

Universidad Católica de Santa María
Facultad de Ciencias Farmacéuticas, Bioquímicas y Biotecnológicas
Escuela profesional de Ingeniería Biotecnológica



**APROVECHAMIENTO DE NUTRIENTES EN AGUAS RESIDUALES DE
CURTIEMBRES, COMO MEDIO DE CRECIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE
BIOMASA DE MICROALGAS.**

Tesis presentada por el Bachiller:

Manzaneda Choque, Franz Peter

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Biotecnólogo

Asesor:

**Mg. Alvarado Quiroz, Keny
Davi**

Arequipa – Perú

2023

UCSM-ERP

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTA MARÍA
INGENIERIA BIOTECNOLÓGICA
TITULACIÓN CON TESIS
DICTAMEN APROBACIÓN DE BORRADOR

Arequipa, 29 de Agosto del 2022

Dictamen: 004152-C-EPIB-2022

Visto el borrador del expediente 004152, presentado por:

2007201721 - MANZANEDA CHOQUE FRANZ PETER

Titulado:

**APROVECHAMIENTO DE NUTRIENTES EN AGUAS RESIDUALES DE CURTIEMBRES, COMO
MEDIO DE CRECIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE BIOMASA DE MICROALGAS.**

Nuestro dictamen es:

APROBADO

**2028 - ROQUE RODRIGUEZ FRANCISCO JAVIER
DICTAMINADOR**



**3135 - LOPEZ ALVAREZ NATALIA PAOLA
DICTAMINADOR**



**3319 - MEDINA CABRERA EDILBERTO VICENTE
DICTAMINADOR**



Indice General

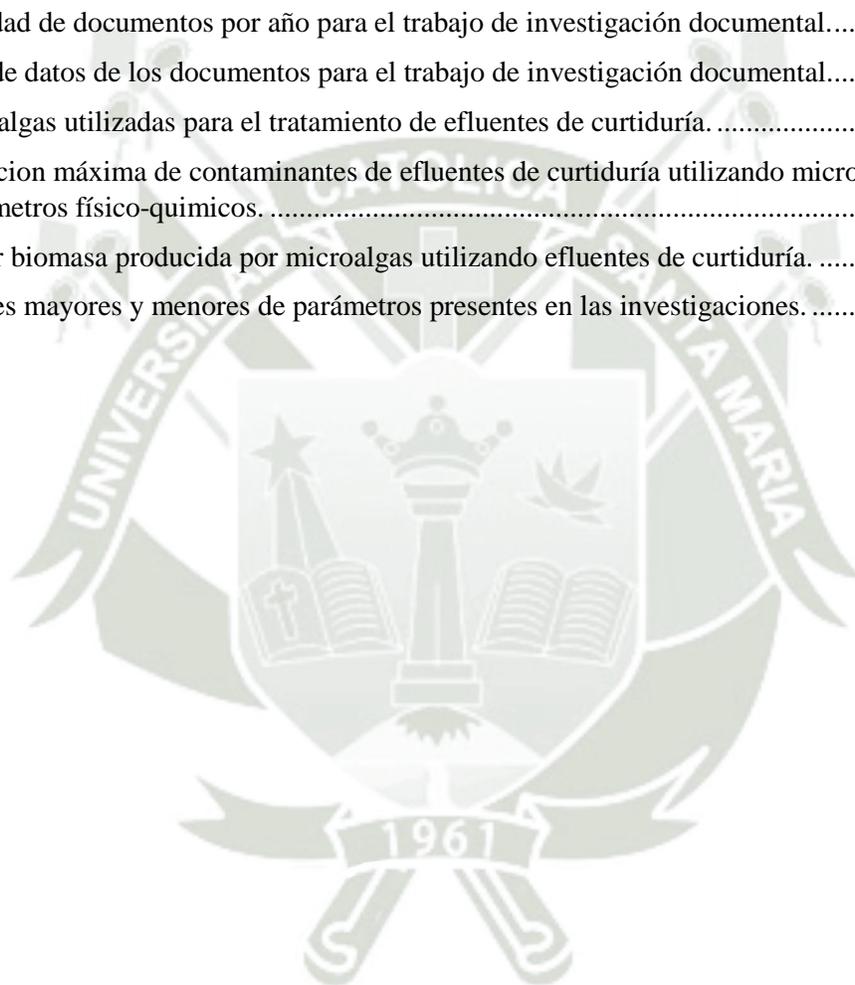
Indice de Tablas	1
Lista de abreviaturas	2
Resumen.....	3
Abstract.....	4
1. INTRODUCCIÓN	5
1.1. Objetivos	9
1.1.1. Objetivo General	9
1.1.2. Objetivos Específicos	9
1.2. Hipótesis.....	10
1.3. Marco Teórico	10
1.3.1 Microalgas	10
1.3.2. Fases de crecimiento de microalgas.....	19
1.3.3. Parámetros de funcionamiento para microalgas en cultivos de efluentes industriales.....	20
1.3.4. Métodos de cultivo	24
1.3.5. Aguas residuales de curtiduría: naturaleza y características	29
1.3.6. Producción de cuero y productos químicos utilizados en el proceso de curtido.....	31
1.3.7. Algas y aguas residuales	33
2. METODOLOGÍA.....	36
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	36
2.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	36
2.3. Búsqueda de la información.....	36
2.3.1. Selección de descriptores / cadena de búsqueda:	37
2.3.2. Bases de datos:.....	37
2.4. Organización de la información.....	38
2.4.1. Análisis de la información	38
3. CUERPO DE LA REVISIÓN.....	39
3.1. Resultados después del análisis de información	43
3.2. Discusión	51
4. PERSPECTIVAS FUTURAS	57
5. CONCLUSIONES.....	58
6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60

7. ANEXOS..... 81



Índice de Tablas

Tabla 1. Carga de contaminación y cantidad de aguas residuales generadas durante el procesamiento de cueros/pieles en bruto por tonelada.....	31
Tabla 2. Datos de los artículos científicos revisados	39
Tabla 3. Tipo de documentos utilizados para el trabajo de investigación documental.	45
Tabla 4. Cantidad de documentos por año para el trabajo de investigación documental.....	45
Tabla 5. Base de datos de los documentos para el trabajo de investigación documental.....	46
Tabla 6. Microalgas utilizadas para el tratamiento de efluentes de curtiduría.	47
Tabla 7. Remoción máxima de contaminantes de efluentes de curtiduría utilizando microalgas para diferentes parámetros físico-químicos.	48
Tabla 8. Mayor biomasa producida por microalgas utilizando efluentes de curtiduría.	49
Tabla 9. Valores mayores y menores de parámetros presentes en las investigaciones.	50



Lista de abreviaturas

- DBO: Demanda Química de Oxígeno
- DQO: Demanda Bioquímica de Oxígeno
- PO₄-P: Fósforo
- NH₃: Amoníaco
- NH₄⁺: Amonio
- NO₃⁻: Nitratos
- NO₂⁻: Nitritos
- NKT: Nitrogeno Total Kjeldahl
- COT: Carbono Organico Total
- TP: Fosfatos Totales
- TDS: Solidos Disueltos Totales
- NT: Nitrogeno Total
- STD: SOLIDOS TOTALES DISUELTOS
- TRH: TIEMPO DE RETENCIÓN HIDRAULICA
- TWW: Aguas Residuales de Curtiduría

Resumen

El objetivo de esta investigación documental es identificar y evaluar información relevante al aprovechamiento de aguas residuales de curtiembres, como medio de crecimiento para la obtención de biomasa de microalgas, para su posterior aprovechamiento en diferentes áreas. Luego de elegir el tema de la investigación se procedió a la filtración de información y se tuvo un total de 45 documentos entre artículos científicos (88.89%) y tesis (11.11%) con información relevante a la investigación. Los resultados del estudio evidencian que las microalgas más utilizadas fueron las especies de *Chlorella* seguido de dos especies de *Scenedesmus*, entre otras. Los parámetros que se tomaron en cuenta para determinar la eficacia de las microalgas usadas en los estudios fueron: DBO, DQO, PO₄-P, NH₃, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, NKT y COT. Al final de la investigación se discuten estos resultados y otros.

Palabras clave: Aguas residuales, biorremediación, curtiembre, microalgas.

Abstract

The objective of this documentary research is to identify and evaluate relevant information regarding the use of tannery sewage, as growth medium to obtain micro-algae biomass, for its later use in different areas. After choosing the research topic, a total of 45 documents were used for this investigation, among scientific articles (88.89%) and theses (11.11%), with relevant information to the research were obtained. The results of the study evince that the most used micro-algae were the *Chlorella* species followed by two *Scenedesmus* species, among others. The parameters that were taken into consideration to determine the efficiency of the used micro-algae in the studies were: BOD, COD, PO₄-P, NH₃, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻, TKN and TOC. These results and others are discussed at the end of the research.

Keywords: Bioremediation, microalgae, tannery, wastewater.

1. INTRODUCCIÓN

Las industrias del cuero, en particular, operan con una enorme cantidad de agua dulce y diversos productos químicos como ácidos, colorantes, tensioactivos, agentes curtientes, aceites sulfonados y sales, etc., lo que crea contaminación en el medio ambiente (Cooman et al., 2003).

Las curtiembres, en nuestra región, se operan con métodos de producción convencionales y la mayoría de las curtiembres existentes no se centran en la prevención de la contaminación y la recuperación de residuos. Esto se debe a los altos costos de tratamiento, como precipitación química, coagulación, filtración, ósmosis inversa y proceso de evaporación (Belay, 2010).

Por lo tanto, se requiere un enfoque de tratamiento de bajo costo y sostenible mediante el aprovechamiento de los residuos existentes en las aguas residuales.

La industria de curtiembres es una de las más contaminantes ya que ocasionan un grave impacto ambiental debido a su alta demanda de oxígeno y a su mezcla compleja de contaminantes orgánicos e inorgánico. Los contaminantes orgánicos son principalmente proteínas y lípidos, los cuales se producen a partir del lavado y desencarnado de pieles, mientras que los contaminantes inorgánicos provienen de los solventes, aditivos y productos químicos agregados en los diferentes procesos de tratamiento (Mosca et al., 2017).

Algunas investigaciones relacionadas a la revisión documental son:

- Se realizaron estudios de aguas residuales de curtiembres usando *Scenedesmus sp.* Esta microalga se cultivó en aguas residuales de curtiembres a condiciones de laboratorio y fue cosechada en el día 12. Los resultados revelaron que la biomasa de algas durante el período de crecimiento no solo redujo la carga de contaminación de los metales pesados Cr (81.2–96%), Cu (73.2–98%), Pb (75–98%) y Zn (65–98%) sino también los nutrientes NO_3 (> 44.3%) y PO_4 (> 95%). Además, las aguas residuales generadas durante el proceso de curtido de cuero soportaron una población densa de *Scenedesmus sp.*, el cual lo convierte en un medio de crecimiento potencial para producción de biomasa del alga de prueba y para remediación de sustancias tóxicas en aguas residuales de curtiembres (Kayil et. al., 2015).
- Se utilizaron aguas residuales de curtiembres como medio de cultivo alternativo para la producción de biomasa de microalgas con el objetivo de tratar este efluente. Se evaluó la eliminación de Nitrógeno amoniacal, Fósforo, demanda química de oxígeno y producción de biomasa de *Scenedesmus sp.*, cultivada en aguas residuales de curtiembre. La evaluación se realizó bajo diferentes concentraciones de agua residual (entre 20% y 100%), intensidad de luz (entre 80 y 200 μmol de fotones $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) a una temperatura de 25 °C y aireación constante. Los resultados mostraron que la adaptación de microalgas para esta fuente de nutrientes fue efectiva. El cultivo de *Scenedesmus sp.* mostró una concentración máxima de biomasa (0.90 g/L) y una eliminación máxima de Nitrógeno amoniacal (85.63%),

Fosforo (96.78%) y DQO (80.33%), y una intensidad de luz de $182.5 \mu\text{mol fotones m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ en aguas residuales de curtiembre al 88.4% de concentración (Tolfo et. al., 2017).

- Se evaluó el potencial de biorremediación de dos microalgas marinas *Chlorella sp.* y *Phormidium sp.*, tanto individualmente como en consorcio, para reducir diversos contaminantes en aguas residuales de curtiembres. Las microalgas se cultivaron en 100% de aguas residuales durante 20 días. Se logró reducir la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Nitrógeno Total (NT), Fósforo total, Cromo (Cr) y Sólidos Totales Disueltos (STD) de aguas residuales. Ambos aislamientos marinos redujeron la DBO y la DQO ($\geq 90\%$) en el consorcio y más del 80% individualmente. Las concentraciones de Nitrogeno y Fosforo total se redujeron en 91,16% y 88%, respectivamente en el consorcio. Las eficiencias de eliminación/biosorción para el cromo oscilaron entre 90.17–94.45%. En particular, los STD fueron más difíciles de tratar con una reducción de $> 50\%$ en 20 días en el consorcio. El nuevo consorcio desarrollado en este estudio redujo la mayoría de los componentes ecológicamente dañinos en las aguas residuales de curtiembres dentro de los límites permisibles en 5 a 15 días de tratamiento. Por lo tanto, se concluyó que las cepas marinas *Chlorella sp.* y *Phormidium sp.* son prometedores para bioremediar/desintoxicar aguas residuales de curtiembres y mejorar adecuadamente la calidad del agua para la descarga segura en cuerpos de agua abiertos, en particular cuando se utiliza como consorcio (Das et. al., 2018).
- Se evaluó el rendimiento de la microalga verde *Chlorella vulgaris* para la recuperación de efluentes combinados de aguas residuales domésticas y curtiembres bajo diferentes

diluciones. Se observó una reducción significativa en la concentración de contaminantes en el efluente: > 65% para NH- P, > 63% para DQO y > 80% para Cromo total. Además, el rendimiento máximo de la biomasa alcanzada fue de 3.51 g/L (para 30% de efluente de agua residual doméstica) y 2.84 g/L (para 20% de efluente de curtiembre) para *Chlorella vulgaris* y *Pseudochlorella pringsheimii*, respectivamente. Entre las dos especies, *Pseudochlorella pringsheimii* mostró un alto potencial de acumulación de lípidos del 25,4% en comparación con *Chlorella vulgaris* (9,3%) con un 20% de efluente de curtiembre (Saranya y Shanthakumar, 2019).

- Se realizaron estudios con la microalga heterotrófica *Botryococcus sp.*, para lograr una reducción simultánea del Cr (VI), Carbono orgánico total, NO₃ y PO₄. Los resultados experimentales mostraron que las eficiencias de eliminación más altas se alcanzaron en 94.2%, 98.2%, y 66.9% para Cr (VI), Carbono orgánico total y N respectivamente. El 87.17% de Cr (VI) inicial se redujo a Cr (III) y luego se adsorbió en biomasa de algas. Finalmente se estableció un mecanismo que demuestra la correlación entre el proceso de eliminación de Cr (VI), la actividad biológica de la microalga y el efecto de los compuestos orgánicos (Liang et. al., 2019).
- Microalgas aisladas de aguas residuales, en el cual se encontraron eucariotas y procariotas las cuales mostraron un crecimiento constante en muestras de aguas residuales. Se encontró que *Tetraselmis sp.*, *Parachlorella kessleri*, y *Chloroidium saccharophilum* exhibieron una alta productividad de biomasa. Durante este cultivo, la cepa *P. kessleri* eliminó el 99% del Nitrógeno y el 82% de los compuestos de Fósforo de muestras de aguas residuales. El

análisis de composiciones de ácidos grasos de *P. kessleri* y *C. saccharophilum* reveló que los lípidos derivados de estas microalgas eran adecuados para la aplicación de combustibles de biodiesel, lo que indica que estas microalgas eran prometedoras para el tratamiento de aguas residuales y la producción de lípidos (Tsuyoshi et. al., 2020).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Mediante la Recopilación Documental evaluar información que se refiera al aprovechamiento de nutrientes presentes en aguas residuales de curtiembres, como medio de crecimiento para la obtención de biomasa de microalgas.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Diseñar una metodología que permita la recopilación y entendimiento de los artículos seleccionados.
- Determinar la cantidad de artículos científicos usados para la investigación documental, su año de publicación y de donde fueron obtenidos.
- Identificar las microalgas mencionadas en los artículos científicos referentes al aprovechamiento de nutrientes en aguas residuales de curtiembres y su porcentaje de uso.
- Reportar información sobre muestreos y análisis fisicoquímicos en aguas residuales de curtiembres para determinar la cantidad de DBO, DQO, COT, PO₄-P, NH₃, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻ y NKT presentes.
- Determinar productividad de biomasa de las microalgas

- Determinar el porcentaje de remoción de DBO, DQO, COT, NH_3 , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , NKT y $\text{PO}_4\text{-P}$.

1.2. Hipótesis

Se conoce que las aguas residuales de curtiembres presentan un alto contenido de compuestos orgánicos tales como carbono, grasas y proteínas solubles e inorgánicos tales como Nitrógeno, Fósforo, Amonio, Nitratos, Nitritos y Metales, entonces es posible que estos compuestos puedan ser aprovechados como nutrientes por las microalgas para la producción de biomasa.

1.3. Marco Teórico

1.3.1 Microalgas

Las microalgas son microorganismos microscópicos (2-200 μm) fotosintéticos y existen dos tipos de microalgas, procariotas y eucariotas. Las microalgas procariotas o *Cyanobacterias* carecen de organelos limitados por una membrana y tienen ribosomas más pequeños; las microalgas eucariotas se definen por la presencia de una doble membrana en el núcleo y organelos como los cloroplastos. Para su desarrollo requieren de CO_2 , nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y otros nutrientes menores como metales, los cuales son esenciales porque actúan como cofactor de enzimas esenciales del metabolismo de las microalgas, muchas microalgas son unicelulares no móviles, mientras que otras poseen uno o más mecanismos de locomoción, flagelos o flujos de mucílago a través de poros en la pared, con los cuales pueden realizar migraciones verticales en los cuerpos de agua.

Estructuras de locomoción como los flagelos se presentan en algas celulares o coloniales. Una colonia es un conjunto de células de diferentes generaciones, comunicadas entre sí, cuyo número y disposición de células permanece constante a través de la vida del individuo. Un cenobio es un conjunto de células hermanas flageladas o no móviles, cuyo número de células no permanece constante, y las cuales no están comunicadas entre sí (Graham y Wilcox, 2000).

El fitoplancton, es el conjunto de microalgas que viven suspendidas en la columna de agua y a merced de sus movimientos, parcial o totalmente. Las características adaptativas que presentan las microalgas planctónicas están relacionadas con la resistencia al hundimiento y con la habilidad de absorber rápidamente los nutrientes y acumularlos intracelularmente para sobrevivir a su escasez. Los ciclos de vida de las algas son cortos y frecuentemente incluyen la formación de esporas de resistencia o de células de reposo, con lo cual sobreviven durante periodos desfavorables. Su nutrición es por absorción en forma iónica de C, H, O, N, P, S, K, Ca, Fe, Mg y de cantidades traza de Mn, B, Co, Cu, Zn y Mo, sin embargo, para algunas especies son necesarias otras moléculas inorgánicas y orgánicas complejas, incluyendo la vitamina B12. De los grupos que conforman el fitoplancton, las pertenecientes a las divisiones *Cyanobacteria*, *Chlorophyta*, *Heterokontophyta* y *Euglenophyta* son las más comunes en aguas dulces, mientras que las *Bacillarophyta*, las *Dinophyta* y las *Haptophyta* abundan en el mar (Lara et al.,1996).

1.3.1.1. Microalgas en el tratamiento de aguas residuales

Las microalgas pueden capturar y acumular metales pesados tales como Cadmio, Cobre y Cromo, reduciendo la concentración de estos compuestos en ecosistemas acuáticos que son liberados como producto de ciertas actividades industriales que pueden llegar a ocasionar serios problemas ambientales (Ishaq, 2016; Peña-Castro et al., 2004).

La aplicación de microalgas para el tratamiento de aguas residuales tiene antecedentes desde mediados del siglo XX, los primeros estudios realizados fueron por Cadwell, más tarde en 1950 se desarrollaron investigaciones más profundas sobre este tema por parte de Oswald, y en los años sesenta en California-Estados Unidos se dio continuidad a estas investigaciones. Y actualmente en los últimos quince años se han realizado estudios en América Latina sobre este tema usando diferentes técnicas y procedimientos (Salazar, 2005).

Las microalgas son muy eficaces para el tratamiento de aguas residuales ya que poseen la capacidad de remover varios nutrientes y sustancias tóxicas. Las especies *Scenedesmus quadricauda*, *Chlorella miniata*, *Chlorella vulgaris* y *Chlorella sorokiniana* se caracterizan por la capacidad de eliminar de manera eficaz metales pesados (Forero, 2007).

C. vulgaris y *S. dimorphus* son muy eficaces (>95%) en la biorremediación de Amoniac y Fósforo que se encuentran en las aguas residuales, de igual manera, *Tetraselmis sp*, *Chlamydomonas sp*, y *Nannochloris sp* tienen una alta tolerancia a altas concentraciones de CO₂ (Forero, 2007).

Teniendo en cuenta esto, el uso de las microalgas se ha posicionado como uno de los métodos más eficaces para el tratamiento de aguas residuales.

Existen abundantes investigaciones que han evidenciado la eficacia de numerosas especies de microalgas como agentes de bioremediación, demostrando óptimos resultados en la remoción de nutrientes en aguas residuales (principalmente carbono, N y P), gracias a la presencia de exoenzimas capaces de degradar compuestos orgánicos en moléculas más asimilables para su metabolismo (Rodríguez, 2010).

Las microalgas utilizadas con mayor frecuencia en los tratamientos de efluentes industriales son: *Chlorella* y *Scenedesmus*, pero también se mencionan otras que se consideran de importancia.

a. *Chlorella*

Estas microalgas son pequeñas células de color verde, esféricas, que no poseen movilidad, ni flagelos, por lo general se las encuentra solitarias o también formando colonias de manera irregular, su diámetro varía de 100 a 1000 veces menor a 1 mm, su color verde característico se debe a la presencia de cloroplastos, mismos que cumplen la función de realizar la fotosíntesis. El nombre de *Chlorella* proviene de dos vocablos griegos; *Chloros* que significa verde y *ela* que significa pequeño (Barsanti y Gualteri, 2006).

Esta especie tiene la capacidad de adaptarse a diferentes ambientes, pero son propias de agua dulce como ríos, arroyos y lagunas. Guardan grandes similitudes con las plantas

vasculares ya que estas microalgas además de clorofila contienen otros pigmentos como; luteína, xantofilas y zeaxantina, sin embargo, las concentraciones en las que se encuentran son muy bajas por lo que predomina la clorofila. Además, la pared celular de *Chlorella sp.* esta constituido mayormente por celulosa al igual que en las plantas (Martínez y García, 2012).

