor Richard Antoni Carrasco Chávez vende y da en perpetua enajenación al señor Tyson Ezequiel Chienda Solis las microalgas *Scenedesmus sp.* para realizar un proyecto de Tesis con fines de investigación académica.

SEGUNDA: Las partes contratantes fijan como precio justo por las microalgas *Scenedesmus sp.*, la cantidad de 20 ml, con un pago único de 150 Soles sin incluir impuestos.

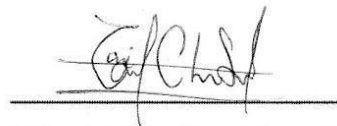
TERCERA: El señor Richard Antoni Carrasco Chávez declara la entrega de la cepa de microalga *Scenedesmus sp.* y recibe el valor constante en la cláusula anterior.

Lima, 20 de diciembre del 2019



Carrasco Chávez, Richard

DNI: 75268406



Chienda Solis, Tyson Ezequiel

DNI: 47047617

CONSTANCIA IDENTIFICACIÓN TAXONÓMICA CRIPTÓGAMA

Scenedesmus

Conste por medio del presente documento quien suscribe JORGE LUIS LÓPEZ BULNES con DNI 08153969, Biólogo de profesión con N° de colegiatura y habilitación 8932 CBP magister en Botánica tropical mención taxonomía y sistemática evolutiva acreditado por la UNMSM Consultor ambiental en Tecnología y Gestión Ambiental S.A.C, consultor en Ingeniería Socioambiental siendo participante en la elaboración de proyectos con instrumentos de gestión ambiental.

Dejo constancia y doy fe que en el ejercicio de mi profesión y amparado en la ley del Biólogo N° 28847 he realizado la identificación taxonómica de la especie según La taxonomía actual en criptógamas siendo.

Phylum. Chlorophyta

Orden. Sphaeropleales

Familia. Scenedesmaceae

Género. *Scenedesmus*

Especie. *Scenedesmus* sp

Para obtener la muestra se realizó la compra de muestras en el instituto del mar peruano

La muestra para extraer fue proporcionada por el propio cliente.

En cuanto a su composición química se identificó: Antraquinonas: Barbaloina, Isobarbaloina, Antranolo, Acido aloético, Aloe-emodina, Emodina, Ácido crisofanico, Resistannolo.

Enzimas: Cyclooxygenasa, Oxidasa, Amylase, Catalasa, Lipasa, Fosfatasa Alcalina, Carboxipeptidasa.

Vitaminas: B1,B2,B6,B8,

Aminoácidos: Histidina, Arginina, Hidroxyprolina, Ácido aspártico, Ácido glutámico, Prolina, Glicina, Alanina, Tirosina, Lisina, Threonina, Valina, Leucina, Isoleucina, Fenilalanina, Metionina.

Oligoelementos: Manganeso, Calcio, Sorbato de Potasio, Sodio, Hierro, Zinc, Cobre, Cromo, Magnesio.

Sacáridos: Celulosa, Glucosa, Manosa, Aldopentosa.

En ejercicio de mi derecho profesional extendiendo la presente constancia a solicitud de Espíritu Neyra Luiggi Daniel, identificado con DNI 46366668 requerido para fines de investigación, lo cual manifiesta.

Se extiende la presente constancia a los 05 días del mes de

Junio de 2020



Jorge Luis López Bulnes
BIOLOGO
JORGE LUIS LÓPEZ BULNES
CBP 8932

ANEXO 6: Caracterización del agua residual y microalga *Scenedesmus sp.*



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

SOLICITADO POR : **LUIGGI ESPIRITU NEYRA**

Procedencia de muestras : Agua de Curtiembre – Rio Chillón - Lima

Recepción de muestras : Lima, 10 de junio del 2020

Análisis de agua con cromo hexavalente

Parámetros fisico-química del agua

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno pH	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial redox mv	Turbidez NTU
MA -Cr ⁶	19.2	7.70	1125	245	24.4

Parámetros fisico-química del alga

Código	Temperatura °C	Potencial de hidrogeno pH	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial redox mv	Turbidez NTU
MA -L	19.8	6.59	50	124	180.5

Concentración inicial del agua curtiembre-Rio Chillón

Código	Tramitancia %	Absorbancia	Factor de dilución	Concentración mgCr ⁶ /l
AIC - RCH	60.2	0.220	10/50	2.857

Nutrientes de la microalga

Código	Nitrógeno %	Fosforo %	Porcentaje de oxígeno %	Oxígeno disuelto del agua (mgO ₂ /L)
MA -L	1.1037	0.7562	10	6.59

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 -Perú

Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245

e-mail: labespectro@uni.edu.pe

ANEXO 7: Resultados de los tratamientos (7, 14 y 21 días).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Primer tratamiento (10/06/2020)

