



Universidad Científica del Perú - UCP
*Registrado en el Asiento N° A00010 de la Partida N° 11000318, Personas Jurídicas de Iquitos,
Superintendencia de los Registros Públicos - SUNARP*

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE ECOLOGÍA**

TESIS

**CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES QUÍMICOS DE
RESIDUOS LÍQUIDOS SEGREGADOS POR EL CAMAL MUNICIPAL DEL
DISTRITO DE PUNCHANA USANDO TRES GÉNEROS DE MICROALGAS
(*Chlorella sp.*, *Scenedesmus sp.* y *Ankistrodesmus sp.*)**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE LICENCIADO
EN ECOLOGÍA**

AUTOR: Carlos Hugo Tenorio Pinedo

ASESORA: Dra. Marianela Cobos Ruiz

San Juan Bautista – Maynas – Loreto – Perú 2020

DEDICATORIA

A Dios por guiar mi camino.

*A mis padres, a mis hermanos
y a mi compañera de vida
Karen Luz, que siempre me
dieron todo su apoyo de
manera incondicional*

Carlos Hugo Tenorio Pinedo.

AGRADECIMIENTO

Al Laboratorio de Biotecnología y Bioenergética de la Universidad Científica del Perú por permitirme el uso de sus equipos, materiales y reactivos que ayudaron en la ejecución e investigación de la presente tesis.

A mi asesora, la Dra. Marianela Cobos Ruiz por brindarme la oportunidad de realizar la tesis y a su vez por depositar su confianza e invertir su tiempo y conocimiento durante todo el proceso de estudio. A usted mis más sinceros agradecimientos.

A la Lic. María Zadith Casuso Wong por su apoyo, sus orientaciones y su total disponibilidad para resolver cualquier duda. A su manera, ha sido capaz de ganarse mi admiración, así como sentirme en deuda con ella por todo lo recibido durante todo el tiempo de la ejecución de esta tesis.

A la Lic. Sheyla Pérez Gallardo por brindarme sus conocimientos en el uso y la lectura del kit Lamotte.

Al estudiante de la Universidad Nacional del Santa, Eymar Correa Valverde por dedicar parte de su tiempo como practicante del Laboratorio de Biotecnología y Bioenergética de la Universidad Científica del Perú para apoyarme durante la ejecución de esta tesis.

Al camal municipal del Distrito de Punchana por brindarme las facilidades de ingreso a sus instalaciones para realizar la recolección de las muestras, asimismo agradecer a todo su personal por su buen trato, amabilidad y disponibilidad de colaboración.

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP

El presidente del Comité de Ética de la Universidad Científica del Perú - UCP

Hace constar que:

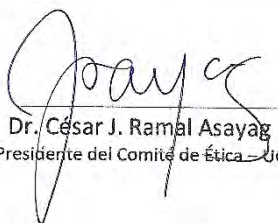
La Tesis titulada:

"CAPACIDAD DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES QUÍMICOS DE RESIDUOS LÍQUIDOS SEGREGADOS POR EL CAMAL MUNICIPAL DEL DISTRITO DE PUNCHANA USANDO TRES GÉNEROS DE MICROALGAS (Chlorella sp., Scenedesmus sp. y Ankistrodesmus sp.)"

De los alumnos: **CARLOS HUGO TENORIO PINEDO**, pasó satisfactoriamente la revisión por el Software Antiplagio, con un porcentaje de **8% de similitud**.

Se expide la presente, a solicitud de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

San Juan, 20 de agosto del 2020.



Dr. César J. Ramal Asayag
Presidente del Comité de Ética - UCP

Urkund Analysis Result

Analysed Document: UCP_ECOLOGIA_2020_TESIS_CARLOS_TENORIO_V1.pdf
(D77866489)
Submitted: 8/17/2020 5:32:00 PM
Submitted By: revision.antiplagio@ucp.edu.pe
Significance: 8 %

Sources included in the report:

UCP_INGENIERIAAMBIENTAL_2020_TESIS_PATRICIAGALVEZ_V1.pdf (D63171988)
TESIS J ENRIQUE TANTTE.pdf (D43007187)
https://www.researchgate.net/profile/Paul_Baltazar_Guerrero/publication/321476850_ASENTAMIENTO_DE_CARPOESPORAS_DE_Chondracanthus_chamissoi_SOBRE_CUERDAS_DE_POLIETILENO_CABO_PAPILLO_EN_CONDICIONES_SEMI-CONTROLADAS_DE_LABORATORIO/links/5a22ee040f7e9b71dd052ccc/ASENTAMIENTO-DE-CARPOESPORAS-DE-Chondracanthus-chamissoi-SOBRE-CUERDAS-DE-POLIETILENO-CABO-PAPILLO-EN-CONDICIONES-SEMI-CONTROLADAS-DE-LABORATORIO.pdf

Instances where selected sources appear:

16

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA

Con Resolución Decanal N°184-2016-UCP-FCEI del 31 de mayo de 2016, la FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD CIENTÍFICA DEL PERÚ - UCP designa como Jurado Evaluador de la sustentación de tesis a los señores:

- Dr. Álvaro Tresierra Ayala Presidente
- Dra. Carmen Patricia Cerdeña Del Águila Miembro
- Blgo. Jhonatan Rodríguez Utia Miembro

Como Asesora: **Blga. Marianela Cobos Ruiz, Dra.**

En la ciudad de Iquitos, siendo las 09:00 horas del día 02 de octubre del 2020, a través de la plataforma ZOOM supervisado en línea por la Secretaria Académica del programa Académico de Ecología de la Facultad de Ciencias e Ingeniería de la Universidad Científica del Perú., se constituyó el Jurado para escuchar la sustentación y defensa de la Tesis: **“Capacidad de remoción de contaminantes químicos de residuos líquidos segregados por el camal municipal del distrito de Punchana usando tres géneros de microalgas (*Chlorella sp.*, *Scenedesmus sp.* Y *Ankistrodesmus sp.*)”**

Presentado por el sustentante: **CARLOS HUGO TENORIO PINEDO**

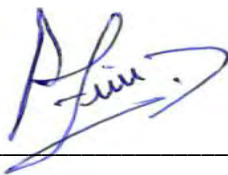
Como requisito para optar el título profesional de: **LICENCIADO EN ECOLOGÍA**

Luego de escuchar la sustentación y formuladas las preguntas las que fueron: **ABSUELTAS**

El Jurado después de la deliberación en privado llegó a la siguiente conclusión:

La sustentación es: **APROBADA POR UNANIMIDAD**

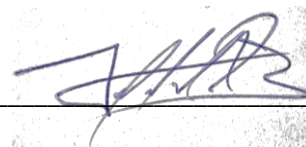
En fe de lo cual los miembros del Jurado firman el acta.



Presidente



Miembro



Miembro

APROBACIÓN

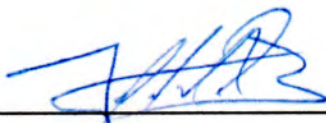
Tesis sustentada en acto público el día 02 de Octubre a las 09:00 hrs del
2020



Dr. Álvaro Tresierra Ayala
PRESIDENTE DEL JURADO



Ing. Carmen P. Cerdeña Del Águila Mgr.
MIEMBRO DEL JURADO



Blgo. Jonathan Rodríguez Utia.
MIEMBRO DEL JURADO



ASESOR (a)
Dra. Marianela Cobos Ruíz

3.1. Resultados	9
3.1.2. Remoción de compuestos nitrogenados, dióxido de carbono y cloruro	9
3.1.3. Cambio de dureza, alcalinidad y pH en residuos de camal usando tres géneros de microalgas	10
3.1.4. Tasa de crecimiento (μ) de tres géneros de microalgas cultivadas en residuos líquidos de camal	12
3.1.5. Perfil de crecimiento de los géneros de microalgas evaluadas	13
3.1.6. Producción de biomasa y acumulación de lípidos totales de tres géneros de microalgas evaluadas	14
3.2. Discusión	17
CAPÍTULO IV	20
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20
4.1. Conclusiones	20
4.2. Recomendaciones	21
CAPÍTULO V	22
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22
CAPÍTULO VI	27
ANEXOS	27

ÍNDICE DE TABLAS

N°	TÍTULO	Pág.
01.	Remoción de compuestos nitrogenados y dióxido de carbono de los residuos líquidos de camal usando tres géneros de microalgas	9
02.	Remoción de cloruro, dureza y alcalinidad de residuos líquidos usando tres géneros de microalgas	10
03.	Cambios de pH en aguas residuales de camal usando tres géneros de microalgas	11
04.	Valor promedio de la tasa de crecimiento (μ) de tres géneros de microalgas cultivadas en agua residuales de camal	11
05.	Producción de biomasa en tres géneros de microalgas cultivadas en residuos líquidos de camal	14
06.	Producción de lípidos totales en tres géneros de microalgas, <i>Chlorella</i> sp, <i>Scenedesmus</i> sp y <i>Ankistrodesmus</i> sp, expuestas a Contaminantes de residuos líquidos de camal	14