Las características fisiológicas que posee esta especie hacen que su uso en la biorremediación sea muy efectivo ya que se puede remover contaminantes orgánicos e inorgánicos, como N, P y metales pesados (López, 2016). En el tema de los metales pesados las microalgas poseen el potencial de acumular altas concentraciones en sistemas acuáticos contaminados. Esta actividad comprende dos etapas; inicialmente la adsorción inicial rápida, seguidamente se da una adsorción pausada, en conjunto estos dos procesos dan lugar a la biosorción. Se puede también presentar un proceso de bioacumulación en la pared celular (Bates et al., 1982). Se emplea además en la elaboración de suplementos nutricionales, por su alto valor proteico, favoreciendo la actividad del sistema inmunológico (González, et al., 2014).

b. *Scenedesmus*

Son microalgas propias de lugares donde se presenten altas concentraciones de nutrientes, determinándose, así como la microflora que habita en una variedad de ambientes de agua dulce. Esta característica es una de las principales razones por las que se la considera además como una especie cosmopolita, pudiendo así denotar que existen alrededor de 100

especies y variedades, mismas que se adaptan fácilmente a las condiciones de cultivo fuera de su hábitat natural (Ruiz et al., 2011).

En los últimos diez años el uso de las microalgas para biorremediación ha sido una de las alternativas más factibles, por tal motivo se ha impulsado investigaciones encaminadas en esta temática, mismas que hasta la actualidad han representado numerosos aportes para el desarrollo de nuevas técnicas. El uso de las microalgas tiene como fin disminuir las concentraciones de metales pesados que se encuentran en los ecosistemas contaminados (Kumar y Nanda, 2018).

La aplicación de la microalga viene a ser las que actúan como agentes de remediación y remoción, sirven para tratar aguas residuales, son las que se encargan de eliminar nutrientes, iones de metales pesados, patógenos y reducen la demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) del oxígeno elaborado por el proceso de la fotosíntesis y la transformación de los nutrientes a biomasa (Ramos y Pizarro, 2018).

Para ello la dosis ideal de la microalga: de esta clase de microalga sobrevive con bajo nivel de nutrientes, teniendo la capacidad de crecer en entornos secundarios, y bajar los nutrientes inorgánicos. Esta microalga acumula el 31-33% (del peso seco) de lípidos en la biomasa de algas, convirtiéndose en una microalga ideal para el tratamiento de aguas residuales y para crear biodiesel (Lin y Gan, 2010).

c. *Tetraselmis*

Las especies de *Tetraselmis* varían en el tamaño y forma de las células. Pueden ser esféricas, elípticas, aplanadas o una combinación de estas u otras formas (Arora et al., 2013). Cada célula tiene un único cloroplasto que contiene una mancha ocular. *Tetraselmis* pasa por tres etapas que incluyen una etapa con flagelos, una etapa inmóvil y una etapa de quiste. En la etapa con flagelos, las células individuales viajan de forma lineal durante un largo período de tiempo y luego cambian rápidamente de dirección sin detenerse, con la fuerza de cuatro flagelos gruesos de igual longitud (menor a la de la célula) que emergen en pares. En la etapa de quiste la célula pierde los flagelos. La etapa inmóvil es la dominante en la mayoría de las especies, y es en la cual se produce la división celular, tras la cual las dos células generadas pueden permanecer inmóviles o desarrollar flagelos, según las condiciones ambientales. Se encuentran tanto en ecosistemas marinos como de agua dulce, y son productores primarios en las redes tróficas bentónicas y planctónicas. Se mantienen sobre la zona fótica de la columna de agua para garantizar disponibilidad de luz. La mayoría de las especies son de vida libre, otras son simbiotes de animales. Las poblaciones marinas pueden multiplicarse rápida y densamente, lo que provoca la proliferación de plancton en las zonas costeras y bahías (Norris et al., 1980). Por su alto contenido de lípidos se las considera para su potencial uso como biocombustible (Alonso et al., 2012).

d. *Nannochloropsis*

El género *Nannochloropsis* pertenece a la clase *Eustigmatophyceae* y al filo *Ochrophyta*, se caracteriza por ser una microalga unicelular con formas subsféricas o 5 cilíndricas que

van de los 2 a los 5 μm , con cloroplastos que van del color amarillo al verde (Guiry, 2019). Las especies son principalmente del medio marino (*N. gaditana*, *N. granulata*, *N. oceánica*, *N. oculata* y *N. Salina*) y la única especie que es de agua dulce es *N. Limnetica*. Algunos aislados de este género son importantes organismos alimentarios para la agricultura, ya que se reproducen muy rápido y poseen ácidos grasos que no se encuentran en otros tipos de fitoplancton (Fawley & Fawley, 2007). También se debe tener en cuenta que estos microorganismos son el primer eslabón de la cadena trófica en los ecosistemas acuáticos, por ende, ayudan a la estabilidad del estos. La biomasa microalgal de *Nannochloropsis sp.* ha recibido especial interés por ser un alimento potencial y funcional para animales ya sea en la acuicultura o la piscicultura. Dado que contiene metabolitos importantes (ácidos grasos y proteínas), que se encuentran en el interior de la célula, se hace necesario usar un método para la liberación de estos. A través del tiempo se ha conocido que una de las etapas críticas de los compuestos intracelulares es la disrupción celular, ya que como se mencionó anteriormente es necesario lograr una adecuada liberación de las moléculas de interés (Bernaerts et al., 2018; Carl Safi et al., 2014).

e. *Desmodesmus*

Son organismos coloniales, la colonia es plana y formada en general por 2, 4, 8, 16 e incluso 32 células, dispuestas lado a lado, con sus ejes más largos paralelos entre sí, organizado linealmente o en zigzag. Las células pueden ser elipsoides, ovoides, fusiformes o lunadas. Todas de igual forma en el mismo cenobio, o las células externas diferentes de las internas. La pared celular es lisa en la mayoría de las especies, aunque también puede ser ornamentada con diminutas verrugas o tener una costilla mediana más o menos evidente.

Tienen un cloroplasto por célula ubicado parietalmente y un pirenoide ubicado más o menos en el centro de cada célula (Bicudo y Menezes, 2006)

f. *Oscillatoria*

Oscillatoria es un género de *Cyanobacterias* de la familia *Oscillatoriaceae*, incluido antiguamente en la división *Cyanophyta*, que junto con la división *Prochlorophyta* formaban un grupo de procariotas autótrofos. Actualmente se considera que las antes llamadas algas procarióticas están más relacionadas, desde un punto de vista filogenético con las bacterias que con las algas eucarióticas. Por ello se incluye dentro del filo (o división) *Cyanobacteria* de bacterias fotosintéticas, de color verde azulado, que viven en agua dulce. Son organismos móviles que se deslizan en forma oscilatoria y de ahí su nombre (WoRMS, 1892).

g. *Anabaena*

Anabaena es un género de *Cyanobacterias* del orden *Nostocales* de reproducción asexual y que es autótrofa por tener una clorofila dispersa, común en agua dulce (también se encuentran en aguas saladas y en hábitats terrestres). Soporta condiciones ambientales extremas (temperaturas de 73 °C). *Anabaena* es un género de *Cyanobacterias* filamentosas que existen como plancton. Son conocidos por sus habilidades para fijar nitrógeno y forman relaciones simbióticas con ciertas plantas, como el helecho mosquito. Son uno de los cuatro géneros de *Cyanobacterias* que producen neurotoxinas, que son dañinas para la vida silvestre local, así como para los animales de granja y las mascotas. Se supone que la

producción de estas neurotoxinas es un aporte a sus relaciones simbióticas, protegiendo a la planta de la presión del pastoreo (Anabaena, 1886).

h. Spirogira

Spirogyra es un género de algas verdes filamentosas del orden de las *zygnematales*, llamada así por la disposición en forma de hélice de los cloroplastos. Se encuentra frecuentemente en el agua dulce, y existen más de 400 especies de *Spirogyra* en el mundo. La *Spirogyra* tiene aproximadamente entre 10 y 100 μm de ancho y puede llegar a varios centímetros de longitud (Whitton et al., 2002).

1.3.2. Fases de crecimiento de microalgas

Las fases de crecimiento de un cultivo típico de microalgas son cinco, que se definen por el número de células presentes en un tiempo (edad) determinado y por las condiciones generales del cultivo: fase de latencia, de adaptación o inicial, fase exponencial o desarrollo logarítmico, fase de declinación de la fase exponencial, fase estacionaria y la fase de declinación o muerte (Madigan et al., 2003).

En las fases de latencia o inicial, el incremento celular es poco, ya que es una fase de adaptación a las nuevas condiciones del medio. Bastantes enzimas metabólicas llegan a ser inactivas y las concentraciones celulares caen a niveles que perjudican la división celular, es por esto, que antes de reanudar el crecimiento las microalgas en el medio acuático se necesita un periodo de tiempo para que puedan aclimatarse. Otro factor importante que está presente en la fase inicial es el alcance los niveles máximos de compuestos específicos

antes de comenzar la fase exponencial. Esta fase tiene un periodo entre 1 y 3 días, estando sujeta al tamaño y del estado del inóculo. La división celular es mayor en función al tiempo en la fase exponencial o también llamada desarrollo logarítmico. La asimilación de los nutrientes del medio y el proceso de reproducción asexual conlleva al incremento de la población celular. Después del segundo al tercer día de haberse inoculado el medio, se presenta la fase exponencial. Luego se presenta la fase de declinación de la fase exponencial, en la que la división celular es mas pausada, ya que los nutrientes se han consumido y la carencia de estos limita el crecimiento, esto puede durar de uno a dos días y el cultivo llega a su valor máximo. La carencia de nutrientes (factor limitante) y la velocidad de crecimiento llegan a un equilibrio en la fase estacionaria, esto quiere decir que la población celular se mantiene constante por un periodo de tiempo prolonga. Esta fase estacionaria puede llegar a ser muy corta si no se reemplazan los nutrientes en el medio. Finalmente, en la fase de declinación o muerte, debido a la escasez de nutrientes en el medio la población celular comienza a disminuir rápidamente, liberando azúcares, proteínas y lípidos; los cuales son aprovechados por bacterias oportunistas que se alimentan de ellos en algunos casos, desplazando así a la población que se mantiene viva pero que rápidamente cae (García et al., 2017).

1.3.3. Parámetros de funcionamiento para microalgas en cultivos de efluentes industriales

Los parámetros más importantes que influyen en el crecimiento de algas en las aguas residuales industriales son las especies de microalgas, el pH, la luz, la temperatura y el Dióxido de Carbono. Además, los parámetros operativos como el modo de estudio, el modo

de cultivo y los tipos de aireación provistos para el sistema también regulan el crecimiento y la productividad de la biomasa de un alga y los valores tolerables de estos parámetros son específicos de la especie (Lavens y Sorgeloos 1996).

a. Especies de Microalgas

En un sistema cerrado se pueden lograr cultivos monoespecíficos aislados del medioambiente (Posten, 2009). Las microalgas en un cultivo para biorremediación deben cumplir con 3 condiciones: alta tasa de crecimiento, tolerancia alta a la variación estacional y diurna si es un sistema abierto, buena capacidad para formar agregados para una cosecha por simple gravedad (Park et al. 2011b).

La elección de las especies para usarse en los cultivos depende del uso que se le desea brindar a la biomasa resultante (e.g., pigmentos, alimento), si el cultivo es para biorremediación. Las microalgas predominantes dentro de un sistema abierto dependen de factores ambientales, operacionales y parámetros biológicos (McGriff & McKinney 1972, Park et al. 2011a, Abdel-Raouf et al. 2012).

Algunas especies se utilizan en tratamientos de aguas residuales debido a su tolerancia, varias de éstas también son utilizadas para fines comerciales (Park et al. 2011a, Park et al. 2011b, Abdel-Raouf et al. 2012). Los géneros *Chlorella*, *Ankistrodesmus*, *Scenedesmus*, *Euglena*, *Chlamydomonas*, *Oscillatoria*, *Micractinium*, *Golenkinia*, *Phormidium*, *Botryococcus*, *Spirulina*, *Nitzschia*, *Navicula* y *Stigeoclonium* han sido registrados en aguas residuales desde distintas procedencias (Borowitzka 1999, Rawat et al. 2011,

AbdelRaouf et al. 2012). Estas microalgas son usadas de manera comercial para la alimentación humana y/o animal, la obtención de biocombustibles, aceites esenciales, pigmentos, entre otros usos (Borowitzka 1999, Harun et al. 2010).

b. pH

La condición de pH para el cultivo de microalgas oscila entre 7 y 9 y el valor óptimo se encuentra entre 8,2 y 8,7 (FAO, 2014). Aunque hay especies que habitan en ambientes más ácidos/básicos. El colapso debido a la interrupción de muchos procesos celulares puede resultar de la falta de mantenimiento de un pH aceptable. Esto último se logra aireando el cultivo. En el caso de cultivos de algas de alta densidad, la adición de dióxido de carbono permite corregir el aumento del pH, que puede alcanzar valores límite de hasta pH 9 durante el crecimiento de las algas (Barsanti et al., 2006). La mayoría de las algas crecen en aguas residuales industriales alcalinas, a excepción del tratamiento de aguas residuales recalcitrantes de la producción de etanol y ácido cítrico en el que las microalgas *C. vulgaris* seguida por la macrófita *Lemna minuta*, fueron utilizados para la remoción de contaminantes y nutrientes (Valderrama et al. 2002). Otros resultados interesantes sobre el crecimiento de microalgas en valores de pH alcalinos puede verse en la investigación de Moronta et al. (2006), en donde la microalga *Chlorella sorokiniana* crece desde un pH 3 y pH 5 en algunos tratamientos, teniendo como valor máximo un pH de 7- 8. Adicionalmente, en un estudio realizado por Rajalakshmi et al. (2021), *Chlorella sp.* fue usada para una biorremediación en un efluente de curtiduría con un pH de 9.8, no presentando problemas para su crecimiento.

c. Luz

La síntesis biológica de compuestos químicos en agua o aguas residuales es realizada por varias especies de microalgas en presencia de luz solar y CO₂. La energía lumínica juega un papel predominante en este escenario y por lo tanto la intensidad de la luz, la calidad del espectro y el fotoperíodo son los parámetros más importantes a considerar en los procesos de cultivo. Entre los cuales la intensidad de la luz es el factor principal que nuevamente depende en gran medida de la profundidad, la densidad y el volumen del cultivo de algas, 1000 lux es suficiente para el crecimiento de algas en matraces erlenmeyer, mientras que aumenta de 5000 a 10000 lux en caso de volúmenes más grandes. La luz solar directa o la luz suministrada por los tubos fluorescentes son lo suficientemente buenas para el crecimiento de algas, sin embargo, la mayor cantidad de luz puede soportar el sobrecalentamiento que inhibe los procesos de fotosíntesis, que no es más que fotoinhibición (Sforza et al.2012).

Generalmente, se prefiere la intensidad de luz con espectro azul o rojo ya que tienen porciones activas que ayudan en la reacción fotosintética (Fogg and Thake, 1987; Klein, 1992). La intensidad de luz para el tratamiento con algas de un efluente industrial varió de 2000 a 12,000 lux. Normalmente, en estos procesos se usaban lámparas fluorescentes blancas frías (principalmente luces LED Philips de 40–50 W) (Yang et al.2008; Valderrama et al. 2002; Hanumantha Rao et al.2011; Mata et al.2012).

d. Temperatura

En general, el valor óptimo de temperatura para el medio de cultivo se encuentra entre 20 y 30 °C. Las microalgas pueden tolerar un rango de temperatura de 16 a 27 °C y una

temperatura inferior a 16 °C ralentiza el crecimiento, mientras que una temperatura superior a 35 °C es perjudicial para algunas especies (Butterwick et al.2005; Teoh et al. 2005).

e. Dioxido de Carbono - CO₂

La mayoría de las algas necesitan carbono inorgánico en términos de CO₂ para su crecimiento además de otros nutrientes. Podría proporcionarse al sistema operativo en forma de CO₂, carbonatos, bicarbonatos y compuestos orgánicos de carbono que normalmente se logra mediante aireación, agitación magnética y agitación continua o proporcionando paletas giratorias en la parte inferior del reactor. En algunos casos, aire ambiente filtrado y CO₂. La mezcla se burbujeó a través del medio de crecimiento a una velocidad específica, generalmente con la ayuda de bombas de aire (Chinnasamy et al. 2010; Mata et al.2012).

1.3.4. Métodos de cultivo

Con el fin de adoptar un método rentable para la producción de biomoléculas, generalmente se utilizan tres tipos de métodos de cultivo: autótrofos, heterótrofos y mixotróficos. En el enfoque autótrofo, las microalgas absorben la luz de los recursos naturales y fijan el CO₂ para producir materia orgánica natural. En cultivos heterótrofos, generalmente se proporciona una fuente orgánica externa a las algas, mientras que la mezcla de estas dos técnicas de sistema de cultivo se conoce como cultivo mixotrófico (Saxena, 2020).

Las algas pueden ser cultivadas de diferentes maneras, el cultivo en interiores permite el control en variables como la iluminación, la temperatura, los niveles de nutrientes, la contaminación; mientras que en el cultivo en exteriores hace muy difícil el crecimiento de microalgas durante amplios periodos (Chen et al., 2011).

1.3.4.1. Reactores abiertos

Operacionalmente su principal característica es el empleo de luz solar como fuente de energía para las microalgas, aunque las densidades celulares alcanzadas son usualmente bajas, lo que hace que los costos de recolección de biomasa se incrementen. Los primeros experimentos para el cultivo masivo de algas datan de los 40s en Alemania y Estados Unidos (Suh y Lee, 2003).

Han sido diseñados diferentes tipos de estanques para el cultivo de microalgas que varían en tamaño, forma, materiales usados, forma de mezclado, por mencionar algunos factores importantes. Sin embargo, todos se caracterizan por ser más sencillos y baratos tanto en la construcción como en la operación que los fotobiorreactores (Brennan y Owende, 2010).

1.3.4.2. Reactores cerrados

La elección del reactor es uno de los principales factores que influyen en la productividad de la biomasa de microalgas. El cultivo en sistemas cerrados o fotobiorreactores (PBR) requiere costos adicionales en iluminación, CO₂, medio de cultivo y la alimentación del

sistema de circulación en comparación con los sistemas abiertos, sin embargo, a cambio, el cultivo de microalgas en sistemas cerrados es fácil de controlar, tiene menos contaminación y mayores productividades que el cultivo en sistema abierto. Se han diseñado diferentes tipos de fotobiorreactores que se utilizan actualmente para el cultivo de microalgas (Moreno et al. 2017).

a. Fotobiorreactor de columna (burbuja y puente aéreo)

Los fotobiorreactores de columna vertical suelen ser cilindros con radios de hasta 0,2 m y alturas de hasta 4 m. Este tipo de reactores son el tipo de fotobiorreactor más popular debido a sus bajas fuerzas de cizallamiento, ausencia de crecimiento de la pared, alta eficiencia de CO_2 uso y la capacidad de utilizar la luz solar, así como para un uso más eficiente de la tierra en comparación con el sistema de estanques. Sin embargo, la necesidad de reducir el requerimiento energético para lograr el suministro adecuado de iluminación y mezcla es una prioridad a ser atendida en este tipo de sistemas. El principal factor que afecta el crecimiento de microalgas en los PBR verticales es la eficiencia limitada de la utilización de la luz. La cantidad y la calidad de la luz entregada a las células son importantes para el crecimiento de las células, sin embargo, en cultivos de alta densidad celular, la densidad celular podría alcanzar 10^9 células, lo que puede resultar en una reducción drástica de la luz que llega a las células debido a que se produce el sombreado mutuo entre diferentes células. Se necesita una mezcla adecuada para evitar la sedimentación de las algas, asegurar la exposición uniforme a la luz, nutrientes, facilitar la transferencia de calor y el intercambio de gases. La mezcla se puede realizar mediante aireación, bombeo o agitación mecánica (Lucker et al. 2014).

b. Fotobiorreactor de placa plana

El fotobiorreactor de placa plana es un reactor de forma cuboidal hecho de vidrio, policarbonato u otro material transparente, tiene una mayor relación superficie/volumen y la agitación se realiza mediante burbujeo de aire o rotación mecánica. El sistema de mezcla utilizado en los PBR de panel plano es de atención por los posibles daños por tensión asociados con la aireación en estos reactores. La tasa de aireación determina la fuente de alimentación e influye en la retención de gas, la transferencia de masa, la mezcla y la transferencia de calor. También gobierna la dinámica de fluidos del sistema. El comportamiento de un sistema de plataforma plana es similar al referenciado para las columnas de burbujas, aunque los valores de transferencia de calor son más bajos que en las columnas de burbujas. Además, los PBR de placa plana requieren menos suministro de energía que los fotobiorreactores tubulares para lograr suficiente capacidad de transferencia de masa, mezcla y transferencia de calor cuando se utilizan para la producción en masa de microorganismos fotoautótrofos (Moreno et al. 2017).

c. Fotobiorreactor tubular

Una desventaja importante de estos sistemas es la reducción en la eficiencia fotosintética para la acumulación de oxígeno y también el consumo de energía muy alto en comparación con los PBR de columna de burbujas y de placa plana. Otro inconveniente de estos sistemas es el crecimiento descontrolado de microorganismos patógenos en las paredes internas en forma de biopelículas. Estas formaciones deben considerarse al modelar la dinámica de flujo que afecta los parámetros operativos en un reactor tubular. Supuestos tales como distribuciones de coeficientes de difusión efectivos de nutrientes en la biopelícula; la

transferencia de masa de reactivos entre el líquido y la biopelícula; y el desprendimiento del biofilm al medio de cultivo han sido considerados en un trabajo reciente, donde se comprobó la existencia de resistencia de transferencia de masa externa en la superficie y de distribuciones de concentraciones de sustratos en el biofilm (Skoneczny y Tabiś, 2015).

d. Fotobiorreactor de membrana

Una de las principales limitaciones para el uso de los PBR como tecnología de base de microalgas es el problema del lavado, ya que se asocian costos significativos con la recolección de biomasa en las bajas concentraciones alcanzadas en los sistemas diluidos. El fotobiorreactor de membrana (MPBR), ofrece una alternativa a este problema, está constituido por un PBR cilíndrico unido a un tanque de filtración adicional donde una membrana retiene las células de microalgas mientras el medio lo atraviesa. El medio permeado se puede alimentar al reactor mientras se concentra la biomasa en la corriente de retención. Se logró una productividad de biomasa 9 veces mayor para operar un MPBR para el cultivo de *Chlorella Vulgaris*, logrando una reducción del 77% en la huella hídrica (Bilad, 2014).

Una limitación en el reciclaje del permeado para la acumulación de la materia orgánica algogénica ocurre en este tipo de reactores como se encontró en un trabajo reciente donde se estudió la dinámica de la materia orgánica algogénica durante el cultivo y la cosecha acoplados de *Chlorella vulgaris* en una MPBR (Fernades et al., 2016).

1.3.5. Aguas residuales de curtiduría: naturaleza y características

El agua es fundamental para la vida y también se utiliza en muchos procesos industriales. En el proceso de curtido, se utiliza una gran cantidad de agua y productos químicos para tratar cueros / pieles en bruto y aproximadamente 30-35 m³ de aguas residuales se genera por tonelada de cuero crudo / pieles procesadas (Lofrano et al. 2008; Islam et al., 2014). Sin embargo, la generación de las aguas residuales depende de la naturaleza de la materia prima, el producto de acabado y los procesos de producción aplicados (Tunay et al. 1995; Lofrano y col. 2013). Esto presenta dos problemas importantes para las industrias de cuero: primero, la disponibilidad de agua de buena calidad y segundo, el tratamiento adecuado de un volumen tan grande de aguas residuales altamente contaminadas. El agua residual de curtiduría (TWW) es un residuo básico de color marrón oscuro que tiene DQO, DBO, TDS, Cromo (III) y compuestos fenólicos con pH alto y olor fuerte (Durai y Rajasimmam 2011 y Dixit et al., 2015).

