

**EVALUACIÓN DE LA MICROALGA *Chlorella* sp. COMO MEDIO
DEPURACIÓN DE LACTOSUERO A ESCALA DE LABORATORIO.**

AUTORES:

LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO

LEIDY MARIAN PEREZ SANCHEZ

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR

2022

**EVALUACIÓN DE LA MICROALGA *Chlorella* sp. COMO MEDIO
DEPURACIÓN DE LACTOSUERO A ESCALA DE LABORATORIO.**

AUTORES:

LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO

LEIDY MARIAN PEREZ SANCHEZ

DIRECTOR

DEIVIS JHOAN GUTIERREZ MONTERO

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y TECNOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR – CESAR

2022

DEDICATORIA

Le dedicamos este gran logro de nuestras vidas principalmente a nuestros padres por el apoyo brindado a lo largo de nuestro desarrollo profesional y personal; a nuestros familiares y amigos que nos acompañaron y motivaron en esta grata experiencia. De igual manera, a nosotros mismos por la perseverancia y el sacrificio que mantuvimos para cumplir una de las tantas metas de nuestro proyecto de vida.

“Ahora es cuando empieza la verdadera aventura”

Angel Córdoba y Leidy Perez



AGRADECIMIENTOS

Le agradecemos a Dios por permitirnos culminar de manera exitosa esta etapa profesional de nuestras vidas, por darnos la sabiduría y paciencia que hemos necesitado en estos años de formación académica y de crecimiento personal.

Agradezco a mis padres Ramiro Cordoba y Luzdarys Serrato por ser los pilares fundamentales de mi formación profesional y como persona, porque gracias a sus esfuerzos y enseñanzas hoy cumplo uno de los tantos sueños que tengo proyectados. A mis compañeros, docentes y a todas las personas que hicieron parte de esta gran etapa en mi vida (Angel Cordoba).

Agradezco a mis padres Gustavo Pérez y Carmen Adiola Sanchez por apoyarme siempre en todo momento desde que decidí formarme como profesional. A mis hermanos por haber estado para mí y ayudarme cuando los he necesitado. A mis compañeros y docentes por acompañarme durante todo este proceso y a mi mejor amiga Melissa Bonett por motivarme y aconsejarme cuando lo he requerido. (Leidy Perez)

Le agradecemos a nuestro director de proyecto Deivis Gutiérrez, por su apoyo y entrega incondicional durante la realización de esta investigación, llegando a convertirse en nuestro amigo y colega. Adicionalmente agradecemos a los directivos y encargados de las instalaciones de Tecnoparque por su apoyo y por permitirnos desarrollar este proyecto en sus laboratorios.

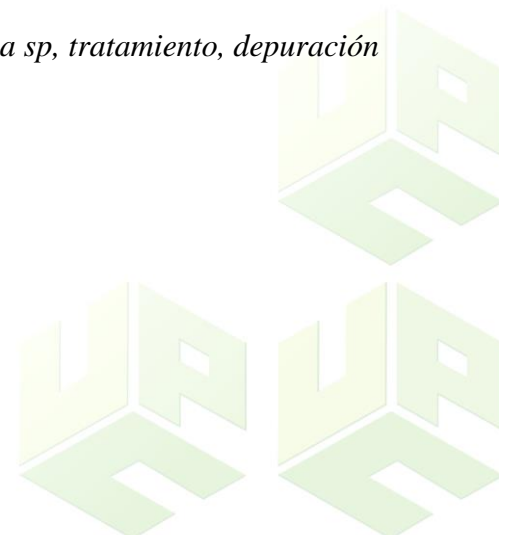
También queremos agradecerles a los profesores por compartirnos sus conocimientos y que con su pasión nos inspiraron a culminar la carrera y convertirnos en grandes profesionales.

Finalmente agradecerles a nuestros compañeros y hoy colegas Álvaro Osorio, Kevin Granada y Jose De Armas por su incondicionalidad durante toda la carrera.

RESUMEN Y ABSTRACT

Las microalgas se han convertido en una alternativa de tratamiento y aprovechamiento de los recursos, las tecnologías que son aplicadas con microalgas para el tratamiento de residuos se hacen con el fin de generar procesos sostenibles, económicos y eficientes que garanticen los niveles permisibles de vertimiento para así conservar el medio ambiente y la calidad de vida. En esta investigación se evaluó la capacidad de la microalga *chlorella sp* como medio de depuración de lactosuero por medio de la utilización de 3 distintos tipos de fotobiorreactores en iguales condiciones a escala de laboratorio. Se determinó la concentración más favorable de crecimiento mediante un montaje inicial y el recuento en cámara de Neubauer, en la cual se obtuvo que la idónea fue del 80%. Posteriormente, se realizaron los montajes en 3 tipos de fotobiorreactores diseñados y fabricados en acrílico transparente con una capacidad de 2L, estos fueron colocados en iguales condiciones de luz, temperatura, aireación y seguimiento continuo del pH y conductividad por diez días. Los resultados obtenidos evidenciaron una mayor eficiencia de depuración de la microalga en el fotobiorreactor tubular T1 con porcentajes de remoción de fósforo 43,99%, DBO 81,09%, DQO 80,03% y una mayor eficiencia en la remoción de nitrógeno en el fotobiorreactor hexagonal T3 con una depuración de nitrógeno 75,30%. Sin embargo, no se evidenció un gran aporte de la microalga en la remoción de estos, ya que los valores de los tratamientos control fueron en gran medida similares a los tratamientos que contenían la microalga *chlorella sp*.

Palabras claves: Microalgas, fotobiorreactores, chlorella sp, tratamiento, depuración



ABSTRACT

Microalgae have become an alternative for treatment and use of resources, the technologies that are applied with microalgae for waste treatment are made in order to generate sustainable, economical and efficient processes that guarantee permissible levels of dumping in order to preserve the environment and quality of life. In this research, the capacity of the microalgae *Chlorella* sp as a means of purifying whey was evaluated through the use of 3 different types of photobioreactors under the same conditions on a laboratory scale. The most favorable concentration of growth was determined by means of an initial assembly and the count in the Neubauer chamber, in which it was obtained that the ideal was 80%. Subsequently, the assemblies were made in 3 types of photobioreactors designed and manufactured in transparent acrylic with a capacity of 2L, these were placed in the same conditions of light, temperature, aeration and continuous monitoring of pH and conductivity for ten days. The results obtained showed a higher purification efficiency of the microalgae in the T1 tubular photobioreactor with removal percentages of phosphorus 43.99%, BOD 81.09%, COD 80.03% and a higher efficiency in the removal of nitrogen in the T3 hexagonal photobioreactor with 75.30% nitrogen clearance. However, a great contribution of the microalgae in the removal of these was not evidenced, since the values of the control treatments were largely similar to the treatments that contained the microalgae *Chlorella* sp.

Keywords: Microalgae, photobioreactors, Chlorella sp, treatment, purification



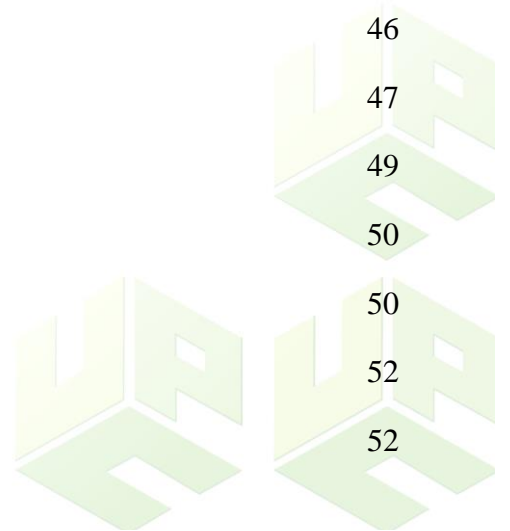
TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS	4
RESUMEN Y ABSTRACT	5
ABSTRACT	6
INTRODUCCIÓN	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
3. JUSTIFICACIÓN	18
4. OBJETIVOS	20
4.1. OBJETIVO GENERAL:	20
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	20
5. MARCO REFERENCIAL	21
5.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
5.2. MARCO TEÓRICO	25
5.2.1.1. Tipos de Lactosuero	25
5.2.1.2. Composición:	26
5.2.2. Fotobiorreactores	26
5.2.2.1. Recomendaciones para el Diseño de Fotobiorreactores	27
5.2.3. Microalgas:	28
5.2.3.1. Condiciones necesarias para el crecimiento de microalgas	28
5.2.3.2. Crecimiento de microalgas.	29
5.2.3.3. Microalga Chlorella	29
5.3. MARCO CONCEPTUAL (Glosario)	30
5.4. MARCO CONTEXTUAL (localización Geográfica)	33
5.5. MARCO LEGAL	33



6. MARCO METODOLÓGICO

6.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN	38
6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	38
6.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	38
6.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO	38
6.5. MUESTRA POBLACIONAL	38
6.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	39
6.7. DESARROLLO METODOLÓGICO	40
6.7.1. Etapa 1: Evaluar la tasa de crecimiento de <i>Chlorella sp.</i> en diferentes concentraciones de lactosuero a escala de laboratorio	40
<i>Actividad 1.1. Aislamiento de la microalga Chlorella sp</i>	40
<i>Actividad 1.2. Preparación del inóculo</i>	41
<i>Actividad 1.3. Medio y condiciones de crecimiento.</i>	42
<i>Actividad 1.4. Evaluación de las concentraciones de lactosuero en el crecimiento de la microalga.</i>	43
<i>Etapa 2: Diseñar prototipos de fotobiorreactores como medio de cultivo de la microalga Chlorella sp para la depuración de lactosuero.</i>	44
6.7.1. Etapa 3: Determinar la incidencia de la forma del fotobiorreactor en la eficiencia de depuración de la carga orgánica e inorgánica	46
<i>Actividad 3.1. Análisis Físico-Químico</i>	46
<i>Determinación de DBO - IDEAM</i>	47
<i>Determinación de DQO - IDEAM</i>	49
<i>Cálculo de la concentración de Nitrógeno</i>	50
<i>Digestión:</i>	50
<i>Cálculo de la concentración de fósforo</i>	52
<i>Determinación de pH y Conductividad</i>	52





<i>Actividad 3.2. Evaluación de la eficiencia de remoción de nutrientes en el lactosuero</i>	53
<i>Actividad 3.3. Evaluar la incidencia de la forma del fotobiorreactor en la eficiencia de depuración</i>	53
7. RESULTADOS Y ANÁLISIS	54
ETAPA 1: Evaluar la tasa de crecimiento de <i>Chlorella sp.</i> en diferentes concentraciones de lactosuero a escala de laboratorio	54
Etapa 2: Diseñar prototipos de fotobiorreactores como medio de cultivo de la microalga <i>Chlorella sp</i> para la depuración de lactosuero.	64
Etapa 3: Determinar la incidencia de la forma del fotobiorreactor en la eficiencia de depuración de la carga orgánica e inorgánica	66
8. CONCLUSIONES	81
9. RECOMENDACIONES	83
10. REFERENCIAS	84
ANEXOS	89



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. composición de lactosuero dulce y ácido	25
Tabla 2. contenidos en vitaminas del lactosuero	26
Tabla 3. Composición en aminoácidos esenciales (g/100 g de proteína)	26
Tabla 4. Composición bioquímica de la biomasa de <i>Chlorella</i> spp.	30
Tabla 5. Normatividad	33
Tabla 6. Reactivos para preparar el Medio Basal de Bold (BBM)	41
Tabla 7. Condiciones de tratamiento con diferentes concentraciones de lactosuero	42
Tabla 8. criterios para determinar la dilución aproximada de la muestra para prueba de DBO ₅	47
Tabla 9. Tasa de crecimiento de <i>Chlorella</i> sp.	60
Tabla 10. Análisis de Varianza ANOVA.....	60
Tabla 11. método de Tukey y una confianza de 95%	61
Tabla 12. Concentración de DBO ₅ antes y después del tratamiento	66
Tabla 13. Concentración de DQO antes y después del tratamiento.....	67
Tabla 14. Concentración de Nitrógeno antes y después del tratamiento.	67
Tabla 15. Concentración de Fósforo antes y después del tratamiento.	68
Tabla 16. Seguimiento del pH promedio durante el transcurso del tratamiento.....	69
Tabla 17. Seguimiento de la Conductividad durante el transcurso del tratamiento.....	70
Tabla 18. Eficiencia de Eliminación %EE - DBO ₅	71
Tabla 19. Análisis de Varianza ANOVA - DBO ₅	71
Tabla 20. método de Tukey y una confianza de 95% - DBO ₅	72
Tabla 21. Eficiencia de Eliminación %EE - DQO.....	72
Tabla 22. Análisis de Varianza ANOVA-DQO.....	73
Tabla 23. Prueba Tukey con una confianza de 95%-DQO	74
Tabla 24. Eficiencia de Eliminación - Nitrógeno	74
Tabla 25. Análisis de Varianza ANOVA - Nitrógeno	75
Tabla 26. Prueba de Tukey con una confianza de 95% - Nitrógeno.....	76
Tabla 27. Eficiencia de Eliminación de Fósforo.....	76
Tabla 28. Análisis de Varianza ANOVA- Fósforo	77
Tabla 29. Prueba de Tukey con una confianza de 95% - Fósforo	78
Tabla 30. Capacidad de Eliminación EC	79



Tabla 31. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 0%. R1	90
Tabla 32. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 20%. R1	90
Tabla 33. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 40%. R1	91
Tabla 34. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 60%. R1	91
Tabla 35. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 80%. R1	92
Tabla 36. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 100%. R1	92
Tabla 37. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 0%. R2.....	93
Tabla 38. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 20%. R2.....	93
Tabla 39. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 40%. R2.....	94
Tabla 40. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 60%. R2.....	94
Tabla 41. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 80%. R2.....	95
Tabla 42. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 100%. R2.....	95
Tabla 43. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 0%. R3.....	96
Tabla 44. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 20%. R3.....	96
Tabla 45. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 40%. R3.....	97
Tabla 46. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 60%.....	97
Tabla 47. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 80%. R3.....	98
Tabla 48. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 100%. R3.....	98
Tabla 49. Densidad Óptica de las diferentes concentraciones de Lactosuero. R1.....	99
Tabla 50. Densidad Óptica de las diferentes concentraciones de Lactosuero. R2.....	99
Tabla 51. Densidad Óptica de las diferentes concentraciones de Lactosuero. R3.....	100



LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Tipos básicos de fotobiorreactores.	27
Ilustración 2. Chlorella sp.....	30
Ilustración 3. Ubicación geográfica de los laboratorios de Tecnoparque.....	33
Ilustración 4. Ubicación Geográfica Humedal María Camila; Valledupar, Cesar.	39
Ilustración 5. Diseño Fotobiorreactor Hexagonal.....	45
Ilustración 6. Diseño Fotobiorreactor de Placa Plana.....	45
Ilustración 7. Diseño Fotobiorreactor Tubular	46
Ilustración 8. Digestor Kjeldahl Velp Scientific DK 6 (izquierda). Destilador Kjeldahl Velp Scientific UDK 129 (Derecha).....	50
Ilustración 9. Etapa de Destilación del Método de determinación de Nitrógeno Kjeldahl	51
Ilustración 10. Microalgas Chlorella sp. (A) y Scenedesmus sp. (B) observadas en el microscopio a 40X presentes en la muestra de agua del humedal María Camila.....	54
Ilustración 11. Microalgas aisladas por agotamiento, transcurridos 7 días	54
Ilustración 12. Chlorella sp. observada en el microscopio a 40X.....	55
Ilustración 13. Soluciones para preparar Medio Bold Basal. a) Solución de microelementos. b) Solución 1. c) Solución 2	55
Ilustración 14. Crecimiento de Chlorella sp. en medio Bold Basal transcurridos 14 días.	56
Ilustración 15. Chlorella sp. creciendo en Medio Bold Basal observado en el microscopio a 40X.....	56
Ilustración 16. Lectura de pH, Conductividad y Temperatura del lactosuero.	57
Ilustración 17. Montaje de los reactores con las diferentes concentraciones de lactosuero	57
Ilustración 18. Recuento celular en cámara de Neubauer.....	58
Ilustración 19. Crecimiento celular Repetición 1	58
Ilustración 20. Crecimiento celular Repetición 2	59
Ilustración 21. Crecimiento celular Repetición 3	59
Ilustración 22. Soluciones Blanco de las diferentes concentraciones de lactosuero	62
Ilustración 23. Densidad Óptica Repetición 1	62
Ilustración 24. Densidad Óptica Repetición 2	63



Ilustración 25. Densidad Óptica Repetición 3	63
Ilustración 26. Lámpara Mercury 20W.....	64
Ilustración 27. Bomba de acuario Air Pump Aquarium.	65
Ilustración 28. Montaje del tratamiento	65
Ilustración 29. seguimiento del pH promedio durante el transcurso del tratamiento	69
Ilustración 30. Seguimiento a la Conductividad promedio.....	70
Ilustración 31. Eficiencia de Eliminación de DBO ₅	71
Ilustración 32. Eficiencia de Eliminación de DQO.	73
Ilustración 33. Eficiencia de Eliminación de Nitrógeno.....	75
Ilustración 34. Eficiencia de Eliminación de Fósforo.....	77
Ilustración 35. Capacidad de Eliminación de DBO ₅ , DQO, Nitrógeno y Fósforo de los Tratamientos.	80



INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso necesario para conservar la vida en el planeta, y a su vez se ha convertido en uno de los recursos de mayor demanda y escasez a nivel mundial. Por este motivo, las aguas residuales son aprovechadas. Una de los sectores en donde se ha estado utilizando es la agricultura, especialmente en las zonas más pobres y países en vías de desarrollo (Candela, 2016, p. 23). Por eso es importante encontrar tratamientos eficientes para cada tipo de agua residual, con el fin de que esta pueda ser reutilizada o en su defecto disminuir los impactos que esta pueda causar al ser vertida a los cuerpos de agua y al ambiente.

La industria láctea es una de las áreas económicas más importantes de Colombia, de acuerdo a los datos reportados por La Asociación Colombiana de Procesadores de la Leche (Asoleche). Actualmente representa el 2,3% de PIB nacional y el 24,3% del PIB agropecuario, además de generar más de 700.000 empleos directos. La producción lechera hace presencia en 22 departamentos del país, siendo Antioquia, Boyacá y Cundinamarca los departamentos más destacados (Asoleche., 2016).

Aproximadamente 85-90% de la leche utilizada en la industria quesera es desechada como lactosuero, sin tener en cuenta que este retiene al menos en 55% de los nutrientes provenientes de la leche tales como: lactosa, proteínas, lípidos, altas cantidades de DBO y DQO, entre otros.

La utilización de este efluente ha sido propuesta y utilizada en varios sectores de la industria láctea, pero las estadísticas indican que una importante porción de este residuo es descartada como efluente el cual crea un serio problema ambiental (Aider et al., 2009; Fernandes et al., 2009), debido a que afecta física y químicamente la estructura del suelo, lo anterior resulta en una disminución en el rendimiento de cultivos agrícolas y cuando se desecha en el agua, reduce la vida acuática al agotar el oxígeno disuelto (Aider et al., 2009).

Debido a esto ha surgido la necesidad de encontrar alternativas eficientes y económicas para el tratamiento de este tipo de efluentes, teniendo en cuenta que son generados en grandes cantidades y sus impactos negativos al ambiente se dan en igual proporción.

El concepto de biorremediación incluye al estudio de la biotecnología de microalgas como una técnica de tratamiento a efluentes residuales domésticos, comprendiendo la depuración de aguas contaminadas, que es el procesamiento de residuos líquidos con el fin de producir un efluente final que no comprometa la salud pública o los ecosistemas naturales donde esta sea depositada (Forero, 2017, p.46).

La implementación de un sistema de tratamiento con microalgas tiene grandes ventajas como; la economía en la implementación, el mejoramiento en la calidad del efluente mediante mecanismos de bajo costo energético y el aprovechamiento de la alta cantidad de nutrientes que contiene el efluente.

Chlorella sp. es un género de microalga perteneciente a la familia Oocystaceae, orden Chlorococcales de la división Chlorophyta ampliamente estudiada y presenta una alta eficiencia en productividad por su fácil adaptación en condiciones de laboratorio.

Este proyecto presenta un tratamiento al efluente lactosuero mediante el desarrollo del cultivo de la microalga *Chlorella* sp en fotobiorreactores, con el fin la finalidad de determinar la eficiencia en la remoción de la carga orgánica, nitrógeno y fosfato presentes en el lactosuero a escala de laboratorio. Con esto se busca crear una alternativa de tratamiento económica y eficiente para este tipo de efluente con miras a ser aplicado a grandes escalas.





1. EVALUACIÓN DE LA MICROALGA *Chlorella* sp. COMO MEDIO DEPURACIÓN DE LACTOSUERO A ESCALA DE LABORATORIO.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El creciente desarrollo de las ciudades y del sector industrial, conlleva al aumento de aguas residuales a tratar; por lo que, es esencial emplear métodos eficientes y económicos para su tratamiento. En este caso, trataremos el sector lechero, centrándonos específicamente en el lactosuero producto de la elaboración del queso; el cual, presenta un exceso de nutrientes que no puede ser consumido directamente por los humanos o ser usados sin un tratamiento previo, por lo que es necesario llevar a cabo el respectivo tratamiento de sus efluentes antes de ser vertidos al cuerpo de agua correspondiente. Según Fedegan la producción de leche en Colombia en el año 2020 fue de 7.393 millones de litros. Se estima que por cada kg de queso se producen 9 kg de lactosuero, esto representa cerca del 85-90% del volumen de la leche y contiene aproximadamente el 55% de sus nutrientes (Liu et al., 2005).

El gran contenido de nutrientes de este subproducto genera aproximadamente 3,5 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 6,8 kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kg de lactosuero líquido (Muñi et al., 2005), siendo la lactosa, el principal componente de sólidos que contribuye a la alta DBO y DQO (Ghaly & Kamal., 2004; Mukhopadhyay et al., 2005; Koutinas et al., 2009)

El vertimiento del lactosuero en fuentes hídricas hace que este se quede sin oxígeno, debido a la acción microbiana que transforma la materia orgánica en compuestos que disminuyen el pH del agua trayendo como consecuencia la producción de malos olores y la muerte de los organismos acuáticos que allí se encuentren (Londoño et al., 2008). Además, al incrementarse las concentraciones de nitrógeno, carbono y fósforo, se acumulan en los ecosistemas acuáticos y se vuelven imposibles de asimilar, llegando a ocasionar la eutrofización del medio hídrico en el que son vertidas.

Por otra parte, las queserías artesanales a pequeña escala no poseen los conocimientos, ni los recursos necesarios para darle el respectivo tratamiento a este residuo producto de la elaboración de los quesos; por lo que, son arrojados por la alcantarilla o los suelos sin un tratamiento previo.

La continua descarga de este subproducto en la tierra pone en peligro la estructura física y química de los suelos, reduciendo los rendimientos de cultivos y provocando serios problemas de contaminación de agua subterránea (Ben-Hassan & Ghaly, 1994).

Teniendo en cuenta la información mencionada anteriormente, ha surgido la necesidad de encontrar alternativas para el tratamiento de las aguas residuales que puedan ser tanto eficientes como de bajo costo, con el fin de ser implementadas en lugares donde los recursos económicos sean escasos. En las últimas décadas el uso de microalgas se ha convertido en una alternativa viable para llevar a cabo este propósito (Candela, 2016)

2.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Son los fotobiorreactores como medio de cultivo para la microalga *Chlorella sp.* una alternativa eficiente y de bajo costo para la depuración de carga orgánica e inorgánica del lactosuero?



3. JUSTIFICACIÓN

El hombre siempre se ha visto en la necesidad de iniciar nuevas líneas de investigación que lo conduzcan a dar soluciones a situaciones que se le presentan. Actualmente, una de las problemáticas que está afectando al medio ambiente; es la contaminación por desechos industriales. Por esta razón, las microalgas han adquirido un creciente interés en diversos campos de la economía.

La industria de alimentos saludables y de biocombustibles, impone un rápido desarrollo industrial y a su vez va mitigando el daño ambiental por eutrofización que se le ocasiona a los cuerpos de agua cuando se expulsan residuos como el lactosuero (Hernandez & Labbé, 2014).

En este contexto, el desarrollo de tecnologías orientadas al cuidado del medio ambiente, a la reutilización de los residuos y a la generación de energías limpias de bajo costo se ha vuelto indispensable. Entre estas tecnologías, los cultivos de microalgas adquieren un gran protagonismo, al ser considerados eco-amigables, ya que reciclan eficientemente contaminantes desde medios líquidos y gaseosos. En comparación con otros sistemas de tratamientos, los cultivos de microalgas son considerados una tecnología de mediana complejidad, con desarrollo en escala de plantas pilotos (Flotats et al., 2011) debido a que al tratarse de organismos vivos involucra una serie de parámetros que deben ser considerados, evaluados, determinados y medidos para realizar con éxito un cultivo.

El lactosuero es uno de los principales residuos generados en la industria láctea, siendo también un importante contaminante ambiental, con una demanda biológica de oxígeno (DBO) desproporcionadamente alta en comparación con otros residuos, debido a su alto contenido de carbono orgánico disuelto (COD) (Girard et al., 2017). Además del elevado valor de nutrientes inorgánicos y materia orgánica presentes.

Se plantea la utilización y el cultivo de microalgas como un tratamiento alternativo a estos efluentes, justificada en su capacidad de eliminación de los contaminantes. Adicionalmente, los costes de construcción y operación son mucho más bajos que los tratamientos convencionales (Tafur y Estrada, 2015, p.94). Como valor agregado, estos sistemas no generan residuos sino biomasa de alto valor para ser usado en otras actividades como: la generación de energía, biocombustibles o biofertilizantes.



Así mismo, el tratamiento de aguas residuales en fotobiorreactores de microalgas, basados en la oxigenación fotosintética del proceso conlleva; una eliminación eficiente de contaminantes y una alta recuperación de nutrientes en forma de biomasa algal (Muñoz, 2019).

(Barrio & Marroquín, 2016), en su investigación realizada en España, refiere que las microalgas más comunes para un cultivo heterótrofo de microalgas, son *Chlorella sp.*, *Scenedesmus sp.* o *Muriellopsis sp.*, debido a sus principales cualidades como: buena supervivencia durante el cultivo, la tolerancia que presenta a los cambios ambientales, bajos costes del cultivo y la generación de subproductos para valores económicos. El elemento motor para estimular el uso de *Chlorella sp.* se ha debido primordialmente a que es una alternativa renovable y buena para satisfacer ampliamente la reglamentación en protección del ambiente (Martínez, 2012).

Lo anterior, justifica la ejecución de esta propuesta, puesto que se generará la posibilidad de mitigar el impacto ambiental causado por el lactosuero, y a la vez que se plantea una alternativa para revalorizar y darle una disposición final mucho más amigable con el medio ambiente.



4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la eficiencia de la microalga *Chlorella sp.* para la depuración de carga orgánica, nitrógeno y fosfato presentes en el lactosuero, mediante el diseño de distintos fotobiorreactores a escala de laboratorio.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- ❖ Evaluar la tasa de crecimiento de *Chlorella sp.* en diferentes concentraciones de lactosuero a escala de laboratorio.
- ❖ Diseñar prototipos de fotobiorreactores como medio de cultivo de la microalga *Chlorella sp* para la depuración de lactosuero.
- ❖ Determinar la incidencia de la forma del fotobiorreactor en la eficiencia de depuración de la carga orgánica, nitrógeno y fósforo.



5. MARCO REFERENCIAL

5.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

(Pedetti & Vaccaro, 2017), desarrollaron la investigación titulada: Utilización de microalgas para la potencial producción de polihidroxialcanoatos, para optar por el título de ingeniero/a en biotecnología en la Universidad ORT de Uruguay. Siendo uno de los objetivos del trabajo, evaluar el lactosuero como fuente de nutrientes para *Scenedesmus obliquus* con el objetivo de disminuir los costos en medios de cultivo y biorremediar este residuo. El primer paso que realizaron los autores, fue la búsqueda de un microorganismo capaz de crecer a una temperatura cercana a la ambiental y que fuese capaz de metabolizar el lactosuero, para la cual eligieron trabajar con *Scenedesmus Obliquus*; ya que, este organismo puede ser capaz de crecer en el lactosuero y sería útil para biorremediación de este desecho. Según los resultados obtenidos del estudio, les permitió asegurar que *S. obliquus* es capaz de crecer en mixotrofia y que la utilización de lactosuero como fuente de nutrientes adicional en el medio es beneficioso para su crecimiento. Además, a partir de los datos obtenidos se puede decir que por adicionar lactosuero en un 25% al medio de cultivo de las microalgas se logra obtener un 50% más de biomasa. Por lo que, con la elaboración de esta investigación se pudo observar que por medio de la utilización de microorganismos como las microalgas se puede utilizar el lactosuero para obtener otros productos de interés y a su vez tratar estos efluentes producidos por las industrias lácteas.