ÍNDICE DE FIGURAS

N°	TÍTULO	Pág.
01.	Perfil de crecimiento de tres especies de microalgas cultivadas en residuos líquidos de camal. A (<i>Ankistrodesmus</i> sp), B (<i>Chlorella</i> sp) y C (<i>Scenedesmus</i> sp).	13
02.	Producción de biomasa en tres géneros de microalgas cultivadas en residuos líquidos de camal.	13
03.	Acumulación de lípidos totales en tres géneros de microalgas, expuestas a contaminantes de residuos líquidos de camal	16

ÍNDICE DE ANEXOS

N°	TÍTULO	Pág
01.	Cuadros de datos estadísticos del perfil de crecimiento, producción de biomasa y acumulación de lípidos totales de las tres especies de microalgas sometidos a dos concentraciones de los residuos líquidos de camal	27
02.	Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de <i>Ankistrodesmus</i> sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal	27
02.	Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de <i>Chlorella</i> sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal	27
03.	Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de <i>Scenedesmus</i> sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal	27
04.	Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de biomasa de <i>Ankistrodesmus</i> sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal	28
05.	Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de biomasa de <i>Chlorella</i> sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal	28
06.	Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de biomasa de <i>Scenedesmus</i> sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal	28
07.	Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de lípidos totales de <i>Ankistrodesmus</i> sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal	29
08.	Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de lípidos totales de <i>Chlorella</i> sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal	29
09.	Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de lípidos totales de <i>Scenedesmus</i> sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal	29
Anexo II. Del Flujograma metodológico		30
01.	Flujograma de procedimiento metodológico	3

RESUMEN

El inadecuado manejo de residuos líquidos de los camales, los mismos que por su procedencia contienen una alta concentración de materia orgánica al ser descargada en cuerpos de agua provoca serios problemas, tales como muerte de diversos organismos y problemas de salud pública (2). Debido a ello se han estudiado por más de 50 años la utilización de microalgas para remoción de nutrientes, comprobándose que la biomasa algal obtenida posee un alto contenido de proteínas, lípidos y carbohidratos (6). El objetivo fue evaluar la remoción de contaminantes de los residuos líquidos vertidos por el Camal Municipal de Punchana utilizando tres géneros de microalgas, así como también su evaluación en la producción de biomasa y acumulación de lípidos totales. La evaluación consistió en exponer a las microalgas *Chlorella* sp, *Scenedesmus* sp. y *Ankistrodesmus* sp. a residuos líquidos segregado por el camal municipal de Punchana en concentraciones (1:1 v/v 1:2 v/v) por triplicado por un periodo de 15 días. La remoción se determinó mediante análisis iniciales y finales de pH, Nitrógeno amoniacal, Nitrito de nitrógeno, Alcalinidad, Dióxido de carbono y Cloruro. La extracción de lípidos se realizó por gravimetría con una solución extractora de cloroformo:metanol (2:1). Los resultados indican que *Ankistrodesmus* sp. obtuvo la mayor tasa de crecimiento con $0,23 \text{ d}^{-1}$, sin embargo, la especie microalgal que mostró la mayor producción de biomasa fue *Scenedesmus* sp. con 483.43 mg/L. En cuanto a la acumulación de lípidos totales la especie que mostró mayor producción fue *Ankistrodesmus* sp. con 20.27%. Los tres géneros microalgales reportaron una remoción de contaminantes positiva en cuanto a la medida de variables inicial y final, concluyendo que los tres géneros tienen la capacidad de remoción de contaminantes, sin embargo, no se obtuvieron resultados similares en cuanto a la tasa de crecimiento, biomasa y acumulación de lípidos totales, siendo *Ankistrodesmus* sp, quien mostró mejor respuesta a los tratamientos con aguas de camal.

Palabras clave: Microalgas, remoción, aguas de camal, biomasa, lípidos totales

ABSTRACT

The inadequate handling of liquid waste from the beds, which due to their origin contain a high concentration of organic matter when discharged into bodies of water, causes serious problems, such as the death of various organisms and public health problems (2). Due to this, the use of microalgae for nutrient removal has been studied for more than 50 years, proving that the algal biomass obtained has a high content of proteins, lipids and carbohydrates (6). The objective was to evaluate the removal of contaminants from the liquid waste discharged by the Punchana Municipal Camal using three genera of microalgae, as well as its evaluation in the production of biomass and accumulation of total lipids. The evaluation consisted of exposing the microalgae *Chlorella* sp, *Scenedesmus* sp. and *Ankistrodesmus* sp. to liquid waste segregated by the Punchana municipal pipeline in concentrations (1: 1 v / v 1: 2 v / v) in triplicate for a period of 15 days. The removal was determined by initial and final pH analysis, ammonia nitrogen, nitrogen nitrite, alkalinity, carbon dioxide and chloride. The extraction of lipids was performed by gravimetry with a chloroform: methanol extracting solution (2: 1). The results indicate that *Ankistrodesmus* sp. obtained the highest growth rate with 0.23 d⁻¹, however, the microalgal species that showed the highest biomass production was *Scenedesmus* sp. with 483.43 mg/L. Regarding the accumulation of total lipids, the species that showed the highest production was *Ankistrodesmus* sp. with 20.27%. The three microalgal genera reported a positive removal of contaminants in terms of the measurement of initial and final variables, concluding that the three genders have the capacity to remove contaminants, however, similar results were not obtained regarding the growth rate, biomass and accumulation of total lipids, being *Ankistrodesmus* sp, who showed better response to the treatments with slaughterhouse waters.

Keys word: Microalgae, removal, camal waters, biomass, total lipids.

CAPÍTULO I:

INTRODUCCIÓN

Los principales riesgos asociados a la actividad de camales o mataderos, derivan de un inadecuado manejo de sus residuos líquidos, los mismos que por su procedencia se caracterizan por tener una alta concentración de materia orgánica, la cual al ser descargada en un cuerpo hídrico provoca serios problemas que se manifiestan en ausencia de oxígeno en las aguas, lo cual además de matar diversos organismos causa malos olores, derivando en la presencia de vectores y por ende el atentado contra la salud de las personas que viven cerca de dicho cuerpo receptor. (1)

En ese sentido, el Camal Municipal del distrito de Punchana – Maynas – Loreto no cuenta con las adecuadas condiciones de infraestructura, ni de un adecuado manejo de los efluentes líquidos que generan con las actividades que realizan diariamente, siendo esto una problemática ambiental y social que afecta a los pobladores que tienen sus casas ubicadas en las zonas aledañas al mencionado camal o matadero. La infraestructura, ubicación y desempeño es obsoleta, su acondicionamiento no se ha realizado por múltiples factores, tanto políticos, económicos, pero principalmente por decisión política de las autoridades. El proceso productivo de la carne que se realiza en el camal municipal, genera gran cantidad de residuos orgánicos que son vertidos en el ambiente, formándose así un foco de contaminación, afectando la salud de las familias (2)

En nuestro país la inspección de carnes es una función municipal, bajo la responsabilidad de las autoridades edilicias, en la que, dada su relación con la higiene, también debe intervenir la autoridad sanitaria, ya sea directamente, mediante sus servicios profesionales, o indirectamente, mediante consultas técnicas. En nuestros días, el matadero o camal se ha definido como una dependencia del servicio de higiene y de salud pública. Muchos países han comenzado a afrontar este problema y han iniciado la construcción de

instalaciones modernas con características especiales, cuyo fin es resolver varios problemas (3)

Debido a que los residuos líquidos provenientes de los camales o mataderos contienen: sangre, heces, grasas, pelos y con altas cargas orgánicas contaminantes, cuyos valores sobrepasan los límites máximos permisibles establecidos por las normas técnicas, las mismas que son vertidas directamente al río sin ningún tipo de tratamiento, genera un gran impacto ambiental, afectando a las especies hidrobiológicas y a la salud de las personas (4)

En tal sentido, las microalgas tales como los géneros *Chlorella* sp, *Scenedesmus* sp y *Ankistrodesmus* sp, así como algunas especies del grupo de las cianobacterias, se han reportado para el tratamiento de diferentes tipos de aguas residuales, destacando las provenientes de plantas de tratamiento convencionales de origen industrial y urbano (5)

Por lo que, la utilización de microalgas para remoción de nutrientes ha sido estudiada por más de 50 años (6), comprobando que la biomasa algal obtenida tiene un alto contenido de proteínas, lípidos, carbohidratos, y otros productos de valor agregado. Por lo tanto, los esfuerzos para cultivar este tipo de microorganismos en aguas residuales y otros contaminantes han buscado conseguir un doble beneficio, la producción de biomasa para diferentes usos y un efluente limpio con una tecnología relativamente simple (7).