Sin embargo, las características de los TWW pueden variar de una industria a otra, las materias primas y los productos químicos utilizados, el tipo de producto final y los procesos de producción adoptados por las industrias del cuero (Apaydin et al. 2009 y Lofrano et al., 2013). Durante la producción de cuero, la operación de ribera y curtido son los pasos que causan alta contaminación porque la operación de ribera aporta un alto contenido orgánico y de sulfuros, mientras que la operación de curtido aporta altas concentraciones de sales (de Cloruro, Amonio, Cromo y Sulfato) en aguas residuales de curtiduría (Cooman et al. 2003).

Por lo tanto, las aguas residuales de la ribera se caracterizan por un pH alcalino y las aguas residuales de curtido por un pH muy ácido, así como un alto valor de DQO (Lofrano et al. 2013). Generalmente, las aguas residuales de curtiduría son muy ricos en N, especialmente N orgánico, pero muy pobre en P (Durai y Rajasimmam, 2011). Las corrientes de recurtido tienen relativamente baja DBO y TSS (sólidos totales en suspensión), pero alta DQO y contienen Cr trivalente (III), taninos, aceites sulfonados y colorantes usados, mientras que los procesos de acabado húmedo, recurtido, teñido y licuado de grasa contribuyen con bajas fracciones de sal en las aguas residuales de curtiduría que se origina predominantemente de la piel / pieles en el licor de remojo (Lofrano et al., 2013).

La relación TOC (debido a la alta concentración de sulfuro y cloruro) se utiliza para el estudio de biodegradación de TWW (Lofrano et al. 2013). Los datos sobre la generación de aguas residuales y la carga de contaminación de cada paso durante el procesamiento de cueros / pieles en bruto se pueden ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Carga de contaminación y cantidad de aguas residuales generadas durante el procesamiento de cueros/pieles en bruto por tonelada.

Carga de contaminación	Operación de procesamiento (carga kg/tonelada de cueros/pieles en bruto)				Post-curtido	Refinamiento
	Remojo	Pelambre	Desencalado y rendido	Curtido al cromo		
Generado de aguas residuales (m ³ o KL)	9.0 – 12.0	4.0 – 6.0	1.5 – 2.0	1.0 – 2.0	1.0 – 1.5	1-0 – 2.0
TSS	11- 17	53-97	8-12	5-10	6-11	0-2
DQO	22-23	79-122	12-20	7-11	24-40	0-5
DBO	7-11	28-45	5-9	2-4	8-15	0-2
Cr	-	-	-	2-5	1-2	-
Sulfuros	-	3.9-8.7	0.1-0.3	-	-	-
NH ₃ -N	0.1-0.2	0.4-0.5	2.6-3.9	0.6-0.9	0.3-0.5	-
TKN	1-2	6-8	3-5	0.6-0.9	1-2	-
Cloruros	85-113	5-15	2-4	40-60	5-10	-
Sulfatos	1-2	1-2	10-26	30-55	10-25	-

Adaptado de Dixit et al., (2015)

1.3.6. Producción de cuero y productos químicos utilizados en el proceso de curtido

Las industrias de cuero están especializadas en el procesamiento de pieles de animales grandes como vacas, búfalos, caballos y pieles de animales pequeños como ovejas, cabras y terneros, para la producción de cuero. El proceso de curtido utilizado para convertir la piel /pieles (un material altamente putrescible) en productos estables e imputrescibles denominados cuero, que se utiliza para diversos fines (Dixit et al.2015).

Los procesos de curtido se clasifican en curtidos vegetales o al Cr según el tipo de reactivo curtiente (taninos o cromo) aplicado (Ram et al.1999; Mannucci y col.2010). Los pasos y el proceso general de la producción de cuero están bien descritos en la literatura (Thanikaivelan et al. 2005 y Dixit et al., 2015). Sin embargo, el proceso de curtido implica diferentes pasos y productos químicos para diferentes productos finales y el tipo y la cantidad de desechos generados pueden variar en una amplia gama de cantidad y naturaleza (Lofrano et al.2013). Durante el proceso de curtido, se utilizan una gran cantidad de productos químicos como ácidos, álcalis, sales de Cr, taninos, sulfatos, compuestos fenólicos, tensioactivos, colorantes, aceites sulfonados y biocidas, etc. Para convertir la proteína semi-soluble "colágeno" presente en cueros / pieles en formas comerciales de cuero altamente duraderas, y los productos químicos utilizados no son completamente fijados por el cuero / pieles y terminan en las aguas residuales (Lofrano et al. 2008; Mannucci y col.2010).

La escasa absorción de sal de cromo (50-70%) durante el proceso de curtido da como resultado el desperdicio de material por un lado y la alteración del equilibrio ecológico por otro lado (Saravanbahavan et al.2004). Además, los aceites sulfonados y los taninos sintéticos o sintanos (ST) (un conjunto extendido de productos químicos como fenol, naftaleno, formaldehído, melamina y resinas acrílicas) también se utilizan en el proceso de curtido / recurtido para suavizar el cuero (Lofrano et al. .2008, 2013)

1.3.7. Algas y aguas residuales

Segun los autores Aquim et al., (2010) y Gutterres et al., (2015), las aguas de curtidurías son aguas que se caracterizan por tener altas concentraciones de cloruros, materia orgánica (DQO, DBO, COT), N orgánico e inorgánico. Además, están presentes colorantes, tensioactivos, sulfuros, Cr, fenoles y pesticidas (Gallego-Molina et al. 2013).

Las aguas residuales de las curtidurías contienen grandes cantidades de $N-NH_3$ (llegando a 762 mg/L) debido a la eliminación de proteínas no colágenas de la piel cruda en el proceso de ribera y la adición de sales de amonio en la etapa de descalcificación y purga (Aquim et al., 2010; Gutterres et al., 2015).

Los efluentes de la industria del cuero son conocidos por causar impactos nocivos en el medio ambiente a través de la descarga de grandes volúmenes de aguas residuales altamente tóxicas y cargadas químicamente, las cuales desembocan en cuerpos de agua naturales. Las literaturas nos hacen saber cómo las curtidurías procesan las pieles de animales en cuero a través de muchas etapas complejas sucesivas que consumen grandes cantidades de agua y productos químicos, por ejemplo, cal, sulfuro de sodio, amonio sulfato, cloruro de sodio y sales de cromo (Thanikaivelan et al., 2005; Covington y Covington, 2009; Lufrano et al., 2013). El agua residual resultante es altamente salina, rica en cargas orgánicos y contaminantes específicos como sulfuros y Cr (Tunay et al., 1999; Canción et al., 2000).

Muchas especies de microalgas pueden crecer eficazmente en condiciones de aguas residuales gracias a su capacidad para utilizar abundante carbono orgánico y N, P inorgánicos en las aguas residuales. El uso de microalgas en el tratamiento de aguas residuales se ha promovido durante mucho tiempo (Oswald et al., 1957). Sin embargo, el tratamiento químico de los residuos o la generación de lodos activados es el método de tratamiento convencional. Aunque la aplicación de microalgas en la industria de las aguas residuales todavía es bastante limitada, las algas se utilizan en todo el mundo para el tratamiento de aguas residuales, aunque en una escala relativamente menor. Esto es mediante el uso de estanques de oxidación (estabilización) convencionales o los sistemas de estanques de algas suspendidos más desarrollados, como los estanques de algas de alta tasa, que son estanques de oxidación de tipo canalización poco profunda con mezcla mecánica, y han demostrado ser altamente efectivos para el tratamiento de las aguas residuales (Green et al., 1995; Hoffmann, 1998).

Un requisito importante del tratamiento de aguas residuales es la necesidad de eliminar altas concentraciones de nutrientes, en particular N y P, ya que de otro modo pueden conducir a riesgos de eutrofización si estos nutrientes se acumulan en ríos y lagos. El P es particularmente difícil de eliminar de las aguas residuales, para la mayoría de los procesos comerciales de aguas residuales, se precipita del efluente con el uso de productos químicos para formar una fracción sólida insoluble o se convierte en un lodo activado por la actividad microbiana (Hoffmann, 1998). Sin embargo, el P recuperado por estos métodos no es totalmente reciclable y el precipitado de este se entierra en un vertedero o se trata más para generar fertilizante de lodo. Las microalgas son eficientes para eliminar N, P y metales

tóxicos de aguas residuales (Ahluwalia y Goyal, 2007). Por lo tanto, tienen potencial para desempeñar un papel importante en la remediación, especialmente durante la fase final (terciaria) de tratamiento de las aguas residuales. De hecho, se ha descubierto que los tratamientos a base de algas son tan eficientes para eliminar el Fósforo de las aguas residuales en comparación con el tratamiento químico (Hoffmann, 1998).

La ventaja significativa de los procesos de algas en el tratamiento de aguas residuales sobre los métodos de tratamiento convencionales basados en productos químicos es el posible ahorro de costos y la tecnología de menor nivel que se utiliza, lo que hace que este enfoque sea más atractivo para los países en desarrollo. Por ejemplo, la generación de O_2 a partir de microalgas fotosintéticas anulará la necesidad del alto costo operativo de la aireación mecánica del estanque de tratamiento (Mallick, 2002).

La oxigenación de los estanques de tratamiento es esencial para permitir la biorremediación eficiente de compuestos orgánicos e inorgánicos por bacterias aeróbicas heterótrofas (Muñoz y Guieysse, 2006). Además, un método de remediación de algas es más respetuoso con el medio ambiente y sostenible, ya que no genera contaminantes adicionales como los subproductos de lodos activados y brinda una oportunidad para el reciclaje eficiente de nutrientes. Por ejemplo, la biomasa de algas recuperada rica en N y P se puede utilizar como fertilizante de bajo costo o como alimento para animales (Muñoz y Guieysse, 2006; Wilkie y Mulbry, 2002).

2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación es básica debido a que se basa en otras investigaciones, es de nivel descriptiva, de tipo cualitativa según la naturaleza de los datos e información recolectada, es documental tipo revisión sistemática por la metodología de recolección de datos. El diseño es no experimental de corte longitudinal debido a que hay observación de diferentes tiempos e intervalos y además puede verse la causa y efecto.

2.2. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

El análisis documental fue la técnica empleada, debido a que la investigación se basa en la recopilación de artículos científicos de bases de datos indexadas, la información fue recopilada mediante registro y filtrado de datos.

2.3. Búsqueda de la información

La información debe buscarse en revistas, libros, artículos científicos, sitios Web. Por supuesto, cuando se inicia un proceso de búsqueda bibliográfica no se sabe qué material es el más pertinente o relevante, sin embargo, a medida que se avanza la perspectiva mejora y se empiezan a definir los temas que realmente interesan. Por lo tanto, se hace necesario delimitar la búsqueda.

Con el fin de definir la amplitud de la investigación, se utilizarán criterios de inclusión y exclusión, así mismo como bases de datos verificadas, palabras clave y puntos de interés.

2.3.1. Selección de descriptores / cadena de búsqueda:

Para poder buscar y recopilar la información necesaria para esta investigación, se utilizó primeramente como palabras clave: “aguas residuales”, “biorremediación”, “curtiembre”, “microalga”. Al no encontrar demasiados resultados relacionados al tema, se procedió a buscar en el idioma inglés con las siguientes palabras clave: “bioremediation”, “microalgae”, “tannery”, “wastewater”; encontrando así, una mayor cantidad de información en bases de datos oficiales y verificadas.

2.3.2. Bases de datos:

Las bases de datos que se utilizaron fueron, Springer, Scopus, Google académico, PubMed, Elsevier, Scielo, Semantic Scholar. No se tuvo una preferencia para la selección de cada base de datos, solo se tomaron en cuenta los criterios de inclusión y exclusión que se verán a continuación:

Criterios de inclusión:

Las investigaciones debían estar basadas en cultivo de microalgas, tener información sobre aguas residuales y su composición. Finalmente, estas investigaciones deben encontrarse en medios verificados y oficiales.

Criterios de exclusión:

Es excluyente cuando las investigaciones no contengan información sobre microalgas, no tengan verificación de autenticidad o no se encuentren en medios oficiales.

2.4. Organización de la información

Los artículos científicos seleccionados procedieron a ser filtrados para organizar la información, después de leer los artículos seleccionados se identifica y registra los puntos de interés los cuales fueron: Base de datos de donde fue obtenida la información, Revista, Título de la investigación, Autor/es, año de publicación, País, Palabras Clave, Muestreo, Objetivos, Análisis Físicoquímicos, Microalgas usadas, Concentraciones óptimas para el crecimiento de las microalgas, Biomasa, Remoción de nutrientes y Conclusiones.

Luego se inició el proceso de organización de la información en el programa Microsoft Excel, teniendo en cuenta los puntos antes mencionados.

2.4.1. Análisis de la información

Una vez obtenidos los resultados y categorizarlos acorde a los requerimientos propuestos, se procedió al análisis, a partir de los componentes principales y los datos identificados. Se realizó la discusión entre las investigaciones relacionadas al aprovechamiento de nutrientes presentes en aguas residuales de curtiembres para la producción de biomasa de microalgas. Luego para responder a los objetivos del estudio se realizan las conclusiones y recomendaciones (Perspectivas Futuras).

3. CUERPO DE LA REVISIÓN

Tabla 2. Datos de los articulo científicos revisados			
	Base de datos	Título de investigación	Autor /es
1	Pubmed	Biorremediación eficiente de las aguas residuales de las curtidurías por monocresinas y el consorcio de <i>Chlorella sp.</i> y <i>Phormidium sp.</i>	Das et al., 2017
2	Elsevier	Microalgas verdes para el tratamiento combinado de efluentes de alcantarillado y curtiduría: rendimiento y potencial de acumulación de lípidos	Saranya y Shanthakumar, 2019
3	Google academico	Influencia de la intensidad de la luz y la concentración de aguas residuales de tenerías en la producción de biomasa y la eliminación de nutrientes por microalgas <i>Scenedesmus sp</i>	Tolfo et al., 2017
4	Google academico	Influencia del fotoperiodo en la producción y eliminación de biomasa nutrientes de efluentes de curtiduría con consorcio de microalgas	Campos et al., 2019
5	PubMed	Fitorremediación de aguas residuales de curadurías mediante especies de microalgas <i>Scenedesmus sp.</i>	Ajayana et al., 2015
6	Scielo	Utilizando <i>Scenedesmus sp.</i> para la Fitorremediación de Aguas Residuales de Curtidurías	Ballén et al., 2016
7	Elsevier	Caracterización de biomasa y análisis filogenético de microalgas aisladas de estuarios: papel en la fitorremediación de efluentes de curtilerías	Balaji et al. 2016
8	Springer	Biorremediación de las aguas residuales de las curtidurías mediante una cepa de <i>Chlorella vulgaris</i>	Das et al., 2016
9	Google académico	Evaluación del crecimiento de las microalgas. <i>Chlorella sp.</i> con efluente de curtiduría de la etapa de remojo	Mendoza et al., 2021
10	Google académico	Biotratamiento para reducción de carga orgánica generada en el agua residual de curtiembres	Chiclote et al., 2020

Tabla 2. Datos de los artículos científicos revisados

	Base de datos	Título de investigación	Autor /es
11	Google académico	<i>Chlorella vulgaris</i> DPSF 01: una herramienta única para la eliminación de productos químicos tóxicos de las aguas residuales de las curtidurías	Subashini y Rajiv, 2018
12	Elsevier	Efecto de las condiciones de cultivo sobre el rendimiento de biomasa de microalgas aclimatadas en efluentes de curtidurías pretratados con ozono: una exploración simultánea del potencial de biorremediación y acumulación de lípidos	Saranya y Shanthakumar, 2020
13	Scielo	Remoción de contaminantes y crecimiento del alga <i>Scenedesmus sp.</i> en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas	Rosales et al., 2018
14	Elsevier	Una operación de unidad de estanqueidad de alta tasa que vincula el tratamiento de efluentes de curtidurías y <i>Arthrospira</i> (Espirulina) producción de biomasa. 1: desarrollo de procesos	Rose y Dunn, 2013
15	PubMed	Tratamiento de aguas residuales a escala piloto, secuestro de CO ₂ y producción de lípidos mediante microalgas, <i>Neochloris aquatica</i> RDS02	Silambarasan et al., 2020
16	PudMed	Eliminación de nutrientes de aguas residuales sintéticas y tratadas de forma secundaria y aguas residuales de curtiduría mediante fitorremediación	Nagabalaji et al. 2017
17	Google académico	Propiedades fisicoquímicas de los efluentes de curtidurías desde el área industrial de Challawa en Kano y evaluación de los potenciales de bioremediación de <i>Spirogyra porticalis</i> y <i>Chlorella vulgaris</i> sobre los efluentes	Nabila e Ibrahim, 2019
18	Semantic scholar	Efecto de la relación entre alimentos y biomasa de microalgas en la asimilación de Nitrógeno Amoniacal del efluente de la curtiduría tratada secundariamente junto con la generación de bioenergía utilizando biomasa de algas cultivadas	Nagabalajia et al., 2020
19	Springer	Tratamiento con fotobiorreactor a pequeña escala de aguas residuales de curtidurías, biosorción de metales pesados y secuestro de CO ₂ mediante microalga <i>Clorella sp.</i> , un enfoque de biodegradación	Rajalakshmi et al., 2021

Tabla 2. Datos de los artículos científicos revisados

	Base de datos	Título de investigación	Autor /es
20	Springer	Degradación a escala de laboratorio de los efluentes de la industria del cuero y su reducción en <i>Clorella sp.</i> SRD3 y <i>Oscillatoria sp.</i> SRD2: un enfoque de biorremediación	Santhosh et al., 2020
21	Scielo	Consortio de Microalgas para el Tratamiento de Efluentes de Curtidos	Campos et al., 2019
22	Elsevier	Biorrefinería sostenible asociada al tratamiento de aguas residuales de Cr (III) utilizando un consorcio de microalgas nativas	Moreno et al., 2021
23	Google académico	Utilización de aguas residuales de curtiduría para la producción de biocombustibles: Nuevos conocimientos sobre el crecimiento de microalgas y la producción de biomasa	Nagi et al., 2020
24	Springer	Biorremediación de aguas residuales de curtiduría por una cepa tolerante a la sal <i>Chlorella vulgaris</i>	Das et al., 2016
25	PudMed	La producción de lípidos resultante de la ficoremediación y los cambios antioxidantes en las microalgas verdes <i>Chlorella sp.</i>	Ajayán et al., 2018
26	Scielo	Modelación de la producción de biodiesel a partir de microalgas, utilizando aguas residuales industriales como sustrato de crecimiento	Perez et al., 2020
27	Springer	Eliminación de metales pesados de efluentes de curtiduría del área industrial de Ambur, Tamilnadu por <i>Arthrospira (Spirulina) platensis</i> .	Balaji et al., 2015
28	Springer	Integrado <i>Bacilo sp.</i> reactor de celda inmovilizada y <i>Synechocistis sp.</i> reactor de algas para el tratamiento de aguas residuales de curtiembres.	Sekaran et al., 2013
29	Elsevier	Biorremediación de efluentes industriales: Cómo un pretratamiento con biocarbón puede aumentar el crecimiento de microalgas en las aguas residuales de las curtidurías	Sforzaa et al., 2020
30	Google académico	Determinación de la bioabsorción de Cromo (VI) de efluentes del parque industrial de río seco (PIRS) mediante la microalga <i>Desmodesmus quadricauda</i> .	Paredes y Winder, 2021

Tabla 2. Datos de los artículos científicos revisados

	Base de datos	Título de investigación	Autor /es
31	Google académico	Biorremediación de Aguas Residuales de Curtiduría Utilizando Microalgas Marinas Inmovilizadas <i>Tetraselmis sp.</i> : Estudios Experimentales y Cinética de Pseudo-Segundo Orden	Adán et al., 2015
32	Scielo	Aplicación de la tecnología de fitorremediación en el tratamiento de aguas residuales de una industria del cuero planta de fabricación de productos químicos	Hanumantha et al., 2010
33	Elsevier	La viabilidad de la producción de biodiesel por microalgas utilizando aguas residuales industriales	Wu et al., 2012
34	Google académico	Influencia de la iluminación, pH y tiempo en la remoción de sulfuros, sólidos suspendidos, DQO, DBO de efluentes de rivera en curtiembres utilizando microalgas en un fotobiorreactor a escala de laboratorio	Castañeda y Castillo, 2016
35	Google académico	Influencia de la intensidad de luz y pH en la remoción de materia orgánica (DBO ₅), de efluentes de remojo de curtiembre, utilizando microalga <i>Chlorella vulgaris</i> , a nivel laboratorio	Mendoza, 2019
36	Google académico	Investigación sobre aguas residuales de curtiduría como materia prima para aplicaciones marinas. Microalgas en la producción de biocombustibles	Nambukrishna y Singaram, 2020
37	Semantic scholar	Producción sostenible de biopetróleo a través de la licuefacción hidrotermal de biomasa de microalgas-bacterias cultivadas simbióticamente junto con tratamiento eficaz de aguas residuales	Gosvami et al., 2019
38	Elsevier	Cultivo en dos etapas de dos cepas de <i>Clorella sp.</i> mediante el tratamiento simultáneo de las aguas residuales de la cervecería y la maximización de la productividad de los lípidos	Farooq et al., 2013
39	PubMed	Un análisis de costos de la producción de biomasa de microalgas y biodiesel en conductos abiertos que tratan aguas residuales municipales y con una longitud de onda de luz óptima.	Kang et al., 2015

Tabla 2. Datos de los artículos científicos revisados

	Base de datos	Título de investigación	Autor /es
40	Google académico	Microalgas para el tratamiento de aguas residuales industriales y la producción de biodiesel	Preeti et al., 2019
41	Google académico	Efectos de las Microalgas en la Remoción de Nutrientes de las Aguas Residuales: Varias Concentraciones de <i>Chlorella vulgaris</i>	Choi y Lee, 2012
42	Semantic scholar	Tratamiento avanzado de aguas residuales con microalgas: efecto de la temperatura en la remoción de nutrientes y Carbono orgánico	Shurair et al., 2017
43	Google académico	Influencia de la iluminancia y tiempo de remoción de materia orgánica, expresada en DBO ₅ de efluentes de remojo en curtiembres, utilizando <i>Chlorella pyrenoidosa</i> en un fotobioreactor a escala de laboratorio	Carbonell y Tamayo, 2018
44	Google académico	Remoción de demanda química de Oxígeno de efluentes de remojo de curtiduría utilizando microalgas <i>Chlorella sp.</i> viva en suspensión	Mendoza et al., 2018
45	Scielo	Uso de la microalga <i>Chlorella sp.</i> viva en suspensión en la decoloración del agua residual de una empresa Textil	Vacca et al., 2017

En la Tabla 2, se presentan datos generales de las investigaciones revisadas. Para la revisión de los datos completos debe revisarse el Anexo 1 y Anexo 2.