(Chaparro, 2017), desarrolló la investigación titulada *Evaluación del suero lácteo en la producción de biomasa y lípidos en la microalga Chlorella vulgaris a escala de laboratorio*, con el fin de optar al título Ingeniero Química, en la Fundación Universidad de América, en Bogotá, Colombia; con la finalidad de Evaluar el efecto del suero de leche en la producción de biomasa en la microalga *Chlorella vulgaris* a escala de laboratorio. Esta investigación se llevó a cabo en 4 etapas; en la primera etapa se realizó el inóculo, en la segunda etapa se varió la concentración de suero lácteo. La tercera etapa fue la repetición del ensayo con mayor producción de biomasa en un volumen superior y como cuarta etapa se desarrolló la extracción de los lípidos por medio del método Bligh & Dyer y el perfil lipídico por cromatografía de gases y analizar la composición de los lípidos obtenidos. Los resultados demostraron la adaptación de la microalga al medio

enriquecido con lactosuero diluido con agua destilada y a bajas concentraciones, cuyo efecto en los cultivos de la microalga fue la de aportar nutrientes como fuente de carbono para el crecimiento de estas. Este trabajo nos sirve de soporte en cuanto a la metodología que emplearon para realizar su objetivo y nos da una aproximación hacia los posibles resultados que podemos obtener en nuestra investigación.

(Olarte Gómez & Valencia Giraldo, 2016), desarrollaron la investigación titulada: Evaluación del uso de la microalga *Chlorella vulgaris* en el tratamiento de aguas residuales industriales (vinazas), en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, con la finalidad de evaluar la viabilidad de uso de la microalga *Chlorella vulgaris* para el tratamiento de vinazas, su adaptabilidad y capacidad de consumo de la materia orgánica presente. El autor utilizó fotobiorreactores cilíndricos de tipo airlift en el que probó diferentes diluciones del inóculo en vinaza con el fin de comprobar su efecto en la producción de biomasa algal. Posteriormente realiza la correspondiente cuantificación de la biomasa algal; nitrógeno y fósforo, por medio de espectrofotometría; de la DBO5 y DQO, a partir del método de Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; además de cuantificar los porcentajes de remoción alcanzados. Obteniendo resultados de porcentajes de remoción de fósforo, nitrógeno, DQO y DBO5 de 75,7%, 84,93%, y 30,92% respectivamente. Además, de conseguir una producción de biomasa de 0,086 g. Este trabajo representa un aporte teórico, por medio del cual se sustenta la viabilidad de usar la microalga *Chlorella sp* para el tratamiento de depuración, para remover fósforo, nitrógeno, DBO y DQO; parámetros presentes en el lactosuero, por lo que los resultados obtenidos nos sirven de base para nuestra investigación.

(Candela, 2016), desarrollaron la investigación titulada Las microalgas y el tratamiento de aguas residuales: conceptos y aplicaciones. en la Universidad Nacional Abierta y a Distancia, con la finalidad de realizar una revisión bibliográfica sobre el uso de microalgas en el tratamiento de aguas residuales, basada en publicaciones realizadas en Colombia y América Latina entre los años 2000 y 2015. En esta investigación se tuvieron en cuenta los aportes teóricos y análisis de resultados de cada una de las publicaciones estudiadas, sacando los datos de interés para la realización de esta monografía de grado. Se pudo constatar que las microalgas son efectivas y eficientes en el tratamiento de aguas residuales desde los distintos métodos de tratamientos que sean realizados con estas. Esta

investigación nos aporta datos de vital importancia acerca del uso del alga *Chlorella sp* y el efecto que esta tiene en el tratamiento de aguas residuales, como la remoción de nitrógeno, fósforo y carga orgánica.

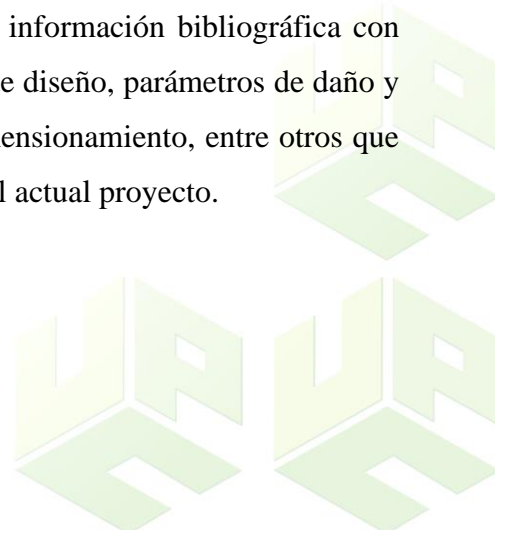
(Gonzales et al., 2019), desarrollaron la investigación titulada Diseño y simulación de un fotobiorreactor para el cultivo de la microalga *Chlorella Vulgaris*, en la Universidad Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, con la finalidad de diseñar y simular el comportamiento hidrodinámico del fluido dentro del fotobiorreactor, mediante la utilización del software ansys fluent para la ejecución de la simulación del fotobiorreactor de columnas de burbujas; los flujos utilizados para los análisis de entrada simulados fueron 800, 950 y 1000 L/h, flujos mayores a los utilizados regularmente, pero que de igual manera se sigue manteniendo el parámetro de velocidad por debajo de 50 cm/s. En el diseño se obtuvieron resultados como el crecimiento eficiente del cultivo gracias a la elevación del rendimiento de la biomasa por no existir muerte celular; que para diseños de este tipo un caudal superior a los 1000 L/h no es conveniente, ya que no se ajusta al modelo y que en cambio con 950 L/h se obtiene una distribución homogénea del cultivo del fotobiorreactor. Esta investigación nos aporta información relevante para los parámetros a tener en cuenta a la hora de realizar diseños de fotobiorreactores como lo son el tipo de material, dimensiones, la forma en que este puede ser diseñado, entre otros factores de gran relevancia.

(Fernandez, 2013), realizó la investigación titulada: Diseño, Montaje y Caracterización de Fotobiorreactores Airlift para cultivo de la microalga *Chlorella sorokiniana*; para optar al título de Ingeniero de Procesos, en la Universidad EAFIT de Medellín, Colombia; con la finalidad de evaluar un prototipo de fotobiorreactor airlift con la productividad y máxima concentración celular alcanzadas en el cultivo de la microalga *Chlorella sorokiniana*. El autor determinó las variables de diseño; las variables de operación, para el correcto funcionamiento y desempeño del fotobiorreactor construido; las variables de respuestas; además de, elegir que el material de los fotobiorreactores sería de polimetilmetacrilato. En esta investigación se tuvieron en cuenta variables como intensidad (40W y 20W) y color de la luz (blanco y azul+rosado), medio de cultivo (Bristol y Fertilizante triple 18), configuración del reactor (fotoperiodo luz/oscuridad e intensidad de burbujeo), además de la densidad celular máxima alcanzada. Los resultados



obtenidos de este estudio demostraron que *Chlorella sorokiniana* se adapta a medios con diferentes concentraciones. Además, Se obtuvieron mejores crecimientos con potencias de iluminación de 40W, alcanzando densidades celulares y productividades mayores que las obtenidas con una potencia de 20W; también se observó estadísticamente que el crecimiento con la luz de colores no es mejor que aquel con luz blanca; finalmente se concluyó que, no hay diferencias estadísticas entre un nivel de burbujeo de 53 L/h y 90 L/h. Esta investigación nos sirve de base al momento de estudiar las variables necesarias para el diseño, operación y mantenimiento de fotobiorreactores, alcanzando mejores resultados para el cultivo de la microalga.

(Galvan et al., 2014), desarrollaron la investigación diseño conceptual de un biorreactor para producir biocombustible a partir de microalgas, en la Universidad Popular del Cesar, con la finalidad de elaborar un diseño conceptual de un fotobiorreactor para la producción de biocombustible a partir del cultivo de microalgas *Chlorella vulgaris* a gran escala. Esta investigación se desarrolló en 3 etapas; estas fueron: ETAPA 1: en esta fase de la investigación los autores se encargaron de clarificar los objetivos y elaborar los parámetros críticos a partir de su tabla de riesgos. ETAPA 2: en segunda instancia se realizaron las especificaciones a tener en cuenta en la investigación, tales como: diseño y seguridad con sus requerimientos de diseño, los atributos y otras necesidades haciendo referencia a los equipos que fueron requeridos. ETAPA 3: Por último, las alternativas y soluciones. En esta etapa se buscaron las mejores alternativas existentes, teniendo en cuenta las variables de proceso y se efectuó la elaboración de diagramas de caja negra y cristal. los aportes directos al presente estudio son los factores que se tuvieron en cuenta para el diseño de fotobiorreactores, teniendo en cuenta información bibliográfica con datos relevantes a la hora de diseñar como sus criterios de diseño, parámetros de daño y muerte celular, control de temperatura, materiales y dimensionamiento, entre otros que sirven de soporte para el diseño de fotobiorreactores en el actual proyecto.





5.2. MARCO TEÓRICO

5.2.1. LACTOSUERO

El lactosuero es definido como “la sustancia líquida obtenida por separación del coágulo de leche en la elaboración de queso” (Foegeding & Luck, 2002). Es un líquido translúcido verde obtenido de la leche después de la precipitación de la caseína (Jelen, 2003).

La composición y tipo de lactosuero varía considerablemente dependiendo del tipo de leche, tipo de queso elaborado y el proceso de tecnología empleado. Aproximadamente 90% del total de la leche utilizada en la industria quesera es eliminada como lactosuero el cual retiene cerca de 55% del total de ingredientes de la leche como la lactosa, proteínas solubles, lípidos y sales minerales.

Entre los productos de exitosa aceptación debido a sus bajos costos de producción, grado de calidad alimenticia y aceptable sabor, se encuentran las bebidas refrescantes (Londoño et al., 2008), bebidas fermentadas, y alcohólicas, proteína unicelular, biopelículas, producción de ácidos orgánicos, concentrados de proteínas, derivados de lactosa entre otros (Koutinas et al., 2009)

5.2.1.1. Tipos de Lactosuero

Existen varios tipos de lactosuero dependiendo principalmente de la eliminación de la caseína, el primero denominado dulce, está basado en la coagulación por la renina a pH 6,5. El segundo llamado ácido resulta del proceso de fermentación o adición de ácidos orgánicos o ácidos minerales para coagular la caseína como en la elaboración de quesos frescos (Jelen, 2003).

Tabla 1. composición de lactosuero dulce y ácido

Componente	Lactosuero dulce (g/L)	Lactosuero ácido (g/L)
Sólidos totales	63,0- 70,0	63,0- 70,0
Lactosa	46,0- 52,0	44,0- 46,0
Proteína	6,0- 10,0	6,0- 8,0
Calcio	0,4- 0,6	1,2- 1,6
Fosfatos	1,0- 3,0	2,0- 4,5
Lactato	2,0	6,4
Cloruros	1,1	1,1

Fuente: (Panesar et al., 2007)



En cualquiera de los dos tipos de lactosuero obtenidos, se estima que por cada kg de queso se producen 9 kg de lactosuero, esto representa cerca del 85-90% del volumen de la leche y contiene aproximadamente el 55% de sus nutrientes (Liu et al., 2005).

5.2.1.2. Composición:

Tabla 2. contenidos en vitaminas del lactosuero

Vitaminas	Concentración (mg/ml)	Necesidades diarias (mg)
Tiamina	0,38	1,5
Riboflavina	1,2	1,5
Acido nicotínico	0,85	10-20
Acido pantoténico	3,4	10
Piridoxina	0,42	1,5
Cobalamina	0,03	2
Acido ascórbico	2,2	10-75

fuelle: (Linden & Lorient, 1996)

Este gran contenido de nutrientes genera aproximadamente 3,5 kg de demanda biológica de oxígeno (DBO) y 6,8 kg de demanda química de oxígeno (DQO) por cada 100 kg de lactosuero líquido (Muñi et al., 2005), siendo la lactosa, el principal componente de sólidos que contribuye a la alta DBO y DQO (Ghaly & Kamal., 2004; Mukhopadhyay et al., 2005; Koutinas et al., 2009).

Tabla 3. Composición en aminoácidos esenciales (g/100 g de proteína)

Aminoácido	Lactosuero	Huevo	Equilibrio recomendado por la FAO
Treonina	6,2	4,9	3,5
Cisteína	1,0	2,8	2,6
Metionina	2,0	3,4	2,6
Valina	6,0	6,4	4,8
Leucina	9,5	8,5	7,0
Isoleucina	5,9	5,2	4,2
Fenilalanina	3,6	5,2	7,3
Lisina	9,0	6,2	5,1
Histidina	1,8	2,6	1,7
Triptófano	1,5	1,6	1,1

fuelle: (Linden & Lorient, 1996)

Las proteínas de este subproducto de la industria quesera desempeñan un importante papel nutritivo como una rica y balanceada fuente de aminoácidos esenciales~26% (Ha & Zemel, 2003; Ibrahim et al., 2005) además, son de alto valor biológico (por su contenido en leucina, triptófano, lisina y aminoácidos azufrados),

5.2.2. Fotobiorreactores

Los primeros fotobiorreactores fueron propuestos por (Pirt et al., 1983), (Gudin & Chaumont, 1983), y (Torzillo et al., 1986). En la última década los fotobiorreactores

tubulares y de placas planas han recibido, entre otros, mucha atención, ya que permiten establecer cultivos de alta densidad celular, 3 o más veces en comparación con los sistemas convencionales de carrusel. Esto tiene ventajas como 1) facilidad para cosechar la biomasa, 2) mantenimiento del cultivo sin contaminación, 3) mejor control de las condiciones de cultivo y 4) menor inversión de capital en el fotobiorreactor. Este último factor es un elemento importante en el costo de producción de productos derivados de microalgas (Contreras et al., 2003).

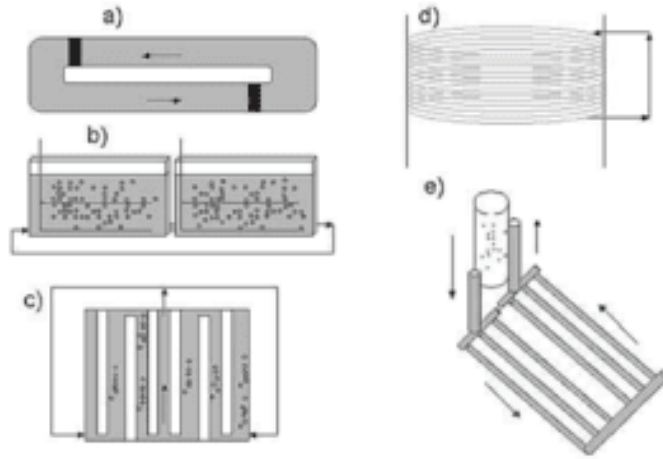


Ilustración 1. Tipos básicos de fotobiorreactores.

fuelle: Contreras et al., 2003.

a). corresponde a la vista superior de un fotobiorreactor de tipo carrusel, los bloques negros indican unas hélices para garantizar la circulación del medio de cultivo. b). vista horizontal de un fotobiorreactor de placas planas. c). fotobiorreactor con iluminación interna, las placas blancas indican zonas de luz. d). fotobiorreactor de tipo serpentín. e). de tipo tubular horizontal con sistema airlift.

5.2.2.1. Recomendaciones para el Diseño de Fotobiorreactores

(Contreras et al., 2003) recomiendan las siguientes consideraciones a la hora de diseñar un fotobiorreactor:

- 1- La trayectoria de la luz debe ser pequeña (2,5 cm)
- 2- Mantener una alta densidad celular (>8-15 g/l)
- 3- Un mezclado vigoroso para asegurar ciclos L/O de alta frecuencia
- 4- Usar tramos cortos de tubería (20-30 m) para evitar inhibición del crecimiento por acumulación de O₂
- 5- Evitar acumulación de sustancias inhibitorias

6- Mantener temperatura y pH óptimos

5.2.3. Microalgas:

Las microalgas son microorganismos fotosintéticos, pueden ser autótrofos o heterótrofos, con la aptitud de convertir la energía solar expuesta y reducir compuestos de carbono a través de la biofijación del Dióxido de carbono (Guaman & González, 2016).

En el proceso de la nutrición gran parte de los grupos de algas y microalgas son fotoautótrofos (Yoshihico, 2009, p.25-32), lo cual significa que su metabolismo está determinado por su aparato fotosintético, usando como primordial sustento de energía la luz solar y el Dióxido de Carbono como medio de obtención de carbono para la elaboración de carbohidratos. Así también el uso de nitrógeno, fósforo y hierro como nutrientes principales (Olarte Gómez & Valencia Giraldo, 2016), que contribuyen al desarrollo de las microalgas.

se conoce que las microalgas pueden desarrollarse en un amplio rango de sustratos, incluyendo aguas residuales provenientes de diversas industrias. Estos residuos proveen los nutrientes necesarios para el crecimiento y la producción de biomasa de las algas (Salama et al., 2017). Sin embargo, las aguas residuales difieren en su composición de una industria a otra, particularmente en sus contenidos de nitrógeno y fósforo totales, por lo que también puede variar su eficiencia en la producción de biomasa de microalgas (Wu et al., 2014).

5.2.3.1. Condiciones necesarias para el crecimiento de microalgas

Para que este propósito se lleve a cabo, es necesario que se den un número de condiciones garantizadas por parámetros como la iluminación, la temperatura, la salinidad y la aireación:

- Iluminación: fundamental para la fotosíntesis de las microalgas, por lo que no puede verse afectada por ningún obstáculo que impida su presencia.
- Temperatura: la reproducción celular es mucho mayor cuando se encuentran a temperaturas favorables y estables. Las microalgas, casi todas sus especies, crecen en temperaturas que oscilan entre los 10 y los 35°C, aunque el rango óptimo se sitúa entre los 16 y los 24°C.

- Salinidad: la mayoría de especies de microalgas marinas se reproducen en salinidades cercanas al 30% e incluye a todas las sales que se encuentran disueltas en el medio, además de los carbonatos y de los bicarbonatos.
- Aireación: permite que los nutrientes que se encuentran en el medio posean una mayor difusión, además de conservar la suspensión de las microalgas y de suministrar el dióxido de carbono (CO₂), que sirve como fuente para la fotosíntesis y la estabilidad del pH en los cultivos (Peña & Quiroz, 2013).

5.2.3.2. Crecimiento de microalgas.

El crecimiento de un cultivo de microalgas se expresa como el incremento de biomasa ya sea en forma de número de células (cél/mL), en peso seco (total y/o orgánico), calculado para un período de tiempo o una fase de crecimiento específica (Arredondo-Vega et al., 1997). Este incremento puede ser estimado por diferentes métodos, entre los cuales los más utilizados en los laboratorios son el recuento celular a través del microscopio o mediante contadores de partículas; así como, la determinación de los cambios de densidad óptica del cultivo por espectrofotometría. (Arredondo & Voltolina, 2007)

La edad del cultivo influye en la velocidad de crecimiento, es por ello por lo que las diferentes fases de crecimiento, pueden brindarnos parámetros como la velocidad específica de crecimiento, conocida también como tasa de crecimiento (μ) o el tiempo de duplicación (tg), para observar la forma en que cambia la concentración celular.

5.2.3.3. Microalga Chlorella

Chlorella, del filo Chlorophyta, es un género de microalgas verdes. Las células son esféricas, ovoides o elipsoidales, solitarias o formando colonias de hasta 64 células. Ciertas especies de Chlorella se cosechan como un alimento saludable para los seres humanos y el ganado. Se conocen por contener más de 20 vitaminas y minerales, incluyendo el complejo B, beta-caroteno, vitaminas C y E, hierro, calcio, hasta 70% de proteína. Además, contiene 19 de los 22 aminoácidos esenciales para el correcto funcionamiento del organismo.

Se encuentran ampliamente distribuidas en agua dulce y salada, en el suelo y hábitats subaéreos como planctónicas, edáficas o endosimbióticas. (Guaman & González, 2016)

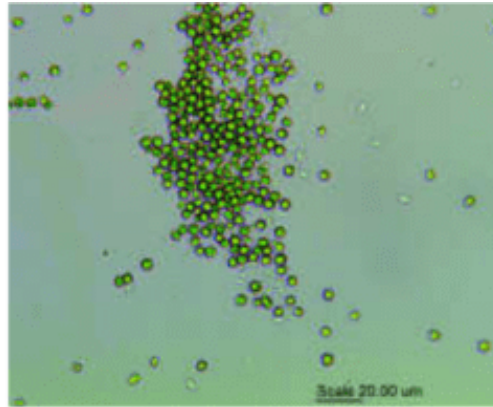


Ilustración 2. *Chlorella sp.*

fuelle: Guaman & Gonzales, 2016

Tabla 4. Composición bioquímica de la biomasa de *Chlorella spp.*

Componentes	Porcentaje
Perdidas por desecación	7-8
Nitrógeno total	6-7
Proteína bruta	51-58
Proteína verdadera	32-44
Carbohidratos	12-17
Fibra cruda	8-10
Lípidos	14-22
Cenizas	8-9
Ácidos nucleicos totales	4-5

Fuente: Andrade *et al.*, 2009

5.3. MARCO CONCEPTUAL (Glosario)

Aguas Residuales: Aguas procedentes de procesos productivos o del consumo humano. Previo tratamiento puede convertirse en aguas regeneradas susceptibles de reutilización si alcanzan los criterios de calidad adecuados para cada tipo de suelo. RAE

Aguas residuales domésticas: Son las procedentes de los hogares, así como las de las instalaciones en las cuales se desarrollan actividades industriales, comerciales o de servicios y que corresponden a descargas de los retretes y servicios sanitarios

Aguas residuales industriales: Aguas residuales vertidas desde locales utilizados para cualquier actividad comercial o industrial. RAE

Biomasa: Es la cantidad de materia acumulada en un individuo, un nivel trófico, una población o un ecosistema.



CO₂: Para que se produzca el crecimiento de las microalgas, es necesario que en el medio se encuentre una fuente de carbono inorgánico. El carbono constituye cerca del 50 % de la biomasa de la microalga.

Crecimiento: Incremento ordenado de todos los elementos componentes de ese sistema, lo cual implica un aumento de la masa celular que eventualmente conduce a la multiplicación celular.

Carga orgánica: Cantidad de materia orgánica biodegradable presente en el agua residual.

Carga inorgánica: Todas aquellas sustancias químicas que contienen algún átomo de carbono en su molécula.

Conductividad: La conductividad del agua es una expresión numérica de su habilidad para transportar una corriente eléctrica, que depende de la concentración total de sustancias disueltas ionizadas en el agua y de la temperatura a la cual se haga la determinación. El valor de la conductividad se usa mucho en análisis de agua para obtener un estimativo rápido del contenido de sólidos disueltos.

DBO: Mide la cantidad de oxígeno disuelto consumido, bajo condiciones preestablecidas por la oxidación microbiológica de la materia orgánica presente en el agua. Existen diferentes condiciones preestablecidas para determinar este parámetro, pero la más frecuente es la DBO₅.

DQO: Es una medida de la cantidad de oxígeno disuelto consumido, bajo condiciones preestablecidas por la oxidación química de la materia orgánica biodegradable presente en el agua.

Eutrofización: Proceso natural y/o antropogénico que consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes, a un ritmo tal que no puede ser compensado por la mineralización total, de manera que la descomposición del exceso de materia orgánica produce una disminución del oxígeno en las aguas profundas.

Foto Autótrofos: Son organismos que dependen de la luz como fuente de energía y con ella fabricar moléculas orgánicas a partir de moléculas inorgánicas. Este proceso es



conocido como fotosíntesis y, por lo general, estos seres representan la base de la cadena alimenticia.

Fotobiorreactores: Los fotobiorreactores son dispositivos que utilizan la luz como fuente de energía para cultivar microorganismos fototróficos. Estos organismos utilizan la fotosíntesis para generar biomasa a partir de la luz y el CO₂.

Lactosuero: Es el líquido que se obtiene tras la coagulación de la leche en la elaboración del queso, una vez que se separa la cuajada (caseína y grasa) del queso.

Luz: Uno de los factores más importantes para el crecimiento de las microalgas es la intensidad lumínica. El sistema de cultivo ha de estar permanentemente recibiendo intensidad lumínica. La iluminación puede provenir de luz artificial, luz solar o ambas.

Microalgas: Son microorganismos unicelulares que tienen la capacidad de realizar la fotosíntesis. Esto es, son capaces de generar biomasa orgánica a partir de CO₂ y luz.

Nutrientes: Para que las microalgas puedan crecer, es necesario que se encuentren en un medio con nutrientes de disolución. Los nutrientes fundamentales para el crecimiento de las microalgas son el carbono, el nitrógeno y el fósforo.

pH: Igual que con los otros parámetros, cada especie necesita un rango específico de pH distinto para un crecimiento óptimo. Aun así, el rango de pH para la mayoría de los cultivos se encuentra entre 7 y 9.

Sistemas cerrados: Los sistemas cerrados mantienen el cultivo totalmente aislado del ambiente exterior, por lo tanto, el medio que se encuentra en el interior no está en contacto con la atmósfera. Este aislamiento del medio externo supone una reducción total de la contaminación e invasión de especies externas, un mayor control en las condiciones de cultivo y una mayor rentabilidad.

Temperatura: La producción de las microalgas aumenta proporcionalmente con la temperatura hasta llegar a un valor óptimo de crecimiento. La temperatura óptima de crecimiento varía de una especie a otra.

Vertimiento: es la descarga final de elementos, sustancias o compuestos contenidos en un medio líquido a un cuerpo de agua, alcantarillado o al suelo.

5.4. MARCO CONTEXTUAL (localización Geográfica)

El trabajo se desarrollará en los laboratorios de la sede Tecnoparque del SENA; ubicado en calle 13c #16-29 en Valledupar, Cesar.



Ilustración 3. Ubicación geográfica de los laboratorios de Tecnoparque

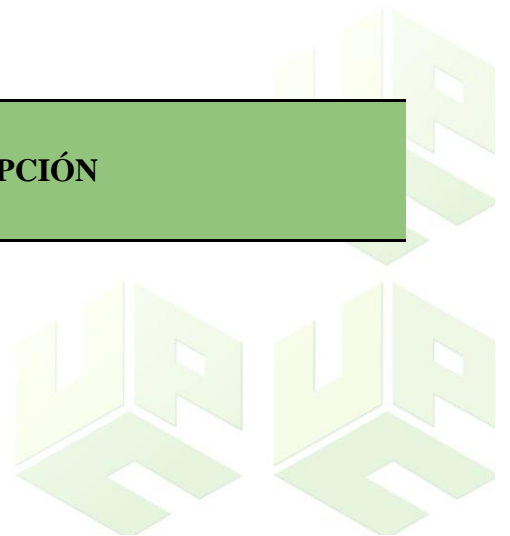
fuelle: Google Maps

La red Tecnoparque es un programa de innovación tecnológica del Servicio Nacional de Aprendizaje dirigido a todos los colombianos, que actúa como acelerador para el desarrollo de proyectos de investigación, desarrollo e innovación. Cuenta con un equipo multidisciplinario con gran experiencia en el acompañamiento de proyectos.

5.5. MARCO LEGAL

Tabla 5. Normatividad

NORMATIVA	DESCRIPCIÓN
-----------	-------------



Artículo 79 de la Constitución Política de Colombia	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que pueda afectar. Es deber del estado proteger la diversidad y la integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.
Artículo 80 de la Constitución Política de Colombia	El estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.
Ley 23 de 1973	Principios fundamentales sobre prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo y otorgó facultades al presidente de la República para expedir el Código de los Recursos Naturales
Ley 9 de 1979	Por el cual se dictan medidas sanitarias.
Artículo 5 de la ley 99 de 1993	Establece que el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible tiene entre sus funciones, regular las condiciones generales para el saneamiento del medio ambiente y dictar regulaciones de carácter general tendientes a controlar y reducir la contaminación hídrica en todo el territorio nacional (numerales 2 y 11).

Capítulo 6 Decreto 1594 de 1984	Del vertimiento de los residuos líquidos. El control se realiza a partir de la medición de la concentración de las sustancias descargadas a los cuerpos de agua y que afectan la calidad del agua. A partir de lo dispuesto en esta Resolución la medición de las sustancias contaminantes se realizará en mg/L.
Decreto 3100 de 2003	Por medio del cual se reglamentan las tasas retributivas por la utilización directa del agua como receptor de los vertimientos puntuales y se toman otras determinaciones
Decreto 3930 de 2010	Presidente de la República de Colombia. (2010). Decreto 3930, “Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones.
Capítulo 3 Decreto 1076 de 2015	Ordenamiento del recurso hídrico y vertimientos. Por el cual se reglamenta parcialmente el Título I de la Ley 9ª de 1979, así como el Capítulo II del Título VI -Parte III- Libro II del Decreto-ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y se dictan otras disposiciones. Deroga el decreto 3930 de 2010. Deroga partes del decreto 1594 de 1984 que no habían sido derogados por el 3930.

Capítulo 4 Decreto 1076 de 2015	Registro de usuarios del recurso hídrico. Establece todo lo relativo a permiso para aprovechamiento o concesión de aguas, normas específicas para los diferentes usos dados al recurso hídrico. Deroga el decreto 1541 de 1978. Igualmente se deroga el decreto 303 de 2012 que reglamentó parcialmente el artículo 64 del Decreto - Ley 2811 de 1974., en relación con el registro de usuarios del recurso hídrico.
Capítulo 6 Decreto 1076 de 2015	Tasas por utilización del agua. Por el cual se reglamentó el artículo 43 de la Ley 99 de 1993 sobre tasas por utilización de aguas y se adoptan otras disposiciones. Deroga el decreto 155 de 2004.
Capítulo 7 Decreto 1076 de 2015	Tasas retributivas por vertimientos puntuales al agua. Por el cual se reglamentó la tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de los vertimientos puntuales, y se toman otras determinaciones. Deroga el Decreto 2667 de 2012.
Resolución 1431 de 2004	por la cual se reglamenta el artículo 12 del Decreto 3100 de 2003, sobre Planes de Saneamiento y Manejo de Vertimientos, PSMV, y se adoptan otras determinaciones.
Resolución 1207 de 2014	Por la cual se adoptan disposiciones relacionadas con el uso de aguas residuales tratadas



Resolución 0631 de 2015	Por la cual se establecen los parámetros y los valores límites máximos permisibles en los vertimientos puntuales a cuerpos de agua superficiales y a los sistemas de alcantarillado público y se dictan otras disposiciones.
Resolución 0883 de 2018	Disposiciones aplicables a los vertimientos puntuales de aguas residuales.
CONPES 3676 DE 2010	Tiene por objeto consolidar la política sanitaria y de inocuidad para las cadenas de leche y carne bovina.