En tal sentido, la aplicación de este tipo de procesos biológicos presenta ciertas ventajas frente a otras alternativas tradicionales; ya que son mucho más selectivos, económicos, menos contaminantes y de mayor eficacia para grandes volúmenes y pequeñas concentraciones. (8)

La presente investigación generará impactos positivos, sociales y medioambientales, debido a que las comunidades que son afectadas por las emisiones de efluentes de estas aguas residuales; se verán protegidas porque se disminuirá las enfermedades infecto contagiosas, por ende se mejorará la calidad de vida de los pobladores que habitan en dichos lugares y se generará

entornos más saludables; así mismo, se disminuirá la carga orgánica lanzada a los ríos; la carga microbiológica descargada al ambiente; aumentará la capacidad de reproducción del ecosistema; y mejora del paisaje.(9)

Por lo que, la presente tesis tuvo como objetivo general evaluar la capacidad de remoción de contaminantes químicos en residuos líquidos segregados por el Camal Municipal del Distrito de Punchana usando tres géneros de microalgas y como objetivos específicos evaluar el porcentaje de remoción del pH, Nitrógeno amoniacal, Nitrito de nitrógeno, Alcalinidad, Dióxido de carbono, Cloruro y Dureza de los residuos líquidos segregados por el Camal Municipal del Distrito de Punchana expuestos a las microalgas *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp y *Ankistrodesmus* sp., conocer el perfil de crecimiento y producción de biomasa de las microalgas *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp y *Ankistrodesmus* sp expuestas a contaminantes de residuos líquidos segregados por el Camal Municipal del Distrito de Punchana y finalmente establecer la acumulación de lípidos totales de las microalgas *Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp y *Ankistrodesmus* sp expuestas a contaminantes de residuos líquidos segregados por el Camal Municipal del Distrito de Punchana.

CAPÍTULO II:

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación fue experimental, el diseño fue de corte transversal ya que se desarrolló en un periodo de tiempo establecido, el cual consistió en cultivar tres géneros de microalgas en 200 mL de medio CHU-10 (37) con todos los nutrientes que lo constituyen en matraces Erlenmeyer de 500 mL. Al cabo de 04 semanas se expuso a las microalgas al residuo líquido segregado por el camal a dos concentraciones (1:1 v/v 1:2 v/v). Se contó con dos grupos; un grupo control (constituido por microalgas en medio CHU-10) y un grupo problema (constituido por microalgas en residuo líquido). Las evaluaciones se realizaron por triplicado un periodo de 15 días.

2.2. Población y muestra

2.2.1. Población

Estuvo constituido por los géneros de microalgas de agua dulce del Banco de cepas del Laboratorio de Biotecnología y Bioenergética de la Universidad Científica del Perú y de los residuos líquidos del Camal Municipal del Distrito de Punchana.

2.2.2. Muestra

La muestra fue representada por tres géneros de microalgas (*Chlorella* sp., *Scenedesmus* sp y *Ankistrodesmus* sp.), que fueron proporcionados por el Laboratorio de Biotecnología y Bioenergética de la Universidad Científica del Perú (UCP). Los residuos líquidos correspondieron a la muestra colectada del Camal Municipal del Distrito de Punchana. Se recolectó una muestra de 2,250 L. de residuos líquidos de camal cada dos días, para el inicio de tratamiento cada género de microalga.

2.3. Técnicas, Instrumentos y procedimientos de recolección de datos

2.3.1. Técnica de recolección de datos:

Los equipos, materiales y técnicas que se utilizaron en el laboratorio establecidas para las siguientes variables, fueron de acuerdo a Ettore *et al.*, (38). Además se procedió a recopilar los datos procediendo de la siguiente manera:

Observación: Fue dirigida para la obtención de información directa de los resultados de la capacidad de remoción de los contaminantes en residuos líquidos de camal utilizando microalgas. La remoción se evaluó por medio de análisis que se efectuaron al inicio y final de los ensayos, de igual manera para establecer las tasas de remoción de pH, Nitrógeno amoniacal, Nitrito de nitrógeno, Alcalinidad, Dióxido de carbono, Cloruro y Dureza las cuales se evaluaron usando un kit LaMotte.

2.3.2. Instrumento de recolección de datos:

Los instrumentos para la recolección de datos que se utilizaron son los siguientes:

- a). Fichas o guías de observación. Se utilizaron para registrar la información de la identificación de la capacidad de remoción de las microalgas.
- b). El equipo que se utilizó para el análisis de los contaminantes de residuos líquidos de camal fue el Nanodrop 2000C. Además, se empleó el kit LaMotte.

2.3.3. Procedimiento de recolección de datos

2.3.3.1. Cultivo y Cosecha microalgal

Se contó con cultivos de microalgas amazónicas en medio CHU-10 (55). Los tres géneros fueron cultivados en matraces de 500 mL con 200 mL de medio hasta su saturación. Cada matraz tuvo una aireación constante, a 26°C y un fotoperiodo de (12:12) luz/oscuridad con una intensidad lumínica de 100 $\mu\text{E} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{S}^{-1}$, por un periodo de 1 mes.

Una vez alcanzado la saturación del cultivo se procedió a la cosecha respectiva, que consistió en distribuir 50 mL del cultivo en 04 tubos de 50 mL para centrifugar a 4000 rpm a 4°C por 10 minutos. Se descartó el sobrenadante e inmediatamente se añadió más cultivo en los mismos tubos y se centrifugó bajo las condiciones indicadas hasta agotar el volumen total. Estos pasos se repitieron hasta obtener todo el precipitado microalgal, luego se transfirió a matraces de 500 mL para la evaluación de capacidad de remoción.

2.3.3.2. Análisis del residuo líquido de camal

Se procedió a analizar los parámetros físico-químicos como son el pH, Nitrógeno amoniacal, Nitrito de nitrógeno, Alcalinidad, Dióxido de carbono, Cloruro y Dureza utilizando un kit LaMotte. Este análisis se realizó en una primera etapa al residuo líquido colectado antes y después de ser expuesto a las microalgas.

2.3.3.3. Evaluación a diferentes concentraciones de residuos líquidos de camal

Para la evaluación de la capacidad de remoción de contaminantes se usó aproximadamente 4 mL de biomasa obtenida de la cosecha de cada género de microalga, las cuales fueron distribuidas en matraces de 500 mL a dos concentraciones (1:1 v/v y 1:2 v/v) por triplicado.

Los dos grupos experimentales fueron sometidos a condiciones de aireación constante, a 26°C y un fotoperiodo de (12:12 h) luz/oscuridad con una intensidad lumínica de 100 μ E. m. En esta fase se evaluó el perfil de crecimiento microalgal durante los 15 días que duró la evaluación, usando para ello el Nanodrop 2000C, además de la producción de biomasa al finalizar el ensayo.

2.3.3.4. Cosecha y determinación de la producción de Biomasa microalgal

Al culminar el período de evaluación se procedió a cosechar las microalgas como se indicó previamente, la biomasa obtenida fue secada a 50°C por 24 horas. Para determinar la producción de biomasa microalgal se midió por

diferencia de peso de la placa Petri con y sin biomasa seca. El perfil de crecimiento microalgal, se evaluó por medio de lecturas diarias en el Nanodrop 2000C, anotándose los datos en fichas de registros, para luego calcularlos mediante la siguiente fórmula:

$$K = (\ln N - \ln N_0) / (t - t_0)$$

N=número de células o densidad óptica al tiempo final

N₀=número de células o densidad óptica al tiempo inicial

T=tiempo final

T₀=tiempo inicial.

2.3.3.5. Extracción de lípidos totales

La extracción de lípido total se realizó según Yu *et al.*, (39). Que consistió en transferir la biomasa seca a morteros para su trituración con 8 mL de una mezcla de cloroformo-metanol (2:1). El extracto obtenido se transfirió a microtubos de 2 mL y se añadió 100 µL de NaCl 0,9% por cada 1000 µL de extracto. La solución se homogenizó en vortex por 30 seg y centrifugó a 10000 rpm a 4°C por 5 min. La fase clorofórmica se filtró con filtros para jeringa de 0,45 µm y transferirlo a vasos de precipitado de peso conocido. Los restos celulares y otros componentes fueron retenidos en la fase intermedia (entra fases acuosa y clorofórmica) y fueron tratados varias veces con la solución extractora de lípidos (cloroformo-metanol) después de su homogenización en el vortex y centrifugación. Todos los extractos con solventes orgánicos fueron filtrados y transferidos al mismo vaso de precipitado. Los solventes orgánicos se evaporaron del vaso de precipitado en un hotplate a 50°C por 4 horas. Luego los componentes lipídicos retenidos en el vaso de precipitado fueron secados a 50°C por 4 horas. Finalmente, el vaso de precipitado se atemperó a 25°C y determinó su peso. Por diferencia de peso del vaso de precipitado con y sin los lípidos se determinó la cantidad de lípidos totales obtenidos. Con la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de lípidos (\%)} = \frac{P_L}{P_M} \times 100$$

Donde PL es el peso seco de los lípidos totales y PM es el peso seco de las microalgas.