3.1. Resultados después del análisis de información

De los estudios evaluados, como se podrá visualizar en la Tabla 3, el 88.89% de los trabajos de investigación son artículos científicos y solo un 11.11% son de tesis de repositorios de universidades. El 20% de los trabajos son publicados en el año de 2020, seguidos del 15.56% en el año 2019, 11.11% en los años 2016, 2017 y 2018, 8.84% en el año 2015 y 2021, 6.67% en el año 2013, 4.44% en el año 2012 y 2.22% en el año 2010 (Tabla 4). Los trabajos fueron extraídos de la siguiente base de datos: de Google Académico (35.56%),

Elsevier (17.78%), PubMed (13.33%), Scielo (13.13%), Springer (13.33%) y Semantic scholar (6.67%) (Tabla 5).

Durante el desarrollo de esta investigación, se pudo recolectar los datos de especies de microalgas utilizadas para la biorremediación en los efluentes de curtudurias, para esto se elaboraron las tablas en donde se muestran las microalgas utilizadas (Tabla 6), porcentajes de remoción de contaminantes (Tabla 7) y la biomasa producida (Tabla 8). Los mayores porcentajes de remoción de DBO fueron de 98.07% utilizando *Scenedesmus sp.*, 94.74% de remoción de DQO usando *Chlorella vulgaris*, 100 % de remoción de PO₄-P con *Chlorella vulgaris*, *C. sorokiniana* y *Pseudochlorella pringsheimii*, 100% de remoción de NH₃ con un consorcio de *Chlorella vulgaris* y *Pseudochlorella pringsheimii*, 95.7% de remoción de NH₄⁺ con *Scenedesmus sp.*, 99.1% de NO₃⁻ de remoción con *Scenedesmus sp.*, 98.9% de remoción de NO₂⁻ con *Scenedesmus sp.*, 99.8% de remoción de NKT con *Chlorella sp.*, y 69.09% de remoción de COT con *Chlorella vulgaris* (Tabla 7). En cuanto al mayor contenido promedio de biomasa de microalgas en medios con efluente de curtiduría fueron para *Anabaena* con 5,25 g/L, *Oscillatoria* con 6.47 g/L, consorcio de *Chlorella sp.* y *C. sorokiniana* con 2.42 g/L, *Phormidium sp.* con 5,771 g/L, *Spirogyra sp.* 4,91 g/L. y *Scenedesmus sp.* 2.31 g/L (Tabla 8).

Tabla 3. Tipo de documentos utilizados para el trabajo de investigación documental.

Documentos	Frecuencia	
	N	%
Artículos científicos	40	88.89
Tesis	5	11.11
Total	45	100.00

En la tabla 3, se presenta el tipo de documento para el trabajo de investigación documental, donde el 88.89% provienen de artículos científicos y el 11.11% de tesis de repositorios de universidades.

Tabla 4. Cantidad de documentos por año para el trabajo de investigación documental.

Año de publicación	Frecuencia	
	N	%
2021	4	8.89
2020	9	20.00
2019	7	15.56
2018	5	11.11
2017	5	11.11
2016	5	11.11
2015	4	8.89
2013	3	6.67
2012	2	4.44
2010	1	2.22
Total	45	100.00

En la tabla 4, se muestra la cantidad de documentos por año, para el trabajo de investigación documental, donde el 20% de los trabajos son publicados en el año 2020, seguidos del 15.56% en el año 2019, 11.11% en los años 2016, 2017 y 2018, 8.84% en el año 2015 y 2021, 6.67% en el año 2013, 4.44% en el año 2012 y 2.22% en el año 2010.

Tabla 5. Base de datos de los documentos para el trabajo de investigación documental.

Base de datos	Frecuencia	
	N	%
Google académico	16	35.56
Elsevier	8	17.78
PubMed	6	13.33
Scielo	6	13.33
Springer	6	13.33
Semantic scholar	3	6.67
Total	45	100.00

En la tabla 5, se muestra la base de datos para el trabajo de investigación documental, donde los documentos fueron extraídos de la siguientes de base de datos, 35.56% de Google Académico, 17.78% de Elsevier, 13.33% para Pudmed, Scielo y Springer y 6.67% para Semantic scholar.

Tabla 6. Microalgas utilizadas para el tratamiento de efluentes de curtiduría.

Microalgas	Frecuencia	
	N	%
<i>Chlorella spp.*</i>	25	39.05
<i>Scenedesmus spp.**</i>	11	17.19
<i>Tetraselmis sp.</i>	3	4.68
<i>Nannochloropsis sp.</i>	3	4.68
<i>Phormidium sp.</i>	2	3.13
<i>Spirogira sp.</i>	2	3.13
<i>Arthrospira platensis</i>	2	3.13
<i>Chlamydomonas sp.</i>	2	3.13
<i>Chlorococcum sp.</i>	2	3.13
<i>Desmodesmus spp.***</i>	2	3.13
<i>Dunaliella salina</i>	2	3.13
<i>Pseudochlorella pringsheimii</i>	1	1.56
<i>Anabaena sp.</i>	1	1.56
<i>Oscillatoria sp.</i>	1	1.56
<i>Neochloris aquatica</i>	1	1.56
<i>Tetradlesmo oblicuo</i>	1	1.56
<i>Synechocystis sp.</i>	1	1.56
<i>Isochrysis sp.</i>	1	1.56
<i>Thalassiosira sp.</i>	1	1.56
Total	64	100.00

**Chlorella sp.*, *C. vulgaris*, *C. pyrenoidosa*, *C. sorokiniana*, *C. protothecoides*, *C. marina*, *C. saccharophila*

***Scenedesmus sp.*, *S. cuadriculata*, y *S. dimorphus*

****Desmodesmus sp.* y *D. cuadriculata*

En la tabla 6, se muestran las microalgas utilizadas en el tratamiento de efluentes de curtiduría, donde las mayores frecuencias correspondieron a *Chlorella spp.* con 39.05%, *Scenedesmus spp.* con 17.19%, *Nannochloropsis sp.* y *Tetraselmis sp.* con 4.69% para ambos.

Tabla 7. Remoción máxima de contaminantes de efluentes de curtiduría utilizando microalgas para diferentes parámetros físico-químicos.

Parametro	Microalga utilizada	Remoción (%)	Autor
DBO	<i>Scenedesmus sp.</i>	98.07	Rosales et al., 2018
DQO	<i>Chlorella vulgaris</i>	94.74	Das et al., 2016
PO ₄ -P	<i>Chlorella vulgaris</i> <i>C. sorokiniana</i>	100.00	Gosvami et al., 2019
NH ₃	Consortio de <i>Chlorella vulgaris</i> y <i>Pseudochlorella pringsheimii</i> ,	100.00	Saranya y Shanthakumar, 2019
NH ₄ ⁺	<i>Scenedesmus sp.</i>	95.70	Rosales et al., 2018
NO ₃ ⁻	<i>Scenedesmus sp.</i>	99.10	Rosales et al., 2018
NO ₂ ⁻	<i>Scenedesmus sp.</i>	98.90	Ballén et al., 2016
NKT	<i>Chlorella sp.</i>	99.80	Vacca et al., 2017
COT	<i>Chlorella vulgaris</i>	69.09	Nagabalajia et al., 2020

En la tabla 7, se presentan los mayores porcentajes de remoción máxima de DBO (98.07%) utilizando *Scenedesmus sp.*, DQO (94.74%) con *Chlorella vulgaris*, PO₄-P (100%) con *Chlorella vulgaris*, *C. sorokiniana* y *Pseudochlorella pringsheimii*, NH₃ (100%) con un consorcio de *Chlorella vulgaris* y *Pseudochlorella pringsheimii*, NH₄⁺ (95.7%) con *Scenedesmus sp.*, NO₃⁻ (99.1%) con *Scenedesmus sp.*, NO₂⁻ (98.9%) con *Scenedesmus sp.*, NKT (99.8%) con *Chlorella sp.*, y COT (69.09%) con *Chlorella vulgaris*.

Tabla 8. Mayor biomasa producida por microalgas utilizando efluentes de curtiduría.

Microalga utilizada	Biomasa (g/L)	Autor
<i>Oscillatoria sp.</i>	6.47	Balaji et al. 2016
<i>Phormidium sp.</i>	5.77	Balaji et al. 2016
<i>Anabaena sp.</i>	5.25	Balaji et al. 2016
<i>Spirogira sp.</i>	4.91	Balaji et al. 2016
Consorcio (<i>Chlorella sp.</i> y <i>C. sorokiniana</i>)	2.42	Gosvami et al., 2019
<i>Scenedesmus sp.</i>	2.31	Castañeda y Castillo, 2016

En la tabla 8, se presentan las mayores biomásas producidas por microalgas, en efluentes de curtiduría, donde la mayor biomasa correspondió a *Oscillatoria sp.* con 6.47 g/L, seguido de *Phormidium sp.* con 5.77 g/L.

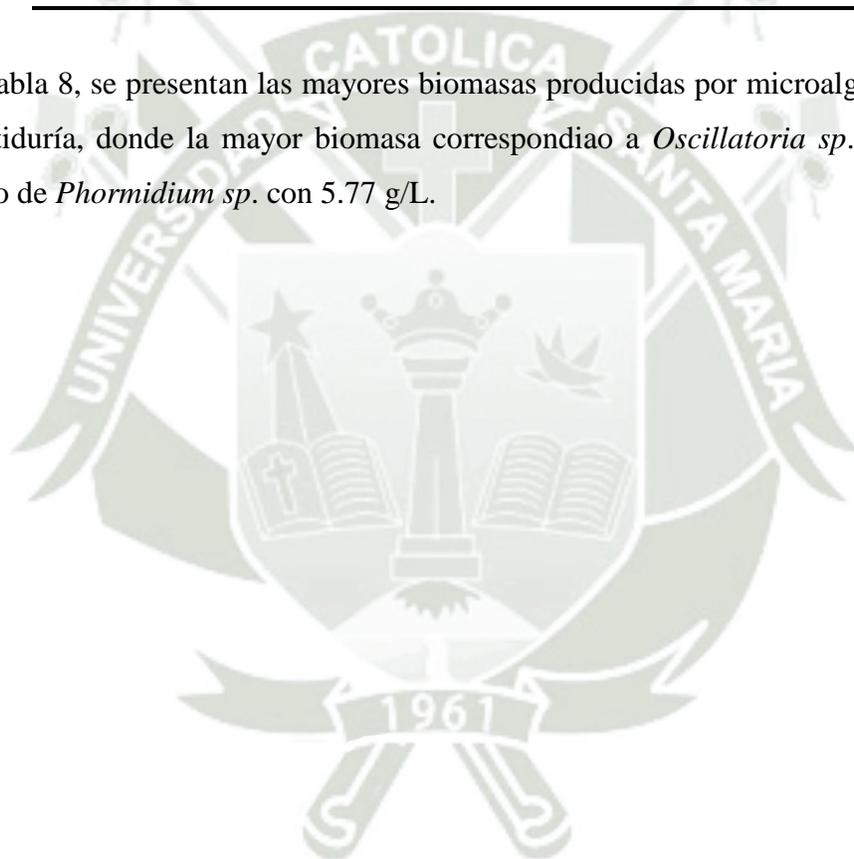


Tabla 9. Valores mayores y menores de parámetros presentes en las investigaciones.

Parámetro	Valor mas alto (mg/L)	Autor	Valor mas bajo (mg/L)	Autor
DBO	17363	Perez et al., 2020	43	Sekaran et al., 2013
DQO	20735	Castañeda y Castillo, 2016	42.2	Wu et al., 2012
PO ₄ -P	157	Perez et al., 2020	0.03	Rajalakshmi et al., 2021
NH ₃	2734.16	Das et al., 2016	11.30	Choi y Lee, 2012
NH ₄ ⁺	152.6	Nagabalaji et al., 2017	23.6	Rosales et al., 2018
NO ₃ ⁻	215.46	Silambarasan et al., 2020	0.192	Adán et al., 2015
NO ₂ ⁻	187	Ballén et al., 2016	0.1	Gosvami et al., 2019
NKT	155.40	Campos et al., 2019	39.2	Hanumantha et al., 2010
COT	1721.72	Campos et al., 2019	74.69	Silambarasan et al., 2020

En la tabla 9, se presentan los mayores/menores valores de los parámetros (mg/L) y autores presentes en los artículos científicos seleccionados para esta investigación documental. Esta información adicional puede ser usada para futuros estudios relacionados con microalgas y la remoción de contaminantes presentes en aguas residuales de curtidurías.

3.2. Discusión

En la presente investigación documental vemos que *Scenedesmus sp.* puede tener remociones óptimas en efluentes sin diluir, esto podría ser debido a que *Scenedesmus* ha sido apreciado por su disposición que tiene en mantener grandes acumulaciones de nutrientes vertidas en el agua residual, además de tener actividades metabólicas de resistencia y elevadas alteraciones ambientales la cual le permiten resistir en aguas residuales (Charity et al., 2009).

Las microalgas más utilizadas fueron de *Chlorella spp.* seguido *Scenedesmus spp.* (tabla 7). Estudios han demostrado que *Chlorella sp.* fue una de las tres especies de mayor tasa en la producción en estanques abiertos, ya que eran difíciles de ser contaminados por otros microorganismos (Huang et al., 2009; Lv et al., 2010).

Las cepas más usadas para el tratamiento de aguas residuales son las del género *Chlorella*, sobre todo aquellas cepas aisladas de las propias aguas residuales, por lo que son especies autóctonas. Según la información recopilada referente a *Chlorella*, Hanumantha et al., (2010) consiguió los mejores resultados de biorremediación con un volumen de agua de grifo y agua residual de curtidería en *Chlorella vulgaris* (1:1), estos mismos resultados los obtuvo Das et al (2016), Ajayan (2018) en *Chlorella sp.*, Santhosh et al., (2020). Asimismo, Saranya (2020) en su investigación con *Chlorella vulgaris* y *Chlorella sorokiniana* logró resultados aceptables con 30% (v/v). Para el tratamiento de efluentes de curtidería una de las especies que más se utiliza es *Chlorella vulgaris*, esto debido a su relativa facilidad de cultivo y altas tasas de producción.

Como se dijo anteriormente, Segura et al., (2016) quien nos menciona que se puede *Scenedesmus sp.* exhibió un claro papel remediador sobre el agua de curtiduría, lo que la convierte en una alternativa potencial para complementar los tradicionales tratamientos secundarios de aguas residuales. Según Tolfo (2017) *Scenedesmus* mostro un cultivo optimo con un 100% de efluente de curtiduría, lo más destacado de este trabajo es que observamos que las microalgas pueden crecer mejor en aguas residuales sin diluir, lo que podría facilitar el tratamiento de los efluentes y evitaría el uso de agua como diluyente. Contrastando estos resultados los hallados por Ajayana et al., (2015), Rosales et al., (2018) y Perez (2020), donde consiguieron resultados buenos en concentración de 50% (v:v), esto debido a las condiciones ambientales que se presentan como: radiación, tiempo de retención, turbulencia, Oxígeno disuelto, pH; Carbono, Nitrógeno, Fósforo e interacciones bióticas (Álvarez, 1989).

Los fotobiorreactores de columna (burbuja y puente aéreo) son los mas utilizados para estudios de microalgas que emplean como medio las aguas residuales de curtiembres, esto se evidencia en los estudios realizados por Sekaran et al. (2013), Silambarasan et al. (2020) y Rajalakshmi et al. (2021).

Con relacion a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y Carbono Organico Total (COT) sabemos que son parámetros importantes para determinar la calidad del agua, se ven muy afectados por la carga de contaminación resultante de las industrias de curtiembres (Islam y Suravi 2010). En nuestra revision

documental, los mayores porcentajes de remoción de DQO, DBO, PO₄-P, NH₃, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻ y COT estuvieron dadas por *Chollera vulgaris*, *Pseudochlorella pringsheimii* y *Scenedesmus sp.*, llegando incluso al 100% de remoción. Según Das et al., (2016) consiguió remociones con la microalga *Chorella* del 95.93%, 94.74%, 100% 99% en DBO, DQO, NO₃⁻ y fosfatos respectivamente, resultados parecidos consiguieron Choi y Lee (2012), Mendoza (2019), Santhosh et al. (2020) y Rajalakshmi et al. (2021).

En el caso de *Scenedesmus* se consiguió altas remociones de NH₃ (85.63%) y P (96.78%), donde se observaron que en ensayos con mayor concentración de aguas residuales de curtiduría se dieron buenos resultados. Sin embargo, Ajayana et al., (2015) observó reducciones no muy altas de 34.96%, 37% de DBO y DQO en una concentración de 1:1, contrastando estos resultados los hallados por Castañeda y Castillo (2016) que consiguieron reducciones de 84.60% y 85.21% para DBO y DQO en concentraciones de efluente-carga de microalgas (3:1), también Rosales et al., (2018) obtuvo buenos resultados de remoción de NO₃⁻ (94.1%), amonio (95.7%), fosfatos (83.7%), sulfatos (89.7%), DBO (98.07) y DQO (94.4%). Según la información recopilada, vemos que la microalga *Chorella* generalmente se desarrolla y elimina nutrientes de forma óptima cuando la concentración es 1:1 de efluente diluido. Así mismo, *Scenedesmus* por lo común va a conseguir su mejor desarrollo en efluentes con poca dilución o ninguna.

Según Moreno (1995), *Oscillatoria sp.* crece en un rango de amplio de pH. Sin embargo, el mayor crecimiento, seguido tanto por turbidez como por masa seca, fue a pH 9. Estos resultados demuestran la preferencia de las *Cyanobacterias* de crecer en ambientes

alcalinos. En estudios realizados con *Anabaena sp.* se observó que la *Cyanobacteria* incrementó el crecimiento, en función de la masa seca en un rango de pH de 5,4 a 7,5 (Giráldez-Ruiz, 1997), *Synechocystis minuscula* tuvo un mayor crecimiento en los cultivos a pH 9 y en los controles sin ajuste de pH (Jonte, 2003). Moranta et al. (2006) obtuvo un crecimiento de *Anabaena sp.* con el aumento de pH a 8. La mayor biomasa reportada por Sundaramoorthy (2016) fue para *Oscillatoria sp.* con 6.471g/L, *Phormidium sp.* con 5.77g/L y *Anabaena sp.* con 5.25g/L en efluentes de curtiduría, esto podría haberse debido al pH alcalino que por lo general presentan los efluentes de curtiduría.

Para la mayoría de las microalgas, las aguas residuales sirven como un medio adecuado, ya que suministran la mayor parte de nutrientes necesarios para su crecimiento. Este atributo se puede utilizar para reducir significativamente el costo asociados con el tratamiento de aguas residuales, así como para mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero (Pittman et al., 2011). Como también sugirió Rawat et al. (2011), la biomasa de microalgas generada a partir de plantas de tratamiento de aguas residuales, en contraposición a la acumulación de lodos peligrosos en los métodos de tratamiento, se pueden utilizar para la producción de bioenergía, alimentos para animales, productos farmacéuticos, y fertilizantes. Las microalgas eucariotas y las *Cyanobacterias* son ideales para la eliminación económica y ecológica de nutrientes de las aguas residuales debido a su alto requerimiento de Nitrógeno y Fósforo para su crecimiento (Mata et al., 2012). En comparación con las tecnologías de tratamiento fisicoquímico para aguas residuales, los tratamientos a base de microalgas están demostrando ser mucho más eficientes y seguros, además de eliminar sustancias tóxicas que incluyen metales pesados a menor costo

(Christenson et al., 2011; Timbreet al., 2014). Las microalgas se encuentran entre los organismos fotosintetizadores de más rápido crecimiento y pueden completar un ciclo de crecimiento completo cada medio día si se dispone de cantidades adecuadas de luz solar, agua, dióxido de carbono y nutrientes.

Existen varias técnicas para aprovechar las tasas de crecimiento más rápidas y la eficiencia de eliminación de nutrientes de ciertas microalgas para el tratamiento / desintoxicación de una variedad de aguas residuales. Durante las últimas cuatro décadas, numerosos investigadores (p. Ej., Oswald, 1988; Dunn, 1998; Mara y col. 1996; Tadesse y col. 2003; Shi y col.2007; Chu y col.2008; Craggs y col.2012; Mustafa y col.2012; Dunn et al. 2013; Dixit y Singh, 2014; Posadas y col., 2014) examinaron la desintoxicación de las aguas residuales de las curtidurías y la eliminación de nutrientes utilizando sistemas de estanques de algas de alta tasa. Diferentes microalgas y *Cyanobacterias* como especies de *Oscillatoria*, *Phormidium*, *Ulothrix*, *Chlamydomonas*, *Scenedesmus* han sido evaluados por su capacidad de crecimiento en efluentes de curtidurías y acumulación de Cromo (Rai et al. 2005; Balaji y Col. 2015; Ajayan y col. 2015).

Informes notables sobre el uso de *Chlorella* para la biorremediación de las aguas residuales de las curtidurías son los de Chellam y Sampathkumar (2012) y por Jaysudha y Sampathkumar (2014). Se han examinado tanto las células libres como las inmovilizadas de *Chlorella* salina o marina para la eliminación de nutrientes en las aguas residuales de las curtidurías.

La robustez de las microalgas les permite crecer en aguas residuales y eliminar contaminantes. En consecuencia, el costo de mantener las condiciones adecuadas para el crecimiento es menor. La eliminación de nutrientes mediante el consumo de microalgas reduce el costo de mantener el crecimiento, y el oxígeno producido por las microalgas crea ambientes adecuados para otros microorganismos durante el tratamiento de aguas residuales, reduciendo así la necesidad de aireación y los costos asociados.



4. PERSPECTIVAS FUTURAS

Los estudios sobre el comportamiento y efectividad de las microalgas en el tratamiento de efluentes industriales como el de la curtiduría son abundantes, también puede explorarse a fondo el uso potencial de muchos efluentes como cultivos alternos o de las condiciones ambientales para el desarrollo óptimo de las microalgas. Es por ello que los Ingenieros Biotecnólogos podríamos explorar y detectar microalgas nativas prometedoras de aguas residuales locales que tengan potencial de secuestrar nutrientes, para poder utilizar su biomasa viva o muerta, individuales o en consorcios. También podría darse énfasis a la investigación de consorcios Bacteria-Microalga y Hongo-Microalga para su aplicación en la biorremediación de elufluentes industriales.

Teniendo en cuenta que las microalgas se han desarrollado en los efluentes industriales y han absorbido contaminantes, estas no pueden ser utilizadas para cualquier tipo de consumo humano, animal, ni tampoco para el ámbito agrícola como biofertilizante. Por lo tanto, pueden ser usadas para la producción de biocombustibles (biodiesel, bioetanol, biometano, biohidrógeno), generar calor y energía (incineración).

5. CONCLUSIONES

- En esta investigación documental se logró recabar satisfactoriamente información referente al crecimiento y producción de biomasa de distintas microalgas, empleando como nutrientes los compuestos orgánicos e inorgánicos presentes en aguas residuales de curtiembres.
- Se diseñó la metodología para la recopilación de datos y su análisis en los puntos de interés (Base de datos de donde fue obtenida la información, Revista, Título de la investigación, Autor/es, año de publicación, País, Palabras Clave, Muestreo, Objetivos, Análisis Físicoquímicos, Microalgas usadas, Concentraciones óptimas para el crecimiento de las microalgas, Biomasa, Remoción de nutrientes y Conclusiones), pudiendo así expresar los resultados en esta investigación documental.
- Luego de haberse realizado el filtrado de información teniendo en cuenta los puntos de interés, se obtuvieron 45 documentos (40 artículos científicos y 5 tesis), cuyos años de publicación vienen desde el 2010 hasta el 2022. Esto puede evidenciarse en las Tablas 3 y 4. Los artículos fueron obtenidos de las bases de datos oficiales: Google académico (35.56%), Elsevier (17.78%), PubMed (13.33%), Scielo (13.33%), Springer (13.33%) y Semantic scholar (6.67%).
- Se identificaron distintas microalgas en las investigaciones revisadas teniendo como resultado principal un mayor uso de *Chlorella spp.* seguido *Scenedesmus spp.* *Tetraselmis sp.*, *Nannochloropsis sp.* con porcentajes de uso de 39.05%, 17.19%, 4.68% y 4.68% respectivamente. Adicionalmente se identificaron otras microalgas que tuvieron un menor impacto en su porcentaje de uso y puede evidenciarse en la Tabla 7.