Fuente: Autores, 2021



6. MARCO METODOLÓGICO

6.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Línea de Investigación: Sostenibilidad y Gestión Ambiental

Sublínea o eje temático: Gestión integral de los Residuos Sólidos y Líquidos

6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La investigación que se llevará a cabo será de tipo aplicada; buscando determinar la eficiencia de la microalga *Chlorella sp.* para la depuración de lactosuero.

6.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Los niveles aplicados en esta investigación son de carácter descriptivo y experimental. Ya que la investigación descriptiva procura brindar una buena percepción del funcionamiento de un fenómeno y de las maneras en que se comportan las variables, factores o elementos que lo componen. (Wynarczyk, 2001) la investigación experimental según Grajales, 2000; se basa en la manipulación de una o más variables experimentales con el propósito de entender el porqué de una situación.

6.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

La población del proyecto corresponde al lactosuero producido por el sector lácteo de la ciudad de Valledupar.

6.5. MUESTRA POBLACIONAL

Las muestras de lactosuero fueron tomadas en una quesería artesanal ubicada en Diagonal 21 #25-21 de la ciudad de Valledupar

Con respecto a la muestra de la microalga, se aisló de una muestra de agua obtenida del humedal María Camila, debido a la facilidad que tiene *Chlorella* para adaptarse a distintos medios.



Ilustración 4. Ubicación Geográfica Humedal María Camila; Valledupar, Cesar.
Fuente. Google Maps, 2022

6.7. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para El Desarrollo Del Primer Objetivo: determinar la mejor concentración de Lactosuero para el crecimiento de *Chlorella sp.*

Se desarrolló un Diseño Completamente al azar, empleando como variable independiente la concentración de lactosuero y como variable dependiente la tasa de crecimiento de la microalga.

Para El Desarrollo Del Tercer Objetivo: realizar la evaluación de la incidencia de la forma del fotobiorreactor en el crecimiento de la microalga *Chlorella sp.* y la depuración del lactosuero; se tuvieron en cuenta 3 formas de fotobiorreactores, de placa plana, tubular vertical y hexagonal; los cuales se encontraron bajo las mismas condiciones de luz y aireación. Se establecieron 3 tratamientos control, bajo las mismas condiciones que los demás tratamientos, aunque sin presencia de la microalga; se desarrollarán 3 repeticiones.

Teniendo en cuenta que la Variable independiente será la forma del fotobiorreactor y la variable dependiente será la eficiencia de remoción de la DBO, DQO, N y P.

Diseño Experimental: Diseño Completamente al Azar

TC1: Tratamiento Control forma Tubular

TC2: Tratamiento Control forma Placa Plana

TC3: Tratamiento Control forma Hexagonal

T1: Tratamiento forma Tubular

T2: Tratamiento forma Placa Plana

T3: Tratamiento forma Hexagonal

En la realización del procesamiento y análisis de la información se elaborará por medio de la varianza estadística ANOVA como también la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%, empleando el programa Minitab.

6.7. DESARROLLO METODOLÓGICO

El proyecto se desarrolló en 3 etapas:

6.7.1. Etapa 1: Evaluar la tasa de crecimiento de *Chlorella sp.* en diferentes concentraciones de lactosuero a escala de laboratorio

Actividad 1.1. Aislamiento de la microalga Chlorella sp

Descripción: Ya que se requería obtener un cultivo puro de la *Chlorella sp.* Se empleó el método de aislamiento por agotamiento en estrías; con el objetivo de obtener un número reducido de las microalgas, distribuidas en colonias individuales.

Se agregaron 4g de Agar en 200 ml de Medio Basal de Bold. Al solidificar el Agar en las cajas de Petri, se procedió a hacer el respectivo aislamiento por agotamiento en estrías con ayuda del asa.

Procedimiento aislamiento por agotamiento en estrías:

Esteriliza el asa flameándola en un mechero hasta volverse roja; al enfriarse, se tomó el inóculo de la muestra con las microalgas y se transfirió a la superficie de la placa con agar, extendiéndose formando estrías muy juntas en una pequeña porción de la placa.

Se flameó nuevamente el asa y se enfrió. Se toma como inóculo el obtenido mediante las estrías sembradas anteriormente; extendiéndose en una porción virgen, formando una segunda tanda de estrías que no toquen la primera. Se repite el mismo proceso; sin embargo, se emplea como inóculo la segunda tanda de estrías.

Se flamea el asa y se enfría. Se repite el mismo proceso; pero empleando como inóculo el de la tercera tanda de estrías. Se cubre con su tapa, se invierte y se coloca en un lugar donde tuviera contacto con la luz solar (Sanz, 2011).

Para la observación de la microalga *Chlorella* sp en los cultivos, se eligieron las cajas de petri en las cuales se observó crecimiento de algas. La identificación de las células se llevó a cabo teniendo en cuenta las características morfológicas más sobresalientes del género: alga verde unicelular inmóvil de forma elipsoidal Des Abbayes et al., (1989), Infante et al., (2012), Moronta et al., (2006)

Transcurridos 14 días, se procedió a observar en el microscopio, para determinar las microalgas presentes en los cultivos de la muestra de agua. Luego de la identificación de la microalga, se procedió a la realización de subcultivos sucesivos y posteriormente su crecimiento en reactores a condiciones de luz, aireación y nutrientes controlada.

Actividad 1.2. Preparación del inóculo

Para cumplir con las necesidades nutricionales de *Chlorella* sp. Se preparó un medio de cultivo llamado bold basal, al cual se le realizó una modificación a la solución de microelementos para adaptarlo a las necesidades de la microalga.

1. Se observaron las muestras de agua al microscopio, para asegurar la presencia de microalgas.
2. Se preparó el Medio Basal de Bold (BBMM):

Tabla 6. Reactivos para preparar el Medio Basal de Bold (BBM)

COMPONENTE	POR LITRO
KH_2PO_4	175mg
CaCl_2	25mg
MgSO_4	75mg
NaNO_3	250mg
K_2HPO_4	75mg
NaCl	25mg
H_3BO_3	11.42mg
SOLUCIÓN DE MICROELEMENTOS	1ml
SOLUCIÓN 1	1ml
SOLUCIÓN 2	1ml

SOLUCIÓN 1

EDTA 50g/L

KOH 3.1g/L

SOLUCIÓN 2

FeSO₄ 4.98g/L

H₂SO₄ 1ml/L

Solución De Microelementos: Se procedió a agregar una cantidad de suelo recolectado de diferentes puntos, mezclarla con agua y dejarla en agitación constante, con el fin de obtener los minerales presentes en este. Posteriormente se le realizó un filtrado primero con un pañuelo y finalmente con papel filtro.

Se agregaron 20 ml de la muestra de agua en 500 ml del medio Basal de Bold.

Actividad 1.3. Medio y condiciones de crecimiento.

Se realizó el montaje de los reactores en frasco de vidrio con diferentes concentraciones de lactosuero en iguales condiciones; con el fin de apreciar si las microalgas presentes en las muestras de agua se adaptan a las condiciones que éste le proporciona. El volumen de los biorreactores era de 200 ml; además se le agregó 10 ml de la muestra de agua con microalgas:

Tabla 7. Condiciones de tratamiento con diferentes concentraciones de lactosuero

Concentración de lactosuero	Volumen de Lactosuero (ml)	Concentración de agua destilada	Volumen de agua destilada (ml)
0%	0	100%	200
20%	40	80%	160
40%	80	60%	120
60%	120	40%	80
80%	160	20%	40
100%	200	0%	0

Fuente: Autores, 2021

Por otra parte, se mantuvo la aireación de éste por medio de bombas de pecera y se midieron las características físicas del lactosuero; como pH, conductividad y Temperatura.

Actividad 1.4. Evaluación de las concentraciones de lactosuero en el crecimiento de la microalga.

Determinación de la concentración de las células de microalga

Para medir el crecimiento de la microalga para cada concentración se llevó a cabo por 2 métodos:

Recuento en Cámara de Neubauer; siguiendo la metodología descrita por *Arredondo B. Voltolina D. (2007)*, utilizamos el cuadro central, el cual está dividido en 25 cuadros más pequeños, en el que se consideraron 5 al azar. Calculamos la concentración celular empleando la siguiente fórmula:

$$C = \left[\frac{(N/4)}{10^{-6}} \right] \cdot dil \quad (1)$$

En donde:

C = cel/ml

N = promedio de células presentes en los 5 cuadrados pequeños seleccionados del cuadro central

4×10^{-6} = corresponde al volumen de la muestra expresado en cm^3 (ml) sobre el área de los cuadros pequeños la cual equivale a $0,004 \text{ mm}^3$ ($0,004 \mu\text{L}$) ($0,2 \times 0,2 \times 0,1$).

dil = factor de dilución

Densidad Óptica: Por medio de un espectrofotómetro se midió la absorbancia a 535 nm a cada muestra; ya que trabajamos con diferentes concentraciones de lactosuero/agua destilada, se prepararon las correspondientes soluciones con cada una de las concentraciones, las cuales fueron tomadas como blancos a la hora de realizar la toma de datos.

Determinar las tasas de crecimiento.

Las tasas de crecimiento se calcularon utilizando las concentraciones celulares (cel/ml) obtenidas al comienzo del tratamiento y al final de la fase de crecimiento exponencial.

Debido a que la mayoría de microalgas se reproducen mediante división binaria, la tasa de crecimiento se puede obtener directamente en número de divisiones celulares o de duplicaciones diarias de biomasa, utilizando la siguiente ecuación descrita por *Arredondo B. Voltolina D. (2007)*:

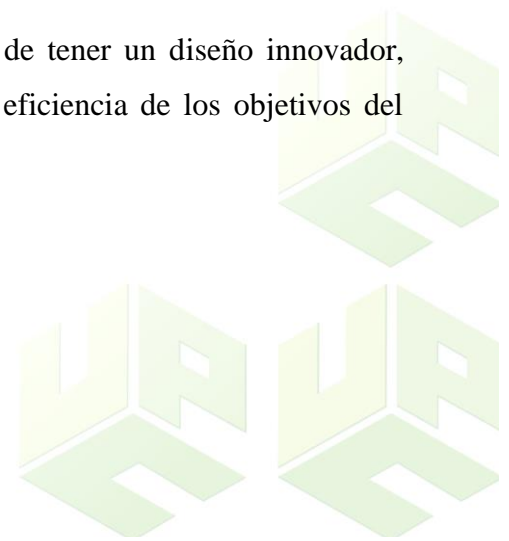
$$\mu = [\ln (X2/X1)/\ln 2]/(t2 - t1) \quad (2)$$

Etapa 2: Diseñar prototipos de fotobiorreactores como medio de cultivo de la microalga *Chlorella sp* para la depuración de lactosuero.

Se emplearon 3 prototipos de fotobiorreactores, diseñados con el programa Autocad, de tal forma de obtener un volumen un poco mayor de 2 L. Por otra parte, se mantuvieron fotoperiodos de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad; con una temperatura de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ y pH entre 6-8, que según la bibliografía son condiciones en las que crece favorablemente *Chlorella sp*. Además, se llevaron a cabo 3 repeticiones de cada tratamiento. Los diseños usados para elaborar los fotobiorreactores son los siguientes:

Diseño Fotobiorreactor Hexagonal: Es posible hallar hexágonos en diferentes ámbitos de la naturaleza. Los panales de las abejas, por ejemplo, se forman con celdas de cera que tienen estructura hexagonal.

Este diseño ha sido propuesto con la finalidad de tener un diseño innovador, versátil y con una proyección de gran potencial en la eficiencia de los objetivos del proyecto.



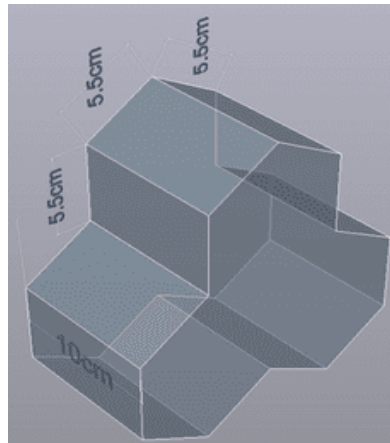


Ilustración 5. Diseño Fotobiorreactor Hexagonal

Fuente: Autores, 2022

Diseño Fotobiorreactor de Placa Plana: Los reactores de placas planas, también conocidos como Flat Plat Reactors tienen un diseño simple que busca un uso eficiente de la luz. Este tipo de fotobiorreactores están formados por dos láminas de materiales transparentes, generalmente de plástico, entre las que se agita el cultivo mediante sistemas mecánicos o neumáticos. El espacio entre las láminas está comprendido entre 1 y 20 centímetros, de altura pueden llegar hasta los 2 metros. Este tipo de fotobiorreactores, está la de posibilitar grandes superficies de cultivo expuestas a la luz por unidad de superficie de terreno. Las concentraciones de O₂ disuelto son bajas y las eficiencias fotosintéticas que se alcanzan son altas. También, se tiene como ventajas la alta productividad y una distribución uniforme de la luz.

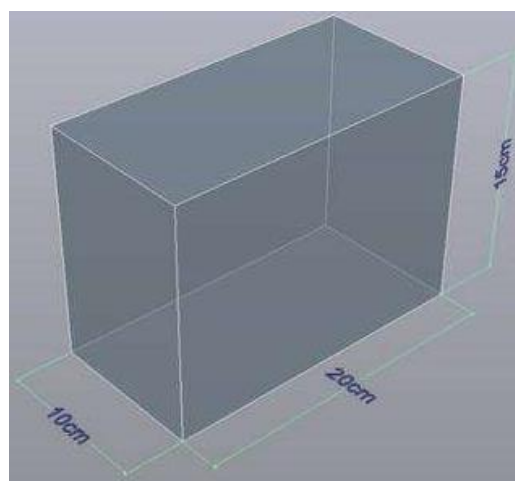


Ilustración 6. Diseño Fotobiorreactor de Placa Plana

Fuente: Autores, 2022

Diseño Fotobiorreactor Tubular vertical: Este tipo de fotobiorreactores tienen una baja acumulación de oxígeno, facilidad de esterilizar y un elevado control de parámetros de operación. Las ventajas de este fotobiorreactor son: alta transferencia de masa, buena mezcla, bajo consumo de energía, excelente escalabilidad, entre otros. Dentro de la categoría de fotobiorreactores cerrados, las columnas son fáciles de construir ya que gracias a su forma cilíndrica la luz se puede distribuir de forma más eficiente y se soporta bien la presión en la base.

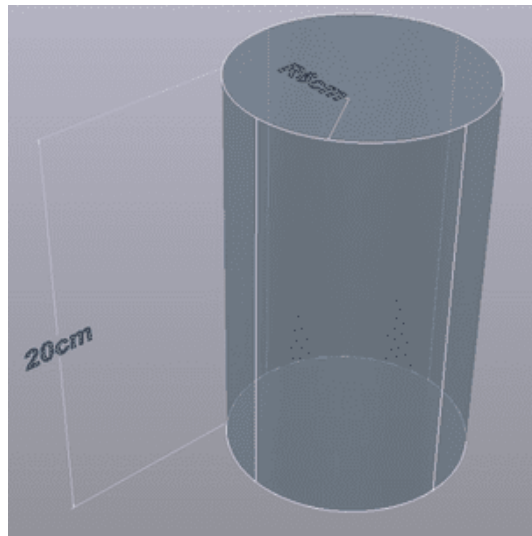


Ilustración 7. Diseño Fotobiorreactor Tubular

Fuente: Autores, 2022

Los fotobiorreactores fueron elaborados de acrílico transparente, siendo este un material impermeable, resistente y de bajo costo.

6.7.1. Etapa 3: Determinar la incidencia de la forma del fotobiorreactor en la eficiencia de depuración de la carga orgánica e inorgánica

Actividad 3.1. Análisis Físico-Químico

En los laboratorios de Tecnoparque se desarrollaron las correspondientes pruebas para determinar las concentraciones antes y después del tratamiento con la microalga *Chlorella sp.*; sin embargo, el laboratorio no cuenta con los equipos necesarios para realizar las pruebas de DBO5, DQO y Fósforo, por lo que estas pruebas fueron realizadas en el laboratorio ambiental de Nancy Flores. Por otra parte, se llevó a cabo el seguimiento del pH y conductividad de las muestras durante el procedimiento.

Determinación de DBO - IDEAM

- Se llena la garrafa con agua destilada, la necesaria para el análisis, teniendo en cuenta que el gasto aproximado es de 300 mL por botella winkler y van a utilizar, 3 botellas para blanco, 3 botellas para cepa más agua de dilución, 3 botellas para estándar, 4 botellas para muestras y 1,5 L adicionales.
- Se reserva el volumen de agua destilada desde el día anterior.
- El agua se airea por dos horas mínimo, utilizando la bomba de los acuarios, que se encuentra disponible en el lugar de trabajo.
- Se verifica que la temperatura del agua de dilución sea de $20 \pm 30C$.
- La temperatura debe ser controlada, midiendo con el oxímetro a una muestra que se toma en una botella Winkler, repita el proceso hasta llegar a $19^{\circ}C$.
- Se agrega 1 mL de cada una de las siguientes soluciones, por cada litro de agua de dilución a preparar: Solución tampón de fosfatos, Solución de sulfato de magnesio, Solución de cloruro de calcio, Solución de cloruro de hierro (III).

Criterios para determinar la dilución aproximada de la muestra

Tabla 8. criterios para determinar la dilución aproximada de la muestra para prueba de DBO5

Tipo de muestra	mililitros de muestra
Residuales domésticas crudas fuertes	0,3 – 0,6 – 1,0
Residuales domesticas crudas normales	0,5 – 1,0 – 1,5
Residuales domesticas(estructuras intermedias)	1,0 – 2,0 – 3,0
Residuales domesticas tratadas (funcionamiento regular)	2,0 – 5,0 - 10
Residuales domesticas tratadas (funcionamiento normal)	5 – 10 – 20
Residuales domesticas tratadas (excelente funcionamiento)	10 – 20 - 50
Residuales lácteas, licores, cervecerías, gaseosas.	Aplicar la fórmula
Aguas superficiales parcialmente contaminadas	5,050
Aguas superficiales no contaminadas	50 – 70 – 90 - 100

El porcentaje se refiere al volumen adicionado por cada 100 mL de la botella winkler.

fuelle: IDEAM

Alistamiento general:

- Se preparan 3 botellas por cada muestra, blanco, blanco con cepa y estándar a procesar.
- Se diligencia y se registra el valor de 293 mL que corresponde al valor promedio de las botellas del laboratorio (293 ± 4 mL), registra también el volumen de la



alícuota que se tomará de la muestra y la dilución previa realizada en balón aforado si esta fuera necesaria de acuerdo a los criterios dados en 10.2.

- Fueron agregados 2 mL de la Cepa o Semilla.

Lectura en blanco:

- Se preparan tres botellas Winkler Rotule las botellas como “Blanco” y la fecha de análisis.
- Se añade agua de dilución hasta la mitad del cuello de la botella.
- El equipo debe ser calibrado.
- Se procede a leer el oxígeno inicial de los blancos, llenando totalmente y dejando el sello hidráulico (pequeña película de agua para impedir el intercambio de oxígeno entre la botella y el ambiente).
- Se leen las otras dos botellas de blancos como muestras y se registran los datos en el formato TF 0025 y se incuban a $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por cinco días.
- Se utiliza una de las botellas de blanco para calibrar el oxímetro al quinto día y lea el Oxígeno disuelto residual de los blancos, blanco con cepa, estándares y muestras.

Lectura de blanco con adición de cepa:

- Se preparan tres botellas Winkler.
- Rotulan tres de las botellas como “Estándar 198 mg/L” (Estándar 19,8 mg/L este estándar no se procesa como control hasta que se autorice su utilización) y la fecha de análisis.
- se añaden 2 mL de cepa o semilla.
- Luego 6 mL del estándar correspondiente.
- Y por último agua de dilución solamente hasta la mitad del cuello de la botella.
- Se lee el oxígeno inicial de los estándares, lleno totalmente dejando el sello hidráulico (pequeña película de agua para impedir el intercambio de oxígeno entre la botella y el ambiente)
- Los datos se registran y posteriormente se incuban a $20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ por cinco días.
- Se leen los datos del oxígeno disuelto residual a los 5 días de incubación.

Procesamiento de la muestra:

- Después de establecer la cantidad de muestra que necesita de acuerdo a las diluciones a realizar, se agita la muestra para homogeneización completa y sirva



en un vaso de precipitados la muestra, el pH de la muestra se ajusta entre 6,5 y 7,5 con ácido sulfúrico 1 M o hidróxido de sodio 1 M, según sea el caso, dosificando estos reactivos con una pipeta Pasteur que se dosifica en gotas muy pequeñas. (Punta en buen estado)

- Se prepararon cuatro botellas Winkler
- Cada una de estas debe ser rotulada con el número de muestra, la dilución correspondiente y la fecha de análisis. Para determinar la dilución aproximada siga los criterios de dilución de muestras.
- Se adiciona a cada botella la cantidad de muestra que se ha establecido, si se requiere hacer dilución realízala en un balón aforado clase A ó B, estas se agitan y se sirven en la botella la cantidad requerida.
- Se adicionan 2 mL de cepa.
- Posteriormente agua solamente hasta la mitad del cuello de la botella.
- los datos del oxígeno inicial de las cuatro botellas de muestra se leen y se llenan totalmente dejando el sello hidráulico (pequeña película de agua para impedir el intercambio de oxígeno entre la botella y el ambiente)
- Se registran los datos y se incuban a 20° +/- 3 °C por cinco días.
- Al quinto día se leen los datos obtenidos del Oxígeno disuelto residual
- Y por último se procede a calcular la DBO5 con los resultados obtenidos.

Procesamiento de datos y cálculo de resultados

Se efectúan los cálculos por medio de la ecuación:

$$DBO5 \text{ mgO}_2/L = \frac{(OD \text{ consumido} - \text{consumo cepa})}{V_m} * V \quad (3)$$

OD consumido: OD_i – OD_r OD

consumo cepa: OD_i (agua de dilución + cepa) – OD_r (agua de dilución + cepa)

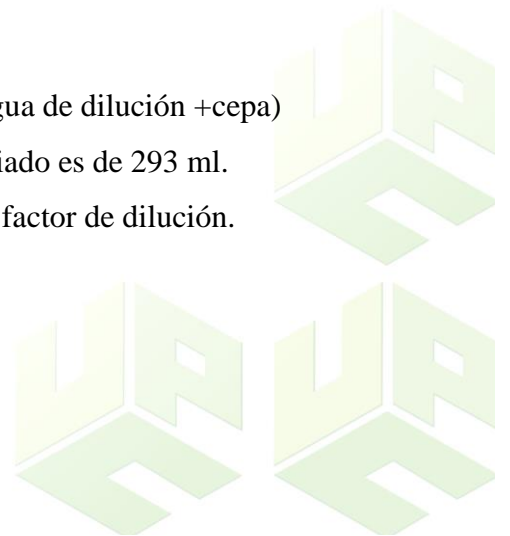
V = Volumen de la botella Winkler, que el valor promediado es de 293 ml.

V_m = Volumen de alícuota de la muestra afectada por el factor de dilución.

Determinación de DQO - IDEAM

Procedimiento:

- Medir el volumen de muestra (2.5ml)
- Se adiciona el reactivo de digestión (1.5ml).
- Luego el reactivo de ácido sulfúrico (3.5ml).



- El digestor se calentó por 20 minutos (a 150°C) antes de colocar los tubos o celdas de digestión; y luego se colocan los tubos en digestión por 2 horas.
- Se dejaron enfriar las muestras, se calibró el equipo con el blanco (espectrofotómetro) a $\lambda = 610nm$ se leyó la absorbancia y luego se halló la concentración en mg/L de la DQO de la muestra con la curva de calibración.

Cálculo de la concentración de Nitrógeno

El método Kjeldahl consta de 3 etapas, descritas por *PanReac AppliChem* de la siguiente forma:



Ilustración 8. Digestor Kjeldahl Velp Scientific DK 6 (izquierda). Destilador Kjeldahl Velp Scientific UDK 129 (Derecha).

Fuente: Autores, 2022

Digestión:

En el tubo del digestor se introducen 2 tabletas, siendo una un catalizador y la otra un antiespumante, posteriormente se agregan por las paredes del tubo 15 ml de ácido sulfúrico concentrado, se agitó la muestra homogéneamente y seguidamente se adicionaron 20 ml de esta. Se bajan las campanas del digestor y se programó con los siguientes tiempos y temperaturas:

Set 1: 15 min – 150°C

Set 2: 45 min – 200°C

Set 3: 15 min- 300 °C

Los vapores de agua y ácido sulfúrico se burbujan a través de una solución de hidróxido de sodio (lavador de gases o scrubber) para ser neutralizados. Cuando la muestra pasó a ser totalmente transparente con un ligero color azul debido al Cu del catalizador, se dejó enfriar a temperatura ambiente para proseguir a la unidad de destilación.

Destilación:

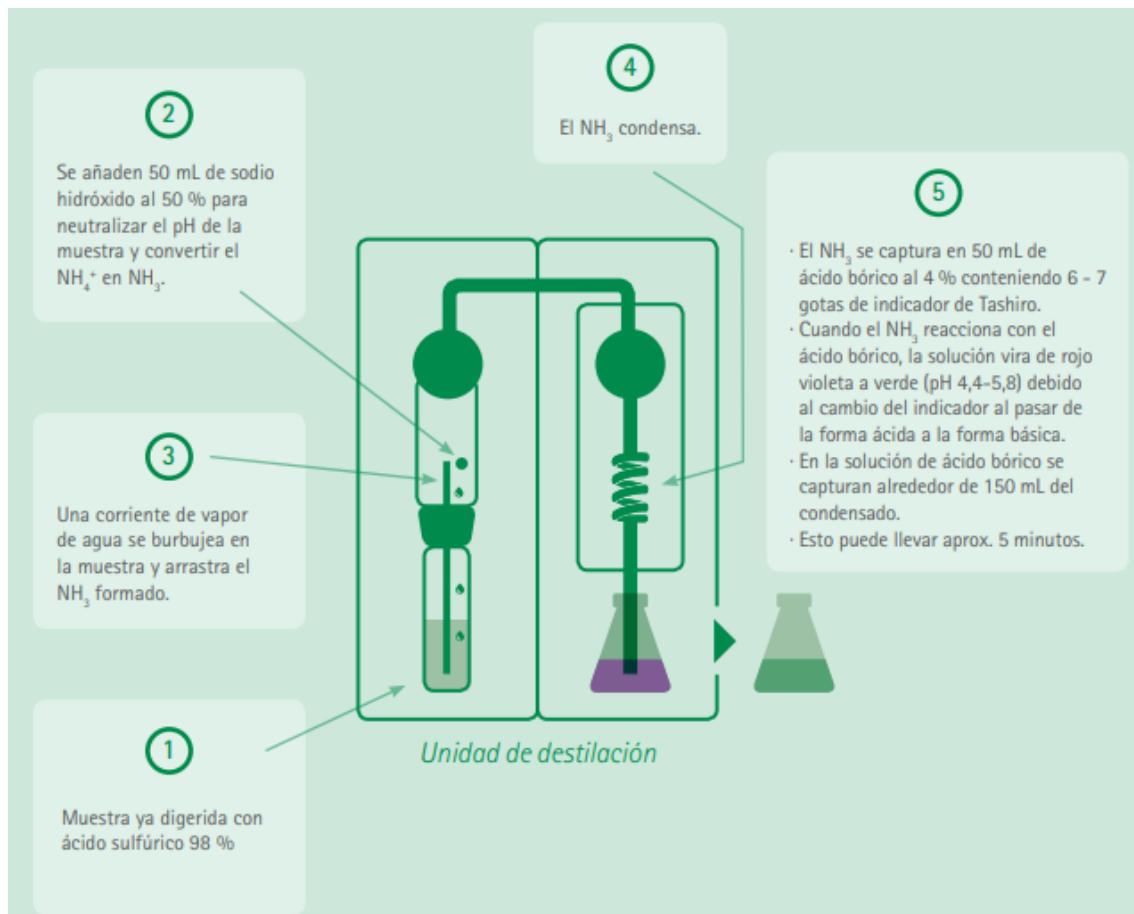


Ilustración 9. Etapa de Destilación del Método de determinación de Nitrógeno Kjeldahl

Fuente: PanReac AppliChem

Valoración:

Debido a que se utilizó el ácido bórico como solución absorbente, posteriormente se llevó a cabo una valoración ácido-base utilizando una solución estandarizada de ácido sulfúrico H_2SO_4 a 0,2N; hasta que la solución tuvo un ligero color violeta. Finalmente,

con el volumen y concentración del H₂SO₄ gastado en la valoración se calculó el % de Nitrógeno presente en la muestra, con la ecuación:

$$\%Nitrógeno = \frac{(ml \text{ ácido valorante} - ml \text{ blanco}) \times N \text{ del ácido} \times 1,4007}{\text{peso de la muestra en gramos}} \quad (4)$$

Cálculo de la concentración de fósforo

Para la medición colorimétrica de fósforo total se empleó el método del ácido ascórbico, por su rapidez y confiabilidad (sección 4-113 del libro Standard Methods).