2.4. Procesamiento de los datos

Se determinó el promedio, desviación estándar, para conocer si existen diferencias estadísticas significativas entre la capacidad de remoción de contaminantes en pH, Nitrógeno amoniacal, Nitrito de nitrógeno, Alcalinidad, Dióxido de carbono, Cloruro, Dureza y fosforo, así como la relación entre el perfil de crecimiento microalgal, producción de biomasa y la acumulación de lípidos totales para los cuales se empleó la estadística descriptiva e inferencial mediante el programa IBM SPSS Statistics 20 y los gráficos fueron diseñados en ANOVA con prueba de HSO de Tukey.

CAPÍTULO III:

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.2. Remoción de compuestos nitrogenados, dióxido de carbono y cloruro

Tabla 01. Remoción de compuestos nitrogenados y dióxido de carbono de los residuos líquidos de camal usando tres géneros de microalgas.

Géneros de microalgas		Control (C)	Tratamiento 1 (T1)	Tratamiento 2 (T2)
<i>Ankistrodesmus</i> sp	N.A	0	33	50
	N.N	0	16.7	25
	CO ₂	10	20	10
<i>Chlorella</i> sp	N.A	0	33.3	0
	N.N	0	16.7	16.7
	CO ₂	29.4	23	10.7
<i>Scenedesmus</i> sp	N.A	50	75	50
	N.N	0	25	20
	CO ₂	40	10	20

Leyenda: N.A= Nitrógeno amoniacal (%), N.N= Nitrito de nitrógeno (%), CO₂= Dióxido de carbono (%). T1= residuo líquido diluido (50%/50%), T2= residuo líquido concentrado (100%)

Durante los 15 días de evaluación N.A varió en todos los géneros de microalgas, siendo el más representativo una remoción de 75% en el tratamiento uno (T1) para *Scenedesmus* sp., de igual forma el género *Chlorella* sp y *Ankistrodesmus* sp no mostraron variación en los controles (C) de estos compuestos. Respecto a los valores de N.N muestra que los tratamientos 1 y 2 removieron en los tres géneros de microalgas, siendo 25% el valor más elevado registrado en *Scenedesmus* sp. y *Ankistrodesmus* sp., respectivamente. Sin embargo, en el control (C) no se reportó variación en ninguno de los géneros. En el CO₂ se mostró que en todos los géneros hubo disminución, ya que este compuesto es esencial para el proceso de la fotosíntesis y la fijación de carbono para formación de sustancias de reserva.

3.1.3. Remoción de cloruro, Cambio de dureza, alcalinidad y pH en residuos líquidos de camal usando tres géneros de microalgas

Los tres géneros de microalgas evaluadas durante los 15 días de tratamientos muestran en general remoción del indicador cloruro, *Chlorella* sp y *Scenedesmus* sp mostraron valores de 57 y 48% respectivamente, ambos para el (T2). Así mismo el género *Scenedesmus* sp no mostró remoción en el Control (C+) con 0%. El (T1) mostró valores intermedios en los tres géneros (*Chlorella* sp, *Scenedesmus* sp y *Ankistrodesmus* sp), lo cual evidencia que la remoción de este elemento es más efectivo cuando el medio está más saturado. Los tres géneros de microalgas en los 15 días de evaluación presentaron cambios en todos los tratamientos con relación a los parámetros evaluados, un mayor porcentaje en la remoción de la dureza reportó el género *Scenedesmus* sp con 71,5% para el control (C+). Asimismo, el porcentaje más bajo de remoción fue del género *Ankistrodesmus* sp en su tratamiento dos (T2) con 10%. Respecto a la alcalinidad, se evidenció variación en los tratamientos 1 y 2 en todos los géneros de microalgas evaluadas, sin embargo en los géneros de microalgas *Chlorella* sp y *Ankistrodesmus* sp respectivamente, no se muestra cambios de alcalinidad en los controles (C), aunque los valores más altos de remoción de alcalinidad presentó el (T2) en los tres géneros de microalgas evaluadas. Así como único género que tuvo porcentaje de remoción en el control (C+) del indicador de alcalinidad, fue *Scenedesmus* sp, con 58.7% (Tabla 02).

Tabla 02. Remoción de cloruro, dureza y alcalinidad de residuos líquidos de camal usando tres géneros de microalgas

Especies de microalgas		Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2
<i>Ankistrodesmus</i> sp	Cloruro	18	25	48
	Alcalinidad	0	78	85
	Dureza	28	37	10
<i>Chlorella</i> sp	Cloruro	18	26	57
	Alcalinidad	0	69.2	80
	Dureza	63	19.3	21
<i>Scenedesmus</i> sp	Cloruro	0	33.3	33.3
	Alcalinidad	58.7	75	83.3
	Dureza	71.5	68.5	61.5

Leyenda: Cloruro (%), Dureza (%), Alcalinidad (%) T1= residuo líquido diluido (50%/50%), T2= residuo líquido concentrado (100%)

En general en los valores de pH se mostraron variaciones en los tres géneros de microalgas, los cuales se evidencian entre un rango de 7 a 9, estos valores de pH son óptimos para el crecimiento y desarrollo de las microalgas evaluadas ya que no afectaron significativamente su tasa de crecimiento durante la evaluación. Además, se puede observar que los valores más altos de pH (Alcalinidad) están relacionados directamente con el contenido de líquido residual. Esto podría incidir positiva o negativamente en el crecimiento de las microalgas, producción de biomasa y lípidos.

Tabla 03. Cambios de pH en aguas residuales de camal usando tres géneros de microalgas.

Especies de microalgas	Tiempo (Días)	Control	Tratamiento 1	Tratamiento 2
<i>Ankistrodesmus</i> sp	0	7.5	8	8
	15	7.5	8.5	8.8
<i>Chlorella</i> sp	0	7	7.8	8
	15	8	9	9
<i>Scenedesmus</i> sp	0	7	6.5	7.5
	15	7.5	8.2	8.5

Leyenda: pH. T1= residuo líquido diluido (50%/50%), T2= residuo líquido concentrado (100%)

3.1.4. Tasa de crecimiento (μ) de tres géneros de microalgas cultivadas en residuos líquidos de camal

Tabla 04. Valor promedio de la tasa de crecimiento (μ) de tres géneros de microalgas cultivadas en aguas residuales de camal.

Géneros	Tasa de crecimiento (día ⁻¹)		
	Control	T1	T2
<i>Chlorella</i>	0.11	0.03	0.21
<i>Scenedesmus sp</i>	0.16	0.22	0.12
<i>Ankistrodesmus sp</i>	0.23	0.17	0.17

Leyenda: T1= residuo líquido diluido (50%/50%), T2= residuo líquido concentrado (100%)

En relación a la tasa de crecimiento, el género que presentó mayor incremento promedio durante los 15 días de evaluación fue *Ankistrodesmus sp* con (0,23 d⁻¹, 0,17 d⁻¹, 0,17 d⁻¹ para T1, C+ y T2 respectivamente), el género que también mostró un índice de crecimiento considerable fue *Scenedesmus sp.*, con (0,22 d⁻¹, 0,16 d⁻¹, 0,12 d⁻¹ para T2, T1 y C+ respectivamente), siendo *Chlorella sp.*, el género de microalga que presentó los valores más bajos de tasa de crecimiento con (0,21 d⁻¹, 0,11 d⁻¹, 0,03 d⁻¹ para C+, T1 y T2 respectivamente) . Esto nos lleva a determinar que cada género de microalga responde de forma distinta al cultivo en aguas residuales de camal, siendo un caso particular el género *Ankistrodesmus sp*, que se vio favorecido con este tipo de medio.