- Se reportó la información sobre muestreos y los valores de los parámetros de DBO, DQO, COT, PO₄-P, NH₃, NH₄⁺, NO₃⁻, NO₂⁻ y NKT de las investigaciones seleccionadas, esto puede evidenciarse en los Anexos de este documento.
- Luego de analizar los datos de las investigaciones seleccionadas, se pudo obtener información sobre la producción de biomasa de las microalgas teniendo como resultado a *Oscillatoria sp.*, *Phormidium sp.*, *Anabaena sp.*, *Spirogira sp.*, Consorcio (*Chlorella sp.* y *C. sorokiniana*) y *Scenedesmus sp.* con 6.47g/L, 5377g/L, 5.25g/L, 4.91g/L, 2.42g/L y 2.31g/L respectivamente.
- Se determinaron los mayores porcentajes de remoción para los parámetros DBO (98.07%) usando *Scenedesmus sp.*, DQO (94.74%) usando *Chlorella vulgaris*, COT (69.09%) usando *Chlorella vulgaris*, PO₄-P (100%) usando el Consorcio de *Chlorella vulgaris* y *C. sorokiniana*, NH₃ (100%) usando el Consorcio de *Chlorella vulgaris* y *Pseudochlorella pringsheimii*, NH₄⁺ (95.70%) usando *Scenedesmus sp.*, NO₃⁻ (99.10%) usando *Scenedesmus sp.*, NO₂⁻ (98.90%) usando *Scenedesmus sp.* y NKT (99.80%) usando *Chlorella sp.*

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Abdel-Raouf N, AA Al-Homaidan & IBM Ibraheem. Microalgae and wastewater treatment. Saudi Journal of Biological Sciences. 2012; 19: 257-275.
2. Abraham F. Moreno-García, Elier Ekberg Neri-Torres, Violeta Y. Mena-Cervantes, Raúl Hernández Altamirano, Gabriel Pineda Flores, Rosa Luna Sánchez, Montserrat García Solares, Jorge Vázquez Arenas, Jessica K. Suastes-Rivas. Sustainable biorefinery associated with wastewater treatment of Cr (III) using a native microalgae consortium. Fuel. 2021; 290: p. 1 – 10.
3. Acién Fernández F.G., C. Gómez-Serrano, J.M. Fernández-Sevilla. Recovery of nutrients from wastewaters using microalgae. Front. Sustainable Food Syst. 2018; 2 (59).
4. Acién, F. G., Molina, E., Fernández-Sevilla, J. M., Barbosa, M., Gouveia, L., Sepúlveda, C. Bazaes, J. “Economics of microalgae production,” in Microalgae-Based Biofuels Bioproduction from Feedstock Cultivation to End-Products, eds R. Muñoz and C. Gonzalez-Fernandez. Duxford: Woodhead Publishing Series in Energy. 2017, p.485-503.
5. Adam S, Kumar PS, Santhanam P, Kumar SD, Prabhavathi P. Bioremediation of Tannery Wastewater Using Immobilized Marine Microalga *Tetraselmis sp.*: Experimental Studies and Pseudo-Second Order Kinetics. J Mar Biol Oceanogr 4:1. 2015
6. Ahluwalia, S.S., Goyal, D. Microbial and plant derived biomass for removal of heavy metals from wastewater. Bioresour Technol. 2007; 98: p. 2243–2257.
7. Ajayán KV, Harilalay M. Selvaraju. Phycoremediation resultant lipid production and antioxidant changes in green microalgae *Chlorella Sp.* International Journal of Phytoremediation. 2018; 20(11): p. 1144 – 1151.
8. Apaydin O, Kurt U, Gonullu M.T. An investigation on tannery wastewater by electrocoagulation. Glob Nest J. 2009; 11(4): p.546–555.
9. APHA. Standard methods for the examination of water and wastewater, 22nd edition edited by E. W. Rice, R. B. Baird, A. D. Eaton and L. S. Clesceri. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association (AWWA) and

- Water Environment Federation (WEF), Washington, D.C., USA. *Appl. Energy*, 88. 2012, pp. 3548-3555.
10. Ajayan KV, Selvaraju M, Unnikannan P, Sruthi P. Phycoremediation of tannery wastewater using microalgae *Scenedesmus* species. *Int J Phytoremed.* 2015; 17:907–916
 11. Aline C. Campos Pena, Luciane F. Trierweiler and Mariliz Gutterres. Influence of photoperiod on biomass production and removal of nutrients from tannery effluents with microalgae consortium. Conference: XXXV IULTCS Congress: Dresden, Germany, 2019.
 12. Aline de Cassia Campos Pena, Crislaine Fabiana Bertoldi, Juliana Tolfo da Fontoura, Luciane Ferreira Trierweiler y Mariliz Gutterres. Consortium of Microalgae for Tannery Effluent Treatment. *Archivos Brasileños de Biología y Tecnología.* 2019; 62: p. 1 – 10.
 13. Alonso M., Lago F.C., Vieites J.M., Espiñeira M. Molecular characterization of microalgae used in aquaculture with biotechnology potential. *Aquacult. Inter.* 2012; 20: p. 847 - 857.
 14. Alvarez, C.M. & Gallardo, T. Una revisión sobre la biotecnología de las Algas. *Bot. Complutensis.* 1989, 15, 9-60.
 15. Anabaena Bory de Saint-Vincent ex Bornet & Flahault, 1886: 180, 224
 16. Anoop Singh, S.I. Olsen. A critical review of biochemical conversion, sustainability and life cycle assessment of algal biofuels. *Applied Energy.* 2011; 88(10):3548-3555.
 17. Aquim, P.M., Gutterres, M., Trierweiler, J.O. Assessment of water management in tanneries. *J. Soc. Leath. Tech. Ch.* 2010; 94, 253–258.
 18. Arora M., Anil A.C., Leliaert F., Delany J. and Mesbahi E. *Tetraselmis indica* (Chlorodendrophyceae, Chlorophyta), a new species isolated from salt pans in Goa, India. *European Journal of Phycology.* 2013; 48: p- 61 - 78.
 19. Balaji Sundaramoorthy, Kalaivani Thiagarajan, Shalini Mohan, Sankari Mohan, Priya Rajendra Rao, Siva Ramamoorthy, Rajasekaran Chandrasekaran. Biomass characterisation and phylogenetic analysis of microalgae isolated from estuaries: Role in phycoremediation of tannery effluent. *Algal Research.* 2014; 14: p. 92 – 99.

20. Bare, W. F. R., Jones, N. B., and Middlebrooks, E. J. (1975). Algae removal using dissolved air flotation. *J. Water Pollut. Control Fed.* 47, 153–169.
21. Barsanti, L. y Gualteri, P. *Algae, Anatomy, Biochemistry, and Biotechnology*. Boca Ratón, Florida: Taylor & Francis Group; 2006.
22. Balaji S, Kalaivani T, Sushma B, Varneetha Pillai C, ShaliniM, Rajasekaran C. Characterization of sorption sites and differential stress response of microalgae isolates against tannery effluents from Ranipet industrial area—an application towards phycoremediation. *Int J Phytoremediation*. 2015; 18:747-753.
23. Bates, S., Tessier, A., Campbell, P. y Buffle, J. Zinc adsorption and transport by *Chlamydomonas variabilis* (Chlorophyceae) grown in semicontinuous culture. *Journal Phycology*. 1982; 18(1).
24. Belay A.A. Impacts of chromium from tannery effluent and evaluation of alternative treatment options. *J. Environ. Protect.* 2010; 1 (1), pp. 53-58.
25. Benemann, J. Microalgae for biofuels and animal feeds. *Energies*. 2014; 6 (11): P. 5869–5886.
26. Bennouna Clara. El principio de la mixotrofia en el cultivo de microalgas. *Synoxis Algae*, 2022.
27. Bernaerts T. M., Gheysen L., Kyomugasho C., Jamsazzadeh Kermani Z., Vandionant S., Foubert I., Van Loey A. M. Comparison of microalgal biomasses and functional food ingredients: Focus on the composition of cell wall related polysaccharides. *Algal Research*. 2018; 32: p. 150 – 161.
28. Bicudo C.E. and Menezes, M. *Gêneros de algas de águas continentais do Brasil. Chave para identificação e descrições*. Editora Rima, 2006.
29. Bhardwaj, D., Ansari, M. W., Sahoo, R. K., and Tuteja, N. Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microb. Cell Fact.* 2014; 13,66.
30. Borowitzka MA. Commercial production of microalgae: ponds, tanks, tubes and fermenters. *Journal of Biotechnology*. 1999; 70: 313-332.
31. Brennan, L. and Owende, P. Biofuels from microalgae - A review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2010; 14(2).

32. Brune, D. E., Lundquist, T. J., and Benemann, J. R. Microalgal biomass for greenhouse gas reductions: potential for replacement of fossil fuels and animal feeds. *J. Environ. Eng.* 2009; 135: p. 1136–1144.
33. Butterwick C, Heaney SI, Talling JF. Diversity in the influence of temperature on the growth rates of freshwater algae, and its ecological relevance. *Freshw Biol.* 2005; 50(2): p.291–300.
34. Cantrell KB, Ducey T, Ro KS, Hunt PG. Livestock waste-to-bioenergy generation opportunities. *Bioresource Technology.* 2008; 99(17): p. 7941–53.
35. Carbonell Muñoz J.E. Tamayo Jara, K.R. Influencia de la iluminancia y tiempo de remoción de materia orgánica, expresada en DBO5 de efluentes de remojo en curtiembres, utilizando *Chorella pyrenoidosa* en un fotobioreactor a escala de laboratorio. Repositorio de la Universidad Nacional de Trujillo, 2018.
36. Castañeda Flores, L.P. y Castillo Cabrera, J.M. Influencia de la iluminación, pH y tiempo en la remoción de sulfuros, sólidos suspendidos, DQO, DBO de efluentes de rivera en curtiembres utilizando microalgas en un fotobiorreactor a escala de laboratorio. Repositorio de la Universidad Nacional de Trujillo, 2016.
37. Cindrella Das & K. Naseera & Anirudh Ram & RamMurti Meena & Nagappa Ramaiah. Biorremediación de las aguas residuales de las curtidurías mediante una cepa de *Chlorella vulgaris*. *Journal of Applied Phycology*, 2016.
38. Charity et. al. Producción de biomasa de la microalga *Scenedesmus* sp. utilizando aguas residuales de pescadería. 32 (2): 2009.
39. Chen, C.-Y., Yeh, K.-L., Aisyah, R., Lee, D.-J. and Chang, J.-S. Cultivation, photobioreactor design and harvesting of microalgae for biodiesel production: A critical review. *Bioresource Technology.* 2011; 102 (1): p. 71-81.
40. Chen ZG, Zhang SH, Huang YJ, Su CY, Qi JP, Sun XF, Yu LM, Xie SH, Liu HX. Explanation of “Wastewater emission standard in tannery and fur manufacturing industry”. China Leather Association and Cleaner Production Center of China Light Industry, Beijing; 2011.
41. Chellam C. T, Sampathkumar P. Bio removal of nutrients in tannery effluent water using marine micro algae, *Chlorella marina*. *Proceedings of International Forestry*

- and Environment Symposium, Sri Lanka. Published by Department of Forestry and Environmental Science, University of Sri Jayewardenepura. 2012; 17.
42. Chinnasamy S., A. Bhatnagar, R.W. Hunt, K.C. Das. Microalgae cultivation in a wastewater dominated by carpet mill effluents for biofuel applications *Bioresour Technol.* 2010; 101(9): pp. 3097-3105.
 43. Chisti, Y. Biodiesel from microalgae. *Biotechnol. Biotechnology Advances.* 2007; 25: p. 294–306.
 44. Christenson L, Sims R. Production and harvesting of microalgae for wastewater treatment, biofuels, and bioproducts. *Biotechnol Adv.* 2011; 29:686–702.
 45. Chinnasamy S, Bhatnagar A, Hunt RW, Das KC. Microalgae cultivation in a wastewater dominated by carpet mill effluents for biofuel applications. *Bioresour Technol.* 2010; 101(9): p.3097–3105
 46. Chu W-L, See Y-C, Phang S-M. Use of immobilised *Chlorella vulgaris* for the removal of colour from textile dyes. *J Appl Phycol.* 2008; 21: p. 641–648
 47. Cooman K, Gajardo M, Nieto J, Bornhardt C, Vidal G. Tannery wastewater characterization and toxicity effects on *Daphnia* spp. *Environ Toxicol.* 2003; 18: p. 45–51.
 48. Covington A.D, Covington T. *Tanning Chemistry: The Science of Leather.* Illustrated edition. Royal Society of Chemistry, 2011.
 49. Craggs R, Sutherland D, Campbell H. Hectare-scale demonstration of high rate algal ponds for enhanced wastewater treatment and biofuel production. *J Appl Phycol,* 2012; 24: p. 329–337.
 50. Das Cindrella, Ramaiah Nagappa, Pereira Elroy y K. Naseera. Efficient bioremediation of tannery wastewater by monostrains and consortium of marine *Chlorella* sp. and *Phormidium* sp. *International Journal of Phytoremediation,* 2018; 20:3, 284-292.
 51. Di Iaconi C, Lopez A, Ramadori R, Di Pinto AC, Passino R. Combined chemical and biological degradation of tannery wastewater by a periodic submerged filter (SBBR). *Water Res.* 2002; 36(9):2205–2214.

52. Dixit S, Singh D.P. An evaluation of phycoremediation potential of cyanobacterium *Nostoc muscorum*: characterization of heavy metal removal efficiency. *J Appl Phycol*. 2014; 26: p.1331–1342.
53. De Cruz, C. R., Lubrano, A., and Gatlin, D. M. Evaluation of microalgae concentrates as partial fishmeal replacements for hybrid striped bass *Morone sp.* *Aquaculture*. 2018; 493: p. 130–136.
54. De la Noüe J., G. Laliberté, D. Proulx. Algae and waste water *J. Appl. Phycol*. 1992; 4: p. 247-254.
55. De Nicola E, Meriç S, Della Rocca C, Gallo M, Iaccarino M, Manini P, Petruzzelli D, Belgiorno V, Cheggour M, Di Gennaro A, Moukrim A, Tünay O, Pagano G. Wastewater toxicity of tannin - versus chromium - based leather tanneries in Marrakesh, Morocco. *Arch Environ Contam Toxicol*. 2007; 53(3): p.321–328.
56. De-Bashan L.E., H. Antoun, Y. Bashan. Cultivation factors and population size control uptake of nitrogen by the microalgae *Chlorella vulgaris* when interacting with the microalgae growth-promoting bacterium *Azospirillum brasilense*. *Microbiology Ecology*. 2005; 54: p. 197-203.
57. De-Bashan L.E., Y. Bashan. Immobilized microalgae for removing pollutants: review of practical aspects. *Bioresour Technol*. 2010. 101(6), p. 1611-1627.
58. Dixit S, Yadav A, Dwivedi P. D, Das M. Toxic hazards of leather industry and technologies to combat threat: a review. *J Clean Prod*. 2015. 87: p.39–49
59. Durai G, Rajasimmam M. Biological treatment of tannery wastewater: a review. *J Environ Sci Technol*. 2011; 4: p.1–17.
60. Dunn K. The biotechnology of high rate algal ponding systems in the treatment of saline tannery wastewaters. (PhD thesis). Rhodes University, South Africa; 1998.
61. Dunn K, Maart B, Rose P. *Arthrospira* (*Spirulina*) in tannery wastewaters. Part 2: evaluation of tannery wastewater as production media for the mass culture of *Arthrospira* biomass. *Water SA*. 2013. 39(2): p.279–284.
62. Farooq W., Y.C. Lee, B.G. Ryu, B.H. Kim, H.S. Kim, Y.E. Choi, J.W. Yang. Two-stage cultivation of two *Chlorella sp.* strains by simultaneous treatment of brewery wastewater and maximizing lipid productivity. *Bioresour Technol*. 2013; (132): p. 230-238.

63. FAO - Food and agriculture organisation of United Nations, 2014.
64. Fernandes T, Fernandes I, Andrade CAP, Cordeiro N. Changes in fatty acid biosynthesis in marine microalgae as a response to medium nutrient availability. *Algal Res-Biomass- Biofuels Bioprod.* 2016; 18: p.314–320.
65. Fogg GE, Thake B. *Algal cultures and phytoplankton ecology.* London. University of Wisconsin Press; 1987.
66. Gallego M.A., Mendoza R.J.A., Aguado D., Galiana A.M.V. Reducing pollution from the delimiting - bating operation in a tannery. Wastewater reuse by microfiltration membranes. *Chem. Eng. Res. Des.* 2013; 91: p. 369–76.
67. García Romeral J., Pavía Gómez M., García Sanz T., Chirivella Martorell J. y Serrano Aroca Á. Principios de Biotecnología y Bioingeniería en el cultivo de microalgas: importancia, problemas tecnológicos, tipos y sistemas de cultivos, crecimiento, factores limitantes, selección, aislamiento, escalado y caracterización bioquímica. *Nereis.* 2017; 9: p. 115-130.
68. Gargi Gosvami, Bidhu Bhusan Makut y Debasish Das. Sustainable production of bio-crude oil via hydrothermal liquefaction of symbiotically grown biomass of microalgae-bacteria coupled with effective wastewater treatment. *Scientific Reports.* 2019; 9:15016.
69. Gatrell, S., Lum, K., Kim, J., and Lei, X. G. Nonruminant nutrition symposium: potential of defatted microalgae from the biofuel industry as an ingredient to replace corn and soybean meal in swine and poultry diets. *J. Anim. Sci.* 2012; 92: p. 1306–1314.
70. Ghoneim M.M, El-Dosoky H.S., El-Moselhy K.M., Amer A., El-Naga E.H.A., Mohamedein L.I., Al-Prol A.E. Removal of cadmium from aqueous solution using marine green algae, *Ulva lactuca*, Egypt. *J. Aquat. Res.* 2014; 40: p. 235 - 242.
71. Giráldez-Ruiz N, Mateo P, Bonilla I, Fernández-Piñas F. The relationship between intracellular pH, growth characteristics and calcium in the cyanobacterium *Anabaena PCC 7120* exposed to low pH. *New Phytol.* 1997.
72. Green, F.B., Lundquist, T.J., Oswald, W.J. Energetics of advanced integrated wastewater pond systems. *Water Sci. Technol,* 1995; 31: p. 9–20.

73. Fawley K. y Fawley M. Observations on the Diversity and Ecology of Freshwater Nannochloropsis (Eustigmatophyceae), with Descriptions of New Taxa. *Protist.* 2007; 158: p. 325 - 336.
74. Forero, R. Aproximación a la problemática del manejo y tratamiento de las aguas residuales del corregimiento de Arauca (Palestina) (Tesis de grado). Manizales: Universidad Nacional de Colombia; 2007.
75. Gutterres, M., Benvenuti, J., Fontoura, J.T., Ortiz-Monsalve, S., (2015). Characterization of Raw Wastewater from Tanneries. *J. Soc. Leath. Tech. Ch.* 2015; 99: p. 280-287.
76. Hanumantha Rao P, Ranjith Kumar R, Raghavan B, Subramanian V, Sivasubramanian V. Application of phycoremediation technology in the treatment of wastewater from a leather-processing chemical manufacturing facility. *Water SA.* 2011; 37(1): p. 7–14.
77. Hoffmann, J.P., 1998. Wastewater treatment with suspended and nonsuspended algae. *J. Phycol.* 1998; 34: p. 757–763.
78. González-Delgado, A., Peralta_Ruiz, Y., Córdoba, L., López, L. y Kafarov, V. Experimentación y optimización conjunta de la disrupción celular de microalgas y extracción Soxhlet de aceite para alimentación y biocombustibles. *Revista Especializada en Ingeniería.* 2014; 8(1).
79. Gutierrez J., T.A. Kwan, J.B. Zimmerman, J. Peccia. Ammonia inhibition in oleaginous microalgae. *Algal Res.* 2016; 19: p. 123-127.
80. Gutterres M, Benvenuti J, Fontoura JT, Ortiz-Monsalve S. Characterization of raw wastewater from tanneries. *J Soc Leather Technol Chem*, 2015. 99(6): p. 280–287.
81. Hee-Jeong Choi, Seung-Mok Lee. Effects of Microalgae on the Removal of Nutrients from Wastewater: Various Concentrations of *Chlorella vulgaris*. *Environ. Eng. Res.* 2012; 17(S1): S3-S8.
82. Ishaq, A. Antibacterial activities of lipid and pigment extract of *Scenedesmus* sp. isolated from the temporary waters of Endau Rompin. (Tesis de maestría). Universidad de Malasia Tun Hussein Onn, 2016.
83. Islam BI, Musa AE, Ibrahim EH, Sharafa SAA, Elfaki BM. Evaluation and characterization of tannery wastewater. *J For Prod Ind.* 2014; 3: p.141-150

84. Jaysudha S, Sampathkumar P. Nutrient removal from tannery effluent by free and immobilized cells of marine microalgae *Chlorella salina*. *Int J Environ Biol*. 2014; 4: p.21–26
85. Jorge Mendoza Bobadilla, Adolfo Guerrero Escobedo B, Carlos Vásquez Blas B, Astrid Alfaro Flores, Giancarlo Flores Quiñones. Evaluación del crecimiento de las microalgas. *Chlorella sp.* con efluente de curtiduría de la etapa de remojo. *Journal of Energy & Environmental Sciences*. 2021; 5(1): p. 29 – 36.
86. Jonte L. Crecimiento de la cianobacteria *Synechocystis minuscula* en respuesta a diversos parámetros de cultivos. Trabajo Especial de Grado para optar el Título de Licenciada en Biología. Universidad del Zulia. 2003. 156 pp
87. Karen Perez, Danny Ibarra, Miguel Ballén-Segura. Modelación de la producción de biodiesel a partir de microalgas, utilizando aguas residuales industriales como sustrato de crecimiento. *Revista chilena de ingeniería*. 2020; 28(4): p. 744-754.
88. Kang Z., B.H. Kim, R. Ramanan, J.E. Choi, J.W. Yang, H.M. Oh, H.S. Kim. A cost analysis of microalgal biomass and biodiesel production in open raceways treating municipal wastewater and under optimum light wavelength. *J. Microbiol. Biotechnol*. 2015; 25 (1): p. 109-118.
89. Kayil Veedu Ajayan, Muthusamy Selvaraju, Pachikaran Unnikannan y Palliyath Sruthi. Phycoremediation of Tannery Wastewater Using Microalgae *Scenedesmus* Species. *International Journal of Phytoremediation*. 2015; 17:10: p. 907-916.
90. Kumar, V., y Nanda, M. Microalgas: una herramienta prometedora para la remediación de metales pesados. *Scopus*. 2018; 11(3), 141-153.
91. Lavens P, Sorgeloos P. Manual on the production and use of live food for aquaculture. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, 1996.
92. Lara M.A., Moreno JL. & Amaro E.J. “Fitoplancton: Conceptos básicos y técnicas de laboratorio”. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Iztapalapa, 1996.
93. Leoncio Exequiel Chiclote Rodríguez, Bertha Chiclote Díaz, Juan Carlos Mariños Legendre, Amílcar Santos Diego Pérez, Ana Isabel Huamán Jiménez y Miguel Elías Pinglo Bazán. Biotratamiento para reducción de carga orgánica generada en el agua

- residual de curtiembres. *Revista de Innovación y Transferencia Productiva*. 2020; 1(2): p. 1 – 11.
94. Leonor Sforzaa, Pushpita Kumkum, Elena Barberá, Sandeep Kumar. Bioremediation of industrial effluents: How a biochar pretreatment may increase the microalgal growth in tannery wastewater. *Journal of Water Process Engineering*. 2020; 37.
95. Liang Shen, Shaila Akter Saky, Zheng Yang, Shih-Hsin Ho, Cuixue Chen, Lei Qin, Guoliang Zhang, Yuanpeng Wang, Yinghua Lu. The critical utilization of active heterotrophic microalgae for bioremoval of Cr(VI) in organics co-contaminated wastewater. *Chemosphere*. 2019; 228: p. 536-544.
96. Li Fen Wu, Pei Chung Chen, Ai Ping Huang, Chi Mei Lee. The feasibility of biodiesel production by microalgae using industrial wastewater. *Bioresource Technology*. 2012; 113: p. 14 -18.
97. Lin Xin, Hu y Gan Ke, Sun. Effects of different nitrogen and phosphorus concentrations on the growth, nutrient uptake, and lipid accumulation of a freshwater microalga *Scenedesmus* sp. *Bioresource Technology*. 2010; 101(14): p. 5494-5500.
98. Lofrano G, Aydin E, Russo F, Guida M, Belgiorno V, Meric S. Characterization, fluxes and toxicity of leather tanning bath chemicals in a large tanning district area (IT). *Water Air Soil Pollut*. 2008; 8(5): p.529–542.
99. López, I. Análisis de efectividad de *Chlorococcum littorale* y *Scenedesmus* sp. En biorremediación de aguas residuales (Tesis de grado). Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana; 2016.
100. Lofrano G, Meric S, Zengin GE, Orhon D. Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: a review. *Sci Total Environ*. 2013; 461–462:265–281. doi:
101. Lu, Y., and Xu, J. Phytohormones in microalgae: a new opportunity for microalgal biotechnology. *Trends Plant Sci*. 2015; 20: p. 273–282.
102. Lucker BF, Hall CC, Zegarac R, Kramer DM. The environmental photobioreactor (ePBR): an algal culturing platform for simulating dynamic natural environments. *Algal Res* 2014; 6:242–9.