- El método consiste en la medición de un compuesto formado por la reacción del ion ortofosfato con molibdato de amonio en un medio ácido para formar ácido fosfomolibdico, el cual al ser reducido con ácido ascórbico produce un complejo de coloración azul.
- Se adiciona tartrato de potasio para intensificar la reducción (Murphy & Riley, 1962).
- Luego se mide en un espectrofotómetro a 880 nm para obtener las absorbancias que permiten determinar las concentraciones de fósforo total.
- Las absorbancias obtenidas se interpolan en una curva de calibración que se realiza con las concentraciones conocidas.

Determinación de pH y Conductividad

Se empleó un ph/ion/cond meter F-74BW laqua horiba

Utilización de pHmetro digital y conductímetro.

- Se lavó perfectamente la celda con abundante agua destilada.
- Se agitó la muestra para garantizar la homogeneización.
- Se introdujo directamente la celda del equipo, garantizando que la ranura del sensor quedará completamente sumergida en ella.

Procesamiento de datos y cálculo de resultados.

La lectura obtenida en el equipo, se reportó en unidades de pH, con dos cifras significativas. Los resultados de la conductividad fueron registrados con 3 cifras significativas y en unidades de m S/cm.



Actividad 3.2. Evaluación de la eficiencia de remoción de nutrientes en el lactosuero

La eficiencia de eliminación (EE) y la capacidad de eliminación (EC) se estimará mediante la ecuación. (5) y Eq. (6) (Franchino et al., 2016):

$$EE = (C_i - C_n)/C_i \times 100 \quad (5)$$

$$EC = (C_i - C_n)/t_{n-i} \quad (6)$$

Donde, C_i es la concentración inicial de nutrientes, C_n es la concentración final de nutrientes y t_{n-i} es el tiempo transcurrido entre ellos.

Actividad 3.3. Evaluar la incidencia de la forma del fotobiorreactor en la eficiencia de depuración

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en cada uno de los prototipos diseñados, se procedió a evaluar en cual hubo mayor eficiencia de depuración de carga orgánica, nitrógeno, fósforo.



7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

ETAPA 1: Evaluar la tasa de crecimiento de *Chlorella sp.* en diferentes concentraciones de lactosuero a escala de laboratorio

Actividad 1.1. Aislamiento de la microalga.

Observamos la muestra de agua proveniente del humedal María Camila para asegurar la presencia de la microalga.

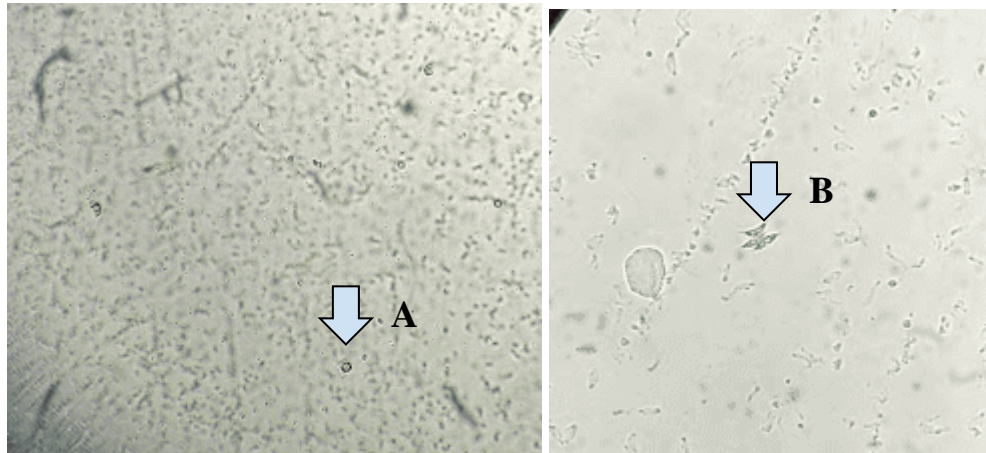


Ilustración 10. Microalgas *Chlorella sp.* (A) y *Scenedesmus sp.* (B) observadas en el microscopio a 40X presentes en la muestra de agua del humedal María Camila.

Fuente: Autores, 2022

Teniendo en cuenta la morfología de *Chlorella sp.* (A) se pudo determinar que la muestra de agua poseía dicha microalga; sin embargo, se encontraban presentes otras



Ilustración 11. Microalgas aisladas por agotamiento, transcurridos 7 días

Fuente: Autores, 2022

como *Scenedesmus sp.* (B) por lo que procedimos a realizar el respectivo aislamiento por agotamiento en estría, siguiendo el procedimiento descrito por Sanz, 2011; con el fin de obtener un cultivo puro.

Transcurridos 14 días, se podía evidenciar el crecimiento de las microalgas en las cajas de petri; por lo que se tomó una de las colonias para ser observada en el microscopio pudiéndose observar *Chlorella sp.* en la ilustración 12.

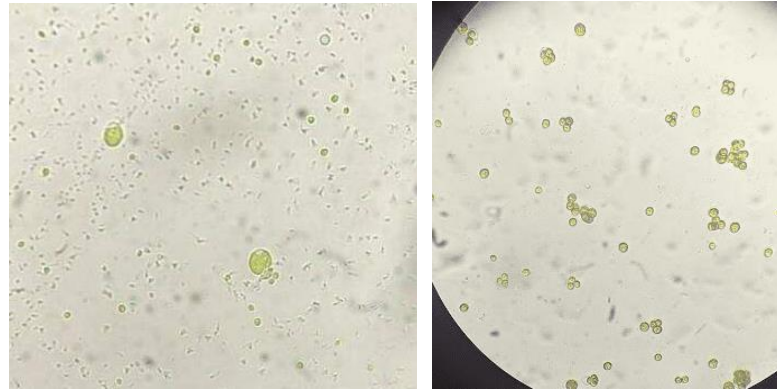


Ilustración 12. *Chlorella sp.* observada en el microscopio a 40X

Fuente: Autores, 2022

Actividad 1.2. Preparación del inóculo

Se elaboró 1L de Medio *Bold Basal*, siguiendo las cantidades de los reactivos especificadas en la tabla 6. Seguidamente se autoclavó el Medio y posteriormente en la cabina se procedió a agregar una porción del cultivo aislado de la microalga y se ubicó en un lugar donde le diera la luz del sol, además se le introdujo una manguera para proveer de aireación y así posibilitar un mejor acceso de los nutrientes a la microalga y evitar la sedimentación de esta. Transcurridos 14 días se evidenció en la ilustración 14 su crecimiento, debido al color verde que fue tomando. Además, en la ilustración 15 confirmamos el crecimiento de *Chlorella sp.* sin la presencia de otra especie de microalga al observar en el microscopio a 40X.

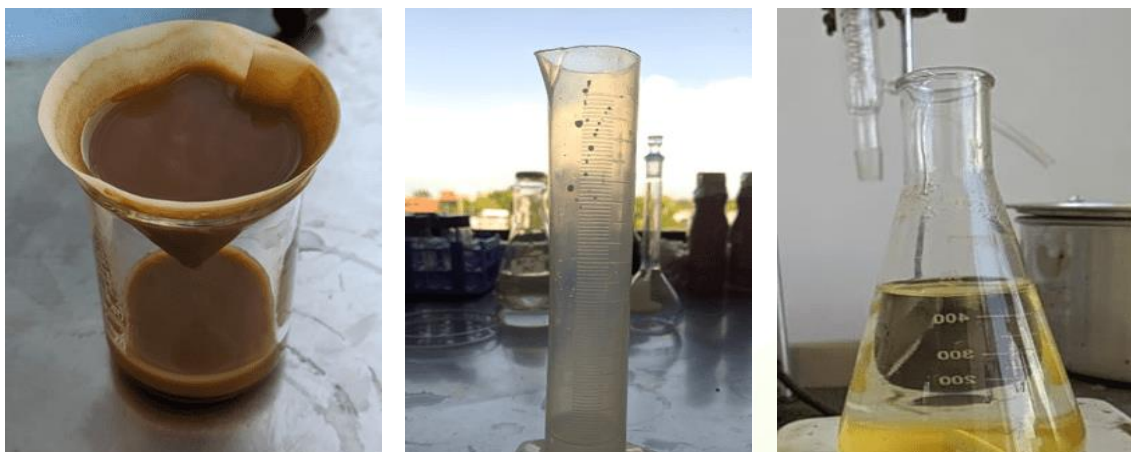


Ilustración 13. Soluciones para preparar Medio *Bold Basal*. a) Solución de microelementos. b) Solución 1. c) Solución 2

Fuente: Autores, 2022



Ilustración 14. Crecimiento de Chlorella sp. en medio Bold Basal transcurridos 14 días.

Fuente: Autores, 2022



Ilustración 15. Chlorella sp. creciendo en Medio Bold Basal observado en el microscopio a 40X.

Fuentes: Autores, 2022.

Actividad 1.3. Medio y condiciones de crecimiento.

Inicialmente, se determinaron los parámetros físicos como el pH y Temperatura, se pudo apreciar en la ilustración 16 que el lactosuero contaba con las condiciones necesarias para el crecimiento de *Chlorella sp.* con un pH de 7,586 manteniéndose dentro del rango favorable que es de 6-8 y Temperatura de 25°, siendo esta también una temperatura óptima para la microalga.

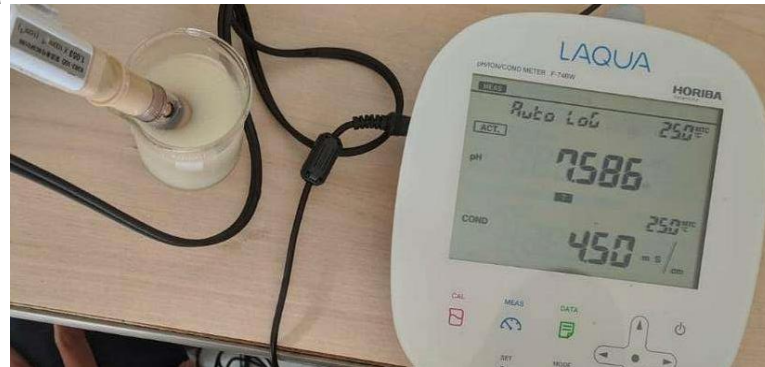


Ilustración 16. Lectura de pH, Conductividad y Temperatura del lactosuero.

Fuente: Autores, 2022

Posteriormente se llevaron a cabo los montajes de los biorreactores como se muestran en la ilustración 17, siguiendo las concentraciones de lactosuero/agua destilada de la tabla 7. Por otra parte, se mantuvo la aireación a través de mangueras conectadas a bombas de pecera y se taparon con trozos de algodón para facilitar el recuento celular diario; además, usamos lámparas para mantener fotoperiodos de 12 horas, las cuales se apagaban y encendían manualmente de 7:00 am-7:00 pm.



Ilustración 17. Montaje de los reactores con las diferentes concentraciones de lactosuero

Fuente: Autores, 2022

Actividad 1.4. Evaluación de las concentraciones de lactosuero en el crecimiento de la microalga.

Diariamente durante 13 días se tomó una muestra de cada biorreactor para hacer el recuento celular por cámara de Neubauer, como se observa en la ilustración 18, empleamos la ecuación 1 para medir el crecimiento de la microalga y calcular la densidad celular en *cel/ml*. Obteniéndose los resultados de las 3 repeticiones representadas en las ilustraciones 19, 20 y 21.

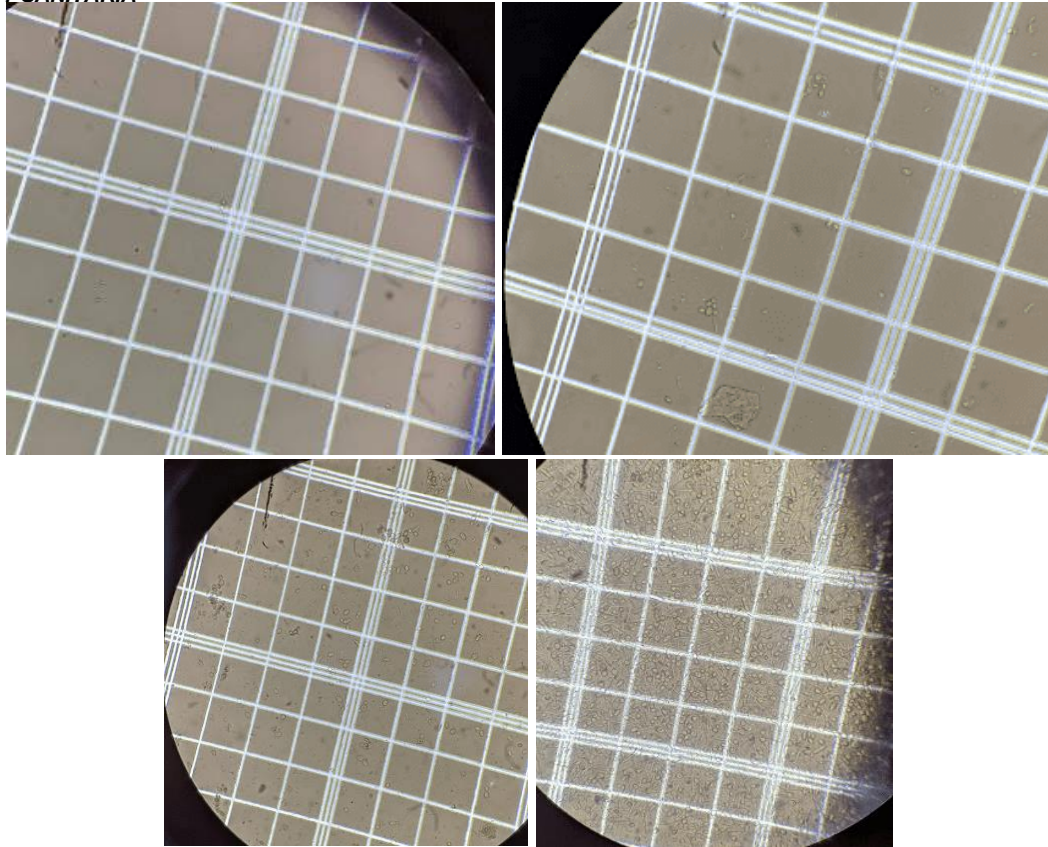


Ilustración 18. Recuento celular en cámara de Neubauer.

Fuente: Autores, 2022

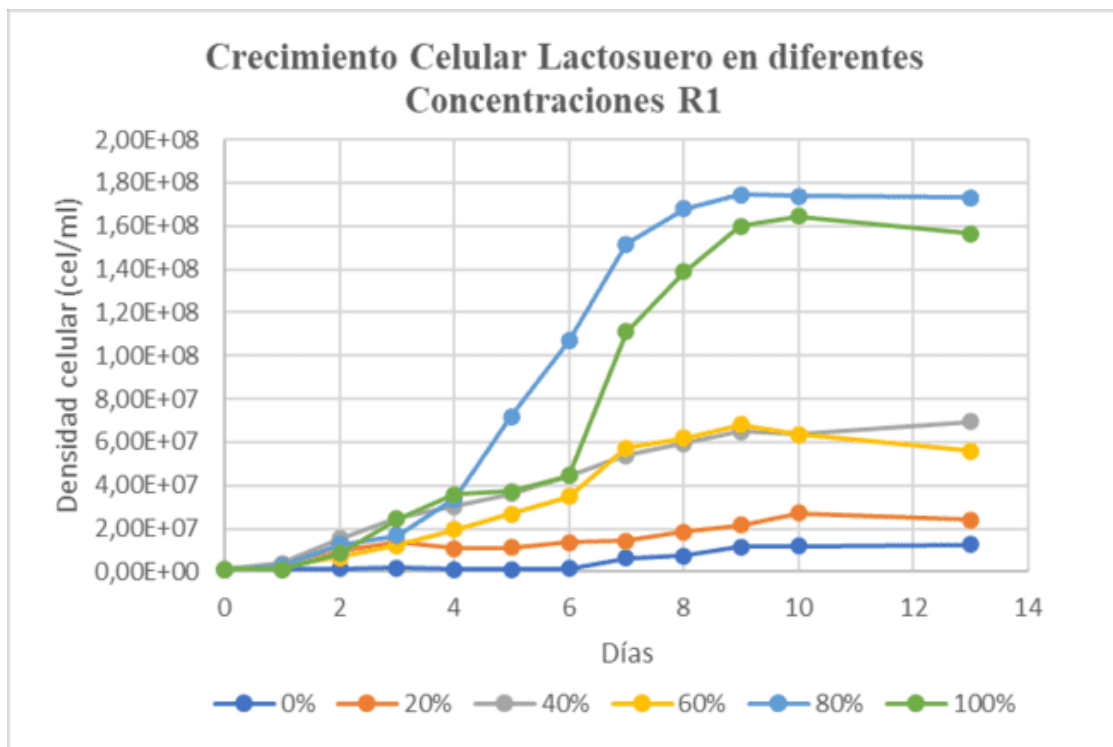


Ilustración 19. Crecimiento celular Repetición 1

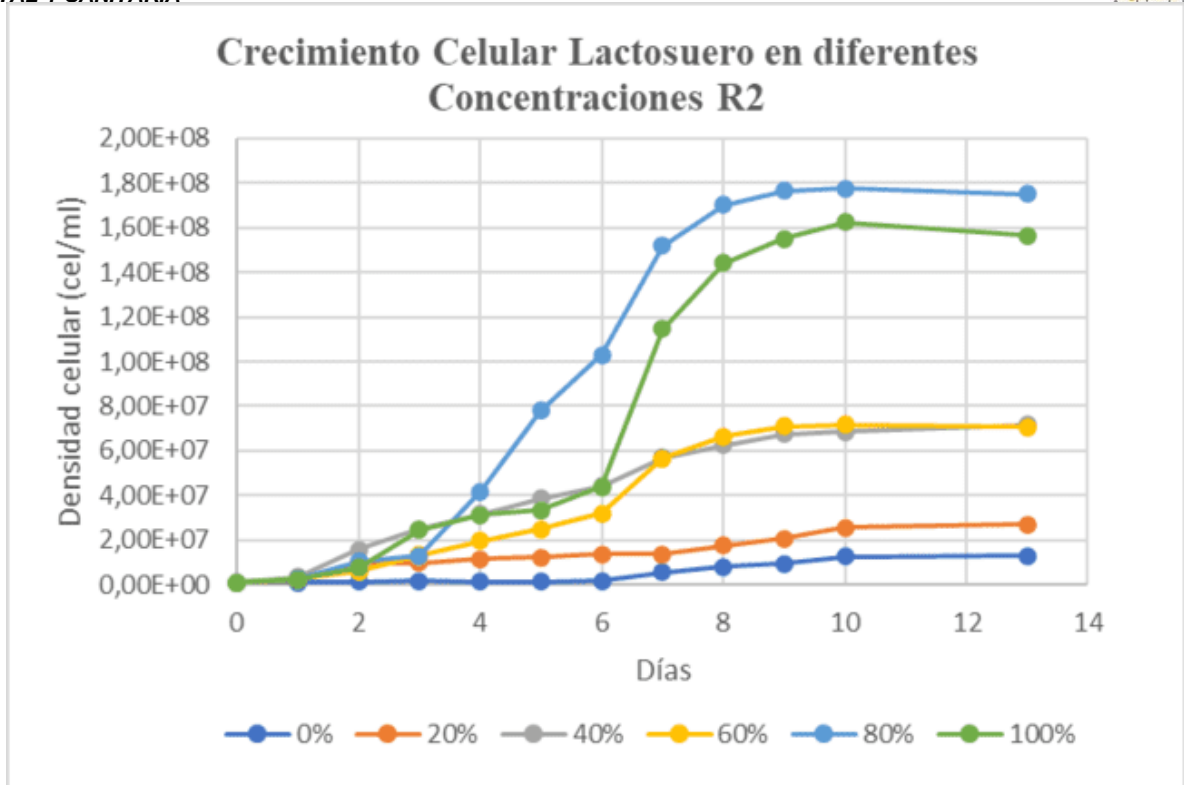


Ilustración 20. Crecimiento celular Repetición 2

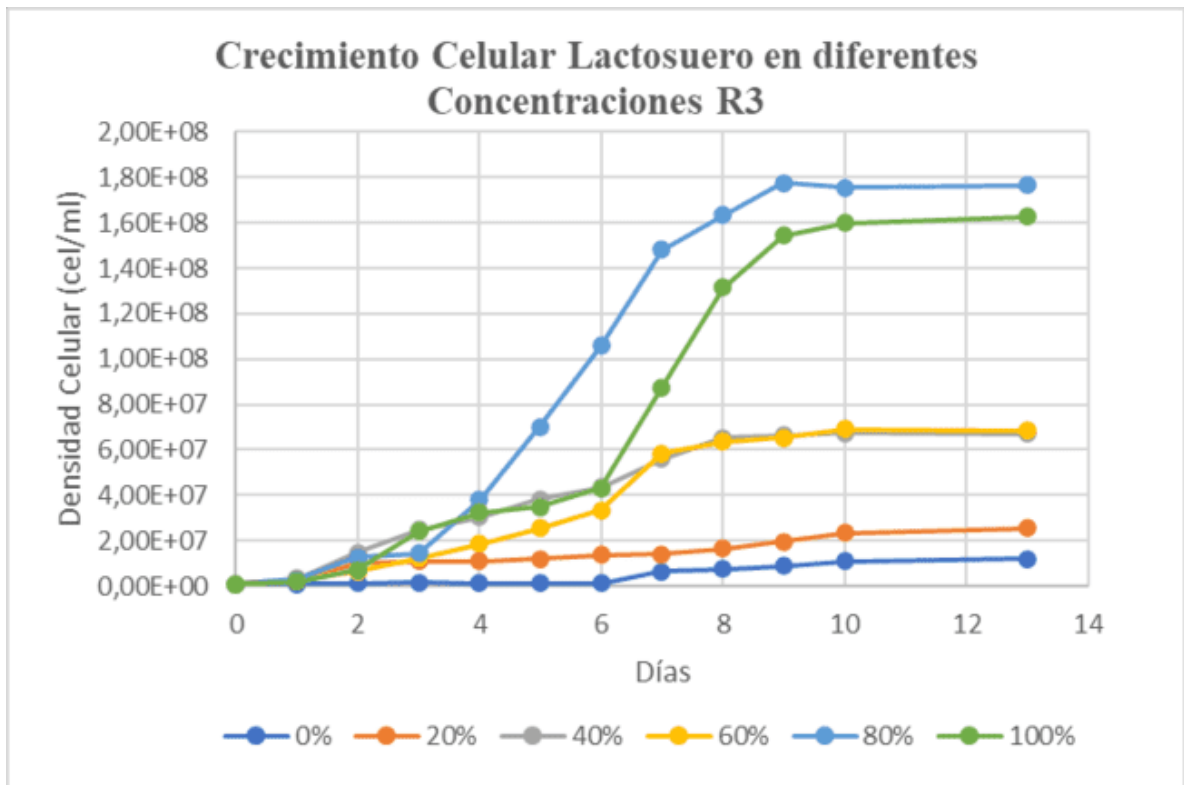


Ilustración 21. Crecimiento celular Repetición 3

Fuente: Autores, 2022

La microalga *Chlorella sp.* creció en todas las concentraciones evaluadas, en las curvas de crecimiento se evidencia una buena adaptación de la microalga al lactosuero; sin embargo, las mayores densidades celulares se observaron en las concentraciones de 80% y 100%. En la concentración del 80% se obtuvo un crecimiento más controlado y sin tantas alteraciones, mientras que en la concentración 100% tuvo variaciones en su crecimiento. Al observar los resultados obtenidos se puede apreciar que a partir del día 9 el crecimiento de la microalga se ve reducido, representando el inicio de la fase estacionaria y el fin de la fase exponencial; por lo que se calculó la tasa de crecimiento transcurridos los 9 días, empleando la ecuación 2; para elaborar el respectivo análisis de varianza-ANOVA empleando el software estadístico MINITAB 18.

Tabla 9. Tasa de crecimiento de Chlorella sp.

Ttos concentración lactosuero	REP/Nivel			Total	Media
	1	2	3		
0%	0.391	0.361	0.352	1.104	0.368
20%	0.492	0.484	0.476	1.452	0.484
40%	0.669	0.675	0.673	2.017	0.672
60%	0.676	0.683	0.670	2.029	0.676
80%	0.828	0.83	0.831	2.489	0.830
100%	0.813	0.808	0.808	2.429	0.810
			Total	11.52	0.640

Tabla 10. Análisis de Varianza ANOVA

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
concentración de lactosuero	5	0,496337	0,099267	1096,21	0,000
Error	12	0,001087	0,000091		
Total	17	0,497424			

Fuente: Minitab 18, 2022

Al comparar el valor F con el valor P al 95% de significancia se observa que el valor F es mayor que el P; lo cual indica que hay significancia y por lo tanto se rechaza la hipótesis nula, esto quiere decir que existe diferencias entre los tratamientos y hay 1 o varios tratamientos mejores que los demás; por lo que se realiza la prueba de tukey con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 11. método de Tukey y una confianza de 95%

Concentración de lactosuero	N	Media	Agrupación
80,00%	3	0,829667	A
100,00%	3	0,80967	A
60,00%	3	0,67633	B
40,00%	3	0,67233	B
20,00%	3	0,48400	C
0,00%	3	0,3680	D

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

De la tabla anterior se puede inferir que existen diferencias significativas entre los pares de medias, excepto entre tto 40% - 60% y el tto 80% - 100%; siendo estos últimos los mejores tratamientos al obtener tasas de crecimiento más altas que los demás; por lo que, se determinó trabajar en la etapa 2 y 3 con una concentración de lactosuero de 80%.

Por otra parte, se le hizo seguimiento a la densidad óptica a través de un espectrofotómetro UV visible Thermo Scientific™ GENESYS 10S, midiendo la absorbancia a una longitud de onda de 535 nm a cada muestra; para la cual se hizo un blanco para cada concentración como lo indica la ilustración 22. Obteniendo los resultados representados en las ilustraciones 23, 24 y 25.