3.1.5. Perfil de crecimiento de los tres géneros de microalgas evaluadas

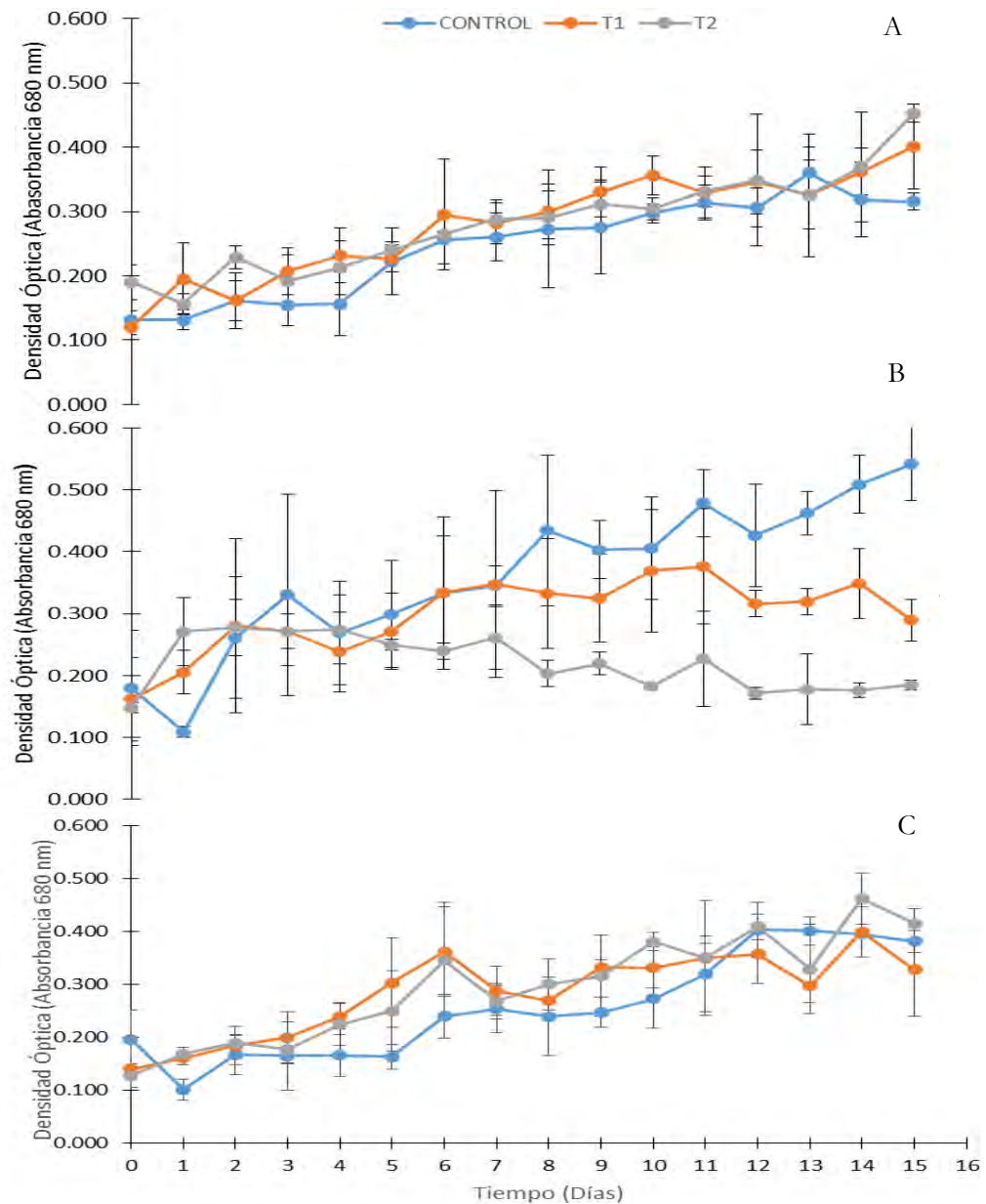


Figura 01. Perfil de crecimiento de tres especies de microalgas cultivadas en residuos líquidos de camal. A (*Ankistrodesmus* sp), B (*Chlorella* sp) y C (*Scenedesmus* sp). Los colores diferencian los dos tratamientos y el control: C

▲ T1 ▲ T2 ▲

Se evaluó el perfil de crecimiento de las tres géneros de microalgas *Ankistrodesmus* sp., *Chlorella* sp. y *Scenedesmus* sp. en aguas residuales de camal y por lo general, se evidencia un incremento gradual diferenciándose entre los tratamientos y el control.

Ankistrodesmus sp mostró diferencia significativa ($F=9,318$; $p=0,014$) ($p<0,05$) entre el control y el tratamiento 2 ($p= 0,012$) ($p<0,05$). Sin embargo, no se observó diferencia significativa entre ambos tratamientos ($p>0,05$) (Figura 01. A).

Asimismo, *Chlorella* sp mostró diferencias estadísticas altamente significativas ($F= 64,335$; $p=0,000$) ($p<0,05$) entre el control, el tratamiento 1 y 2. Los tratamientos 1 y 2 mostraron diferencias significativas en los tratamientos entre sí, observándose que en el T2 el crecimiento fue menor y se vio afectado aparentemente por algunos componentes del líquido residual evaluado, por lo que no siguió un patrón similar al control (C+) sino que varió de acuerdo al tratamiento empleado.

Del mismo modo, se evaluó el perfil de crecimiento de *Scenedesmus* sp. en líquido residual, los resultados muestran un comportamiento diferente, donde se evidencia que tienen un incremento gradual. Sin embargo, el género *Scenedesmus* sp., no muestra diferencia significativa ($F=1, 885$; $p=0,232$) ($p>0,05$) entre los tratamientos empleados.

3.1.6. Producción de biomasa y acumulación de lípidos totales de tres géneros de microalgas evaluadas

Tabla 05. Producción de biomasa en tres géneros de microalgas cultivadas en residuos líquidos de camal.

Géneros	Biomasa en peso seco (mg/L)		
	control	T1	T2
<i>Ankistrodesmus</i> sp	374.77±5.71	381.6±14.40	322.33±56.32
<i>Chlorella</i> sp.	431.9±27.36	439.6±28.56	262.03±54.71
<i>Scenedesmus</i> sp	473.17±37.00	465.33±23.97	483.43±23.97

1= residuo líquido concentrado (1/1), 2= residuos líquidos diluido (1/2), C= control medio CHU

En general, en los tres géneros de microalgas evaluadas en líquido residual se observa la producción de Biomasa. *Scenedesmus* sp., fue el género que mostró mayor producción con 483.43 mg/L, 473.17 mg/L y 465.33 mg/L para el T2, control (C+) y T1 respectivamente. Sin embargo, al realizar las pruebas de

comparaciones múltiples de Tukey no muestran diferencias estadísticas significativas ($F=0,322$; $p=0,736$) ($p>0,05$) ni en los tratamientos entre sí. Del mismo modo *Chlorella* sp. mostró una elevada producción de biomasa después de *Scenedesmus* sp. (439.60 mg/L, 431.90 mg/L y 262.03 mg/L para el T1, C+ y T2 respectivamente) además éste muestra diferencias altamente significativas ($F=20.467$; $p=0,002$) ($p<0,05$). Asimismo, se observó diferencias del T2 con respecto al control ($p=0,004$) y diferencias entre los tratamientos ($p=0,003$) ($p<0,05$). Por otro lado, se observa que la menor producción de biomasa fue obtenido en *Ankistrodesmus* sp., con 381.60 mg/L, 374.77 mg/L y 322.33 mg/L para el T1, control, y T2 respectivamente. No mostraron diferencias estadísticas significativas ($F=3,554$; $p=0,096$) ($p>0,05$) (Figura 02).

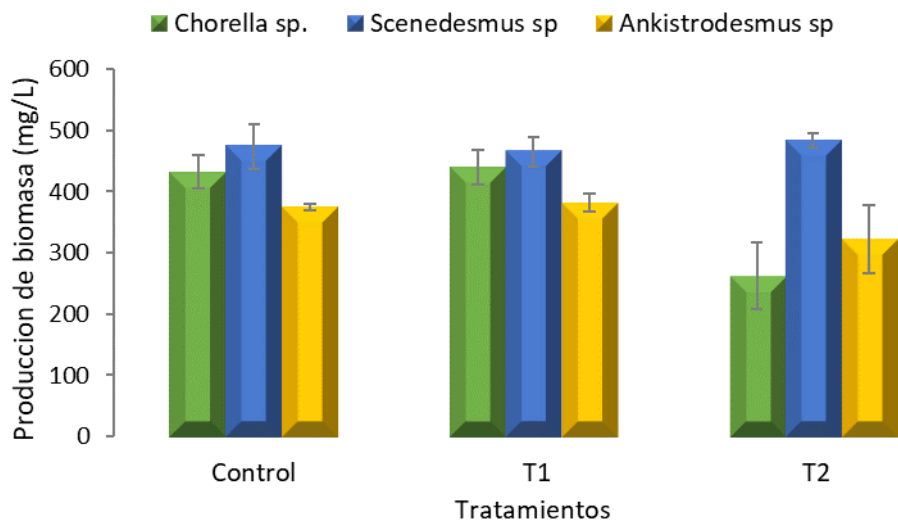


Figura 02. Producción de biomasa en tres géneros de microalgas cultivadas en residuos líquidos de camal. 1= residuo líquido concentrado (1/1), 2= residuos líquidos diluido (1/2), C= control medio CHU.

Tabla 06. Producción de lípidos totales en tres géneros de microalgas, *Chlorella* sp y *Scenedesmus* sp, *Ankistrodesmus* sp expuestas a contaminantes de residuos líquidos de camal.