103. Lufrano G, Meriç S, Zengin G E, Orhon D. Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: A review. *Science of The Total Environment*. 2013; 461–462: 265–281.
104. Lv, J.M., Cheng L.H., Xu X.H., Zhang, L. & Chen H.L. Enhanced lipid production of *Chlorella vulgaris* by adjustment of cultivation conditions. *Bioresource Technology*. 2010; 15, 9-60.
105. Lyon S.R., Ahmadzadeh H., Murry M.A. Algae-Based Wastewater Treatment for Biofuel Production: Processes, Species, and Extraction Methods. In: Moheimani N., McHenry M., de Boer K., Bahri P. (eds) *Biomass and Biofuels from Microalgae. Biofuel and Biorefinery Technologies*. 2015; 2. Springer, Cham.
106. Mara DD, Pearson HW, Silva SA, Rose PD, Maart BA, Dunn KM, Rowsell RA, Britz P. Waste Stabilization Ponds: Technology and Applications. High rate algal oxidation ponding for the treatment of tannery effluents. *Water Sci Technol*. 1996; 33:219–227
107. Martin C., J. De la Noüe, G. Picard. Intensive culture of freshwater microalgae on aerated pig manure. *Biomass*. 1985; 7: p. 245-259.
108. Martinez M.E., J.M. Jimenez, E.I. Yousfi. Influence of phosphorus concentration and temperature on growth and phosphorus uptake by the microalga *Scenedesmus obliquus*. *Bioresource Technology*. 1999;67: p. 233-240.
109. Martínez, T., y García, R. Aplicaciones ambientales de microorganismos inmovilizados. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*. 2012;11(1)
110. Mannucci A, Munz G, Mori G, Lubello C. Anaerobic treatment of vegetable tannery wastewaters: a review. *Desalination*. 2010; 264(1-2): p.1–8.
111. Mata TM, Melo AC, Simoes M, Caetano NS. (2012). Parametric study of a brewery effluent treatment by microalgae *Scenedesmus obliquus*. *Bioresour Technol*. 2012; 107: p. 151–158.
112. Madigan, M.I., Martinko J. M. y Parker J. Brock: *biología de los microorganismos*, Madrid, Pearson educación; 2003.
113. McGriff J & RE McKinney. The removal of nutrients and organics by activated algae. *Water Research*. 1972; 6: 1155-1164.

114. Mendoza Bobadilla, Jorge Luis. Influencia de la intensidad de luz y pH en la remoción de materia orgánica (DBO5), de efluentes de remojo de curtiembre, utilizando microalga *Chlorella vulgaris*, a nivel laboratorio (Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión); 2019.
115. Munoz, R., Guieysse, B., 2006. Algal–bacterial processes for the treatment of hazardous contaminants: a review. *Water Res.* 2006; 40: p. 2799–2815.
116. Bilad MR, Discart V, Vandamme D, Foubert I, Muylaert K, Vankelecom IF. Coupled cultivation and pre-harvesting of microalgae in a membrane photobioreactor (MPBR). *Bioresour Technol.* 2014;155: p. 410–7.
117. Mallick, N. Biotechnological potential of immobilized algae for wastewater N, P and metal removal: a review. *BioMetals.* 2002; 15: p. 377–390.
118. Mendoza Bobadilla Jorge L., León Hurtado Melissa, Nunja García José V., Rodríguez Espinoza Ronald F, Vera Herrera Manuel, Ipanaqué Roña Juan M. Remoción de demanda química de Oxígeno de efluentes de remojo de curtiduría utilizando microalgas *Chlorella sp.* viva en suspensión. *Revista Infinitum, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.* 2018; 8(2): p. 103 – 107.
119. Miguel Ballén-Segura, Luisa Hernández Rodríguez, David Parra Ospina, Asly Vega Bolaños, Karen Pérez. Uso de *Scenedesmus sp.* para la Fitorremediación de Aguas Residuales de Curtiembres. *Tecciencia.* 2016; p. 69 – 75.
120. Mohamad Shurair, Tarifas Almomani, Simón Judd, Rahul Bhosale, Anand Kumar, Ujjal Dios, Majeda Khreisheh. Advanced wastewater treatment using microalgae: effect of temperature on removal of nutrients and organic carbon. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 67, 2017.
121. Moronta R., Mora R., Morales E. Respuesta de la microalga *Chlorella sorokiniana* al pH, salinidad y temperatura en condiciones axénicas y no axénicas. *Revista de la Facultad de Agronomía LUZ.* 2006; 23(1): 28-43.
122. Moreno Garcia, L., Adjallé, K., Barnabé, S y Raghavan, G.S.V. Microalgae biomass production for a biorefinery system: Recent advances and the way towards sustainability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews.* 2017; 76: p. 493–506.
123. Moreno J, Rodríguez H, Vargas A, Rivas J, Guerrero G. Nitrogen-fixing cyanobacteria as source of phycobiliproteins pigments, composition and growth

- performance of ten filamentous heterocystous strains. *J Appl Phycol.* 1995; 7: 17-23.
124. Moronta R., Mora R. y Morales E. Respuesta de la microalga *Chlorella sorokiniana* al pH, salinidad y temperatura en condiciones axénicas y no axénicas. *Rev. Fac. Agron.* 2006; 23(1).
125. Mosca, D., Stazi, V., Daugulis, A. J. & Tomei, M. C. Treatment of synthetic tannery wastewater in a continuous two-phase partitioning bioreactor: Biodegradation of the organic fraction and chromium separation. *Journal of Cleaner Production.* 2017; 152: p.321–329.
126. Mostafa nagi, Meilin He, Dan Li, temesgen Gebreluel, Bian cheng y changhai Wang. Utilization of tannery wastewater for biofuel production: New insights on microalgae growth and biomass production. *Scientific Reports.* 2020; 10:1530
127. Muller-Feuga, A. The role of microalgae in aquaculture: situation and trends. *J. Appl. Phycol.* 2000; 12: p. 527–534.
128. Munter R. Chapter 19. Industrial wastewater treatment. Baltic University programme, Uppsala. 2004; pp 195–210
129. Mustafa E-M, Phang S-M, ChuW-L. Use of an algal consortium of five algae in the treatment of landfill leachate using the high-rate algal pond system. *J Appl Phycol.* 2012; 24: p.953–963.
130. Nabila, T.I. e Ibrahim, S. Physico-chemical properties of tannery effluents from challawa industrial area in kano and evaluation of bioremediation potentials of *spirogyra porticalis* and *chlorella vulgaris* on the effluents. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences.* 2019; 12(1): p. 156 – 161.
131. Nagabalajia V., Muthukumara, nJuhnaa JR, Srinivasana SV, Suthanthararajana R. Effect of food to microalgal biomass ratio on the assimilation of ammoniacal nitrogen from the secondary treated tannery effluent coupled with bio-energy generation using grown algal biomass. *Desalination and Water Treatment.* 2020; 200: p. 65–73.
132. Nagabalaji V., Sivasankari G., Srinivasan S.V., Suthanthararajan R. y Ravindranath E. Nutrient removal from synthetic and secondary treated sewage and tannery wastewater through phycoremediation. *Environmental Technology.* 2017; p. 1 – 23.

133. Najdenski, H. M., Gigova, L. G., Iliev, I. I., Pilarski, P. S., Lukavský, J., Tsvetkova, I. V., et al. Antibacterial and antifungal activities of selected microalgae and cyanobacteria. *Int. J. Food Sci. Technol.* 2013; 48: p.1533–1540.
134. Nichols, H. W. Growth media--freshwater. In *Handbook of Phycological Methods. Culture Methods and Growth Measurements* (Stein, J., editor), 7-24. Cambridge University Press, Cambridge; 1973.
135. Norris R.E., Hori T., and Chihara M. Revision of the Genus *Tetraselmis* (Class Prasinophyceae). *Bot. Mag. Tokyo.* 1980; 93: p- 317 - 339.
136. Ortiz Montoya, E. Y., Llamas Moya, B., Molina Grima, E., García Cuadra, F., Fernández Sevilla, J. M., and Acien Fernandez, F. G. Method for the Valorisation of Photosynthetic Microorganisms for Integral Use of Biomass. *Universidad de Almeria.* 2013.
137. Oswald, W.J., Gotaas, H.B., Golueke, C.G., Kellen, W.R. Algae in wastetreatment. *Sewage Ind. Wastes.* 1957; 29, 437–455.
138. Oswald W. J. Micro-algae and waste-water treatment. In: Borowitzka M.A., Borowitzka L.J. (eds) *Micro-algal biotechnology.* Cambridge University Press, Cambridge. 1998; p. 305–328.
139. Paredes Arenazas, Winder Giovanny. Determinación de la bioabsorción de cromo vi de efluentes del parque industrial de río seco (PIRS) mediante la microalga *Desmodesmus quadricauda*. *Repositorio de la Universidad Católica de Santa María,* 2021.
140. Park J, R Craggs & A Shilton. Wastewater treatment high rate algal ponds for biofuel production. *Bioresource Technology.* 2011a; 102: 35-42.
141. Park J, R Craggs & A Shilton. Recycling algae to improve species control and harvest efficiency from a high rate algal pond. *Water Research.* 2011b; 45: 6637-6649.
142. Peter Rose, Kevin Dunn. A high rate ponding unit operation linking treatment of tannery effluent and *Arthrospira* (*Spirulina*) biomass production. 1: Process development. *Biomass and Bioenergy.* 2013; 51: p. 183 – 188.

143. Peña-Castro, J., Martínez-Jerónimo, F., Esparza-García, F., & Cañizares-Villanueva, R. Phenotypic plasticity in *Scenedesmus incrassatulus* (Chlorophyceae) in response to heavy metals stress. Elsevier. 2004; 57(11), p.1629–1636.
144. Pittman J.K., A.P. Dean, O. Osundeko. The potential of sustainable algal biofuel production using wastewater resources. *Bioresour Technol.* 2011;(102): p. 17-25.
145. Posadas E., C. Alcántara, P.A. García-Encina, L. Gouveia, B. Guieysse, Z. Norvill, F.G. Acién, G. Markou, R. Congestri, J. Koreiviene, R. Muñoz. 3 - Microalgae cultivation in wastewater C. Gonzalez-Fernandez, R. Muñoz (Eds.), *Microalgae-Based Biofuels and Bioproducts*. Woodhead Publishing. 2017; p. 67-91.
146. Posadas E, Bochon S, Coca M, García-González M.C, García-Encina P.A, Muñoz R. Microalgae-based agro-industrial wastewater treatment: a preliminary screening of biodegradability. *J Appl Phycol.* 2014; 26: p.2335–2345.
147. Posten C. Design principles of photo-bioreactors for cultivation of microalgae. *Engineering in Life Science.* 2009; 9(3): 165-177.
148. Preeti sant, Shaishav Sharma, Aesha Patel, Ekta Shah, Gaurav Dixit, Resma L. Patel, Arti Pamnani y Adepur Kiran Kumar. Microalgae for industrial wastewater treatment and biodiesel production. *International Journal of Recent Scientific Research Research.* 2019; 10(4): p. 31967 – 31971.
149. PS Subashini y P. Rajiv. *Chlorella vulgaris* DPSF 01: A unique tool for removal of toxic chemicals from tannery wastewater. *African Journal of Biotechnology.* 2018; 17(8): p. 239 – 248.
150. Rai U.N., Dwivedi S., Tripathi R.D., Shukla O.P., Singh N.K. Algal biomass: an economical method for removal of chromium from tannery effluent. *Bull Environ Contam Toxicol.* 2005; 75: p.297–303.
151. Ram B, Bajpai PK, Parwana HK. Kinetics of chrome-tannery effluent treatment by the activated sludge system. *Process Biochem.* 1999; 35(3-4): p.255–265.
152. Ramos, R. y Pizarro, R. Crecimiento y capacidad de biorremediación de *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae, Chlorophyta) cultivada en aguas residuales generadas en el cultivo del pez dorado *Seriola lalandi* (Perciformes: Carangidae). *Revista de Biología marina y Oceanografía.* 2018; 53 (1): p.75-85.

153. Razzak S.A., M.M. Hossain, R.A. Lucky, A.S. Bassi, H. de Lasa 27 (2013) Integrated CO₂ capture, wastewater treatment and biofuel production by microalgae culturing - A review. *Renewable Sustainable Energy Rev.* 2013; 27: p. 622-653.
154. Rodríguez, S. Evaluación de microalgas y de bacterias asociadas productoras de exoenzimas para tratamiento de aguas residuales de una extractora de aceite de palma (Tesis de maestría). Universidad de Zulia, 2010.
155. Rosales A.G., Rodríguez C.D. y Ballen-Segura M. Remoción de contaminantes y crecimiento del alga *Scenedesmus* sp. en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas. 2018; 14(28): p. 11 – 34.
156. Rajalakshmi A.M., Silambarasan T., Dhandapani R. Small scale photo bioreactor treatment of tannery wastewater, heavy metal biosorption and CO₂ sequestration using microalga *Chlorella* sp.: a biodegradation approach. *Applied Water Science.* 2021; 11(108): p. 1 - 12.
157. Ruiz, A., Mendoza, L., y Sánchez, M. Características fotosintéticas y crecimiento de *Scenedesmus oblicuo* inmovilizado con alginato. *Scopus* 2011;45(3): p.303-313.
158. Saavedra, R. Saavedra, R. Muñoz, M.E. Taboada, M. Vega, S. Bolado. Comparative uptake study of arsenic, boron, copper, manganese and zinc from water by different green microalgae. *Bioresour Technol.* 2018; 263: p. 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2018.04.101>
159. Salazar, P. Sistema Tohá; una alternativa ecológica para el tratamiento de aguas residuales en sectores rurales (Tesis de grado). Universidad austral de Chile; 2005.
160. San Balaji, T. Kalaivani, C. Rajasekaran, M. Shalini, S. Vinodhini, S. Sunitha Priyadharshini y AG Vidya. Removal of heavy metals from tannery effluents of Ambur industrial area, Tamilnadu by *Arthrospira* (*Spirulina*) *platensis*. *Environ Monit Assess.* 2015; 187: 325.
161. Santhosh S., Rajalakshmi A.M., Navaneethakrishnan M., Jenny Angel S. y Dhandapani R.. Lab-scale degradation of leather industry effluent and its reduction by *Chlorella* sp. SRD3 and *Oscillatoria* sp. SRD2: a bioremediation approach. *Applied Water Science.* 2020; 10(112): p. 1 – 11.

162. Saravanbahavan S, Thaikavelan P, Raghava Rao J, Nair BU, Ramasami T. Natural leathers from natural materials: progressing toward a new arena in leather processing. *Environ Sci Technol.* 2004; 38(3):871–879.
163. Saranya D. Shanthakumar S. Microalgae for combined sewage and tannery effluent treatment: Performance and lipid accumulation potential. *Journal of Environmental Management.* 2019;241: p.167-178. D. Saranya, S. Shanthakumar. Effect of culture conditions on biomass yield of acclimatized microalgae in ozone pre-treated tannery effluent: A simultaneous exploration of bioremediation and lipid accumulation potential. *irect Journal of Environmental Management.* 2020; 273: p. 1 – 12.
164. Saxena G, Chandra R, Bharagava RN. Environmental pollution, toxicity profile and treatment approaches for tannery wastewater and its chemical pollutants. *Rev Environ Contam Toxic.* 2016; 240(1): p.31–69.
165. Saxena, P., Kumar, M., & Harish. Autotrophic Cultivation of Microalgae for the Production of Polyunsaturated Fatty Acid. *Nutraceutical Fatty Acids from Oleaginous Microalgae.* 2020; p. 165–185.
166. Sekaran G., Karthikeyan S., Nagalakshmi C. y Mandala A.B. Integrated *Bacillus* sp. immobilized cell reactor and *Synechocystis* sp. algal reactor for the treatment of tannery wastewater. *Environ Sci Pollut Res.* 2013; 20: p. 281–291.
167. Silambarasan Tamil Selvan, Balasubramanian Velramar, Dhandapani Ramamurthy, Sendilkumar Balasundaram y Kanimozhi Sivamani. Pilot scale wastewater treatment, CO₂ sequestration and lipid production using microalga, *Neochloris aquatica* RDS02. *International Journal of Phytoremediation.* 2020; p: 1 – 18.
168. Schrank SG, Bieling U, Jose HJ, Moreira RFPM, Schroder HFR. Generation of endocrine disruptor compounds during ozone treatment of tannery wastewater confirmed by biological effect analysis and substance specific analysis. *Water Sci Technol.* 2009; 59(1): p.31–38.
169. Schwarzenbach R.P. The challenge of micropollutants in aquatic systems. *Science.* 2006; 313:1072–1077.

170. Sforza E, Simionato D, Giacometti G.M, Bertucco A, Morosinotto T. Adjusted light and dark cycles can optimize photosynthetic efficiency in algae growing in photobioreactors. *PLoS One*. 2012; 7(6).
171. Shaikh A. Razzak, Mohammad M. Hossain, Rahima A. Lucky, Amarjeet S. Bassi and Hugo de Lasa Integrated CO₂ capture, wastewater treatment and biofuel production by microalgae culturing. A review *Renewable Sustainable Energy Rev.*, 27. 2013, pp. 622-653.
172. Shah, M. R., Lutz, G. A., Alam, A., Sarker, P., Kabir Chowdhury, M. A., Parsaeimehr, A., et al. Microalgae in aquafeeds for a sustainable aquaculture industry. *J. Appl. Phycol.* 2018; 30, 197–213.
173. Shi J, Podola B, Melkonian M. Removal of nitrogen and phosphorus from wastewater using microalgae immobilized on twin layers: an experimental study. *J Appl Phycol.* 2007; 19: p. 417–423.
174. Skoneczny S, Tabiś B. The method for steady states determination in tubular biofilm reactors. *Chem Eng Sci* 2015; 137:178–87.
175. Speranza L.G., A. Ingram, G.A. Leeke. Assessment of algae biodiesel viability based on the area requirement in the European Union, United States and Brazil. *Renew. Energy.* 2015; 78: p. 406-417.
176. Suh, I. S. and Lee, C.-G. Photobioreactor engineering: Design and performance. *Biotechnology and Bioprocess Engineering.* 2003; 8(6).
177. Tadesse I, Isoaho S, Green F, Puhakka J. Removal of organics and nutrients from tannery effluent by advanced integrated wastewater pond systems technology. *Water Sci Technol.* 2003; 48: p.307–314
178. Tam N.F.Y., Y.S. Wong. Effect of ammonia concentrations on growth of *Chlorella vulgaris* and nitrogen removal from media. *Bioresour Technol.* 1996; 57: p. 45-50.
179. Teoh M., Chu W., Marchant H, Phang S. Influence of culture temperature on the growth, biochemical composition and fatty acid profiles of six Antarctic microalgae. *J Appl Phycol.* 2004; 12: p.421–430.
180. Thanikaivelan P, Rao JR, Nair BU, Ramasami T. Recent trends in leather making: Processes, problems, and pathways. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology.* 2005; 35: 37-79.

181. Tarakhovskaya, E. R., Maslov, Y. I., and Shishova, M. F. Phytohormones in algae. *Russ. J. Plant Physiol.* 2007; 54: p. 163–170.
182. Tolfo da Fontoura, Juliana, Sebastião Rolim Guilherme Farenzena Marcelo, Gutterres Mariliz (2017). Influence of light intensity and tannery wastewater concentration on biomass production and nutrient removal by microalgae *Scenedesmus* sp. *Process Safety and Environmental Protection.* 2017;111: p. 355-362.
183. Tsuyoshi Aketo, Yumiko Hoshikawa, Daisuke Nojima, Yusuke Yabu, Yoshiaki Maeda, Tomoko Yoshino, Hiroyuki Takano, Tsuyoshi Tanaka, Selection and characterization of microalgae with potential for nutrient removal from municipal wastewater and simultaneous lipid production. *Journal of Bioscience and Bioengineering.* 2020; 129 (5): p.389-1723.
184. Tunay O, Kabdasli I, Orhon D, Cansever G. Use and minimization of water in leather tanning processes. *Water Sci Tech.* 1999; 40 (81): p. 237– 244.
185. Udom, I., Zaribaf, B. H., Halfhide, T., Gillie, B., Dalrymple, O., Zhang, Q., et al. Harvesting microalgae grown on wastewater. *Bioresour Technol.* 2013. 139: p.101–106.
186. Vacca Jimeno Víctor A., Angulo Mercado Edgardo R., Puentes Ballesteros Diana M., Torres Yépez José G., Plaza Vega Martin E. Uso de la microalga *Chlorella* sp. viva en suspensión en la decoloración del agua residual de una empresa textil. *Prospect.* 2017; 15(1: p. 93 – 99.
187. Valderrama L.T, Del Campo C.M, Rodriguez C.M, De-Bashan L.E, Bashan Y. Treatment of recalcitrant wastewater from ethanol and citric acid production using the microalga *Chlorella vulgaris* and the macrophyte *Lemna minuscula*. *Water Res.* 2002; 36(17):4185–4192.
188. Vanthoor-Koopmans, M., Wijffels, R. H., Barbosa, M. J., and Eppink, M. H. Biorefinery of microalgae for food and fuel. *Bioresour Technol.* 2013;135: p. 142–149.
189. Veerasekar Nambukrishna, Jayanthi Singaram. Investigation on Tannery Wastewater as Feedstock for Marine Microalgae in biofuel production. *Tierärztliche Praxis.* 2020; Vol 40.