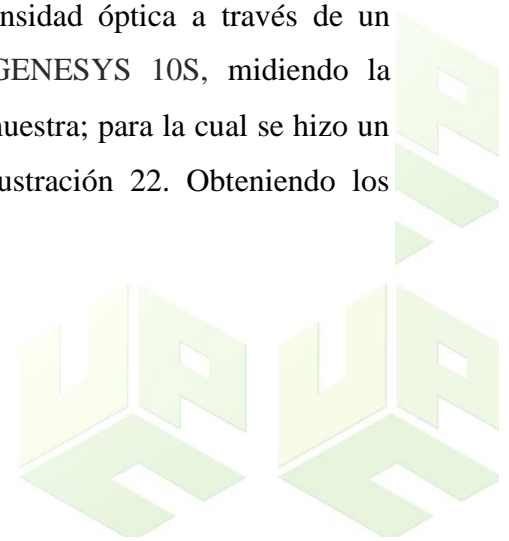




Ilustración 22. Soluciones Blanco de las diferentes concentraciones de lactosuero

Fuente: Autores, 2022

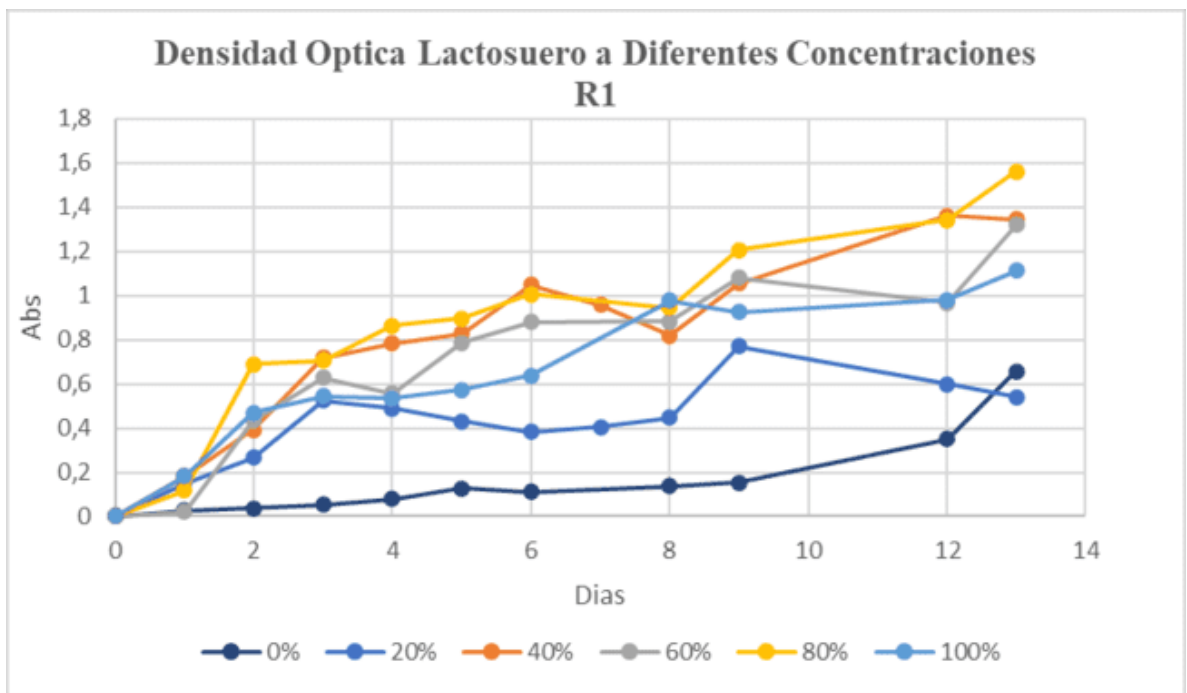


Ilustración 23. Densidad Óptica Repetición 1



CO-SC-CER518726



www.unicesar.edu
Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
Valledupar Cesar Colombia

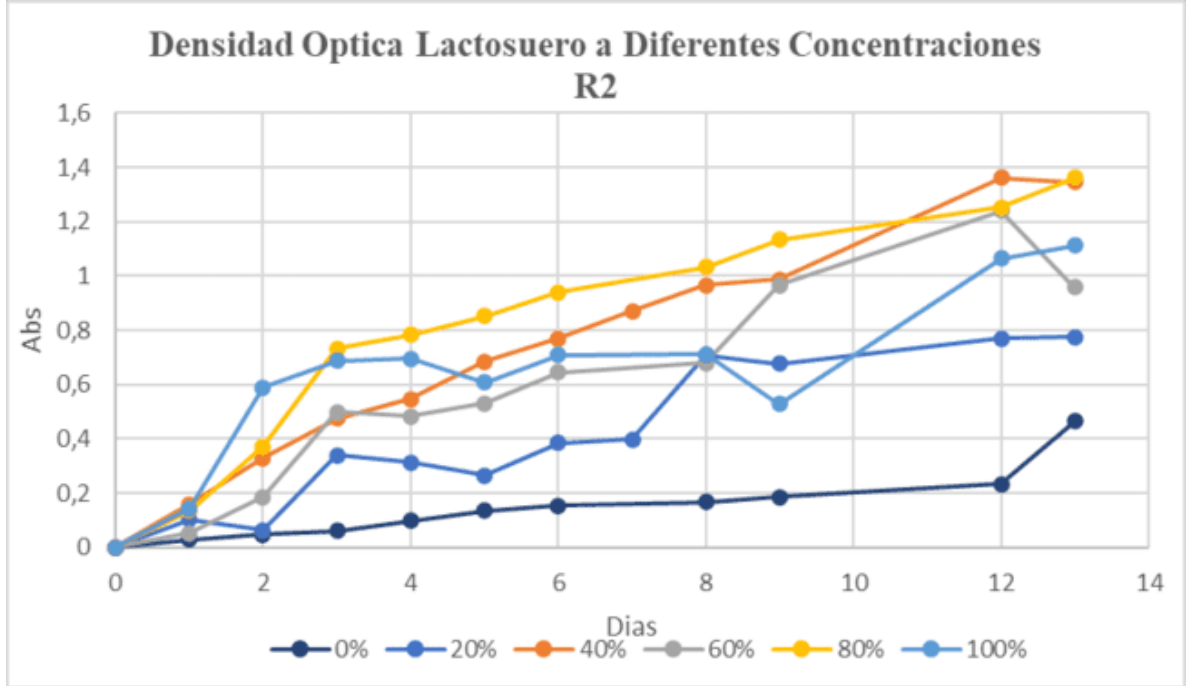


Ilustración 24. Densidad Óptica Repetición 2

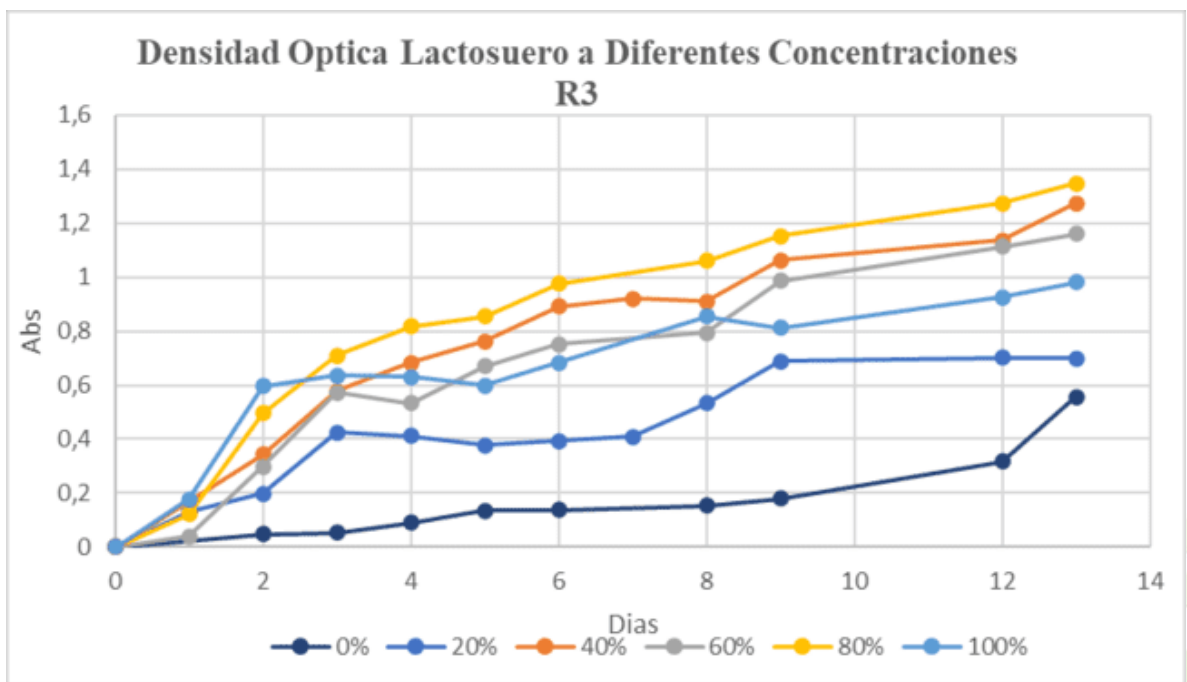


Ilustración 25. Densidad Óptica Repetición 3

Fuente: Autores, 2022

Al observar las ilustraciones 23, 24 y 25; se puede observar que en las 3 repeticiones los tratamientos con una concentración de lactosuero de 80% y 100% fueron los que obtuvieron mayores densidades ópticas que los demás. Sin embargo, los tratamientos control con 0% de concentración obtuvieron un crecimiento mucho más

reducido; a causa de la ausencia de los nutrientes requeridos por la microalga para su crecimiento, como el N y P. Nutrientes que se encuentran presentes en el lactosuero; Por lo que, se puede inferir que a medida que la concentración del lactosuero aumentaba, el crecimiento celular también lo hacía.

Asimismo, siendo *Chlorella sp.* un organismo fotosintético, la luz es un factor determinante para el crecimiento de esta; por lo que, el tratamiento de 80% obtuvo resultados más altos que el de 100%, ya que este último al ser más concentrado, reducía la cantidad de luz captada por las microalgas, lo que hizo que su crecimiento fuese inferior que el tratamiento anterior.

Etapas 2: Diseñar prototipos de fotobiorreactores como medio de cultivo de la microalga *Chlorella sp* para la depuración de lactosuero.

Para el montaje del tratamiento empleamos lámparas led con una potencia de 20W para proporcionar fotoperiodos de 12 horas de luz y 12 horas de oscuridad; manualmente las lámparas eran encendidas a las 7:30 am y apagadas a las 7:30 pm. Adicionalmente, para asegurar el burbujeo constante y evitar que se produjera sedimentación, usamos bombas de acuario *Air Pump Aquarium* model AP-2688 de 2 salidas, con una presión de 0,012MPa.

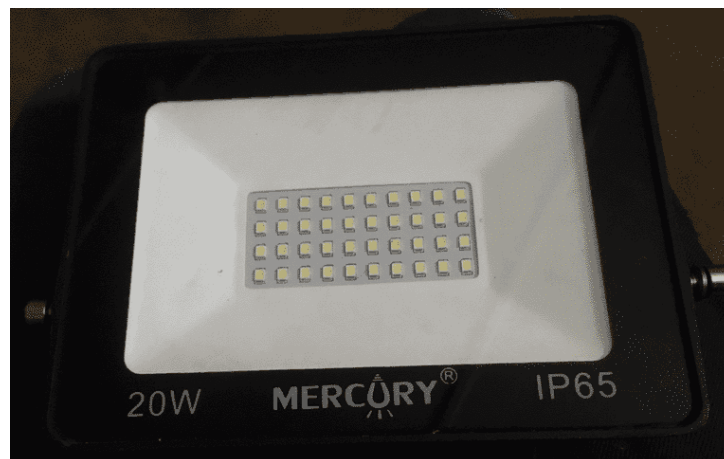


Ilustración 26. Lámpara Mercury 20W



Ilustración 27. Bomba de acuario Air Pump Aquarium.

Fuente: Autores, 2022

Los fotobiorreactores fueron fabricados en los diseños planteados:

- Tubulares (A)
- Placa plana (B)
- Hexagonales (C)

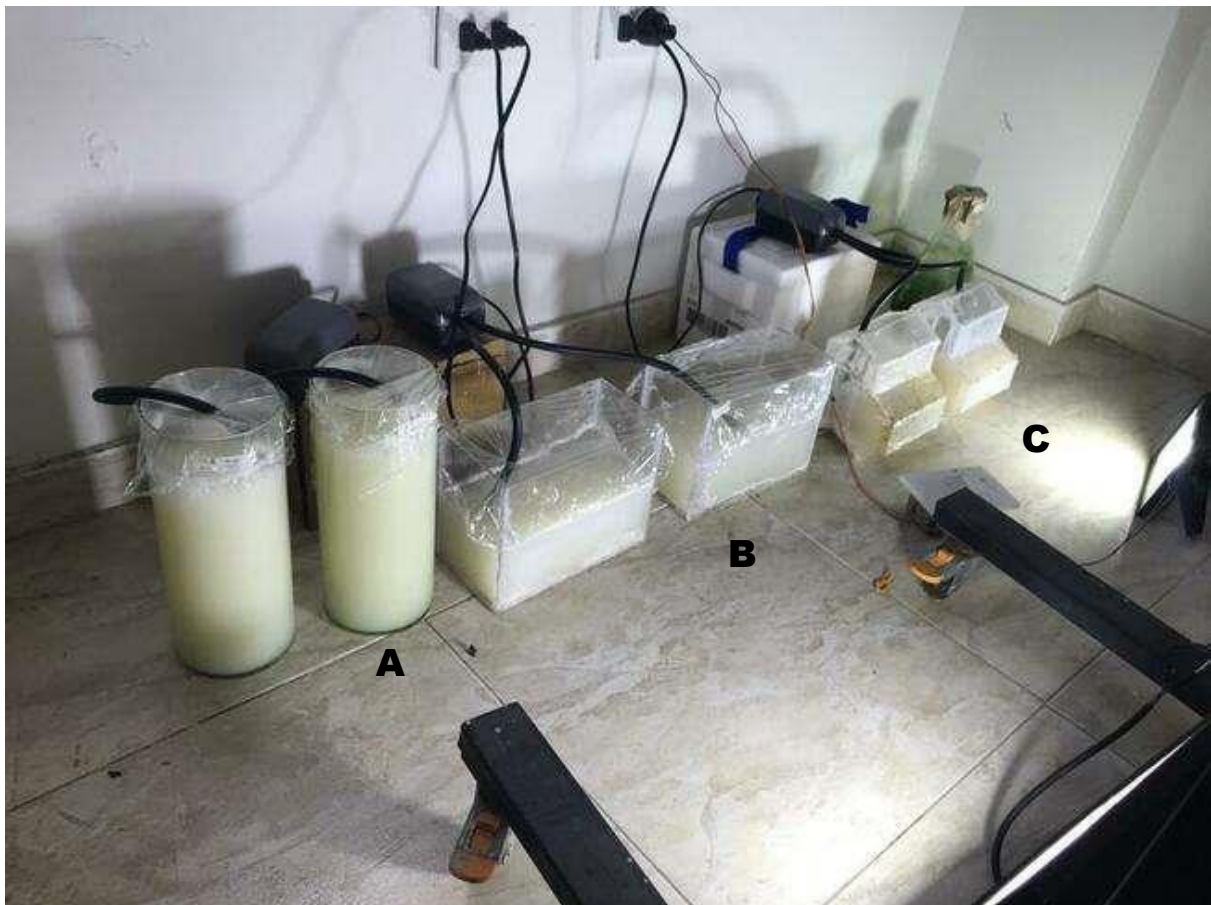


Ilustración 28. Montaje del tratamiento

Fuente: Autores, 2022

En la imagen anterior podemos apreciar los fotobiorreactores utilizados, en las condiciones planteadas por el proyecto, fabricados con acrílico transparente y utilizando vinipel en la parte superior, para facilitar el seguimiento de pH, conductividad y temperatura. Los fotobiorreactores diseñados en el presente proyecto fueron orientados para trabajar a una escala de laboratorio, los volúmenes finales utilizados en cada uno de los diseños fue de 2 L.

Cabe resaltar que se llevaron a cabo 2 repeticiones del ensayo, mas no 3, como se tenía previsto inicialmente; ya que no contábamos con los recursos económicos suficientes para realizar el total de los análisis en el laboratorio ambiental de Nancy Flores García S.A.S.

Etapa 3: Determinar la incidencia de la forma del fotobiorreactor en la eficiencia de depuración de la carga orgánica e inorgánica

Actividad 3.1. Análisis Físicoquímico:

Se compararon las concentraciones de DBO₅, DQO, Fósforo y Nitrógeno presentes en el lactosuero antes y después del tratamiento; por lo que inicialmente se llevó 1,5 L de muestra del lactosuero al laboratorio ambiental de Nancy Flores García S.A.S., donde realizaron las pruebas para determinar las concentraciones de DBO₅, DQO y Fósforo; además, en el laboratorio de Tecnoparque obtuvimos el % de Nitrógeno de la muestra, mediante el método de Kjeldahl. Transcurridos 10 días finalizó el tratamiento, por lo que se realizaron nuevamente las pruebas para determinar DBO₅, DQO, Fósforo y Nitrógeno.

Tabla 12. Concentración de DBO5 antes y después del tratamiento

Tratamientos	DBO5	
	Concentración antes del tratamiento (mg O2/L)	Concentración después del tratamiento (mg O2/L)
	R1	
TC1		10897
TC2		18745
TC3	49.440	15478
T1		9685
T2		13423

T3		11826
R2		
TC1		11564
TC2		17391
TC3	53769	15783
T1		9154
T2		12792
T3		9841

Tabla 13. Concentración de DQO antes y después del tratamiento.

DQO		
Tratamientos	Concentración antes del tratamiento (mg O ₂ /L)	Concentración después del tratamiento (mg O ₂ /L)
R1		
TC1		16804
TC2		26200
TC3	74.765	22847
T1		14500
T2		20244
T3		15122
R2		
TC1		17456
TC2		26131
TC3	66543	22501
T1		13678
T2		20543
T3		15346

Fuente: Autores, 2022

La evaluación de la microalga chlorella sp, como medio biotecnológico para el tratamiento de muestras de lactosuero.

Los valores promedio

Tabla 14. Concentración de Nitrógeno antes y después del tratamiento.

Nitrógeno	
------------------	--

Tratamientos	% N antes del tratamiento	%N después del tratamiento
R1		
TC1		0,891
TC2		1,059
TC3		0,852
T1	1,843	0,596
T2		0,835
T3		0,493
R2		
TC1		0,671
TC2		0,910
TC3		0,643
T1	1,395	0,596
T2		0,547
T3		0,316

Tabla 15. Concentración de Fósforo antes y después del tratamiento.

Tratamientos	Fósforo	
	Concentración antes del tratamiento (mg P/L)	Concentración después del tratamiento (mg P/L)
R1		
TC1		65,1
TC2		89,6
TC3		90,2
T1	112	64,1
T2		85,4
T3		86,6
R2		
TC1		71,2
TC2		92,5
TC3		93,2
T1	121	66,3
T2		87,8
T3		88,4

Tabla 16. Seguimiento del pH promedio durante el transcurso del tratamiento

pH Promedio										
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TC1	6,6	6,4	6,4	6,2	6,3	6,3	6,3	6,4	6,5	6,5
TC2	6,5	6,4	6,4	6,2	6,0	6,0	6,2	6,3	6,2	6,4
TC3	6,5	6,3	6,4	6,3	6,3	6,5	6,5	6,5	6,6	6,7
T1	6,4	6,3	6,3	6,0	6,2	6,0	6,2	6,3	6,3	6,4
T2	6,4	6,4	6,3	6,4	6,2	6,0	6,2	6,3	6,2	6,4
T3	6,4	6,6	6,5	6,5	6,3	6,3	6,1	6,6	6,7	6,9

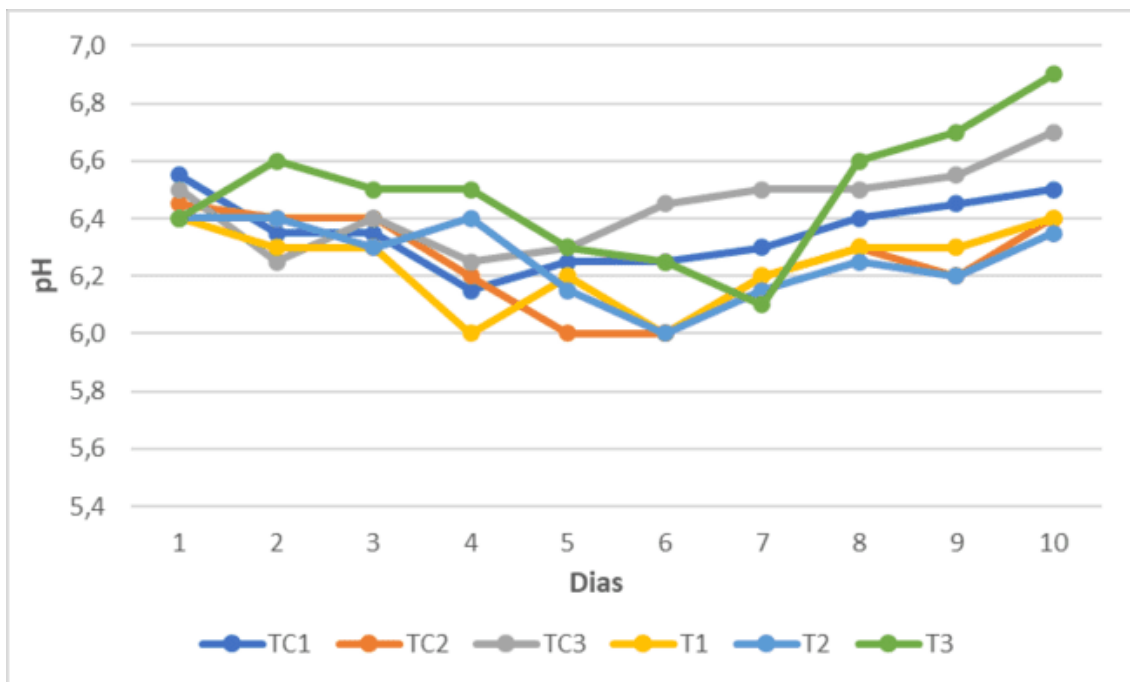


Ilustración 29. seguimiento del pH promedio durante el transcurso del tratamiento

Los datos obtenidos del seguimiento de la variable pH nos permite identificar una disminución que hubo en los primeros días y recuperación de este al llegar los días finales del tratamiento, llegando en algunos casos a superar los valores iniciales. El incremento de pH, se explica en gran parte al consumo de iones HCO_3^- – cuya disociación a CO_2 proporcionan el carbono necesario para el crecimiento de las microalgas, a la par de propiciar la acumulación de OH^- que ocasiona un aumento gradual del pH dada la siguiente reacción (Martinez et al. 2000).

Conductividad:

Tabla 17. Seguimiento de la Conductividad durante el transcurso del tratamiento.

Conductividad Promedio (m S/cm)										
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
TC1	3,84	3,79	4,22	3,85	3,76	3,64	4,05	4,47	4,70	5,04
TC2	2,58	2,57	2,61	2,68	2,68	2,70	2,73	2,77	2,80	2,81
TC3	3,75	3,50	3,18	3,32	3,48	3,64	3,74	3,74	3,93	3,97
T1	4,46	4,48	4,44	4,42	4,58	4,94	4,77	4,89	4,96	5,30
T2	4,47	4,45	4,43	4,21	3,75	3,31	3,72	3,97	4,49	4,91
T3	2,68	2,13	2,35	2,36	2,27	2,20	2,18	2,11	2,22	2,28

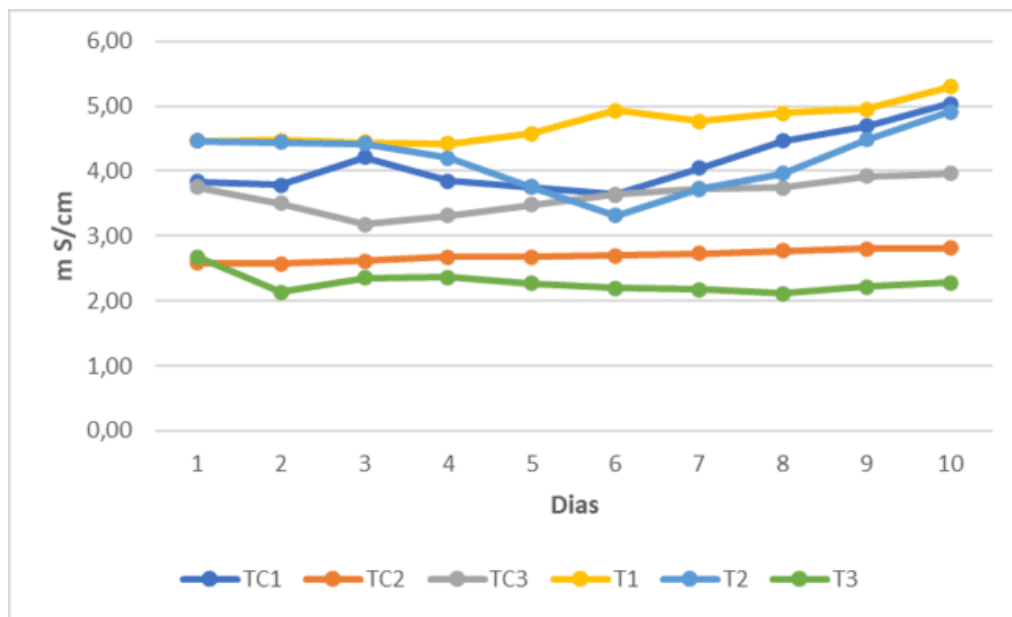


Ilustración 30. Seguimiento a la Conductividad promedio

Los valores de conductividad obtenidos en cada una de las muestras al igual que el pH tuvo una variación con el pasar de los días, sin embargo, estos en su mayoría con un valor más alto a los obtenidos inicialmente.

Actividad 3.2. Evaluación de la eficiencia de remoción de nutrientes en el lactosuero

Teniendo en cuenta los resultados de las concentraciones de DBO₅, DQO, Nitrógeno y Fósforo antes y después del tratamiento, se empleó la ecuación 5 para calcular la eficiencia de remoción de cada uno de los parámetros evaluados, obteniendo los siguientes resultados.

Tabla 18. Eficiencia de Eliminación %EE - DBO₅

Tratamientos	REP/Nivel		Total	Media
	R1	R2		
TC1	77,96	78,49	156,45	78,23
TC2	62,09	67,66	129,74	64,87
TC3	68,69	70,65	139,34	69,67
T1	80,41	82,98	163,39	81,69
T2	72,85	76,21	149,06	74,53
T3	76,08	81,70	157,78	78,89

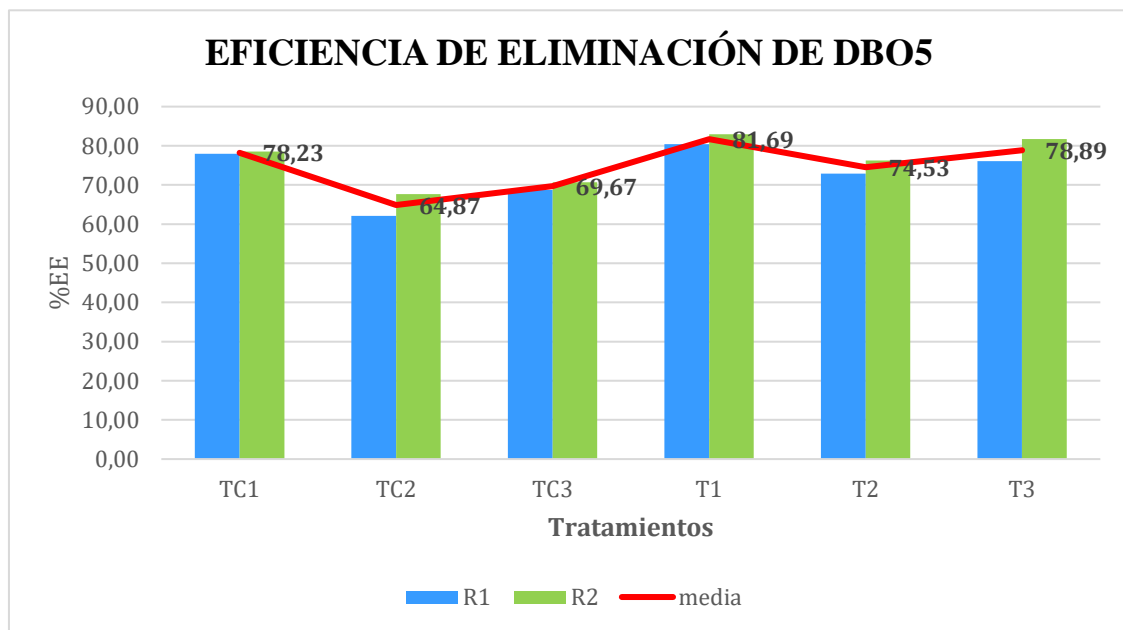


Ilustración 31. Eficiencia de Eliminación de DBO₅

Fuente: Autores, 2022

Considerando los resultados de eficiencia presentados en la tabla 18, realizamos el correspondiente análisis de varianza ANOVA usando el software estadístico MINITAB 18.

Tabla 19. Análisis de Varianza ANOVA - DBO₅

Fuente	GL	SC		Valor F	Valor p
		Ajust.	MC Ajust.		
Tratamiento	5	401,51	80,302	11,39	0,005
Error	6	42,31	7,052		
Total	11	443,82			

Al observar el resultado de la ANOVA se puede inferir que hay significancia, ya que el valor F es mayor que el P al 95% de significancia; por lo que existen diferencias entre los tratamientos y hay 1 o varios tratamientos mejores que los demás; por lo que se realiza la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%.

Tabla 20. método de Tukey y una confianza de 95% - DBO₅

<u>Tratamiento</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
T1	2	81,69	A
T3	2	78,89	A B
TC1	2	78,225	A B
T2	2	74,53	A B C
TC3	2	69,670	B C
TC2	2	64,88	C

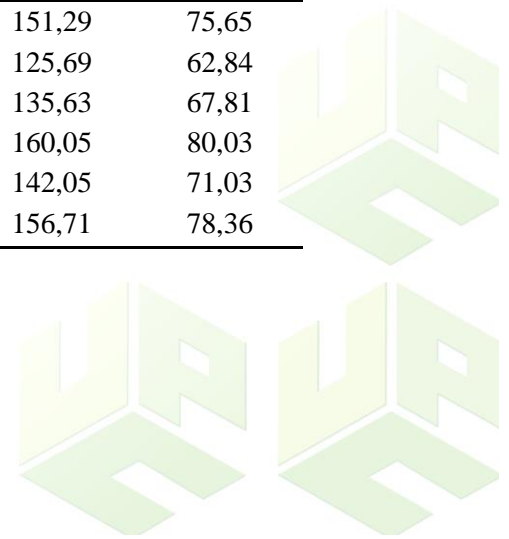
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: MINITAB 18, 2022

Analizando cada par de media de los Tratamientos con sus controles; es decir TC1-T1 compartiendo la letra A, TC2-T2 compartiendo la letra C y TC3-T3 compartiendo la letra B; no existe significancia, por lo que la presencia de la microalga no generó una diferencia significativa en la eficiencia de eliminación de DBO₅ en comparación con los respectivos tratamientos control sin microalga.

Tabla 21. Eficiencia de Eliminación %EE - DQO

<u>Tratamientos</u>	<u>REP/Nivel</u>		<u>Total</u>	<u>Media</u>
	<u>R1</u>	<u>R2</u>		
TC1	77,52	73,77	151,29	75,65
TC2	64,96	60,73	125,69	62,84
TC3	69,44	66,19	135,63	67,81
T1	80,61	79,44	160,05	80,03
T2	72,92	69,13	142,05	71,03
T3	79,77	76,94	156,71	78,36



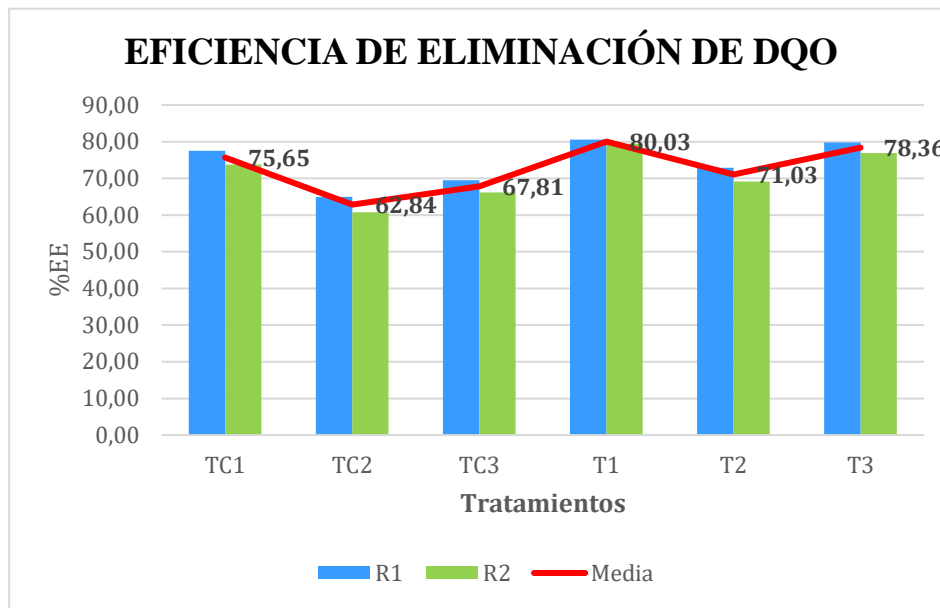


Ilustración 32. Eficiencia de Eliminación de DQO.