Géneros	Lípidos totales (%)		
	control	T1	T2
<i>Chlorella</i> sp.	17.2±2.43	20.1±4.85	10.2±2.11
<i>Scenedesmus</i> sp	18.8±3.94	17.67±1.96	18.33±1.85
<i>Ankistrodesmus</i> sp	20.27±10.32	20.13±9.99	20.13±4.88

Los tres géneros mostraron producción de lípidos totales. *Ankistrodesmus* sp. fue el género que mostró mayor producción de lípidos totales con 20.27%, 20.13% y 20.13% para el control, T1 y T2 respectivamente, por tanto no se evidencia diferencias estadísticas significativas ($f=0,000$; $p=1,000$) ($p>0,05$) ya que los porcentajes son homogéneos entre sí, es decir tanto el control, T1 y T2 mostraron una producción similar de lípidos. Seguido de *Scenedesmus* sp. con 18,80 %, 18,33% y 17,67% para el control, T2 y T1 respectivamente, sin embargo, no se muestran diferencias estadísticas significativas ($F=0,128$; $p=0,882$) ($p>0,05$). Por último, *Chlorella* sp., fue la microalga que tuvo menor producción de lípidos con 20,10%, 17,20 % y 10,20%, mostrando diferencias estadísticas significativas ($F=7,727$; $p=0,022$) ($p<0,05$), además se pudo observar diferencias significativas entre los tratamientos entre sí ($p=0,019$) ($p<0,05$) (figura 03)

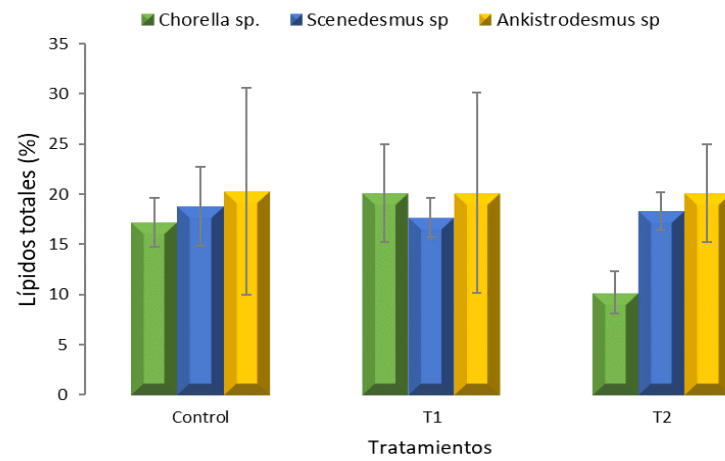


Figura 03. Acumulación de lípidos totales en tres géneros de microalgas, *Chlorella sp* y *Scenedesmus sp*, *Ankistrodesmus sp* expuestas a contaminantes de residuos líquidos de camal.

3.2. Discusión

El vertimiento de residuos líquidos contaminantes de los camales y el desmesurado crecimiento de las ciudades constituyen en la actualidad un grave problema en la degradación y eutrofización de los cuerpos de agua receptores, para ello se vienen proponiendo distintas técnicas de biorremediación con el objetivo de contrarrestar este problema (40). El uso de cultivos algales masivos como tratamiento de aguas residuales ha sido aplicado en numerosos países, y se ha demostrado que es un método muy efectivo (41). La aplicación de las microalgas, como biosistema alternativo, en el tratamiento de las aguas residuales, ha sido el objeto de numerosas investigaciones debido a su capacidad de remover cantidades significativas de N y P durante su crecimiento, absorber metales y acelerar la inactivación de bacterias patógenas (42).

En este estudio se demuestra que el porcentaje de remoción más alto de nitrógeno amoniacal del género *Scenedesmus* sp es del 75%. Estos valores de remoción de nitrógeno amoniacal fueron bajos en comparación con los reportados por Andrade *et al.*, (42), quienes muestran un valor de remoción del 100%, a partir de la producción de biomasa de la microalga *Scenedesmus* sp utilizando aguas residual de pescadería, bajo condiciones óptimas de cultivo, lo que sugiere que la capacidad de remoción de contaminantes mediante el cultivo de microalgas depende principalmente de la calidad de agua y las condiciones de cultivo para alcanzar resultados eficaces. Asimismo, la remoción de compuestos nitrogenados presentaron disminución en sus respectivos tratamientos en los tres géneros de microalgas, lo cual difiere con lo reportado por Pérez (43), quien muestra que durante 9 días de tratamiento, los valores de nitrógeno amoniacal y nitrito de nitrógeno no reportaron variación alguna, esto se puede atribuir a que las microalgas utilizadas no forman parte de la misma cepa con la cual se trabajó, además estas microalgas no responden de la misma manera a cada medio al que son sometidos.

Por otro lado, la remoción o consumo del dióxido de carbono (CO₂), se evidenció en los tres géneros de microalgas, ya que estos son organismos fotosintéticos capaces de convertir dichos compuestos a otros de mayor

complejidad utilizando la energía de la luz solar, resultados que se ven apoyado por Chisti (44), que menciona que las microalgas son los organismos fotosintéticos más eficientes, absorben más CO₂ y liberan más O₂ que cualquier planta, crecen extremadamente rápido y llegan a acumular grandes cantidades de diversos productos.

En cuanto al cambio de pH, todos los tratamientos mostraron variación en los tres géneros de microalgas, lo cual concuerda con Pérez (45), quien indica que la especie *Scenedesmus* sp., mostró un aumento del indicador pH de 7,68 a 8,61 en su medio, debido al consumo de HCO₃ por parte de la microalga, lo cual tiende a alcalinizar el medio, más teniendo en cuenta que a los tratamientos no se les incorporaron fuentes adicionales de CO₂.

El perfil de crecimiento de los tres géneros de microalgas, demuestra que *Chlorella* sp, fue la que presentó el crecimiento más bajo con respecto a los tratamientos uno y dos (T1,T2), resultados similares fueron obtenidos por Romero (46), donde muestra que *Chlorella* sp tuvo un incremento deficiente a partir de un cultivo semicontinuo para el tratamiento de residuales pesqueros, en sus tratamientos III y IV en el primer y segundo ensayo, los cuales tenían una concentración porcentual de agua residual y medio de cultivo de 50/50 y 75/25 respectivamente, esto podría estar relacionado con la cantidad de nutrientes con que las células tenían contacto y que al parecer estos eran insuficientes por lo que no podrían alcanzar mayores densidades. Sin embargo, los géneros de *Scenedesmus* sp y *Ankistrodesmus* sp mostraron una mejor adaptación en los tratamientos uno y dos, esto sustenta lo afirmado por Arredondo y Vásquez (47), quienes indican que cada género de microalga responde de diferente manera ante la disponibilidad de nutrientes y dependiendo de su procedencia, lo cual se ve apoyado por Cobos *et al* (48), quienes indican que las especies *Ankistrodesmus* sp., *A. nannoselene* y *Scenedesmus quadricauda* evidenciaron un mayor crecimiento y fueron las que mejor se adaptaron a condiciones de cultivo con nitrógeno y sin nitrógeno alcanzando densidades entre 9×10^6 cel/ml y 16×10^6 cel/ml. Así mismo, Urcia y Díaz (49), indican que el perfil de crecimiento de las microalgas puede ser alterado sustancialmente por la manipulación de las condiciones de cultivo, tales como intensidad de luz, fotoperiodo o temperatura.

Con respecto a la producción de biomasa en los tres géneros de microalgas evaluadas, *Scenedesmus* sp, fue el género que mostró la mayor producción de biomasa en el control y también en los tratamientos con 473.77 mg/L, 465.33 mg/L, 483.43 mg/L respectivamente. Resultados que concuerdan con Pérez (43), quien obtuvo una mayor producción de biomasa microalgal con la especie *Scenedesmus quadricauda*, con 0,19 mg/L, 0,12 mg/L y 9,14 mg/L, sometidos a tratamientos en lixiviado. Asimismo, Cobos *et al* (48) mencionan que la producción de biomasa microalgal en peso seco fue mayor en *Scenedesmus* sp. y *Chlorella* sp., al ser cultivadas en medios sin nitrógeno.

En la producción de lípidos totales, se mostró una mayor producción del género *Ankistrodesmus* sp., éstos resultados concuerdan con los reportado por Barcia (50) quien obtuvo el mayor porcentaje de lípidos con este género de microalga al ser cultivada en un medio enriquecido, además Cobos *et al* (48) mencionan que *Ankistrodesmus nannoselene* (316 mg/g biomasa seca), *Ankistrodesmus* sp. (263,6 mg/g biomasa seca), y *Scenedesmus* sp. (243,3 mg/g biomasa seca) obtuvieron mayor contenido de lípidos cuando fueron cultivadas en medios sin nitrógeno. Sin embargo, Casuso (51), indica que la mayor producción de lípidos totales fue del género *Chlorella* sp. con 47.60% cultivadas a diferentes tiempos de exposición al CO₂.

Los resultados que se han obtenidos en esta investigación indican que las microalgas son microorganismos capaces de poder realizar biorremediación, ya que estos utilizan los contaminantes como medios nutritivos para su desarrollo y crecimiento óptimo. El género de microalga que mejor se adaptó y tuvo mayor crecimiento en los residuos líquidos de camal fue *Ankistrodesmus* sp. y el género de microalgas que produjo mayor producción de biomasa fue *Scenedesmus* sp, demostrando que la aplicación de microalgas es un tratamiento biológico efectivo para la eliminación de contaminantes químicos de residuos líquidos de camal.

CAPÍTULO IV:

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- La microalga que presentó mayor porcentaje de remoción en los contaminantes químicos fue *Scenedesmus sp*, seguido de *Ankistrodesmus sp*, y *Chlorella sp*.
- *Ankistrodesmus sp.*, fue la microalga que mostró un mejor perfil de crecimiento. A diferencia de *Chlorella sp.*, que fue la microalga con el perfil de crecimiento mas bajo. Asimismo, la mayor producción de biomasa fue reportada para *Scenedesmus sp*. y la menor producción de biomasa fue *Ankistrodesmus sp*.
- El género de microalgas que mostró mayor producción de lípidos totales fue *Ankistrodesmus sp* y *Chlorella sp* la que presentó menor producción de lípidos totales.