190. Wasif Farooq, Young-Chul Lee, Byung-Gon Ryu, Byung-Hyuk Kim, Hee-Sik Kim, Yoon-E. Choi, Ji Won Yang. Two-stage cultivation of two *Chlorella* sp. strains by simultaneous treatment of brewery wastewater and maximizing lipid productivity. *Bioresource Technology*. 2013; 132: p. 230 – 238.
191. Wilkie, A.C., Mulbry, W.W., 2002. Recovery of dairy manure nutrients by benthic freshwater algae. *Bioresour. Technol.* 2002; 84: p.81–91.
192. Whitton John B.A. and Brook A.J. *The Freshwater Algal Flora of the British Isles*. Cambridge University Press, 2002.
193. WoRMS - World Register of Marine Species - *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont, 1892.
194. Xia H, Yang DM. Review of tanning wastewater and its treatment situation. *Leather Chem.* 2014; 31(1):25–29.
195. Yaakob, Z., Ali, E., and Zainal, A. An overview: biomolecules from microalgae for animal feed and aquaculture. *J. Biol. Res.* 2014; 21(1).
196. Yang CF, Ding ZY, Zhang KC. Growth of *Chlorella pyrenoidosa* in wastewater from cassava ethanol fermentation. *World J Microbiol Biotechnol.* 2008; 24(12): p.2919–2925.
197. Yang J., M. Xu, X. Zhang, Q. Hu, M. Sommerfeld, Y. Chen. Análisis del ciclo de vida en la producción de biodiesel a partir de microalgas: huella hídrica y equilibrio de nutrientes. *Biorresour Technol.* 2011;102: p. 159 – 165.
198. Yee-Batista, C. Un 70% de las aguas residuales de Latinoamérica vuelven a los ríos sin ser tratadas. Banco Mundial, BIRF –AIF. diciembre 2013.
199. Zion Kang, Byung-Hyuk Kim, Rishiram Ramanan, Jong-Eun Choi, Ji-Won Yang, Hee-Mock Oh, y Hee-Sik Kim. A Cost Analysis of Microalgal Biomass and Biodiesel Production in Open Raceways Treating Municipal Wastewater and under Optimum Light Wavelength. *J. Microbiol. Biotechnol.* 2015; 25(1): p. 109–118.



7. ANEXOS

ANEXO 1 – Datos de la revision de artículos

	Base de datos	Revista	Título de investigación	Autor /es	Año de publicacion	Pais	Palabras clave
1	Pubmed	Revista Internacional de Fitorremediación	Biorremediación eficiente de las aguas residuales de las curtidurías por monocresinas y el consorcio de <i>Chlorella sp.</i> y <i>Phormidium sp.</i>	Cindrella Das, Nagappa Ramaiah, Elroy Pereira & K. Naseera	2017	India	Biorremediación; aguas residuales de curtiembres; microalgas; consorcio
2	Elsevier	Revista de Gestión Ambiental	Microalgas verdes para el tratamiento combinado de efluentes de alcantarillado y curtiduría: rendimiento y potencial de acumulación de lípidos	D. Saranya, S. Shanthakumar	2019	India	Efluente de curtiduría Cromo Microalgas Phycoremediación Lípidos
3	Google academico	Seguridad de Procesos y Protección Del Medio Ambiente	Influencia de la intensidad de la luz y la concentración de aguas residuales de tenerías en la producción de biomasa y la eliminación de nutrientes por microalgas <i>Scenedesmus sp.</i>	Juliana Tolfo da Fontoura, Guilherme Sebastião Rolim, Marcelo Farenzena, Mariliz Gutterres	2017	Brasil	Aguas residuales de tenerías, Microalgas, Nitrógeno amoniacal, Fósforo, <i>Scenedesmus sp.</i>
4	Google academico	Conference: XXXV IULTCS Congress: Dresden, Germany	Influencia del fotoperiodo en la producción y eliminación de biomasa nutrientes de efluentes de curtiduría con consorcio de microalgas	Aline C. Campos Pena, Luciane F. Trierweiler and Mariliz Gutterres	2019	Brasil	Curtidurias, microalgas, <i>Tetraselmis sp.</i> , fotoperiodo
5	PubMed	Revista Internacional de Fitorremediación	Fitorremediación de aguas residuales de curadurías mediante Especies de microalgas <i>Scenedesmus sp.</i>	Kayil Veedu Ajayana, Muthusamy Selvarajua, Pachikaran Unnikannana Y Palliyath SruthiB	2015	India	Curtiduría, <i>Scenedesmus sp.</i> , phycoremediation, FT-IR, análisis SEM-EDS

	Base de datos	Revista	Título de investigación	Autor /es	Año de publicación	País	Palabras clave
6	Scielo	Tecciencia	Uso de <i>Scenedesmus sp.</i> para la Fitorremediación de Aguas Residuales de Curtidurías	Miguel Ballén-Segura, Luisa Hernández Rodríguez, David Parra Ospina, Asly Vega Bolaños, Karen Pérez	2016	Colombia	Ficorremediación, <i>Scenedesmus sp.</i> , Curtiembres, Cromo.
7	Elsevier	Investigación de Algas	Caracterización de biomasa y análisis filogenético de microalgas aisladas de estuarios: papel en la fitorremediación de efluentes de curtilerías	Balaji Sundaramoorthy, Kalaivani Thiagarajan, Shalini Mohan, Sankari Mohan, Priya Rajendra Rao, Siva Ramamoorthy, Rajasekaran Chandrasekaran	2016	India	FTIR Microalgas Análisis filogenético Phycoremediation Efluentes de curtidurías
8	Springer	Journal of Applied Phycology	Biorremediación de las aguas residuales de las curtidurías mediante una cepa de <i>Chlorella vulgaris</i>	Cindrella Das & K.Naseera Ram & Anirudh RamMurti Meena & Nagappa Ramaiah	2016	India	Microalgas, Curtiduría, Aguas residuales, DBO, Biorremediación
9	Google académico	Revista de Ciencias Energéticas y Ambientales	Evaluación del crecimiento de las microalgas. <i>Chlorella sp.</i> con efluente de curtiduría de la etapa de remojo	Jorge Mendoza Bobadilla, Adolfo Guerrero Escobedo B, Carlos Vásquez Blas B, Astrid Alfaro Flores, Giancarlo Flores Quiñones	2021	Perú	Agua de remojo, microalgas, <i>Chlorella sp.</i>

	Base de datos	Revista	Título de investigación	Autor /es	Año de publicación	País	Palabras clave
10	Google académico	Revista de Innovación y Transferencia Productiva	Biotratamiento para reducción de carga orgánica generada en el agua residual de curtiembres	Leoncio Exequiel Chiclote Rodríguez, Bertha Chiclote Díaz, Juan Carlos Mariños Legendre, Amílcar Santos Diego Pérez, Ana Isabel Huamán Jiménez y Miguel Elías Pinglo Bazán	2020	Perú	biotratamiento; efluentes; agua residual; curtiembres; demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno
11	Google académico	Revista africana de biotecnología	<i>Chlorella vulgaris</i> DPSF 01: una herramienta única para la eliminación de productos químicos tóxicos de las aguas residuales de las curtidurías	PS Subashini y P. Rajiv	2018	India	<i>Chlorella vulgaris</i> , productos químicos tóxicos, aguas residuales de curtiduría, fisicoquímicos, espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier (FT-IR), cromatografía de gases - espectrometría de masas (GC-MS).
12	Elsevier	Revista de Gestión Ambiental	Efecto de las condiciones de cultivo sobre el rendimiento de biomasa de microalgas aclimatadas en efluentes de curtidurías pretratados con ozono: una exploración simultánea del potencial de biorremediación y acumulación de lípidos	D. Saranya, S. Shanthakumar	2020	India	Efluente de curtiduría pretratado con ozono Biorremediación Condiciones de cultivo <i>Chlorella sp.</i> <i>Nanocloropsis sp.</i> , acumulación de lípidos

	Base de datos	Revista	Título de investigación	Autor /es	Año de publicación	País	Palabras clave
13	Scielo	Ingeniería y Ciencia	Remoción de contaminantes y crecimiento del alga <i>Scenedesmus sp.</i> en aguas residuales de curtiembres, comparación entre células libres e inmovilizadas	A.G. Rosales, C.D. Rodríguez, y M. Ballen-Segura	2018	Colombia	Cromo, curtiembres, fitorremediación, microalga, inmovilización celular, DBO, DQO
14	Elsevier	Biomasa y Bioenergía	Una operación de unidad de estanqueidad de alta tasa que vincula el tratamiento de efluentes de curtidurías y <i>Arthrospira</i> (espirulina) producción de biomasa. 1: desarrollo de procesos	Peter Rose, Kevin Dunn	2013	Sudafrica	Espirulina, Biocombustibles, La alimentación animal, Curtiduría, Aguas residuales, Estanques de estabilización de residuos
15	PubMed	Revista Internacional de Fitorremediación	Tratamiento de aguas residuales a escala piloto, secuestro de CO ₂ y producción de lípidos mediante microalgas, <i>Neochloris aquatica</i> RDS02	Silambarasan Tamil Selvan, Balasubramanian Velramar, Dhandapani Ramamurthy, Sendilkumar Balasundaram y Kanimozhi Sivamani	2020	India	Secuestro de CO ₂ , Biodiesel, bioetanol, cinética de biosorción, metales pesados, Rojo nilo, Escala piloto, efluente de curtiduría
16	PudMed	Tecnología Ambiental	Eliminación de nutrientes de aguas residuales sintéticas y tratadas de forma secundaria y aguas residuales de curtiduría mediante fitorremediación	V. Nagabalaji, G. Sivasankari, S.V. Srinivasan, R. Suthanthararajan y E. Ravindranath	2017	India	Fitorremediación, tratamiento de aguas residuales, <i>Chlorella vulgaris</i> , Eliminación de nutrientes, curtiduría

	Base de datos	Revista	Título de investigación	Autor /es	Año de publicación	País	Palabras clave
17	Google académico	Revista Bayero de Ciencias Puras y Aplicadas	Propiedades fisicoquímicas de los efluentes de curtidurías desde el área industrial de Challawa en kano y evaluación de los potenciales de bioremediación de <i>Spirogyra porticalis</i> y <i>Chlorella vulgaris</i> sobre los efluentes	Nabila, T.I. e Ibrahim, S.	2019	Nigeria	Biorremediación, Efluentes, Curtiduría, <i>Spirogyra porticalis</i> , <i>Chlorella vulgaris</i>
18	Semantic scholar	Desalinización y Tratamiento de Aguas	Efecto de la relación entre alimentos y biomasa de microalgas en la asimilación de nitrógeno amoniacal del efluente de la curtiduría tratada secundaria junto con la generación de bioenergía utilizando biomasa de algas cultivadas	V. Nagabalajia, Muthukumara, JR Juhnaa, SV Srinivasana, R. Suthanthararajana,	2020	India	<i>Chlorella vulgaris</i> , Aguas residuales de curtidurías, Eliminación de nutrientes, Producción de energía, Automatizado sistema de prueba de potencial de metano II (AMPTS II); Biogás
19	Springer	Ciencia Aplicada del Agua	Tratamiento con fotobiorreactor a pequeña escala de aguas residuales de curtidurías, biosorción de metales pesados y secuestro de CO ₂ mediante microalga <i>Clorella sp.</i> , un enfoque de biodegradación	A.M. Rajalakshmi, T. Silambarasan, R. Dhandapani	2021	India	Microalgas, <i>Clorella sp.</i> , Metales pesados, Cinética de biosorción, Efluente de curtiduría, adsorción de CO ₂
20	Springer	Ciencia aplicada del agua	Degradación a escala de laboratorio de los efluentes de la industria del cuero y su reducción en <i>Clorella sp.</i> SRD3 y <i>Oscillatoria sp.</i> SRD2: un enfoque de biorremediación	S. Santhosh, A.M. Rajalakshmi, M. Navaneethakrishnan, S. Jenny Angel y R. Dhandapani	2020	India	<i>Clorella sp.</i> , Fitorremediación, Curtiduría, Fluorescente, Clorofila

	Base de datos	Revista	Título de investigación	Autor /es	Año de publicación	País	Palabras clave
21	Scielo	Archivos Brasileños de Biología y Tecnología.	Consorcio de Microalgas para el Tratamiento de Efluentes de Curtidos	Aline de Cassia Campos Pena, Crislaine Fabiana Bertoldi, Juliana Tolfo da Fontoura, Luciane Ferreira Trierweiler y Mariliz Gutterres	2019	Brasil	Consorcio de microalgas, Curtiduría, Tratamiento de efluentes
22	Elsevier	Combustible	Biorrefinería sostenible asociada al tratamiento de aguas residuales de Cr (III) utilizando un consorcio de microalgas nativas	Abraham F. Moreno-García, Elier Ekberg Neri-Torres, Violeta Y. Mena-Cervantes, Raúl Hernández Altamirano, Gabriel Pineda Flores, Rosa Luna Sánchez, Montserrat García Solares, Jorge Vázquez-Arenas, Jessica K. Suastes-Rivas	2021	México	Biorrefinería, Bioadsorción, Consorcio de microalgas nativas, Cr (III), <i>Scenedesmus sp.</i> , y <i>Tetrademus sp</i>
23	Google académico	Informes Científicos	Utilización de aguas residuales de curtiduría para la producción de biocombustibles: nuevos conocimientos sobre el crecimiento de microalgas y la producción de biomasa	Mostafa nagi, Meilin He, Dan Li, temesgen Gebreluel, Bian cheng y changhai Wang	2020	China	Curtiduría, Biocombustible, microalgas
24	Springer	J Appl Phycol	Biorremediación de aguas residuales de curtiduría por una cepa tolerante a la sal <i>Chlorella vulgaris</i>	Cindrella Das, K.Naseera, Anirudh Ram, RamMurti Meena y Nagappa Ramaiah	2016	India	Microalgas, curtidurías, Aguas residuales, DBO, Biorremediación

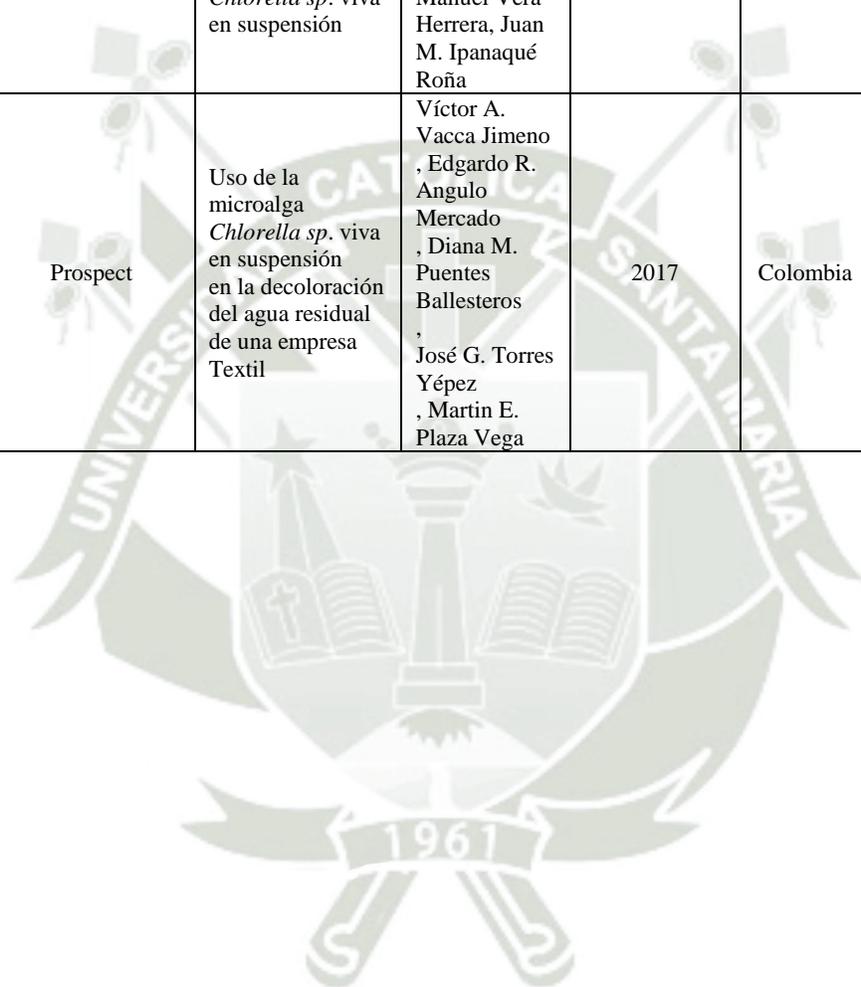
	Base de datos	Revista	Título de investigación	Autor /es	Año de publicación	País	Palabras clave
25	PudMed	Revista Internacional de Fitorremediación	La producción de lípidos resultante de la fitorremediación y los cambios antioxidantes en las microalgas verdes <i>Chlorella sp.</i>	KV Ajayán, Harilalay M. SelvarajuB	2018	India	Antioxidantes, <i>Chlorella</i> , ácidos Grasos, lípido, Fitorremediación, curtiduría
26	Scielo	Revista Chilena de Ingeniería	Modelación de la producción de biodiesel a partir de microalgas, utilizando aguas residuales industriales como sustrato de crecimiento	karen perez, Danny Ibarra, Miguel Ballén-Segura,	2020	Colombia	Aguas residuales, biodiesel, microalgas, modelado
27	Springer	Environ Monit Assess	Eliminación de metales pesados de efluentes de curtiduría del área industrial de Ambur, Tamilnadu por <i>Arthrospira (Spirulina) platensis</i>	San Balaji, T. Kalaivani, C. Rajasekaran, M. Shalini, S. Vinodhini, S. Sunitha Priyadharshini y AG Vidya	2015	India	Efecto protector, Efluente, Metales pesados, curtidurías
28	Springer	Revista de Contaminación Científica Ambiental	Integrado Bacilo sp. reactor de celda inmovilizada y <i>Synechocistis sp.</i> reactor de algas para el tratamiento de aguas residuales de tenería	G. Sekaran, S. Karthikeyan, C. Nagalakshmi y A.B. mandala	2013	India	Aguas residuales decurtiduría, CAACO, Reactor discontinuo de algas, <i>Synechocystis sp.</i> , Reactor de celdas inmovilizadas
29	Elsevier	Revista de Ingeniería de Procesos de Agua	Biorremediación de efluentes industriales: cómo un pretratamiento con biocarbón puede aumentar el crecimiento de microalgas en las aguas residuales de las curtidurías	Leonor Sforzaa, Pushpita Kumkum, Elena Barberá, Sandeep Kumar	2020	Italia	<i>Chlorella protothecoides</i> , Cromo, Adsorción, Biorremediación fotosintética, Pirólisis lenta

	Base de datos	Revista	Título de investigación	Autor /es	Año de publicación	País	Palabras clave
30	Google académico	Repositorio de la Universidad Católica de Santa María	Determinación de la bioabsorción de cromo vi de efluentes del parque industrial de río seco (PIRS) mediante la microalga <i>Desmodesmus quadricauda</i> .	Paredes Arenazas, Winder Giovanni	2021	Perú	Cromo VI, Bioabsorción, <i>Desmodesmus quadricauda</i> , fotobiorreactor Air-Lift.
31	Google académico	J Mar Biol Oceanogr	Biorremediación de Aguas Residuales de Curtiduría Utilizando Microalgas Marinas Inmovilizadas <i>Tetraselmis sp.</i> : Estudios Experimentales y Cinética de Pseudo-Segundo Orden	Adán S., Suresh Kumar P., Santhanam P., Dinesh Kumar S. y Prabhavati P.	2015	India	Biorremediación, Microalgas Marinas, <i>Tetraselmis sp.</i> , Inmovilización, Cinética
32	Scielo	Agua SA	Aplicación de la tecnología de fitorremediación en el tratamiento de aguas residuales de una industria del cuero planta de fabricación de productos químicos	P. Hanumantha Rao, R. Ranjith Kumar, B.G. Raghavan, V.V. Subramanian y V. Sivasubramanian	2010	India	Ficoremediación, microalgas, <i>Chlorella vulgaris</i> , efluente, ETP sólido
33	Elsevier	Tecnología de Biorecursos	La viabilidad de la producción de biodiesel por microalgas utilizando aguas residuales industriales	Li Fen Wu , Pei Chung Chen , Ai Ping Huang , Chi Mei Lee	2012	Taiwan	Biodiésel, Microalgas, Aguas residuales, industriales
34	Google académico	Repositorio de la Universidad Nacional de Trujillo	Influencia de la iluminación, pH y tiempo en la remoción de sulfuros, solidos suspendidos, DQO, DBO de efluentes de rivera en curtiembres utilizando microalgas en un fotobiorreactor a escala de laboratorio	Castañeda Flores, L.P. y Castillo Cabrera, J.M.	2016	Perú	Microalga, <i>Scenedesmus</i> , pH, Iluminancia, Efluente de ribera, curtiembre, remoción de contaminantes

	Base de datos	Revista	Título de investigación	Autor /es	Año de publicación	País	Palabras clave
35	Google académico	Repositorio de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión	Influencia de la intensidad de luz y pH en la remoción de materia orgánica (DBOs), de efluentes de remojo de curtiembre, utilizando microalga <i>Chlorella vulgaris</i> , a nivel laboratorio	Mendoza Bobadilla, J.L.	2019	Perú	Microalga, <i>Chlorella vulgaris</i> , Efluentes de Remojo, DBOs
36	Google académico	Practica Veterinaria	Investigación sobre aguas residuales de curtiduría como materia prima para aplicaciones marinas Microalgas en la producción de biocombustibles	Veerasekar Nambukrishna, Jayanthi Singaram	2020	India	Microalgas marinas, efluentes secundarios, transesterificación directa, biodiesel
37	Semantic scholar	Informes Científicos	Producción sostenible de biopetróleo a través de la licuefacción hidrotermal de biomasa de microalgas-bacterias cultivadas simbióticamente junto con tratamiento eficaz de aguas residuales	Gargi Gosvami, Bidhu Bhusan Makut y Debasish Das	2019	India	Microalgas, Biopetróleo, Aguas residuales, bacterias
38	Elsevier	Tecnología Bioambiental	Cultivo en dos etapas de dos <i>Clorella sp.</i> cepas mediante el tratamiento simultáneo de las aguas residuales de la cervecería y la maximización de la productividad de los lípidos	Wasif Farooq, Young-Chul Lee, Byung-Gon Ryu, Byung-Hyuk Kim, Hee-Sik Kim, Yoon-E. Choi, Ji-Won Yang	2013	Republica de Corea	Tratamiento de aguas residuales, Biodiésel de microalgas, Cultivo en dos etapas, Productividad lipídica, Control de contaminación