Fuente: Autores, 2022

Al observar los resultados obtenidos y realizar la correspondiente ANOVA con un P de 95%, siendo este valor menor que el F, se determinó que hay significancia; por lo que se procede a realizar la prueba de Tukey con un intervalo de confianza del 95%, obteniendo los resultados mostrados en la tabla 21; los cuales al ser comparados y analizados se puede inferir que no hay significancia entre los pares de medias TC1-T1 y TC2-T2; no obstante, si hay significancia entre el par de media TC3-T3, por lo que la presencia de *Chlorella sp.* fue significativa en el T3 y permitió obtener una mayor eficiencia de eliminación que su respectivo tratamiento control.

Tabla 22. Análisis de Varianza ANOVA-DQO

Fuente	GL	SC		Valor F	Valor p
		Ajust.	MC Ajust.		
Tratamientos	5	436,12	87,223	15,80	0,002
Error	6	33,13	5,522		
Total	11	469,24			

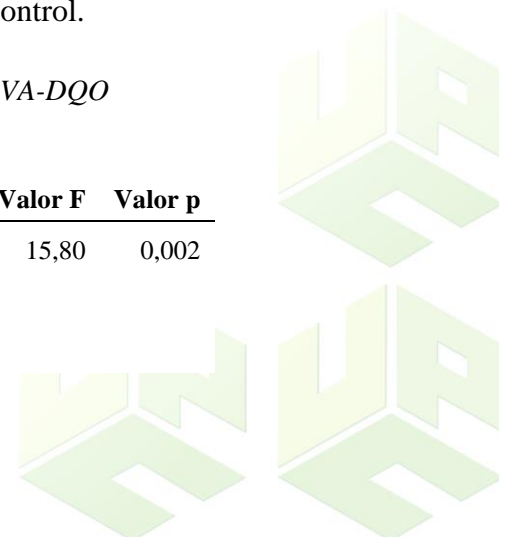


Tabla 23. Prueba Tukey con una confianza de 95%-DQO

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T1	2	80,025	A
T3	2	78,35	A
TC1	2	75,64	A B
T2	2	71,03	A B C
TC3	2	67,81	B C
TC2	2	62,84	C

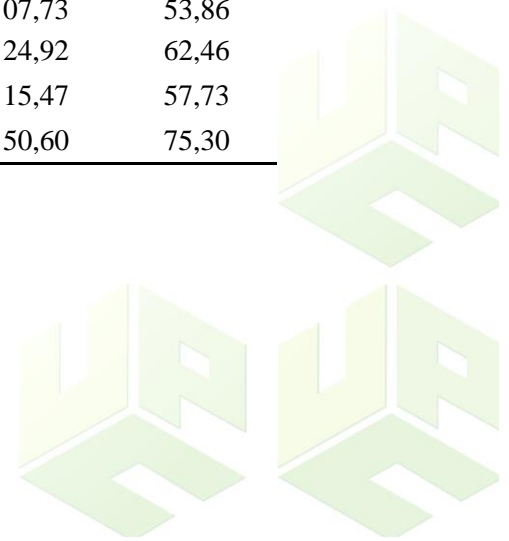
Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: MINITAB 18, 2022

Esto demuestra que el T1 fue el tratamiento con mayor eficiencia en DBO₅ con un 81,69% y DQO con un 80.03% calculado a partir de valores iniciales y finales. La utilización de microalgas ha demostrado ser eficiente en la reducción de DBO y DQO (Li et al. 2011, Abdel-Raouf et al. 2012). Confirmando lo registrado por Li et al. (2011) que registraron valores de remoción de DQO de 90,3 y 90,8% en sus experimentos y obteniendo una gran eficiencia en los resultados de DBO₅.

Tabla 24. Eficiencia de Eliminación - Nitrógeno

Tratamientos	REP/Nivel		Total	Media
	R1	R2		
TC1	51,66	51,89	103,55	51,78
TC2	42,54	34,78	77,32	38,66
TC3	53,79	53,94	107,73	53,86
T1	67,65	57,27	124,92	62,46
T2	54,70	60,76	115,47	57,73
T3	73,25	77,35	150,60	75,30



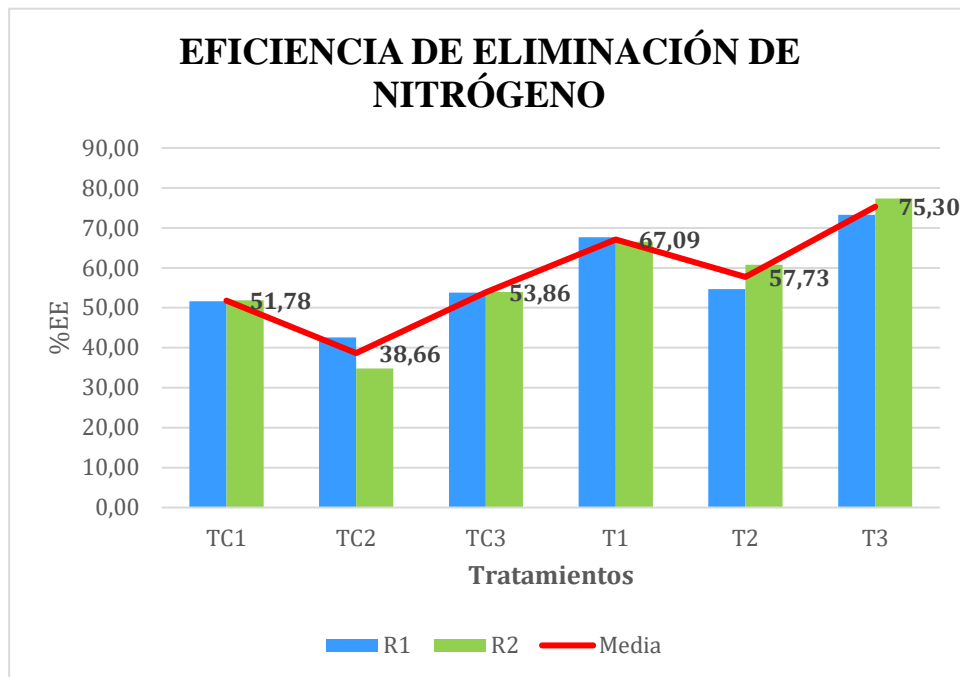


Ilustración 33. Eficiencia de Eliminación de Nitrógeno.

Fuente: Autores, 2022

Analizando los resultados obtenidos en el Análisis de Varianza ANOVA, se puede apreciar que el valor F es mayor que el P al 95%, lo que indica que hay significancia y existe 1 o más tratamientos mejores que los demás. Por lo que se realiza la prueba de Tukey con un intervalo de confianza del 95 % y al comparar los respectivos Tratamientos con sus controles se obtuvo que no hay significancia entre los pares de medias TC1-T1; sin embargo, si la hay entre TC2-T2 y TC3-T3. Por lo que, la presencia de *Chlorella sp* si influyó positivamente en la disminución del % de Nitrógeno.

Tabla 25. Análisis de Varianza ANOVA - Nitrógeno

Fuente	GL	SC		Valor F	Valor p
		Ajust.	MC Ajust.		
Tratamientos	5	1475,7	295,14	15,97	0,002
Error	6	110,9	18,48		
Total	11	1586,6			

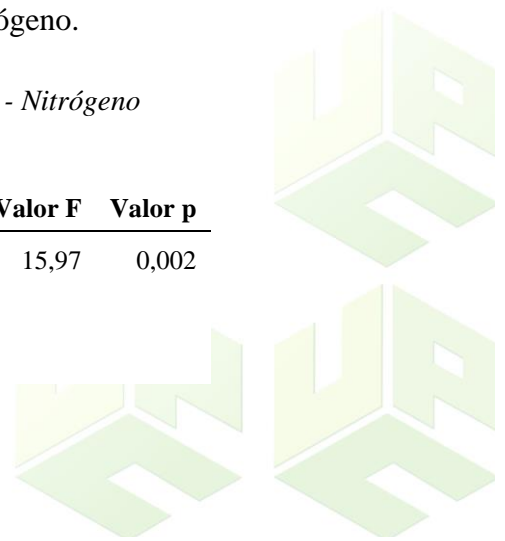


Tabla 26. Prueba de Tukey con una confianza de 95% - Nitrógeno

Tratamientos	N	Media	Agrupación
T3	2	75,30	A
T1	2	62,46	A B
T2	2	57,73	B
TC3	2	53,8635	B C
TC1	2	51,775	B C
TC2	2	38,66	C

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: MINITAB 18, 2022

En los resultados obtenidos de la depuración de nitrógeno, observamos que el Tratamiento 3 (T3) fue el que mayor eficiencia tuvo, con un porcentaje de remoción de 75.30%, siendo inferior a la registrada por Olarte Gómez & Valencia Giraldo, (2016) los cuales lograron una remoción de 84,93%; seguido del T1 y T2 con 62,46% y 57,73% respectivamente, siendo mayor la eficiencia de eliminación que sus respectivos tratamientos control. Adicionalmente, otro estudio realizado por De-Bashan y Bashan., (2003) reporta una eliminación de nitratos del 84% en agua residual sintética co-inmovilizando *Chlorella sp.*

Tabla 27. Eficiencia de Eliminación de Fósforo

Tratamientos	REP/Nivel		Total	Media
	R1	R2		
TC1	41,88	41,16	83,04	41,52
TC2	20,00	23,55	43,55	21,78
TC3	19,46	22,98	42,44	21,22
T1	42,77	45,21	87,98	43,99
T2	23,75	27,44	51,19	25,59
T3	22,68	26,94	49,62	24,81

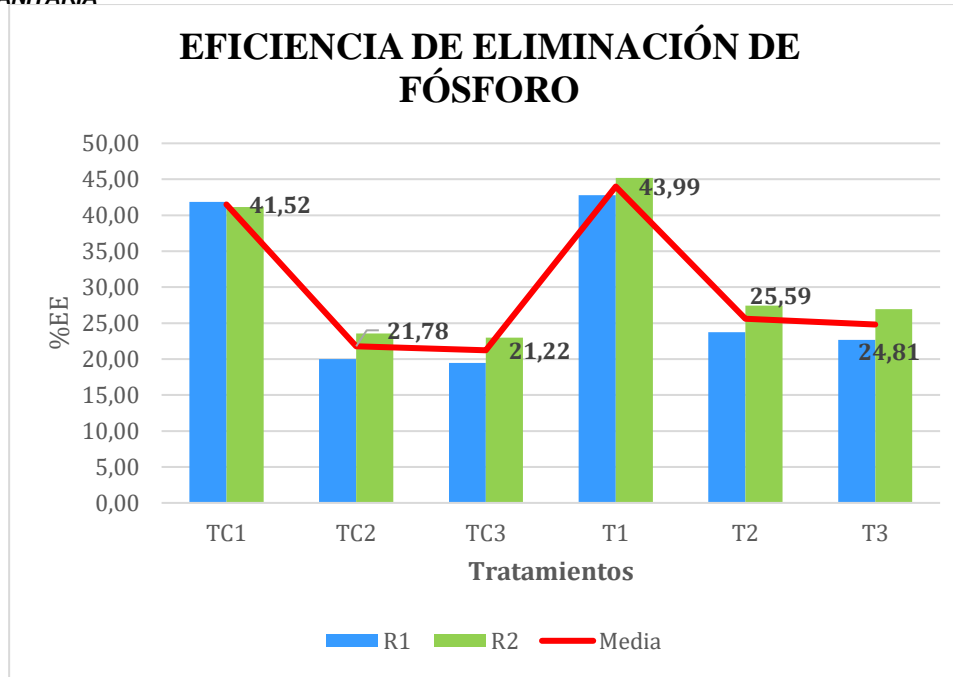


Ilustración 34. Eficiencia de Eliminación de Fósforo.

Fuente: Autores, 2022

Al observar los resultados presentados en la tabla 27 e ilustración 34 se puede apreciar que el T1 tuvo la mayor eficiencia de eliminación de Fósforo con una media de 43,99%, seguida de TC1, T2, T3, TC2 y TC3, con una EE de 41,52%, 25,59%, 24,81%, 21,78% y 21,22% respectivamente. El porcentaje obtenido del T1 es similar al reportado por Chacón et al., (2004) donde obtuvieron una remoción máxima de fosfatos para *Chlorella sp.* del 44% en agua residual esterilizada y del 48,7% en agua residual no esterilizada para *Scenedesmus sp.* Para la remoción de fosfatos no se puede dejar las células de *Chlorella sp.* mucho tiempo en el agua residual (Tafur & Estrada, 2015)

Con el fin de determinar si los tratamientos eran iguales o diferentes, se realizó la correspondiente ANOVA a través del software MINITAB 18; de la cual se obtuvo un valor F mayor que el P, indicando que hay significancia y existen diferencias entre los tratamientos; por lo que se llevó a cabo la prueba de Tukey con un intervalo de confianza de 95%.

Tabla 28. Análisis de Varianza ANOVA- Fósforo

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Tratamientos	5	1038,62	207,725	39,42	0,000
Error	6	31,61	5,269		

Total 11 1070,24

Tabla 29. Prueba de Tukey con una confianza de 95% - Fósforo

<u>Tratamientos</u>	<u>N</u>	<u>Media</u>	<u>Agrupación</u>
T1	2	43,99	A
TC1	2	41,520	A
T2	2	25,59	B
T3	2	24,81	B
TC2	2	21,77	B
TC3	2	21,22	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Fuente: MINITAB 18, 2022

Al comparar los resultados obtenidos de la prueba de Tukey se puede inferir que no hay significancia entre el par de medias T1-TC1 y entre T2-T3-TC2-TC3; resaltando los tratamientos del fotobiorreactor tubular como mejores que los demás. Por otra parte, a partir de estos resultados se puede deducir que, la presencia de la microalga no tuvo ningún efecto significativo en la Eficiencia de Eliminación EE

A partir del análisis estadístico los resultados obtenidos se puede inferir que, en el caso de la DBO5 y del Fósforo la presencia de la microalga no tuvo ningún efecto en la eficiencia de eliminación en ninguno de los tratamientos; sin embargo, en el caso de la DQO, se pudo apreciar una significancia del tratamiento 3 con respecto a su tratamiento control TC3. Adicionalmente, al comparar los resultados en cuanto a la eficiencia de eliminación del % de Nitrógeno se evidenció la significancia de los Tratamientos 2 y 3 con sus respectivos Tratamientos control TC2 y TC3 respectivamente.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, se puede inferir que la presencia de *Chlorella sp.* no fue significativo en la eficiencia de eliminación; por lo que, las condiciones a la que estuvieron expuestos los fotobiorreactores como la iluminación, la aireación o incluso la forma de este, pudieron haber influido en la reducción de la concentración de estos parámetros. No obstante, al momento de realizar el estudio no se tuvo en cuenta la posible presencia de microorganismos en el lactosuero; los cuales, al

estar adaptados a las condiciones propiciadas por este, pudieron haber realizado esta función depuradora aún sin la presencia de la microalga.

Adicionalmente, se calculó la capacidad de eliminación empleando la ecuación 6 y se obtuvieron los resultados mostrados en la tabla 30, de la cual se puede evidenciar que el Tratamiento 1 tuvo una mayor capacidad de eliminación de mg O₂/L*día, seguidos del T3, TC1, T2 y finalmente los TC3 y TC2; con respecto a la CE de mg P/L*día el tratamiento con mejor resultado fue el T1, seguido del TC1, T2, T3 y finalmente los TC2 y TC3; sin embargo, en cuanto al %N/día el Tratamiento 3 tuvo una mayor capacidad de eliminación, seguido del T1 y T2 y de últimos los tratamientos control sin microalgas.

Tabla 30. Capacidad de Eliminación EC

	DBO ₅ (mgO ₂ /L)/día		DQO (mgO ₂ /L)/día		Nitrogeno (%N/día)		Fósforo (mgP/L)/día	
		Promedio		Promedio		Promedio		Promedio
TC1	3854,3	4037,4	5796,1	5352,4	0,095	0,084	4,690	4,835
	4220,5		4908,7		0,072		4,980	
TC2	3069,5	3353,7	4856,5	4448,9	0,078	0,063	2,240	2,545
	3637,8		4041,2		0,049		2,850	
TC3	3396,2	3597,4	5191,8	4798,0	0,099	0,087	2,180	2,480
	3798,6		4404,2		0,075		2,780	
T1	3975,5	4218,5	6026,5	5656,5	0,125	0,109	4,790	5,130
	4461,5		5286,5		0,093		5,470	
T2	3601,7	3849,7	5452,3	5026,1	0,101	0,093	2,660	2,990
	4097,7		4600,0		0,085		3,320	
T3	3761,4	4077,1	5964,3	5542,0	0,135	0,121	2,540	2,900
	4392,8		5119,7		0,108		3,260	

Fuente: Autores, 2022

Actividad 3.3. Evaluar la incidencia de la forma del fotobiorreactor en la eficiencia de depuración.

Los fotobiorreactores tubulares correspondientes al T1 y TC1 obtuvieron mejores eficiencias de eliminación de DBO₅, DQO y Fósforo comparados con los resultados obtenidos por los otros diseños; mientras que el diseño hexagonal obtuvo una mayor eficiencia de eliminación de nitrógeno, sin mucha diferencia con respecto al tratamiento T1. Siendo el burbujeo y la luz estímulos principales para la microalga; la forma cumple un papel muy importante, ya que puede ayudar al flujo del movimiento y mejora el mezclado, evitando que se produzca sedimentación; además, la forma cilíndrica ayuda a distribuir mejor la luz.

Por otra parte, los fotobiorreactores de placa plana correspondientes al T2 y TC2 fueron los que obtuvieron resultados inferiores, esto pudo ser debido a que su forma alargada provocó dificultades para producir un mezclado uniforme, proporcionando una presión insuficiente en las esquinas y generando que hubiera sedimentación.

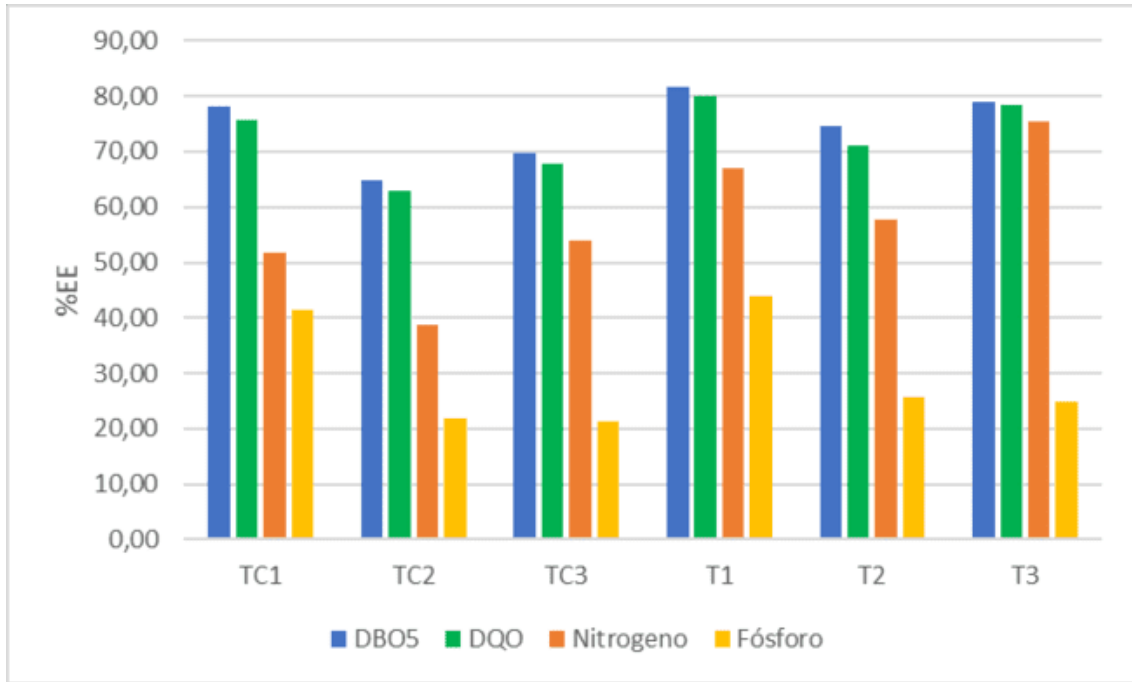


Ilustración 35. Capacidad de Eliminación de DBO₅, DQO, Nitrógeno y Fósforo de los Tratamientos.

Fuente: Autores, 2022



8. CONCLUSIONES

Por medio de la presente investigación se logró aislar *Chlorella sp.* de una muestra de agua obtenida del Humedal María Camila, por medio de la técnica de aislamiento por agotamiento en estrías; posteriormente se llevó a cabo el montaje de los reactores con diferentes concentraciones de lactosuero como 0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100% con el fin determinar en cual de esas concentraciones la microalga tenía una mejor adaptación y presentaba la mayor tasa de crecimiento, para lo cual se calculó la densidad celular en (células/ml) durante 13 días y al graficar se evidencia el final de la fase exponencial en el día 9, por lo que se calculó la tasa de crecimiento hasta ese día. Al realizar el correspondiente análisis de varianza ANOVA utilizando el software estadístico MINITAB 18 y desarrollando la prueba de Tukey con un intervalo de confianza de 95% se estableció que la mejor concentración en la que crece *Chlorella sp.* fueron el tto 80% y tto 100% de lactosuero, con tasas de crecimiento de 0,830 y 0,810 respectivamente. Ya que, estas concentraciones tienen la suficiente disponibilidad de Nitrógeno y Fósforo que la microalga utiliza como nutriente para crecer; sin embargo, el tto 80% tuvo un mejor resultado ya que al estar diluida con agua destilada permite una mayor captación de luz que en el caso del tto 100%.

Posteriormente, con el fin de evaluar la eficiencia de eliminación de DBO₅, DQO, Nitrógeno y Fósforo de la microalga se plantearon 3 diseños de fotobiorreactores, los cuales estarían bajo las mismas condiciones de aireación, luz, y Temperatura, tales como Tubular T1, Placa Plana T2 y Hexagonal T3 con sus tratamientos control sin la presencia de la microalga, denominados TC1, TC2 y TC3 respectivamente. Los tratamientos control, reportaron resultados similares a los que contenían la microalga, lo cual no justificaría la presencia de *chlorella sp* en la depuración del lactosuero a escala de laboratorio. Estos resultados se pueden atribuir a digestión aeróbica dada en los fotobiorreactores debido a los microorganismos propios del lactosuero. Sin embargo, la aireación a niveles industriales no es un factor rentable que se pueda aplicar, la microalga sigue siendo una alternativa de estudio ya que se ha comprobado su eficiencia en el tratamiento de aguas.

El análisis de los resultados obtenidos nos permitió evidenciar que la forma del fotobiorreactor tubular T1 obtuvo una mayor eficiencia de depuración de DBO₅, DQO y



fósforo con 81,9%, 80,3% y 43,99% respectivamente; mientras que el T3 con diseño hexagonal obtuvo una mayor eficiencia de eliminación de nitrógeno con un 75,3%, sin una diferencia significativa respecto al tratamiento T1 con 62,46%.

Esto puede atribuirse a la gran capacidad de absorción de luz en la relación superficie iluminada por volumen del reactor, la alta productividad que este genera y a la aireación constante por bombeo que fue proporcionada al tratamiento, teniendo en cuenta que todos estos factores ayudan a un buen proceso de mezcla.



9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda evaluar cuál es la cantidad de luz artificial óptima para la fotosíntesis de las microalgas en el medio de cultivo con alto índice de turbidez. El porcentaje del haz de luz que penetra en el medio de cultivo es muy importante, debido a que el lactosuero posee un alto grado de turbidez por lo que es importante que la luz y la agitación tengan una alta intensidad.
- Aplicar técnicas que eliminen la cantidad total de grasa del lactosuero para la elaboración de los medios de cultivo.
- Esterilizar el lactosuero antes del tratamiento, para garantizar la ausencia de microorganismos que pueden interferir con la actividad depuradora de *Chlorella sp.*
- Realizar un estudio para determinar la presencia de microorganismos en el lactosuero, probar su eficiencia y cómo pueden beneficiar el tratamiento de este.
- Utilizar otros tipos de fotobiorreactores que mejoren el proceso de mezclado y absorción de luz, teniendo en cuenta el espesor del material de fabricación y estudiar el impacto de estas variables.



10. REFERENCIAS

- Abdel-Raouf, N., Al-Homaidan, A.A., Ibraheem, I.B.M., 2012. Microalgae and wastewater 684 treatment. Saudi J. Biol. Sci. 19, 257–275.
- Angulo, M.E.; Castellar, O.G.; Cely, B.M.M.; Ibáñez, S.L.; Prasca, M.L. Decoloración de aguas residuales de una industria de pinturas por la microalga *Chlorella* sp. Rev. MVZ Córdoba 2017.
- Arredondo, B., & Voltolina, D. (2007). (PDF) *CONCENTRACIÓN, RECUENTO CELULAR Y TASA DE CRECIMIENTO*.
https://www.researchgate.net/publication/253237563_CONCENTRACION_RECUENTO_CELULAR_Y_TASA_DE_CRECIMIENTO.
- Barrio, D. H., & Marroquin, J. M. (2016). *Tratamiento de efluentes y producción de fertilizantes mediante el cultivo heterótrofo de microalgas. IndustriAmbiente: gestión medioambiental y energética*, 203–214.
- Ben-Hassan, R., & Ghaly, A. (1994). *Continuous propagation of Kluyveromyces fragilis in cheese whey for pollution potential reduction. Appl. Biochem. Biotechnol.* (pp. 47:89–105).
- Candela, R. D. (2016). *Las microalgas y el tratamiento de aguas residuales: conceptos y aplicaciones. Una revisión bibliográfica*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Chacón, C., Andrade, C., Cárdenas, C., Araujo I., Morales, E. (2004). Uso de *Chlorella* sp. y *Scenedesmus* sp. En la remoción de nitrógeno, fósforo y DQO de aguas residuales urbanas de Maracaibo, Venezuela. Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas. 38 (2): 94-108.
- Chaparro, G. (2017). *EVALUACIÓN DEL SUERO LÁCTEO EN LA PRODUCCIÓN DE BIOMASA Y LÍPIDOS EN LA MICROALGA CHLORELLA VULGARIS A ESCALA DE LABORATORIO*. Fundación Universidad de America.
- Clesceri, L. S., Greenberg, A., & Eaton, A. D. (1999). *Standard methods for examination of water and wastewater. American Public Health Association. American Public Health Association*.
- Contreras, C., Peña, J., Flores, L., & Cañizares, R. (2003). AVANCES EN EL DISEÑO CONCEPTUAL DE FOTOBIOREACTORES PARA EL CULTIVO DE MICROALGAS. *SCielo*, 28, 8.



- De Bashan, L., Bashan, Y. (2003). Bacterias promotoras de crecimiento de microalgas: una nueva aproximación en el tratamiento de aguas residuales. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 5 (2): 85-90.
- Fernandez, M. (2013). *Diseño, Montaje y Caracterización de Fotobiorreactores Airlift para cultivo de la microalga Chlorella sorokiniana*. Universidad EAFIT.
- Flotats, X., Foged, H., Blasi, A., Palatsi, J., EldSche, Magri, A., & KM. (2011). *Manure Processing Activities in Europe - Project reference: ENV.B.1/ETU/2010/0007 Manure Processing Technologies. Technical*(European Commission, Directorate-General Environment), 184.
- Foegeding, E., & Luck, P. (2002). Whey protein products. *Encyclopedia of Foods Sciences and Nutrition*, 1957–1960.
- Franchino, M., Tigini, V., Varese, G., Sartor, RM., & Bona, F. (2016). El tratamiento de microalgas elimina los nutrientes y reduce la ecotoxicidad del digestato de porcino diluido. *Sci. Entorno Total*, 569–570.
- Galvan, I., Sierra, E., & Venegas, D. (2014). *Diseño conceptual de un biorreactor para producir biocombustible a partir de microalgas*.
- Ghaly, A., & Kamal., M. (2004). Submerged yeast fermentation of acid cheese whey for protein production and pollution potential reduction. *Water Research*, 38(3), 631-644.
- Girard, J.-M., Tremblay, R., Fauchoux, N., Heitz, M., & Deschênes, J.-S. (2017). Phycoremediation of cheese whey permeate using directed commensalism between *Scenedesmus obliquus* and *Chlorella protothecoides*. *Algal Research*, 22, 122–126. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.algal.2016.12.013>.
- Gonzales, Y., Rodriguez, P., Sánchez, Y., Lombardi, A., & Candido, C. (2019). Diseño y simulación de un fotobiorreactor para el cultivo de la microalga *Chlorella Vulgaris*. *Ingeniería Mecánica*, 22(3), 169–177.
- Grajales. (2000, March). *TIPOS DE INVESTIGACION*. https://www.academia.edu/8608597/TIPOS_DE_INVESTIGACION_Por_Tevni_Grajales_G
- Guaman, M., & González, N. (2016). *CATÁLOGO DE MICROALGAS Y CIANOBACTERIAS DE AGUA DULCE DEL ECUADOR*.