4.2. Recomendaciones

- Se sugiere comprobar la capacidad de remoción de contaminantes de estos tres géneros de microalgas sobre otros tipos de contaminantes.
- Realizar investigación sobre la remoción de contaminantes de este tipo de contaminantes usando otros tipos de parámetros (biológicos, metales pesados, etc.).
- Se recomienda utilizar varios tipos de kits de análisis de parámetros físicos y químicos con la finalidad de obtener resultados más precisos que nos permitan un mejor análisis y comparación de los datos.

CAPÍTULO V:

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Balladares A. M. Rellenos sanitarios y tratamiento de residuos líquidos de mataderos 2002.
2. Florez C. W. Causas de la contaminación ambiental del Camal Municipal de Juliaca. <http://www.monografias.com/trabajos94/causas-contaminacion-ambiental-del-camal-municipal-juliaca/causas-contaminacion-ambiental-del-camal-municipal-juliaca.shtml#ixzz47qbe3WMP>.
3. Acha P. D.V.M., M.P.H. (del SCISP, Lima, Perú), Plan para un matadero municipal, 1957.
4. Quille G. T. Donaires, Tratamiento de efluentes líquidos y sólidos de camal Municipal Ilave, 2013.
5. Lavole, A., de La Noue, J. Hyperconcentrated cultures of *Scenedesmus obliquus*: a new approach for wastewater biological tertiary treatment. *Wat. Res* 1985. 19(11):1437–1442.
6. Abalde, J., Cid, A., Fidalgo, J.P., Torres, E., Herrero, C. X. *Microalgas: Cultivo y Aplicación*. Ed. Universidad Coruña, Coruña. 1985; 210p.
7. Pulz, O., Gross, W. Valuable products from biotechnology of microalgae. *Appl Microbiol Biotechnol*. 2004; 65:635–648.
8. Oswald w, Lembi C, Waaland J. The role of microalgae in liquid waste tretment and reclamation (Eds 2).Cambridge.1988; 225-281.
9. León Suematsu, Impacto ambiental de los proyectos de uso de aguas residuals. 1995.
10. Programa Ambiental Nacional ANAM-PAN-BID. Producción más limpia para el sector de beneficio de ganado y porcino. 2005.
11. Muñoz D. Sistema de tratamiento de aguas residuales de matadero: Para una población menor 2000 habitantes. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2005; 3(1):87-98.
12. Massé D. I, Masse L., Characterization of wastewater from hog slaughterhouses in Eastern Canada and evaluation of their in-plant

- wastewater., Canadian Agricultural Engineering, Vol. 42, No. 3, 2000, pp. 139-146.;
13. Rodríguez C. 2002. Residuos ganaderos. Cursos de Introducción a la Producción Animal. FAV, UNRC.
 14. Falla, H. 2006. Reciclaje de residuos y desechos de las industrias cárnicas y lácticas para reducir el impacto ambiental. I Edición. Ibarra-Ecuador.
 15. Cristes. Ron y tchobanoglous. George. (2000) Tratamiento de Aguas Residuales. Editorial Copyright©200 por McGraw Hill Interamericana S.A. Bogotá. Colombia.
 16. Escuela Organización Industrial. Sevilla. Abril 2008.
 17. Garibay-Hernández A, Vázquez-Duhalt R, Sánchez-Saavedra M. y Martínez-Jiménez A. Biodiesel a partir de Microalgas. Soc Mex Biotecnol Bioingeniería. 2009;13:38-61.
 18. Albarracín I. La Reducción de biocombustibles con eficiencia, estabilidad y equidad. XV Simp Electrónico Int. 2007;1- 16.
 19. Brennan L, Owende P. Biofuels from microalgae - A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. Renew Sust Energ Rev. 2010;14(2):557-77.
 20. Resenberg J, Oyler G, Wilkinsin L, Betenbaugh M. A Green light for engineered algae: redirecting metabolism to fuel a biotechnology revolution. Curr Opin Biotechnol. 2008;19(5):430 - 6.
 21. Richmond A, Biological principle of mass cultivation. En: Richmond A (ed), Handbook of microalgal mass, culture: biotechnology and applied phycology. 2004; 566.
 22. Thompson G. Lipids and membrane function in Green algae. Biochim Biophys Acta. 1996;1302(1):17 - 45.
 23. Oswald w, Lembi C, Waaland J. The role of microalgae in liquid waste tretment and reclamation (Eds 2).Cambridge.1988; 225-281.
 24. Mulligan C, Yong R, Gibbs B. An evaluation of technologies for the heavy metal remedition of dredged sediments.2001; 145-163.
 25. Kaplan D .Water pollution and bioremediation by microalgae.2005; 439-447.
 26. Cañizares V. Biosorción de metal pesado mediante el uso de biomasa microbiana: Revista.

27. Graham L, Wilcox, L. *Algae*. London: Prentice Hall International.2000. 420.
28. Cañizares V, Casas C. El papel de las microalgas en el tratamiento terciario de aguas residuales. Instituto Politécnico Nacional. Departamento de Biotecnología y Bioingeniería. México. 1991.
29. Harwood J, Guschina I. Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae. *Prog Lipid Res*. 2006;45(2):160-86.
30. Beer L.L, Boyd E.S, Peters J.W, Posewitz M.C. Engineering algae for biohydrogen and biofuel production. *Energy Biotechn*. 2009;20(3):264-71.
31. Stephanopoulos G, Fischer C, Klein D. Selection and optimization of microbial hosts for biofuels production. *Metab Eng*. 2008;10(6):295- 304.
32. Hu Q, Sommerfeld M, Jarcis E, Ghirardi M, Posewitz M, Seibert M. Microalgal triacylglycerols as feedstocks for biofuels production: perspectives and advances. *Plant J*. 2008;54(4):621-39.
33. Harwood J, Guschina I. Lipids and lipid metabolism in eukaryotic algae. *Prog Lipid Res*. 2006;45(2):160-86.
34. Scott S, Davey M, Dennis J. Biodiesel from algae: challenges and prospects. *Opin Biotechnol Biotechn*. 2010;21(3):277-86.
35. Rajakumari S, Grillitsch K, Daum G. Synthesis and turnover of non-polar lipids in yeast. *Prog Lipid Res*. 2008;47(3):157-71.
36. Murphy D. The biogenesis and functions of lipid bodies in animals, plants and microorganisms. *Prog Lipid Res*. 2001;40:325-438.
37. Barclay W, Jhonsen J, Chelf P, Nagle N, Roessler R. *Microalgae culture collection 1986 – 1987*. Sol Energy Res Inst. Golden, Colorado. 1986; SERI / SP – 232 – 3079. 147.
38. Ettore S, Cabrera C, Catalano A, Angalitti P. *Materiales y Equipos de Laboratorio*. 2012.
39. Yu X, Zhao P, He C, Li C, Zhou J, Huang Z. Isolation of a novel strain of *Monoraphidium* sp. and characterization of its potential application as biodiesel feedstock. *Bioresour Technol*. 2012; 121:256-262.
40. Carrasquillo M. y Morillo J. *Contaminación industrial en Colombia*. Departamento Nacional de Planeación-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Bogotá, Colombia. Pp93-119. 1994.

41. Shelef g., r. Moraine y g. Oron. Photosynthetic biomass production from sewage. Arch. Hydrobiol. Ergebn. Limnol. 1978. 11: 3-14.
42. Andrade, C., Vera, A., Cárdenas, C., & Morales. Producción de biomasa de la microalga *Scenedesmus* sp. Utilizando aguas residuales de pescadería. Maracaibo, Venezuela: Universidad de Zulia, Facultad Experimental de Ciencias. 2009.
43. Perez S.L. Evaluación de la remoción de contaminantes en lixiviado empleando tres especies de microalgas oleaginosas amazónicas. 2015.
44. Chisti, Y. 2007. Biodiesel from microalgae. Biotechnol Adv 25(3):294-306.
45. K. R. Pérez-Silva, A. M. Vega-Bolaños, L. C. Hernández-Rodríguez, D. A. Parra-Ospina, M.A. Ballén- Segura, 2016. "Uso de *Scenedesmus* para la remoción de metales pesados y nutrientes de aguas residuales de la industria textil", Ingeniería Solidaria, vol. 12, no. 20, pp. 95-105, oct. 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.16925/in.v19i20.1418>.
46. Romero T.J, Isabel F y Hemández D. Cultivo semicontinuo de la microalga *chlorella* sp. para el tratamiento de residuales pesqueros. 2001
47. Arredondo B.O & R. Vásquez. Aplicaciones biotecnológicas en el cultivo de las microalgas. Ciencia y Desarrollo, CONACyT. 1991;27 (98): 99-11
48. Cobos M, Paredes J.D, Castro J.C. Inducción de la producción de lípidos totales en microalgas sometidas a estrés nutritivo. Acta biol. Colombia. 2016;21(1):17-26. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v21n1.47439>.
49. Urcia, M y Díaz, L. Aislamiento e identificación de Microalgas oleaginosas en las cuencas de los ríos Amazonas, Itaya y Nanay, Loreto-2013.
50. Barcia M. Efecto de tres medios de cultivo en la producción de biomasa y contenido de lípidos totales en microalgas amazónicas, *Scenedesmus* sp y *Ankistrodesmus* sp. 2015.
51. Casuso M. Efecto de diferentes medios de exposición de CO₂ en la producción de biomasa y acumulación de lípidos totales de cuatro especies de microalgas amazónicas. 2015.