Código	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno pH(acido/base)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial Redox mv
TA1-(1-10)	21.00	8.06	3150	170
TA1-(2-10)	21.00	8.07	3200	174
TA1-(3-10)	21.00	8.05	3180	173
TA1-(1-30)	21.00	7.89	2390	140
TA1-(2-30)	21.00	7.88	2520	145
TA1-(3-30)	21.00	7.85	2510	142
TA1-(1-50)	21.00	7.74	2650	133
TA1-(2-50)	21.00	7.76	2400	135
TA1-(3-50)	21.00	7.70	2360	137

Primer Tratamiento reducción del cromo hexavalente, Oxígeno disuelto

Código	Cromo hexavalente $\text{mgCr}^{+6}/\text{L}$	Oxígeno disuelto mgO_2/L	Turbidez NTU
TA1-(1-10)	2.657	7.70	23.40
TA1-(2-10)	2.656	7.76	23.70
TA1-(3-10)	2.655	7.78	23.00
TA1-(1-30)	2.553	7.89	25.20
TA1-(2-30)	2.550	7.86	25.45
TA1-(3-30)	2.552	7.87	25.40
TA1-(1-50)	2.349	7.91	30.70
TA1-(2-50)	2.347	7.90	30.40
TA1-(3-50)	2.348	7.93	30.80

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
 Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
 e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica
Laboratorio de Espectrometría

Segundo tratamiento de cromo hexavalente (17/06/2020)

Código	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno pH(acido/base)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial Redox mv
TA2-(1-10)	20.00	8.29	3330	178
TA2-(2-10)	20.00	8.25	3320	157
TA2-(3-10)	20.00	8.24	3222	151
TA2-(1-30)	20.00	7.99	3125	146
TA2-(2-30)	20.00	7.94	3120	141
TA2-(3-30)	20.00	7.96	3124	133
TA2-(1-50)	20.00	7.11	3090	139
TA2-(2-50)	20.00	7.20	3075	137
TA2-(3-50)	20.00	7.26	3060	134

Segundo Tratamiento de reducción del cromo hexavalente

Código	Cromo hexavalente $\text{mgCr}^{6+}/\text{L}$	Oxígeno disuelto mgO_2/L	Turbidez NTU
TA2-(1-10)	2.112	6.46	20.25
TA2-(2-10)	2.114	6.45	22.15
TA2-(3-10)	2.115	6.47	20.23
TA2-(1-30)	2.045	6.50	20.24
TA2-(2-30)	2.048	6.51	20.20
TA2-(3-30)	2.044	6.53	20.18
TA2-(1-50)	1.932	6.62	20.19
TA2-(2-50)	1.930	6.60	20.40
TA2-(3-50)	1.929	6.61	20.80

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica

Laboratorio de Espectrometría

Tercer tratamiento de cromo hexavalente (24/06/2020)

Código	Temperatura °C	Potencial de Hidrogeno pH(acido/base)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S/cm}$	Potencial Redox mv
TA3-(1-10)	19.00	7.86	3300	100
TA3-(2-10)	19.00	7.85	3298	101
TA3-(3-10)	19.00	7.87	3299	101
TA3-(1-30)	19.00	7.70	3115	123
TA3-(2-30)	19.00	7.74	3116	125
TA3-(3-30)	19.00	7.76	3114	129
TA3-(1-50)	19.00	7.10	2085	98
TA3-(2-50)	19.00	7.14	2088	94
TA3-(3-50)	19.00	7.15	2089	97

Tercer tratamiento de reducción del cromo hexavalente (24/06/2020)

Código	Cromo hexavalente $\text{mgCr}^{+6}/\text{L}$	Oxígeno disuelto mgO_2/L	Turbidez NTU
TA3-(1-10)	2.023	7.59	20.00
TA3-(2-10)	2.022	7.56	20.18
TA3-(3-10)	2.020	7.55	20.19
TA3-(1-30)	1.786	7.50	20.56
TA3-(2-30)	1.784	7.53	20.54
TA3-(3-30)	1.785	7.52	20.52
TA3-(1-50)	1.120	7.40	20.55
TA3-(2-50)	1.126	7.45	20.58
TA3-(3-50)	1.123	7.48	20.60

Método espectrofotómetro UV, Método Potenciómetro, Método Winkler,

Lima, 05 de Julio del 2020


MSc. Atilio Mendoza A.
Jefe Lab. Espectrometría

Av. Túpac Amará N° 210, Lima 25, Apartado 1301-Perú
Teléfono: (511) 4824427, Central Telefónica (511) 4811070, Anexo 4245
e-mail: labespectro@uni.edu.pe