- Gudin, C., & Chaumont, D. (1983). *Solar biotechnology study and development of tubular solar receptors for controlled production of photosynthetic cellular biomass. Proceedings of the Workshop and EC Contractors Meeting in Capri*, 184-193.
- Ha, E., & Zemel, M. (2003). Functional properties of whey, whey components, and essential amino acids: mechanisms underlying health benefits for active people. *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 14(5), 251-258.
- Hernandez, A., & Labbé, J. (2014). Microalgas, cultivo y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*, Vol. 49, n, 157–173.
- Hernandez, J., (2004). Evaluación de un sistema de microalgas y bacterias para la eliminación de nutrientes de las aguas residuales domésticas (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional. La Paz.
- Ibrahim, F. S., Babiker, E. E., Yousif, N. E., & el Tinay, A. H. (2005). Effect of fermentation on biochemical and sensory characteristics of sorghum flour supplemented with whey protein. *Food Chemistry*, 92(2), 285–292.
<https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2004.07.024>
- Jelen, P. (2003). Whey processing. Utilization and Products. *Encyclopedia of Dairy Sciences. Academic*, 2739–2745.
- Koutinas, A., Papapostolou, H., Dimitrellou, D., Kopsahelis, N., Katechaki, E., Bekatorou, A., & Bosnea, L. (2009). Whey valorisation: A complete and novel technology development for dairy industry starter culture production. *Bioresource Technology*, 100(15), 3734–3739.
- Linden, G., & Lorient, D. (1996). *Bioquímica Agroindustrial: revalorización alimentaria de la producción agrícola* (Acribia).
- Li T, et al. (2011) Typing of unknown microorganisms based on quantitative analysis of fatty acids by mass spectrometry and hierarchical clustering. *Anal Chim Acta* 684(1-2):112-20
- Liu, X., Chung, K., Yang, S., & Yousef, A. (2005). Continuous nisin production in laboratory media and whey permeate by immobilized *Lactococcus lactis*. *Journal Process Biochemistry*, 40, 13-24.
- Londoño, M., Sepúlveda, J., Hernández, A., & Parra, J. (2008). Bebida fermentada de suero de queso fresco inoculada con *Lactobacillus casei*. *Revista Facultad Nacional Agronomía Medellín*, 61(1), 4409-4421.



- Martinez ME, S Sanchez, JM Jimenez, F El Yousfi & L Munoz. 2000. Nitrogen and phosphorus removal from urban wastewater by the microalga *Scenedesmus obliquus*. *Bioresource Technology* 73: 263-272.
- Mukhopadhyay, R., Chatterjee, S., Chatterjee, B. P., Banerjee, P. C., & Guha, A. K. (2005). Production of gluconic acid from whey by free and immobilized *Aspergillus niger*. *International Dairy Journal*, 15(3), 299–303. <https://doi.org/10.1016/J.IDAIRYJ.2004.07.010>
- Muñi, A., Paez, G., Faría, J., Ferrer, J., & Ramones, E. (2005). Eficiencia de un sistema de ultrafiltración/ nanofiltración tangencial en serie para el fraccionamiento y concentración del lactosuero. *Revista Científica*, 15(4), 361–367.
- Muñoz, J. (2019). *Reutilización del lactosuero y su efecto en la sostenibilidad ambiental de la Cooperativa de Producción Agropecuaria del Cantón Chone – Ecuador*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Murphy, J., & Riley, J. P. (1962). A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Analytica Chimica Acta*, 27(C), 31–36. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(00\)88444-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(00)88444-5)
- Olarte Gómez, E. A., & Valencia Giraldo, M. J. (2016). *Evaluación del uso de la microalga *Chlorella vulgaris* en el tratamiento de aguas residuales industriales (vinazas)*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia.
- Panesar, P., Kennedy, J., Gandhi, D., & Bunko, K. (2007). Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, 105, 1–14.
- Pedetti, P., & Vaccaro, V. (2017). *Utilización de microalgas para la potencial producción de de polihidroxialcanoatos*. 178741, 84.
- Peña, J., & Quiroz, C. (2013). *Algas diminutas. Un recurso natural renovable, abundante y de gran potencial industrial*. Empresas Públicas de Medellín. <http://www.propiedadpublica.com.co/algas-diminutas-un-recurso-natural-renovableabundante-y-de-gran-potencial-industrial/>.
- Pirt, S., Lee, Y., Walach, M., Pirt, M., Balyuzi, H., & Bazin, M. (1983). A tubular bioreactor for photosynthetic production of biomass from carbon dioxide: Design and performance. *Biotechnol*, 33B, 35–38.
- Salama, E., Kurade, M., Shanab, R., Dalatony, M., Yang, I., Min, B., & Jeon, B. (2017). Recent progress in microalgal biomass production coupled with wastewater treatment for

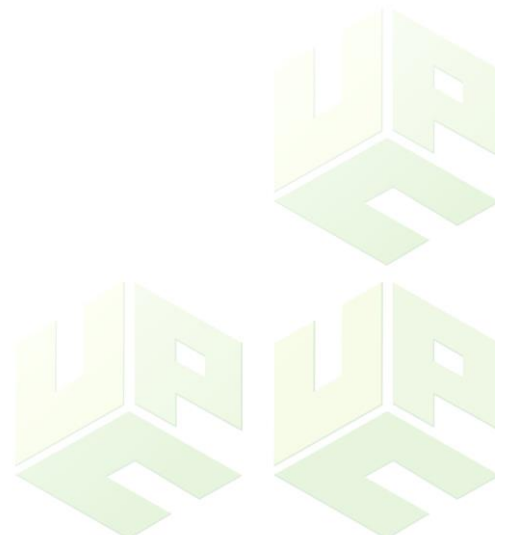
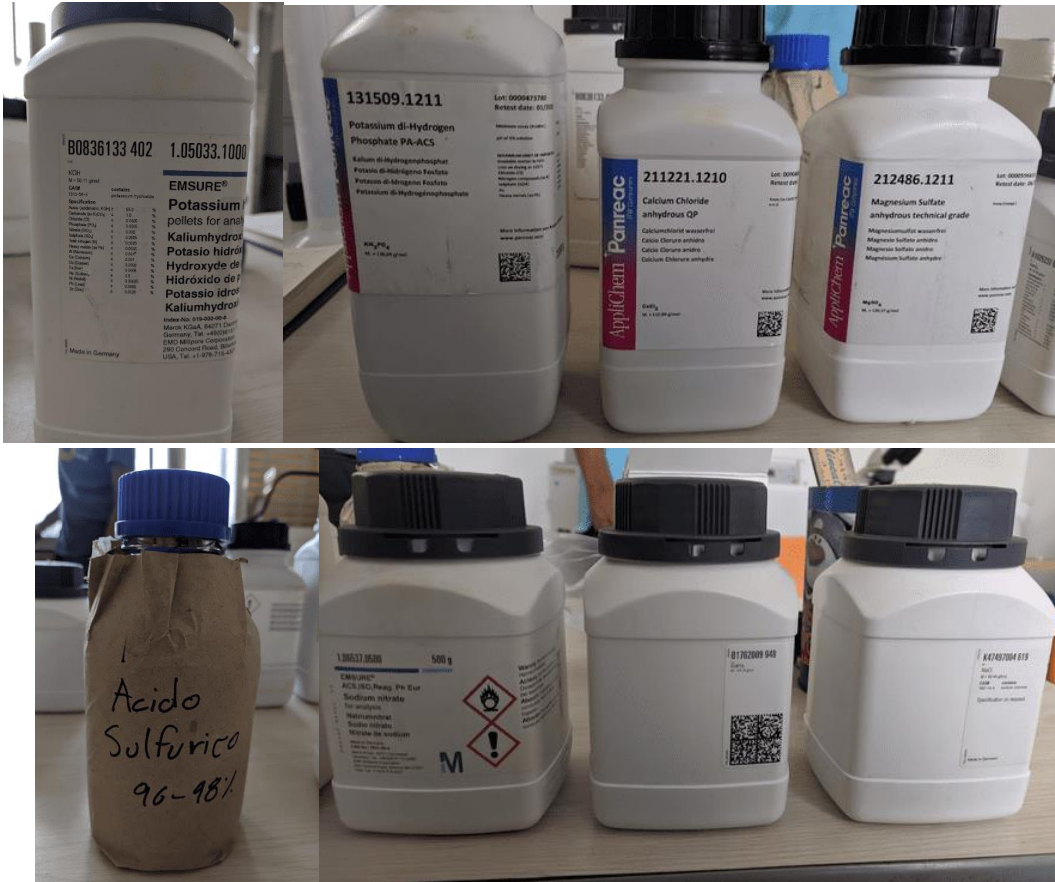


- biofuel generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 79, 1189–1211.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.091>
- Sanz, S. (2011). Prácticas de microbiología. In *capítulo 1: técnicas generales* (2nd ed., pp. 20–29). universidad de la Roja.
- Torzillo, G., Pushparaj, B., Bocci, F., Balloni, W., Materassi, R., & Florenzano, G. (1986). Production of Spirulina biomass in closed photobioreactors. *Biomass*, 11, 61–64.
- Wu, Y., Hu, H. Y., Yu, Y., Zhang, T. Y., Zhu, S., Zhuang, L., Zhang, X., & Lu, Y. (2014). Microalgal species for sustainable biomass/lipid production using wastewater as resource: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 675–688.
<https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.02.026>
- Wynarczyk, H. (2001, August). *ESTRATEGIAS DE INVESTIGACION*.
<http://www.cyta.com.ar/ta0102/research.htm>
- Xu, X. Y., Qian, H. F., Chem, W., Jiang, H., & Fu, Z. W. (2008). Establishment of real-time PCR for analysing mRNA abundance in *Chlorella vulgaris* exposed to xenobiotics *ActaHydrobiol. Sinica*, 34, 139.
- Y. Li, Y-F Chen, P. Chen, M. Min, W. Zhou, B. Martinez, J. Zhu, R. Ruan, “Characterization of a microalga *Chlorella* sp. well adapted to highly concentrate municipal wastewater for nutrient removal and biodiesel production”, *Bioresource Technology*, 102, 5138-5144, 2011



ANEXOS

Anexo 1: Reactivos para hacer Medio Bold Basal



Anexo 2. Cálculo de la densidad celular en las diferentes concentraciones de Lactosuero

Repetición 1.

Tabla 31. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 0%. R1

Lactosuero 0%								
Días	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	5	4	5	4	3	4,2	1	1,05E+06
2	6	3	6	7	5	5,4	1	1,35E+06
3	9	8	7	5	7	7,2	1	1,80E+06
4	5	6	3	3	5	4,4	1	1,10E+06
5	4	5	7	2	6	4,8	1	1,20E+06
6	6	5	5	9	7	6,4	1	1,60E+06
7	3	2	4	3	1	2,6	10	6,50E+06
8	4	5	2	1	3	3	10	7,50E+06
9	5	3	4	8	3	4,6	10	1,15E+07
10	6	4	5	3	6	4,8	10	1,20E+07
13	5	3	8	5	4	5	10	1,25E+07

Tabla 32. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 20%. R1

Lactosuero 20%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	7	8	6	11	6	7,6	1	1,90E+06
2	54	36	29	42	38	39,8	1	9,95E+06
3	44	66	79	41	50	56	1	1,40E+07
4	39	43	37	45	51	43	1	1,08E+07
5	42	56	40	41	45	44,8	1	1,12E+07
6	53	63	69	42	47	54,8	1	1,37E+07
7	5	7	4	5	8	5,8	10	1,45E+07
8	5	9	6	7	10	7,4	10	1,85E+07
9	7	8	8	9	11	8,6	10	2,15E+07
10	10	14	10	10	10	10,8	10	2,70E+07
13	10	8	5	14	11	9,6	10	2,40E+07

Tabla 33. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 40%. R1

Lactosuero 40%								
Días	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	16	14	17	13	18	15,6	1	3,90E+06
2	60	75	57	46	72	62	1	1,55E+07
3	82	105	116	102	90	99	1	2,48E+07
4	123	117	142	105	120	121,4	1	3,04E+07
5	184	137	148	118	140	145,4	1	3,64E+07
6	170	161	189	201	167	177,6	1	4,44E+07
7	23	24	19	21	21	21,6	10	5,40E+07
8	24	26	21	23	25	23,8	10	5,95E+07
9	26	28	24	25	27	26	10	6,50E+07
10	21	24	26	27	29	25,4	10	6,35E+07
13	30	29	28	29	23	27,8	10	6,95E+07

Tabla 34. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 60%. R1

Lactosuero 60%								
Días	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	12	15	14	8	9	11,6	1	2,90E+06
2	46	16	12	26	37	27,4	1	6,85E+06
3	51	48	45	42	59	49	1	1,23E+07
4	101	53	62	87	89	78,4	1	1,96E+07
5	93	105	104	111	122	107	1	2,68E+07
6	133	89	152	124	201	139,8	1	3,50E+07
7	15	26	28	22	24	23	10	5,75E+07
8	16	27	29	25	27	24,8	10	6,20E+07
9	18	29	30	29	30	27,2	10	6,80E+07
10	19	30	25	28	25	25,4	10	6,35E+07
13	18	24	26	20	24	22,4	10	5,60E+07

Tabla 35. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 80%. R1

Lactosuero 80%								
Días	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	8	10	15	15	13	12,2	1	3,05E+06
2	49	52	50	42	56	49,8	1	1,25E+07
3	82	58	53	62	83	67,6	1	1,69E+07
4	126	152	98	132	167	135	1	3,38E+07
5	226	202	307	393	311	287,8	1	7,20E+07
6	35	58	41	49	31	42,8	10	1,07E+08
7	66	52	63	55	67	60,6	10	1,52E+08
8	69	60	68	69	70	67,2	10	1,68E+08
9	74	68	74	73	60	69,8	10	1,75E+08
10	79	64	71	74	60	69,6	10	1,74E+08
13	70	61	68	76	71	69,2	10	1,73E+08

Tabla 36. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 100%. R1

Lactosuero 100%								
Días	Lect 1	Lect 2	Lect 3	Lect 4	Lect 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	7	5	2	7	4	5	1	1,25E+06
2	32	42	39	26	31	34	1	8,50E+06
3	85	100	105	105	95	98	1	2,45E+07
4	108	156	153	162	141	144	1	3,60E+07
5	147	158	144	156	138	148,6	1	3,72E+07
6	180	193	153	182	181	177,8	1	4,45E+07
7	43	41	54	45	39	44,4	10	1,11E+08
8	72	40	40	55	71	55,6	10	1,39E+08
9	71	62	57	60	70	64	10	1,60E+08
10	64	51	71	65	78	65,8	10	1,65E+08
13	46	62	73	57	75	62,6	10	1,57E+08

Repetición 2.

Tabla 37. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 0%. R2

LACTOSUERO 0%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	4	6	5	4	3	4,4	1	1,10E+06
2	3	7	6	5	7	5,6	1	1,40E+06
3	5	6	9	6	5	6,2	1	1,55E+06
4	4	6	3	4	7	4,8	1	1,20E+06
5	3	7	5	6	5	5,2	1	1,30E+06
6	6	5	6	7	8	6,4	1	1,60E+06
7	3	3	2	1	2	2,2	10	5,50E+06
8	4	2	5	2	3	3,2	10	8,00E+06
9	7	3	2	4	3	3,8	10	9,50E+06
10	5	5	4	6	5	5	10	1,25E+07
13	4	6	7	5	4	5,2	10	1,30E+07

Tabla 38. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 20%. R2

Lactosuero 20%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	8	7	10	9	9	8,6	1	2,15E+06
2	44	43	41	37	32	39,4	1	9,85E+06
3	38	42	41	32	45	39,6	1	9,90E+06
4	40	44	50	40	55	45,8	1	1,15E+07
5	48	47	31	67	51	48,8	1	1,22E+07
6	67	43	49	51	61	54,2	1	1,36E+07
7	7	4	4	6	6	5,4	10	1,35E+07
8	5	5	10	8	7	7	10	1,75E+07
9	9	7	7	10	8	8,2	10	2,05E+07
10	12	9	11	9	10	10,2	10	2,55E+07
13	14	9	10	9	12	10,8	10	2,70E+07

Tabla 39. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 40%. R2

Lactosuero 40%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	11	17	9	13	17	13,4	1	3,35E+06
2	62	54	66	65	68	63	1	1,58E+07
3	85	95	113	98	104	99	1	2,48E+07
4	121	114	153	127	118	126,6	1	3,17E+07
5	135	148	164	163	163	154,6	1	3,87E+07
6	193	187	162	168	171	176,2	1	4,41E+07
7	21	28	23	24	18	22,8	10	5,70E+07
8	23	31	21	24	26	25	10	6,25E+07
9	25	24	33	27	26	27	10	6,75E+07
10	30	27	27	25	28	27,4	10	6,85E+07
13	28	29	24	28	34	28,6	10	7,15E+07

Tabla 40. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 60%. R2

Lactosuero 60%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	14	10	12	11	10	11,4	1	2,85E+06
2	24	22	17	19	36	23,6	1	5,90E+06
3	41	75	42	58	49	53	1	1,33E+07
4	83	68	77	75	86	77,8	1	1,95E+07
5	87	109	109	92	101	99,6	1	2,49E+07
6	122	99	107	146	163	127,4	1	3,19E+07
7	23	24	19	21	26	22,6	10	5,65E+07
8	26	29	27	30	21	26,6	10	6,65E+07
9	29	27	31	27	28	28,4	10	7,10E+07
10	25	28	30	29	31	28,6	10	7,15E+07
13	26	30	28	28	29	28,2	10	7,05E+07

Tabla 41. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 80%. R2

Lactosuero 80%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	9	8	9	11	15	10,4	1	2,60E+06
2	52	49	36	34	39	42	1	1,05E+07
3	54	47	54	46	56	51,4	1	1,29E+07
4	154	198	205	115	163	167	1	4,18E+07
5	337	273	359	293	300	312,4	1	7,81E+07
6	53	29	47	34	43	41,2	10	1,03E+08
7	71	46	54	68	65	60,8	10	1,52E+08
8	69	61	74	68	68	68	10	1,70E+08
9	68	76	66	71	72	70,6	10	1,77E+08
10	72	69	68	70	76	71	10	1,78E+08
13	69	67	70	72	72	70	10	1,75E+08

Tabla 42. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 100%. R2

Lactosuero 100%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	8	11	11	7	9	9,2	1	2,30E+06
2	37	25	29	37	26	30,8	1	7,70E+06
3	98	96	109	78	108	97,8	1	2,45E+07
4	103	138	126	141	115	124,6	1	3,12E+07
5	126	118	138	137	144	132,6	1	3,32E+07
6	178	181	169	186	165	175,8	1	4,40E+07
7	39	46	45	52	47	45,8	10	1,15E+08
8	48	65	71	56	48	57,6	10	1,44E+08
9	63	54	57	70	66	62	10	1,55E+08
10	59	69	61	64	72	65	10	1,63E+08
13	67	49	66	73	58	62,6	10	1,57E+08

Repetición 3.

Tabla 43. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 0%. R3

Lactosuero 0%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	4	3	5	3	5	4	1	1,00E+06
2	4	3	6	7	4	4,8	1	1,20E+06
3	3	9	5	8	10	7	1	1,75E+06
4	4	5	3	6	7	5	1	1,25E+06
5	5	4	3	5	6	4,6	1	1,15E+06
6	6	5	7	4	4	5,2	1	1,30E+06
7	5	2	2	1	3	2,6	10	6,50E+06
8	2	3	3	4	3	3	10	7,50E+06
9	4	2	3	4	5	3,6	10	9,00E+06
10	6	5	4	4	3	4,4	10	1,10E+07
13	4	7	3	5	5	4,8	10	1,20E+07

Tabla 44. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 20%. R3

Lactosuero 20%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	6	11	10	7	9	8,6	1	2,15E+06
2	36	52	41	32	39	40	1	1,00E+07
3	50	44	38	41	43	43,2	1	1,08E+07
4	43	56	33	40	49	44,2	1	1,11E+07
5	55	38	47	49	51	48	1	1,20E+07
6	58	46	60	56	55	55	1	1,38E+07
7	6	6	4	5	7	5,6	10	1,40E+07
8	5	9	8	6	5	6,6	10	1,65E+07
9	8	7	10	6	8	7,8	10	1,95E+07
10	11	8	9	9	10	9,4	10	2,35E+07
13	12	9	11	10	9	10,2	10	2,55E+07

Tabla 45. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 40%. R3

Lactosuero 40%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	11	10	16	16	13	13,2	1	3,30E+06
2	58	55	72	47	62	58,8	1	1,47E+07
3	113	90	95	107	93	99,6	1	2,49E+07
4	102	123	117	135	129	121,2	1	3,03E+07
5	164	147	159	152	141	152,6	1	3,82E+07
6	172	168	181	173	176	174	1	4,35E+07
7	26	21	19	22	24	22,4	10	5,60E+07
8	30	23	26	24	28	26,2	10	6,55E+07
9	27	32	28	21	25	26,6	10	6,65E+07
10	24	25	31	30	25	27	10	6,75E+07
13	22	26	27	31	28	26,8	10	6,70E+07

Tabla 46. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 60%

Lactosuero 60%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	9	13	12	11	11	11,2	1	2,80E+06
2	27	32	24	26	22	26,2	1	6,55E+06
3	59	43	48	41	53	48,8	1	1,22E+07
4	67	75	78	68	84	74,4	1	1,86E+07
5	109	111	95	103	93	102,2	1	2,56E+07
6	131	119	121	162	139	134,4	1	3,36E+07
7	27	22	21	25	22	23,4	10	5,85E+07
8	24	30	22	26	25	25,4	10	6,35E+07
9	28	27	24	22	30	26,2	10	6,55E+07
10	30	25	27	27	29	27,6	10	6,90E+07
13	26	28	28	31	24	27,4	10	6,85E+07

Tabla 47. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 80%. R3

Lactosuero 80%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	11	12	10	14	13	12	1	3,00E+06
2	63	58	51	39	42	50,6	1	1,27E+07
3	41	83	56	48	62	58	1	1,45E+07
4	162	143	111	184	156	151,2	1	3,78E+07
5	275	227	321	269	314	281,2	1	7,03E+07
6	34	51	44	37	46	42,4	10	1,06E+08
7	49	62	65	56	64	59,2	10	1,48E+08
8	61	59	68	70	69	65,4	10	1,64E+08
9	69	73	64	78	71	71	10	1,78E+08
10	68	69	75	69	70	70,2	10	1,76E+08
13	70	69	63	77	74	70,6	10	1,77E+08

Tabla 48. Seguimiento de la Densidad Celular Lactosuero 100%. R3

Lactosuero 100%								
Días	Lectura 1	Lectura 2	Lectura 3	Lectura 4	Lectura 5	promedio (células por mm ³)	FD	Densidad Celular (células/ml)
0	4	2	3	5	6	4	1	1,00E+06
1	7	6	8	9	9	7,8	1	1,95E+06
2	28	25	31	29	33	29,2	1	7,30E+06
3	96	103	89	91	100	95,8	1	2,40E+07
4	136	119	128	137	127	129,4	1	3,24E+07
5	136	131	126	146	159	139,6	1	3,49E+07
6	170	182	156	167	187	172,4	1	4,31E+07
7	31	33	36	30	45	35	10	8,75E+07
8	49	51	48	57	58	52,6	10	1,32E+08
9	53	63	70	58	65	61,8	10	1,55E+08
10	71	68	54	62	65	64	10	1,60E+08
13	64	69	62	70	60	65	10	1,63E+08

Anexo 3. Densidad Óptica

Tabla 49. Densidad Óptica de las diferentes concentraciones de Lactosuero. R1

días	Densidad Óptica (Abs)					
	lact 0%	lact 20%	lact 40%	lact 60%	lact 80%	lact 100%
0	0	0	0	0	0	0
1	0,027	0,15	0,181	0,022	0,119	0,183
2	0,036	0,265	0,392	0,436	0,691	0,47
3	0,052	0,524	0,719	0,627	0,707	0,545
4	0,08	0,489	0,782	0,556	0,864	0,534
5	0,126	0,431	0,83	0,787	0,897	0,572
6	0,113	0,384	1,05	0,879	1,005	0,637
8	0,136	0,448	0,818	0,882	0,944	0,976
9	0,153	0,77	1,056	1,08	1,206	0,927
12	0,349	0,598	1,361	0,967	1,341	0,979
13	0,657	0,54	1,346	1,32	1,561	1,113

Tabla 50. Densidad Óptica de las diferentes concentraciones de Lactosuero. R2

días	Densidad Óptica (Abs)					
	lact 0%	lact 20%	lact 40%	lact 60%	lact 80%	lact 100%
0	0	0	0	0	0	0
1	0,029	0,15	0,181	0,053	0,135	0,142
2	0,047	0,265	0,392	0,186	0,371	0,59
3	0,06	0,524	0,719	0,499	0,732	0,688
4	0,098	0,489	0,782	0,483	0,784	0,695
5	0,136	0,431	0,83	0,53	0,852	0,609
6	0,153	0,384	1,05	0,646	0,94	0,708
8	0,167	0,448	0,818	0,679	1,032	0,711
9	0,185	0,77	1,056	0,966	1,134	0,527
12	0,234	0,598	1,361	1,24	1,254	1,064
13	0,464	0,54	1,346	0,958	1,361	1,113




Tabla 51. Densidad Óptica de las diferentes concentraciones de Lactosuero. R3

días	Densidad Óptica (Abs)					
	lact 0%	lact 20%	lact 40%	lact 60%	lact 80%	lact 100%
0	0	0	0	0	0	0
1	0,028	0,131	0,163	0,039	0,122	0,177
2	0,049	0,197	0,343	0,297	0,496	0,596
3	0,053	0,426	0,578	0,572	0,71	0,635
4	0,091	0,411	0,684	0,534	0,817	0,631
5	0,135	0,378	0,761	0,669	0,854	0,599
6	0,138	0,393	0,892	0,753	0,976	0,682
8	0,154	0,534	0,911	0,795	1,061	0,854
9	0,179	0,689	1,063	0,986	1,153	0,812
12	0,317	0,701	1,137	1,114	1,275	0,927
13	0,556	0,699	1,274	1,16	1,347	0,98




Anexo 4. Resultados de las pruebas realizadas en Nancy Flórez García S.A.S.

TC1-R1



Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
Confiable a toda prueba



IDEAM
INSTITUTO DE HIDROLOGÍA,
METEOROLOGÍA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES

COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
Nº 66775

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO	DIRECCIÓN : CLL 20b #6-45 SAN JORGE	NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA	LUGAR DE MUESTREO : LABORATORIO
CONTACTO : LUIS CORDOBA	CARGO : PARTICULAR	PUNTO DE MUESTREO : LAB-TC1	TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
		PLAN DE MUESTREO : N-S	PROC. DE MUESTREO : N-S
		CODIGO : 220694144	LOTE : N.A
		REGISTRO INVIMA : N.A	
NIT : 1065843239		HORA MUESTRA : 16:00	
CIUDAD : VALLEDUPAR		MUESTREO : 2022/06/24	
TELÉFONO : 3166943539		RECEPCIÓN : 2022/06/25	
		INICIO ENSAYOS : 2022/06/25	
		FINAL ENSAYOS : 2022/07/07	
		INFORME : 2022/07/07	

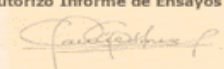
ANÁLISIS	Fisicoquímico		LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
	MÉTODO	TÉCNICA			
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B, SM 4500-O H - Incubación 5 días		2,00	2022/06/25	10897
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico		20,0	2022/07/02	16804
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B,E - Fotométrico		0,075	2022/06/28	64,1

NOTA :
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informo oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

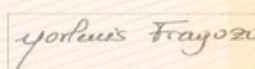
N.A: No Aplica N.S: No Suministrado N.R: Parametro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Limite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución Nº 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua envasada además los campos Lote y Registro Sanitario.
Para los informes de ensayo que conlleven declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad ILAC-G8:09/2019.

Autorizó Informe de Ensayos



DANIEL GOMEZ GALINDO
TP: PO-07031
Coordinador Técnico de Laboratorio



YORLENIS FRAGOZO CASTILLA
Jefe de Informes

Fin de Informe

Firmado digitalmente por:
FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
Fecha y hora: 12.07.2022
14:48:52

Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar



TC2-R1

Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
Confiable a toda prueba

COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
N° 65773

INFORMACION DEL CLIENTE		NIT : 1065843239
EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO	DIRECCIÓN : CLL 20b #6-45 SAN JORGE	CIUDAD : VALLEDUPAR
CONTACTO : LUIS CORDOBA	CARGO : PARTICULAR	TELÉFONO : 3166943539

INFORMACION DE LA MUESTRA		HORA MUESTRA : 16:00
NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA	LUGAR DE MUESTREO : LABORATORIO	MUESTREO : 2022/06/24
PUNTO DE MUESTREO : LAB-TC2	TIPO DE MUESTRA : SIMPLE	RECEPCIÓN : 2022/06/25
PLAN DE MUESTREO : N.S	LOTE : N.A	INICIO ENSAYOS : 2022/06/25
PROC. DE MUESTREO : N.S	REGISTRO INVIMA : N.A	FINAL ENSAYOS : 2022/07/07
		INFORME : 2022/07/07

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B, SM 4500-O H - Incubación 5 días	2,00	2022/06/25	18745
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/07/06	26200
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B.E - Fotométrico	0,075	2022/06/28	74,2

NOTA :
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informo oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado N.R: Parametro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Limite de cuantificación del método
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua emvasada además los campos Lote y Registro Sanitario.
Para los informes de ensayo que conllevan declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad IAC-G9:09/2019.