CAPÍTULO VI:

ANEXOS

01. Cuadros de datos estadísticos del perfil de crecimiento, producción de biomasa y acumulación de lípidos totales de las tres especies de microalgas sometidos a dos concentraciones de residuos líquidos de camal.

Cuadro 1. Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de *Ankistrodesmus* sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal.

ANOVA de un factor

Unidad de absorbancia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,029	2	,014	9,318	,014
Intra-grupos	,009	6	,002		
Total	,038	8			

Cuadro 2. Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de *Chlorella* sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal.

ANOVA de un factor

Unidad de absorbancia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,202	2	,101	64,335	,000
Intra-grupos	,009	6	,002		
Total	,211	8			

Cuadro 3. Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de *Scenedesmus* sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal.

ANOVA de un factor

Unidad de absorbancia

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,011	2	,006	1,885	,232
Intra-grupos	,018	6	,003		
Total	,030	8			

Cuadro 4. Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de biomasa de *Ankistrodesmus* sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal.

ANOVA de un factor

Producción de biomasa (mg/mL)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,007	2	,004	3,554	,096
Intra-grupos	,006	6	,001		
Total	,013	8			

Cuadro 5. Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de biomasa de *Chlorella* sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal.

ANOVA de un factor

Producción de biomasa (mg/mL)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,061	2	,031	20,467	,002
Intra-grupos	,009	6	,002		
Total	,070	8			

Cuadro 6. Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de biomasa de *Scenedesmus* sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal

ANOVA de un factor

Producción de biomasa (mg/mL)

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,000	2	,000	,322	,736
Intra-grupos	,004	6	,001		
Total	,004	8			

Cuadro 7. Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de lípidos totales de *Ankistrodesmus* sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal

ANOVA de un factor

Porcentaje de lípidos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	,036	2	,018	,000	1,000
Intra-grupos	460,160	6	76,693		
Total	460,196	8			

Cuadro 8. Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de lípidos totales de *Chlorella* sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal

ANOVA de un factor

Porcentaje de lípidos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	174,320	2	87,160	7,727	,022
Intra-grupos	67,680	6	11,280		
Total	242,000	8			

Cuadro 9. Análisis de la Varianza de un factor (ANOVA) de la producción de lípidos totales de *Scenedesmus* sp. sometido a dos concentraciones de residuos líquidos de camal

ANOVA de un factor

Porcentaje de lípidos

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Inter-grupos	1,947	2	,973	,128	,882
Intra-grupos	45,573	6	7,596		
Total	47,520	8			



Figura 04: Recolección de residuos líquidos de camal.



Figura 05: Centrifugado de los residuos líquidos de camal.



Figura 06: Centrifugado de los residuos líquidos de camal.



Figura 07. Traslado de las microalgas a tubos de ensayo para ser centrifugadas.



Figura 08. Lectura de los parámetros físico – químicos.



Figura 09. Kit Lamotte



Figura 10. Inóculos de biomasa microalgal a los tratamientos.



Figura 11. Microalgas en sus respectivos tratamientos.



Figura 12: Biomasa microalgal



Figura 13. Reactivos para la preparación de medio CHU 10.



Figura 14. Vaciado de la biomasa microalgal a placas Petri.

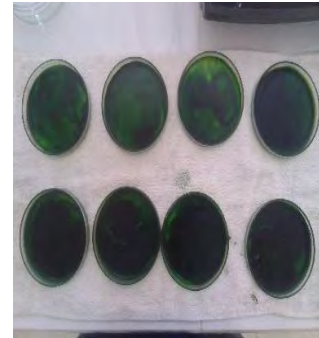


Figura 15. Secado de la biomasa microalgal.

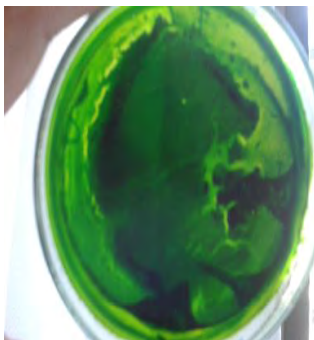


Figura 16. Placa Petri con biomasa seca.



Figura 17. 0.0500 gr. Biomasa seca en bolsas herméticas.



Figura 18. Lectura diaria de crecimiento microalgal.



Figura 19. Triturado de la biomasa con solución extractora de lípidos (cloroformo-metanol).



Figura 20. Vortex.



Figura 21. Proceso de homogenización.

ANEXO II. Flujograma de procedimientos metodológicos

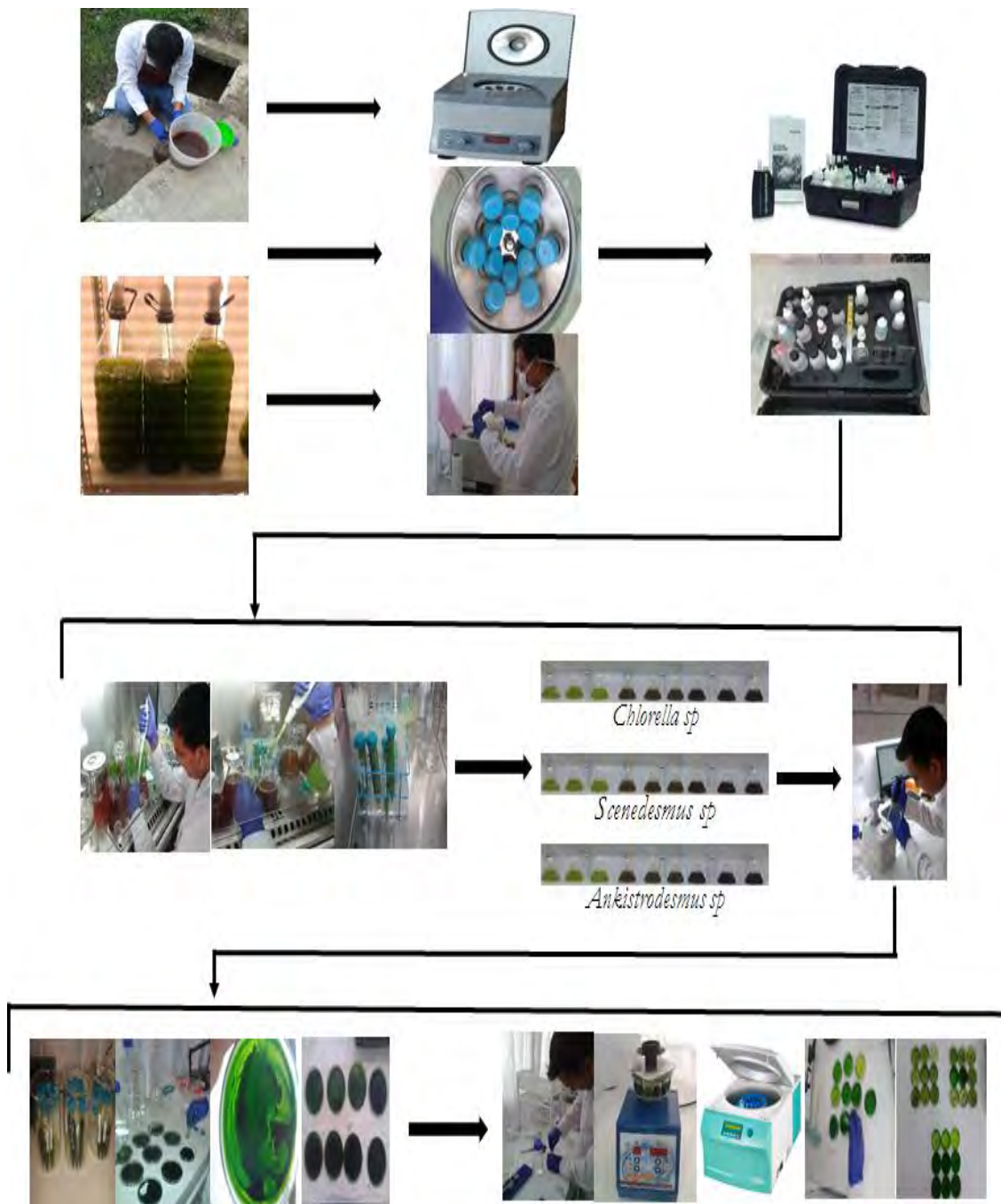


Figura 01. Flujograma de procedimiento metodológico