Autorizó Informe de Ensayos

DANIEL GOMEZ GALINDO
TP: PO-07031
Coordinador Técnico de Laboratorio

YORLENIS FRAGOZO CASTILLA
Jefe de Informes


Fin de Informe

Firmado digitalmente por:
FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
Fecha y hora: 12.07.2022
14:48:49


Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

Tratamiento Control 3 – Repetición



Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
 Confiablesidad a toda prueba



COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
N° 66774

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
 EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO
 DIRECCIÓN : CLL 20b #6-45 SAN JORGE
 CONTACTO : LUIS CORDOBA
 CARGO : PARTICULAR

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
 NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA
 LUGAR DE MUESTREO : LABORATORIO
 PUNTO DE MUESTREO : LAB-TC3
 TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S

NIT : 1065843239
 CIUDAD : VALLEDUPAR
 TELEFONO : 3166943539

HORA MUESTRA : 16:00
 MUESTREO : 2022/06/24
 RECEPCIÓN : 2022/06/25
 INICIO ENSAYOS : 2022/06/25
 FINAL ENSAYOS : 2022/07/07
 INFORME : 2022/07/07


Físicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B, SM 4500 O H - Incubación 5 días	2,00	2022/06/25	15478
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/07/06	22847
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P.B.E - Fotométrico	0,075	2022/06/28	62,7

NOTA :
 La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
 La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informo oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

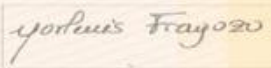
N.A: No Aplica N.S: No Suministrado N.R: Parametro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
 (A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
 Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
 El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
 No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
 Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado
 Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
 Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución Nº 0398 de 02 de mayo 2019 por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLÓREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLÓREZ GARCÍA SAS, para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
 La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua envasada además los campos Lote y Registro Sanitario.
 Para los informes de ensayo que conllevan declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad TLAC-CB-09/2019.

Autorizó Informe de Ensayos



 DANIEL GOMEZ GALINDO
 TP: PQ-07031
 Coordinador Técnico de Laboratorio



 YORLENIS FRAGOZO CASTILLA
 Jefe de Informes

Fin de Informe

Firmado digitalmente por:
 FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
 Fecha y hora. 12.07.2022
 14:48:49


Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad_amb@labsnancyflorez.com.co
 Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

www.unicesar.edu.co
 Campus Universitario Sabanas, Of. 105 D. PBX (57) (5) 5848217 EXT. 1129
 Línea de atención al ciudadano 01 8000 400380
 Valledupar Cesar Colombia

Tratamiento 1 – Repetición 1

Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
Confiable a toda prueba


INSTITUTO DE NANCY FLÓREZ GARCÍA S.A.S.
RECONOCIDO Y
REGISTRADO

COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
Nº 66776

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO	DIRECCIÓN : CLL 205 #6-45 SAN JORGE	TIPO DE MUESTRA : SIMPLE	PROC. DE MUESTREO : N.S
CONTACTO : LUIS CORDOBA	CARGO : PARTICULAR	PLAN DE MUESTREO : N.S	PROC. DE MUESTREO : N.S
NIT : 1065843239		HORA MUESTRA : 16:00	
CIUDAD : VALLEDUPAR		MUESTREO : 2022/06/24	
TELÉFONO : 3166943539		RECEPCIÓN : 2022/06/25	
		INICIO ENSAYOS : 2022/06/25	
		FINAL ENSAYOS : 2022/07/07	
		INFORME : 2022/07/07	


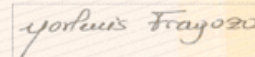
Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBOS) mg O ₂ /L (A)	SM 5210 B, SM 4500-O H - Incubación 5 días	2,00	2022/06/25	9685
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O ₂ /L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/07/06	14900
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B, E - Fotométrico	0,075	2022/06/28	65,1

NOTA :
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informo oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado N.R: Parametro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Limite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución Nº 0398 de 02 de mayo 2019 * por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLÓREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLÓREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua emvasada además los campos Lote y Registro Sanitario.
Para los informes de ensayo que conlleven declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad IAC-GB:09/2019.

Autorizó Informe de Ensayos

 <hr/> DANIEL GOMEZ GALINDO TP: PO-07031 Coordinador Técnico de Laboratorio	 <hr/> YORLENIS FRAGOZO CASTILLA Jefe de Informes
---	---



Fin de Informe

Firmado digitalmente por:
FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
Fecha y hora: 12.07.2022
14:48:53

Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad_amb@labnancyflorez.com.co
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso Lopez - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

Tratamiento 2 – Repetición 1

COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
Nº 66777

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO	DIRECCIÓN : CLL 20th #6-45 SAN JORGE	NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA	LUGAR DE MUESTREO : LABORATORIO
CONTACTO : LUIS CORDOBA	CARGO : PARTICULAR	TIPO DE MUESTRA : SIMPLE	PLAN DE MUESTREO : N-S
		PROC. DE MUESTREO : N-S	

NIT : 1065843239	CIUDAD : VALLEDUPAR	TELEFONO : 3166943539
HOJA MUESTRA : 16:00	MUESTREO : 2022/06/24	RECEPCION : 2022/06/25
INICIO ENSAYOS : 2022/06/25	FINAL ENSAYOS : 2022/07/07	INFORME : 2022/07/07


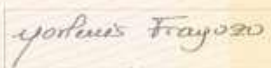
Físicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B, SM 4500-O H - Incubación 5 días	2,00	2022/06/25	13423
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	30,0	2022/07/06	20294
Fáctores Total mg P/L (A)	SM 4500-P ILE - Fotométrico	0,073	2022/06/28	85,4

NOTA :
 La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayos, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
 La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informó oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado N.A: Parámetro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
 (A) Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
 Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
 El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
 No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
 Cuando se otorgue la sigla N.S en la fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
 Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.
 Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución Nº 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCIA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los esfuerzos de análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
 La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua emvasada además los campos Lote y Registro Sanitario.
 Para los informes de ensayo que conlleven declaración de conformidad, esta será realizada basados en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad ILAC-G8:09/2019.

Autorizó Informe de Ensayos

 DANIEL GOMEZ GALINDO TP: PO-07001 Coordinador Técnico de Laboratorio	 YORLENIS FRAGOZO CASTILLA Jefe de Informes
---	---

Fin de Informe

Firmado digitalmente por:
 FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
 Fecha y hora: 12.07.2022
 14:48:49

Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad.amb@labnancyflorez.com.co
 Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

Tratamiento 3 – Repetición 1

Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
Confiable a toda prueba

IDEAM
INSTITUTO DE HIGIENIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
N° 66775

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO
DIRECCIÓN : CLL 20b #6-45 SAN JORGE
CONTACTO : LUIS CORDOBA
CARGO : PARTICULAR

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA
LUGAR DE MUESTREO : LABORATORIO
PUNTO DE MUESTREO : LAB-T3
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : N.S
PROC. DE MUESTREO : N.S

NIT : 1065843239
CIUDAD : VALLEDUPAR
TELÉFONO : 3166943539

HORA MUESTRA : 16:00
MUESTREO : 2022/06/24
RECEPCIÓN : 2022/06/25
INICIO ENSAYOS : 2022/06/25
FINAL ENSAYOS : 2022/07/07
INFORME : 2022/07/07

CODIGO : 220694146
LOTE : N.A
REGISTRO INVIMA : N.A

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B, SM 4500-O H - Incubación 5 días	2,00	2022/06/25	11826
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/07/06	15122
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B,E - Fotométrico	0,075	2022/06/28	866

NOTA :
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informo oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado N.R: Parametro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Limite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica unicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 * por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua envasada además los campos Lote y Registro Sanitario.
Para los informes de ensayo que conlleven declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad ILAC-G8:09/2019.

Autorizó Informe de Ensayos

[Firma]
DANIEL GOMEZ GALINDO
TP: PO-07031
Coordinador Técnico de Laboratorio

[Firma]
YORLENIS FRAGOZO CASTILLA
Jefe de Informes

Fin de Informe

Firmado digitalmente por:
FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
Fecha y hora: 12.07.2022
14:48:49

Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar



Tratamiento Control 1 – Repetición 2

Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
Confiable a toda prueba

IDEAM
INSTITUTO DE HIGIENA Y
TECNOLOGÍA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES

COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
N° 66771

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO
DIRECCIÓN : CLL 20b #6-45 SAN JORGE
CONTACTO : LUIS CORDOBA
CARGO : PARTICULAR

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA
LUGAR DE MUESTREO : LABORATORIO
PUNTO DE MUESTREO : LAB-TC1
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : N.S
PROC. DE MUESTREO : N.S

NIT : 1065843239
CIUDAD : VALLEDUPAR
TELÉFONO : 3166943539

HORA MUESTRA : 16:00
MUESTREO : 2022/06/24
RECEPCIÓN : 2022/06/25
INICIO ENSAYOS : 2022/06/25
FINAL ENSAYOS : 2022/07/07
INFORME : 2022/07/07

CODIGO : 220694146
LOTE : N.A
REGISTRO INVIMA : N.A

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B, SM 4500-O H - Incubación 5 días	2,00	2022/06/25	11564
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/07/06	17456
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B.E - Fotométrico	0,075	2022/06/28	69.2

NOTA :
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de dónde ha sido extraída la muestra.
La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informo oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado N.R: Parametro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Limite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica unicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua envasada además los campos Lote y Registro sanitario.
Para los informes de ensayo que conlleven declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad ILAC-G8:09/2019.

Autorizó Informe de Ensayos

[Firma]
DANIEL GOMEZ GALINDO
TP: PO-07031
Coordinador Técnico de Laboratorio

[Firma]
YORLENIS FRAGOZO CASTILLA
Jefe de Informes

Fin de Informe

Firmado digitalmente por:
FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
Fecha y hora: 12.07.2022
14:48:49

Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad_amb@labsnancyflorez.com.co
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

Tratamiento Control 2 – Repetición 2

Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
Confiability a toda prueba

IDEAM
INSTITUTO DE HIGIENIA METEOROLÓGICA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
N° 66773

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO
DIRECCIÓN : CLL 20b #6-45 SAN JORGE
CONTACTO : LUIS CORDOBA
CARGO : PARTICULAR

NIT : 1065843239
CIUDAD : VALLEDUPAR
TELÉFONO : 3166943539

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA
LUGAR DE MUESTREO : LABORATORIO
PUNTO DE MUESTREO : LAB-TC2
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : N.S
PROC. DE MUESTREO : N.S

CODIGO : 220694146
LOTE : N.A
REGISTRO INVIMA : N.A

HORA MUESTRA : 16:00
MUESTREO : 2022/06/24
RECEPCIÓN : 2022/06/25
INICIO ENSAYOS : 2022/06/25
FINAL ENSAYOS : 2022/07/07
INFORME : 2022/07/07

Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B, SM 4500-O H - Incubación 5 días	2,00	2022/06/25	17391
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/07/06	26331
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B E - Fotométrico	0,075	2022/06/28	87,8

NOTA :
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informo oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado N.R: Parametro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Limite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica unicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua emvasada además los campos Lote y Registro Sanitario.
Para los informes de ensayo que conlleven declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad IUAC-G8/09/2019.

Autorizó Informe de Ensayos

[Firma]
DANIEL GOMEZ GALINDO
TP: PO-07031
Coordinador Técnico de Laboratorio

[Firma]
YORLENIS FRAGOZO CASTILLA
Jefe de Informes


Fin de Informe

Firmado digitalmente por:
FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
Fecha y hora: 12.07.2022
14:48:49


Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad_amb@labsnancyflorez.com.co
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

Página 1 de 1

Tratamiento Control 3 – Repetición 2



Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
Confidabilidad a toda prueba



IDEAM
INSTRUMENTACIÓN Y ESTUDIOS AMBIENTALES

COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
N° 66774

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		NIT : 1065843239	
EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO		CIUDAD : VALLEDUPAR	
DIRECCIÓN : CLL 20b #6-45 SAN JORGE		TELÉFONO : 3166943539	
CONTACTO : LUIS CORDOBA			
CARGO : PARTICULAR			

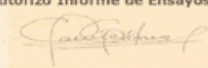
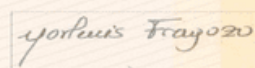
INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		HORA MUESTRA : 16:00	
NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA		MUESTREO : 2022/06/24	
LUGAR DE MUESTREO : LABORATORIO		RECEPCIÓN : 2022/06/25	
PUNTO DE MUESTREO : LAB-TC3		INICIO ENSAYOS : 2022/06/25	
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE	CODIGO : 220694146	FINAL ENSAYOS : 2022/07/07	
PLAN DE MUESTREO : N.S	LOTE : N.A	INFORME : 2022/07/07	
PROC. DE MUESTREO : N.S	REGISTRO INVIMA : N.A		

ANÁLISIS	Físicoquímico			RESULTADO
	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B, SM 4500-O H - Incubación 5 días	2,00	2022/06/25	15783
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/07/06	22501
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B.E - Fotométrico	0,075	2022/06/28	742

NOTA :
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informo oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado N.R: Parametro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Limite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua emvasada además los campos Lote y Registro Sanitario.
Para los informes de ensayo que conlleven declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad TLAC-GS:09/2019.

<p>Autorizó Informe de Ensayos</p>  <p>DANIEL GOMEZ GALINDO TP: PO-07031 Coordinador Técnico de Laboratorio</p>	 <p>YORLENIS FRAGOZO CASTILLA Jefe de Informes</p>
---	--


Fin de Informe

Firmado digitalmente por:
FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
Fecha y hora: 12.07.2022
14:48:49


Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

Tratamiento 1 – Repetición 2



Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
Confiable en toda prueba



IDEAM
INSTITUTO COLOMBIANO DE
TECNOLOGÍA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES

COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
Nº 66777

INFORMACIÓN DEL CLIENTE

EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO
DIRECCIÓN : CLL 20b #6-45 SAN JORGE
CONTACTO : LUIS CORDOBA
CARGO : PARTICULAR

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA

NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA
LUGAR DE MUESTREO : LABORATORIO
PUNTO DE MUESTREO : LAB-T1
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
PLAN DE MUESTREO : N.S
PROC. DE MUESTREO : N.S

NIT : 1065843239
CIUDAD : VALLEDUPAR
TELÉFONO : 3166943539


HORA MUESTRA : 16:00
MUESTREO : 2022/06/24
RECEPCIÓN : 2022/06/25
INICIO ENSAYOS : 2022/06/25
FINAL ENSAYOS : 2022/07/07
INFORME : 2022/07/07

Físicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O ₂ /L (A)	SM 5210 B, SM 4500-O H - Incubación 5 días	2,00	2022/06/25	9154
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O ₂ /L (A)	SM 5220 C - Reflujo-cerrado - Volumétrico	20,0	2022/07/06	13678
Fosforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P B E - Fotométrico	0,075	2022/06/26	61,5

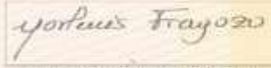
NOTA :
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informó oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado N.N: Parámetro no requerido por la especificación (SVA) Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Límite de cuantificación del método
Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlada una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se cobije la sigla N.S en la Fichita de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no ha suministrado en el certificado de análisis entregado.
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumple en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución Nº 0096 de 02 de mayo 2019 por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCÍA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
La información consignado en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es deferida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua envasada además los campos Lote y Registro Sanitario.
Para los informes de ensayo que conllevan declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad IAC-GS/09/2019.

Autorizó Informe de Ensayos



DANIEL GOMEZ GALINDO
TP: PD-07831
Coordinador Técnico de Laboratorio



YORLENIS FRAGOZO CASTILLA
Jefe de Informes


Fin de Informe

Firmado digitalmente por:
FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
Fecha y hora: 12.07.2022
14:48:49


Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

Tratamiento 2 – Repetición 2



Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
 Confiables a toda prueba



IDEAM
 INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGÍA Y CLIMATOLOGÍA

OOD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
Nº 66777

INFORMACIÓN DEL CLIENTE
 EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO
 DIRECCION : CLL 20b #6-45 SAN JORGE
 CONTACTO : LUIS CORDOBA
 CARGO : PARTICULAR

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA
 NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA
 LUGAR DE MUESTREO : LABORATORIO
 PUNTO DE MUESTREO : LAB-12
 TIPO DE MUESTRA : SIMPLE
 PLAN DE MUESTREO : N.S
 PROC. DE MUESTREO : N.S

NIT : 1065843239
 CIUDAD : VALLEDUPAR
 TELÉFONO : 3166943539

HORA MUESTRA : 16:00
 MUESTREO : 2022/06/24
 RECEPCIÓN : 2022/06/25
 INICIO ENSAYOS : 2022/06/25
 FINAL ENSAYOS : 2022/07/07
 INFORME : 2022/07/07


Fisicoquímico				
ANÁLISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANÁLISIS	RESULTADO
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B, SM 4300-O H - Decoloración 3 días	2,00	2022/06/25	12,792
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/07/06	20541
Pefloro Total mg P/L (A)	SM 4300-P B.E - Fotométrico	0,075	2022/06/28	9,1

NOTA :
 La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido enviada la muestra.
 La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informó oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

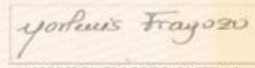
LCM: No Aplica **N.S:** No Suministrado **N.E:** Parámetro no requerido por la especificación **(SMA)** Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado **(S):** Subcontratado **(LCM):** Límite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
 Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
 El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
 No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
 Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el Laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado
 Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
 Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución Nº 0398 de 02 de mayo 2019 " por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCIA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS., para producir información cuantitativa, física, química y biológica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
 La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua emvasada además los campos LCM y Registro sanitarios.
 Para los informes de ensayo que conlleven declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad TLAC-GS-09/2019.

Autorizó Informe de Ensayos



DANIEL GOMEZ GALINDO
 TP: PO-07031
 Coordinador Técnico de Laboratorio



YORLENIS FRAGOZO CASTILLA
 Jefa de Informes

Fin de Informe


Firmado digitalmente por:
FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
 Fecha y hora 12.07.2022
 14:48:40

Página 1 de 1


Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co
 Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso López - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar



Tratamiento 3 – Repetición 2



Laboratorio Ambiental y de Alimentos
Nancy Flórez García
Confiable a toda prueba



COD: RO-104 Ver: 10 del 11 de Abril de 2022

INFORME DE ENSAYOS
N° 66772

INFORMACIÓN DEL CLIENTE		NIT : 1065843239
EMPRESA : LUIS ANGEL CORDOBA SERRATO		CIUDAD : VALLEDUPAR
DIRECCIÓN : CLL 20b #6-45 SAN JORGE		TELÉFONO : 3166943539
CONTACTO : LUIS CORDOBA		
CARGO : PARTICULAR		

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA		HORA MUESTRA : 16:00
NOMBRE : AGUA RESIDUAL NO DOMESTICA		MUESTREO : 2022/06/24
LUGAR DE MUESTREO : LABORATORIO		RECEPCIÓN : 2022/06/25
PUNTO DE MUESTREO : LAB-T3		INICIO ENSAYOS : 2022/06/25
TIPO DE MUESTRA : SIMPLE	CODIGO : 220694146	FINAL ENSAYOS : 2022/07/07
PLAN DE MUESTREO : N.S	LOTE : N.A	INFORME : 2022/07/07
PROC. DE MUESTREO : N.S	REGISTRO INVIMA : N.A	

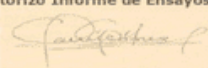
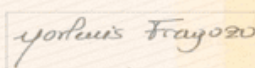
Fisicoquímico					
ANALISIS	MÉTODO - TÉCNICA	LCM	FECHA ANALISIS	RESULTADO	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5) mg O2/L (A)	SM 5210 B, SM 4500-O H - Incubación 5 días	2,00	2022/06/25	9841	
Demanda Química de Oxígeno (DQO) mg O2/L (A)	SM 5220 C - Reflujo cerrado - Volumétrico	20,0	2022/07/06	15346	
Fósforo Total mg P/L (A)	SM 4500-P BLE - Fotométrico	0,075	2022/06/28	78.1	

NOTA :
La muestra a la que se refieren los resultados que figuran en este informe de ensayos, excepto la fecha de recepción, fecha de inicio de ensayo, fecha final de ensayos y fecha de informe han sido proporcionados por el cliente o un tercero de conformidad con las directrices del cliente. En consecuencia, los datos que figuran en el informe no constituyen una garantía de la representatividad de la muestra y por tanto se refieren única y exclusivamente a dicha muestra. El Laboratorio no es responsable del origen o la fuente de donde ha sido extraída la muestra.
La muestra fue analizada a solicitud del cliente. El laboratorio informo oportunamente que la muestra fue entregada al Laboratorio en recipientes inadecuados.

N.A: No Aplica N.S: No Suministrado N.R: Parametro no requerido por la especificación (SNA) Subcontratado No Acreditado
(A): Acreditado (S): Subcontratado (LCM): Limite de cuantificación del método

Todo resultado del laboratorio está respaldado por una marca que verifica su autenticidad.
Resultado no controlado una vez entregado al cliente.
El resultado aplica únicamente a la muestra recibida y analizada.
No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa del laboratorio.
Cuando se coloque la sigla N.S en la Fecha de Análisis, indica que el laboratorio Subcontratado no la ha suministrado en el certificado de análisis entregado
Para los ensayos microbiológicos y DBO, la fecha de análisis corresponde a la fecha de inicio de los mismos. La fecha de finalización cumplen en cada caso los tiempos establecidos en el método.
Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros indicados con (A) según Resolución N° 0398 de 02 de mayo 2019 * por la cual se renueva y se extiende la acreditación al LABORATORIO AMBIENTAL Y DE ALIMENTOS NANCY FLOREZ GARCÍA de la SOCIEDAD LABORATORIOS NANCY FLOREZ GARCIA SAS, para producir información cuantitativa, feica, química y biótica para los estudios o análisis ambientales requeridos por las autoridades ambientales competentes y de carácter oficial, relacionada con la calidad del medio ambiente y de los recursos naturales renovables.
La información consignando en los campos de Información del Cliente e Información de la Muestra (Lugar de Muestreo, Punto de Muestreo, Tipo de Muestra y Fecha de Muestreo) es definida por el cliente. Adicionalmente para la matriz agua envasada además los campos Lote y Registro Sanitario.
Para los informes de ensayo que conlleven declaración de conformidad, esta será realizada basado en la regla de decisión "Declaración Binaria para una Regla de Aceptación Simple" conforme a lo descrito en la Guía para Establecer Reglas de Decisión en la Declaración de Conformidad ILAC-G8:09/2019.

Autorizó Informe de Ensayos

 DANIEL GÓMEZ GALINDO TP: PO-07031 Coordinador Técnico de Laboratorio	 YORLENIS FRAGOZO CASTILLA Jefe de Informes
--	--

Fin de Informe

Firmado digitalmente por:
FRAGOZO CASTILLA YORLENIS
Fecha y hora: 12.07.2022
14:48:49

Página 1 de 1

Teléfonos: 5732963 EXT 301 - 3145060908 E-mail: calidad.amb@labsnancyflorez.com.co
Sede Operativa: Cra 15 No 13c 72 Barrio Alfonso Lopez - Tel:5732963 EXT 300 - Valledupar

Anexo 5. Seguimiento del pH de las 2 repeticiones

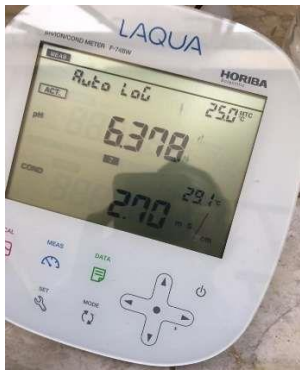
pH										
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1										
TC1	6,5	6,3	6,3	6	6,2	6,3	6,3	6,4	6,5	6,5
TC2	6,5	6,4	6,4	6,2	6	6	6,2	6,3	6,2	6,4
TC3	6,5	6,2	6,6	6,3	6,3	6,4	6,6	6,5	6,5	6,8
T1	6,4	6,3	6,3	6	6,2	6	6,2	6,3	6,3	6,4
T2	6,4	6,5	6,2	6,4	6	5,8	6,3	6,3	6,2	6,4
T3	6,4	6,6	6,5	6,5	6,3	6,1	6,1	6,6	6,7	6,9
R2										
TC1	6,6	6,4	6,4	6,3	6,3	6,2	6,3	6,4	6,4	6,5
TC2	6,4	6,3	6,3	6,2	6,3	6,3	6,4	6,4	6,4	6,4
TC3	6,5	6,3	6,2	6,2	6,3	6,5	6,4	6,5	6,6	6,6
T1	6,4	6,4	6,3	6,0	5,9	6,1	6,3	6,3	6,5	6,5
T2	6,4	6,3	6,4	6,4	6,3	6,2	6	6,2	6,2	6,3
T3	6,4	6,5	6,6	6,3	6,1	6,4	6,4	6,7	6,7	6,8



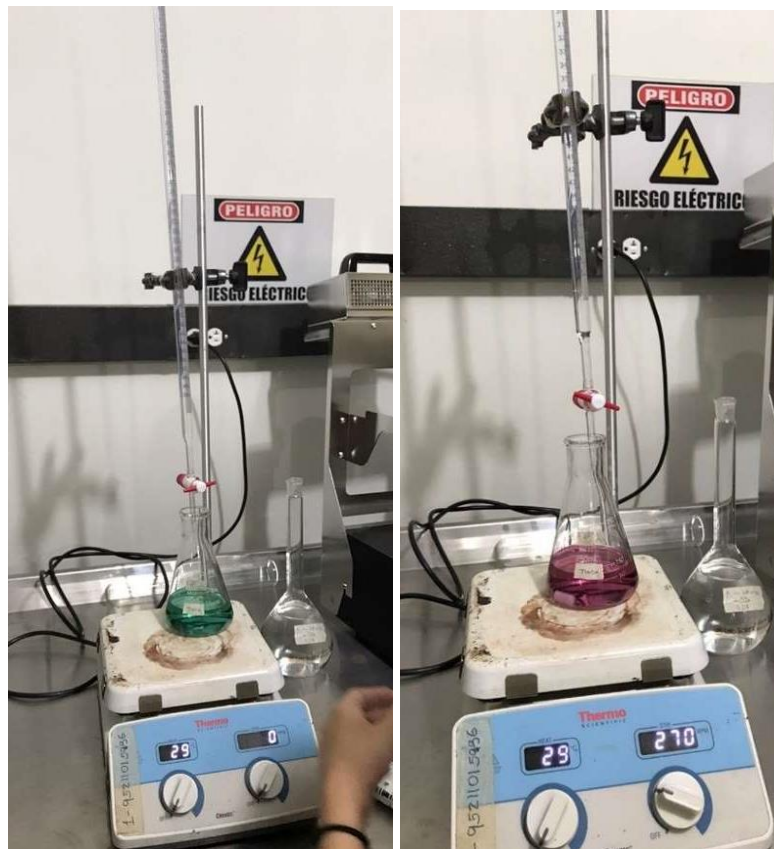
Anexo 6. Seguimiento de la conductividad de las 2 repeticiones

Conductividad										
Tratamientos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1										
TC1	3,86	3,73	4,47	3,85	3,76	3,4	3,88	4,35	4,78	5,12
TC2	2,52	2,57	2,61	2,63	2,68	2,7	2,73	2,77	2,8	2,81
TC3	3,77	3,46	3,14	3,59	3,63	3,71	3,79	3,67	3,98	4,01
T1	4,46	4,48	4,44	4,42	4,58	4,94	4,77	4,89	4,96	5,3
T2	4,48	4,37	4,52	4,15	3,66	3,07	3,78	3,96	4,59	5,02
T3	2,2	2,13	2,35	2,36	2,27	2,2	2,18	2,11	2,22	2,28

R2										
TC1	3,81	3,84	3,96	3,85	3,75	3,87	4,21	4,58	4,62	4,96
TC2	2,64	2,70	2,74	2,72	2,86	2,88	2,77	2,82	2,85	2,85
TC3	3,73	3,54	3,21	3,04	3,33	3,57	3,68	3,81	3,87	3,92
T1	4,53	4,48	4,43	4,38	4,51	4,63	4,71	4,85	4,96	5,28
T2	4,45	4,52	4,33	4,26	3,84	3,55	3,66	3,97	4,38	4,8
T3	3,15	3,45	3,31	3,11	2,97	2,74	2,42	2,44	2,42	2,67



Anexo 7. Determinación del % de Nitrógeno por el método Kjeldahl





Anexo 8. Cálculo del % de Nitrógeno

	ml H ₂ SO ₄ titulación	ml Blanco	N H ₂ SO ₄	%N
R1				
Tinicial	33	0,1	0,2	1,843
TC1	16	0,1	0,2	0,891
TC2	19	0,1	0,2	1,059
TC3	15,3	0,1	0,2	0,852
T1	11	0,1	0,2	0,611
T2	15	0,1	0,2	0,835
T3	8,9	0,1	0,2	0,493
R2				
Tinicial	25	0,1	0,2	1,395
TC1	12,08	0,1	0,2	0,671
TC2	16,34	0,1	0,2	0,910
TC3	11,57	0,1	0,2	0,643
T1	10,74	0,1	0,2	0,596
T2	9,87	0,1	0,2	0,547
T3	5,74	0,1	0,2	0,316