	Base de datos	Revista	Título de investigación	Autor /es	Año de publicación	País	Palabras clave
39	PubMed	J. Microbiol. Biotechnol	Un análisis de costos de la producción de biomasa de microalgas y biodiesel en conductos abiertos que tratan aguas residuales municipales y con una longitud de onda de luz óptima	Zion Kang, Byung-Hyuk Kim, Rishiram Ramanan, Jong-Eun Choi, Ji-Won Yang, Hee-Mock Oh, y Hee-Sik Kim	2015	Republica de Corea	Algas, biodiesel, análisis de costos, longitud de onda de luz, tratamiento de aguas residuales
40	Google académico	Revista Internacional de Investigación Científica	Microalgas para el tratamiento de aguas residuales industriales y la producción de biodiesel	Preeti sant, Shaishav Sharma, Aesha Patel, Ekta Shah, Gaurav Dixit, Resma L. Patel, Arti Pamnani y Adepu Kiran Kumar	2019	India	Biodiésel de algas, biorremediación, recuperación de agua limpia, fotobiorreactor, aguas residuales de productos lácteos crudos
41	Google académico	Investigación en Ingeniería Ambiental	Efectos de las Microalgas en la Remoción de Nutrientes de las Aguas Residuales: Varias Concentraciones de <i>Chlorella vulgaris</i>	Hee-Jeong Choi, Seung-Mok Lee	2012	Corea	<i>Chlorella vulgaris</i> , Microalgas, Eliminación de nutrientes, Eliminación de fósforo, Tratamiento de aguas residuales
42	Semantic scholar	Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente	Tratamiento avanzado de aguas residuales con microalgas: efecto de la temperatura en la remoción de nutrientes y carbono orgánico	Mohamad Shurair, Tarifas Almomani, Simón Judd, Rahul Bhosale, Anand Kumar, Ujjal Dios, Majeda Khreisheh	2017	Qatar	Microalgas autóctonas mixtas, aguas residuales, microalgas, efluentes
43	Google académico	Repositorio de la Universidad Nacional de Trujillo	Influencia de la iluminancia y tiempo de remoción de materia orgánica, expresada en DBO ₅ de efluentes de remojo en curtiembres, utilizando <i>Chorella pyrenoidosa</i> en un fotobiorreactor a escala de laboratorio	Carbonell Muñoz J.E. Tamayo Jara, K.R.	2018	Perú	Microalga, <i>Chorella pyrenoidosa</i> , iluminancia, efluente de remojo, curtiembre, remoción de materia orgánica (DBO ₅)

	Base de datos	Revista	Título de investigación	Autor /es	Año de publicación	País	Palabras clave
44	Google académico	Revista Infinitum, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión	Remoción de demanda química de Oxígeno de efluentes de remojo de curtiduría utilizando microalgas <i>Chlorella sp.</i> viva en suspensión	Jorge L. Mendoza Bobadilla, Melissa León Hurtado, José V. Nunja García, Ronald F. Rodríguez Espinoza, Manuel Vera Herrera, Juan M. Ipanaqué Roña	2018	Perú	microalga <i>Chlorella sp.</i> , materia orgánica, efluente, curtiembre, DQO
45	Scielo	Prospect	Uso de la microalga <i>Chlorella sp.</i> viva en suspensión en la decoloración del agua residual de una empresa Textil	Víctor A. Vacca Jimeno, Edgardo R. Angulo Mercado, Diana M. Puentes Ballesteros, José G. Torres Yépez, Martin E. Plaza Vega	2017	Colombia	Microalga <i>Chlorella sp.</i> ; Colorante; Biodegradación; Absorbancia; Bioensayo



ANEXO 2 – Parámetros físico-químicos, objetivos, resultados y conclusión de los artículos científicos revisados.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
1	La muestra de aguas residuales de curtiduría (TW) se tomó de una curtiduría CETP ubicada en Pallavaram, Chennai, Tamil Nadu, India.	Examinar el potencial de biorremediación de cepas marinas de <i>Clorella sp.</i> y <i>Formidio sp.</i> , individualmente y en consorcio, sobre aguas residuales peligrosas de curtiduría	pH:7.760mg/L ST:6761mg/L SST:15.95mg/L TDS:5166.67mg/L DBO:1520mg/L DQO:3070mg/L TN:822mg/L TP:1.89mg/L	Se aislaron de las aguas costeras de Goa (India) <i>Clorella sp.</i> , <i>Phormidium sp.</i>	El crecimiento de las microalgas, individualmente y como consorcio, en aguas de curtilerías fue aproximadamente 1,5 veces menor que en los medios de cultivo de algas estándar		<i>Chlorella sp.</i> DBO:89.8mg/L DQO:86.4mg/L TN:89.7mg/L TP:83.07mg/L TDS:51.37mg/L <i>Phormidium sp.</i> DBO:86.9mg/L DQO:79.13mg/L TN:87.5mg/L TP:76.19mg/L TDS:50.7mg/L Consorcio: DBO:93.40mg/L DQO:92.60mg/L TN:91.16mg/L TP:88.88mg/L TDS:58.28mg/L	Las microalgas marinas <i>Clorella sp.</i> y <i>Formidio sp.</i> , tanto individualmente como en consorcio, redujo de manera eficiente las concentraciones de la mayoría de los parámetros medidos en las aguas residuales de las curtidurías.
2	Se recogió una muestra de aguas residuales de la planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en VIT, Vellore, India y el efluente de curtiduría compuesta sin tratar se recogió de un CETP ubicado en el distrito de Vellore de Tamil Nadu, India.	Evaluar el potencial de las microalgas verdes. <i>Chlorella vulgaris</i> y <i>Pseudochlorella pringsheimii</i> para tratar el efluente combinado de alcantarillado y curtiduría en diferentes diluciones	Efluente alcantarilla pH:6.9 TDS:690mg/L DBO:84mg/L DQO:448mg/L TP:3.8mg/L TN:124mg/L NH ₃ -N:71mg/L Cloruros:805mg/L Sulfatos:76mg/L Sulfuros:8mg/L Efluente curtiduría pH:7.2 TDS:27320mg/L DBO:1500mg/L DQO:4800mg/L TP:1.7mg/L TN:760mg/L NH ₃ -N:532mg/L Cloruros:9967mg/L Sulfatos:3296mg/L Sulfuros:203mg/L	<i>Chlorella vulgaris</i> se obtuvo del National Repository for Microalgae and Cyanobacteria Freshwater, Bharathidasan University, Tiruchirappalli, India <i>Pseudochlorella pringsheimii</i> aislada de la planta de tratamiento de aguas residuales	<i>Chlorella vulgaris</i> 30% de efluente de curtido+70% de alcantarillado <i>Pseudochlorella pringsheimii</i> 20% de efluente de curtido+80% de alcantarillado	Alcantarillado 2.08 g/L para <i>Chlorella</i> 2.50gr/l para <i>Pseudochlorella pringsheimii</i> Efluente curtiembre < 1 g/L en ambas algas 3.51g/L para <i>Chlorella vulgaris</i> (30% de efluente de alcantarillado y 70% de efluente de curtiduría) <i>Pseudochlorella pringsheimii</i> (20% de efluente de alcantarillado y 80% de efluente de curtiduría)	<i>Chlorella vulgaris</i> : Alcantarillado: DQO:75.89% NH ₃ -N: 100% PO ₂ -P:100% Efluente curtido: DQO: 48.95% NH ₃ -N:33.63% PO ₂ -P:66.4% <i>Pseudochlorella pringsheimii</i> Alcantarillado: DQO:70.3% NH ₃ -N:100% PO ₂ -P:100% Efluente curtido: DQO:48.95% NH ₃ -N:32.75% PO ₂ -P:51.4%	Eficiencia de <i>Chlorella vulgaris</i> y <i>Pseudochlorella pringsheimii</i> para tratar el efluente de la curtiduría cuando se combina con las aguas residuales en diferentes diluciones en condiciones de cultivo por lotes

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
3	Las aguas residuales crudas de la curtiduría (RTW) se obtuvieron de una curtiduría ubicada en la ciudad de Montenegro en el estado de Rio Grande do Sul (Sur de Brasil).	Investigar la influencia de la intensidad de la luz y la concentración de las aguas residuales de ribera de curtiduría sin ningún tipo de tratamiento previo en la producción de biomasa y eliminación o reducción de nutrientes mediante microalgas <i>Scenedesmus sp.</i> como agente depurador.	pH: 7.5 COT:1692mg/L Cl:7683mg/L DBO:1400 mg/L DQO:4000 mg/L P-PO4:6.6 mg/L N-NH3:343mg/L	<i>Scenedesmus sp.</i>	Concentración del 88,4% del efluente e intensidad de luz de 182.4 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y concentración de 100% del efluente e intensidad de luz de 200 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$	Para la concentración de 88,4% de efluente (0,90 g L-1) y concentración del 100% de efluente (0,85 g L-1)	Alta remoción de nitrógeno amoniacal de 77.57%, 85.63% y 80.05% y fósforo de 94.65%, 96.78% y 96,64% se observaron en ensayos con mayor concentración de aguas residuales de curtiduría, como el ensayo 2 y 4 (88,4%) y el ensayo 6 (100%), respectivamente.	Las microalgas <i>Scenedesmus sp.</i> lata crece en las aguas residuales de las curtidurías. El diseño compuesto central (CCD) mostró que la concentración de aguas residuales y la intensidad de la luz influyen en la cantidad de biomasa producida y en la eliminación de nitrógeno amoniacal y fósforo
4	Las aguas residuales se recolectaron de una curtiduría que procesa cuero desde wet-blue hasta cuero terminado, ubicada en la ciudad de Novo Hamburgo / RS, Brasil. Se tomó dos muestras: efluente crudo sin tratamiento (R) y efluente después de tratamiento secundario (B)	Analizar el crecimiento del consorcio de microalgas y la eficiencia para la remoción de Nitrógeno total, Fósforo y Amoníaco del efluente del procesamiento de la parte húmeda al acabado del cuero a diferentes concentraciones de efluentes y fotoperiodos		Se recolectó una muestra de microalgas en un estanque de tratamiento de efluentes desactivados de una Curtiduría, donde el predominio estaba dado por <i>Tetraselmis sp.</i>	Concentración 75% R y 25% B, con 24 horas de luz	1.40 g/L para la concentración 75% R y 25% B, con 24 horas de luz	24 horas de luz: 75R25B: N-NH3:100% NT:58.82% P-PO4:95.54% 50R50B: N-NH3:100% NT:71.54% P-PO4:97.94% 12 horas de luz: 75R25B: N-NH3:56.36% NT:41.67% P-PO4:97.39% 50R50B: N-NH3:70.16% NT:53.28% P-PO4: 97.37%	Este estudio demostró que el consorcio de microalgas creció en aguas residuales crudas de curtiduría siendo eficiente en la remoción de nitrógeno, amoníaco y fósforo.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
5	Se obtuvieron muestras de aguas residuales de curtiduría (TWW) de las salidas de aguas residuales de curtidurías ubicadas en el distrito Vellore de Tamilnadu.	Probar la capacidad de las microalgas aisladas <i>Scenedesmus sp.</i> para eliminar los metales pesados de las aguas residuales de las curtidurías y sus efectos en su crecimiento, además del EDS, Estudios SEM y FTIR para analizar la textura superficial, morfología y distribución de elementos de la biomasa.	pH:5.6 TSS:1753 mg/L TDS:2775mg/L DBO:326mg/L DQO:872mg/L OD:1.60mg/L Nitrito:49mg/L Fosforo:3.90mg/L Cr:12.8mg/L Cu:4.90mg/L Zn:7.2mg/L	<i>Scenedesmus sp.</i> (AUBAC-002) se aisló de las aguas residuales	Crecimiento máximo de 1180×10^4 células /ml, en la concentración de 50% de aguas residuales de curtileria	-	PH:8.3mg/L TSS:1134mg/L TDS:1634mg/L DBO:212mg/L DQO:548mg/L OD:11.2mg/L Nitrito:21.7mg/L (>44.3%) Fosforo:0.10mg/L (>95%) Cr:5.40mg/L Cu:1.91mg/L Zn:2.52mg/L	Es evidente que la factibilidad de cultivar <i>Scenedesmus sp.</i> (AUBAC-002) prevalece en las aguas residuales de las curtidurías de curtidores artesanales y ofrece alternativas prometedoras a las tecnologías tradicionales en el tratamiento de metales pesados.
6	La muestra de aguas residuales se tomó en una sola curtiduría ubicada en el barrio San Benito de Bogotá, Colombia. Se extrajo del efluente de la trampa de grasa antes de ingresar a una planta de tratamiento químico, y por lo tanto consistió en una mezcla pretratada de aguas de los diferentes procesos de la industria.	Evaluar el crecimiento de las microalgas <i>Scenedesmus sp.</i> a diferentes diluciones en las aguas residuales de las curtidurías, determinando el grado de remoción de nutrientes inorgánicos, carga orgánica como DBO y metales pesados	pH:10.14 Nitritos:44.6mg/L Nitritos:187mg/L Fosfatos:13.23mg/L Sulfatos:27.33mg/L Cromo total:5.05mg/L Cadmio:<0.06mg/L DBO:17363mg/L	<i>Scenedesmus sp.</i> se aisló mediante una serie de diluciones y siembra en placa de una muestra de humedal de Bogotá y se mantuvo en Medio Basal Bold (BBM)	Crecimiento con mayor biomasa en aguas residuales de curtidurías sin diluir	Aproximado de 0.8 mg /l a los 15 días de cultivo	pH:6.94 Nitritos:>90.1% Nitritos:>98.93% Fosfatos:>99.85% Sulfatos:>92.68% Cromo total:7.28% Cadmio: - DBO: 88%	A la luz de los resultados anteriores, se puede concluir que <i>Scenedesmus sp.</i> exhibió un claro papel remediador sobre el agua de curtiduría, lo que la convierte en una alternativa potencial para complementar los tratamientos secundarios de aguas residuales.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
7	Caracterización de biomasa y análisis filogenético de microalgas aisladas de estuarios: papel en la fitorremediación de efluentes de curtiembres	Explorar la capacidad de los aislados de microalgas para crecer en medios que contienen efluentes de curtidurías con cromo.		Se recolectaron muestras de microalgas de los estuarios del río Palar cerca de Vaniyambadi, distrito de Vellore. Los géneros identificados son: <i>Anabaena</i> , <i>Oscillatoria</i> , <i>Phormidium</i> y <i>Spirogyra</i> ,	La tasa promedio de crecimiento específico de las especies de microalgas en control y con efluente tratado para <i>Anabaena</i> fue de $0,166 \pm 0,08 \mu$ y $0,105 \pm 0,07 \mu$, para <i>Oscillatoria</i> fue $0,185 \pm 0,06 \mu$ y $0,128 \pm 0,05 \mu$, para <i>Phormidium</i> fue $0,168 \pm 0,05 \mu$ y $0,111 \pm 0,05 \mu$ y para <i>Spirogyra</i> fue $0,150 \pm 0,08 \mu$ y $0,101 \pm 0,07 \mu$, respectivamente	El contenido promedio de biomasa de especies de microalgas en medios con o sin efluentes para <i>Anabaena</i> fue de $5,245 \pm 0,82 \text{ g/L}$ y $2,508 \pm 0,63 \text{ g/L}$, para <i>Oscillatoria</i> fue $6,471 \pm 1,02 \text{ g/L}$ y $2,713 \pm 0,84 \text{ g/L}$, para <i>Formidio</i> fue de $5,771 \pm 0,26 \text{ g/L}$ y $2,663 \pm 0,42 \text{ g/L}$ y para <i>Spirogyra</i> fue $4,907 \pm 1,24 \text{ g/L}$ y $2,304 \pm 1,26 \text{ g/L}$,		Se aislaron cuatro especies diferentes de microalgas con actividad de fitorremediación de los estuarios que reciben efluentes de las curtidurías. Los estudios morfológicos y moleculares revelaron la identidad de especies de microalgas. <i>Oscillatoria</i> tiene una alta eficiencia de biosorción de Cr(VI) (90)
8	Las aguas residuales de las curtidurías (TW) se recolectaron fuera del punto de descarga de una industria de curtidos ubicada en Kanpur, en el norte de la India, a orillas del río Ganges	Evaluar la microalga, <i>C. vulgaris</i> por su potencial para reducir DBO, DQO, sulfatos, nutrientes inorgánicos, sólidos disueltos y cromo en el efluente.	pH:7.45 ST:5000mg/L SST:500mg/L SDT:3333.3mg/L DBO:1350mg/L DQO:4000mg/L H2S:11.75mg/L Sulfatos:178.69mg/L Nitratos:0.93mg/L NH3:2734mg/L Fosfatos:6.01mg/L Cr:3.22mg/L Mn:0.10mg/L Cu:0.02mg/L Zn:0.08mg/L Ca:265.1mg/L	Cultivo de <i>Chlorella vulgaris</i>	En comparación con el medio de cultivo de algas estándar, el crecimiento de células fue menor en el efluente de curtiduría diluido 1:1.		Efluente de curtiembre diluido (1:1) pH:7.20 ST: no analizado SST: no analizado SDT:1760.7mg/L DBO:27.3mg/L (95.93%) DQO:88.3mg/L (94.74%) Sulfatos:25.2mg/L (67.4%) Nitratos: 0.00 (100%) NH3: No rastreado Fosfatos:0.002mg/L (99%) Cr, Mn, Cu, Zn y Ca: no se midieron	Esta especie de algas se puede utilizar como un método alternativo y potencialmente de bajo costo para tratar el efluente de las curtidurías antes de su liberación a los sistemas naturales.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
9	El efluente utilizado en este estudio fue proporcionado por la curtiduría Ecológicas del Norte de la ciudad de Trujillo	Evaluar el crecimiento de las microalgas <i>Chlorella sp.</i> utilizando el efluente de la curtiduría de la etapa de remojo como reemplazo del nutriente convencional.		Las microalgas utilizadas en esta investigación fueron obtenidas del Laboratorio de Investigación del Agua (LIA) de la Universidad Nacional de Trujillo (UNT).	Con un 30% de agua de remojo en su punto máximo de crecimiento en la fase exponencial hasta 4.0×10^7 células / mL, en los 14 días, ya sea trabajando con microalgas en su primera etapa de contacto o aquellas que se adapten al afluente.	La mayor producción de biomasa se obtiene con la muestra al 15% del efluente solo hasta el octavo día, mientras que en la muestra al 30% del efluente, el crecimiento se mantuvo estable		El agua de remojo de las curtidurías se puede utilizar eficientemente como nutriente para el cultivo de microalgas, mientras que, aprovechando el efluente para tal fin, su vertido al alcantarillado y su posible contribución a la contaminación del agua y su impacto en la salud humana.
10	Aguas residuales originadas dentro de todo el proceso que implica el adobo y curtiduría de pieles	Evaluar Biotratamiento para reducir los nutrientes e inhibidores presentes en las aguas de remojo a través de uso de microalgas <i>Chlorella pyrenoidosa</i>	Nitrógeno amoniacal:676.1 mg/L Nitrógeno total:724.3 mg/L Salinidad:16.30% Fosfatos:11mg/L Sulfuro:11mg/L	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>	8.125×10^6 cel/ml Con un tiempo de residencia hidráulica igual a 6 y una conductividad de 25.6 mS/cm		Nitrógeno amoniacal:18.76mg/L Nitrógeno total: 25.05mg/L Salinidad:15.23% Sulfuro:0.87mg/L DBO:80% DQO:92%	La implementación de este biotratamiento de efluentes basado en el uso de un Tratamiento con microalga <i>Chlorella pyrenoidosa</i> , cumple con los límites máximo permisibles de DS 021-2009-VIVIENDA Y DS 003-2002-PRODUCE.
11	Las aguas residuales de las curtidurías se recolectaron de la salida de aguas residuales de las industrias de las curtidurías ubicadas en el distrito Erode (Latitud - 11.3410 ° N, Longitud - 77.7172 ° E), Tamilnadu, India.	Evaluar el crecimiento de <i>Chlorella vulgaris</i> en aguas residuales de curtiduría y su eficiencia para reducir la carga contaminante de las aguas residuales de curtiduría antes y después del tratamiento.	pH:5.5 EC:13.01 DBO:1560mg/L DQO:2920mg/L ST:7152mg/L STD:6370mg/L Cloruro:590mg/L Dureza Total:1288mg/L Bicarbonato:750mg/L Magnesio:54mg/L Nitrógeno amoniacal:17mg/L Fosfato18mg/L	<i>Chlorella vulgaris</i> El DPSF01 se obtuvo del Departamento de Ciencias Marinas de la Universidad Bharathidasan, Tiruchirappalli, Tamil nadu, India.	Crecimiento máximo a los 28 días 760×10^3 células/ml (15% de las aguas residuales de tenerías diluidas con agua del grifo)		Efluente 15% de dilution: pH:7.78 EC:2.19 DBO:333mg/L DQO:1314mg/L ST:2578mg/L STD:2348mg/L Cloruro:180mg/L Dureza Total:428mg/L Bicarbonato:177mg/L Magnesio:26mg/L Nitrógeno amoniacal:8.12mg/L Fosfato:10.68mg/L	Los resultados de esta investigación concluyeron que en las aguas residuales de tenerías, <i>Chlorella vulgaris</i> tiene un potencial notable para sobrevivir y también absorbe nutrientes y metales pesados de las aguas residuales de las curtidurías.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
12	El efluente compuesto crudo de una curtiduría se recogió de una planta común de tratamiento de efluentes (CETP) ubicada en Vellore, Tamil Nadu (12° 55' 12" N; 79° 20' 55.28" E), India,	Optimizar e investigar los efectos de las condiciones de cultivo como la temperatura, la intensidad de la luz, la densidad del inóculo inicial y el fotoperiodo sobre el crecimiento de microalgas y la eficiencia de la fitorremediación en OPTE.		Una microalga de agua dulce <i>Chlorella sorokiniana</i> aclimatado al agua de mar diluida (23% de salinidad) y microalgas marinas <i>Nannochloropsis oculata</i> y <i>Chlorella vulgaris</i> se utilizaron para resistir la salinidad del efluente de las curtidurías.	<i>Nanocloropsis Oculata:</i> 25°C 152 μmolm ⁻² s ⁻¹ 25% (v/v) 16 horas <i>Chlorella vulgaris</i> 25.5°C 148 μmolm ⁻² s ⁻¹ 30% (v/v) 16 horas <i>Chlorella sorokiniana</i> 27.5 °C 150 μmolm ⁻² s ⁻¹ 30% (v/v) 16 horas	En condiciones óptimas de cultivo <i>N. oculata</i> , <i>C. vulgaris</i> , y <i>C. sorokiniana</i> han producido 0,67 g / L, 0,85 g / L y 1,06 g / L de biomasa.		La importancia de optimizar las condiciones de crecimiento de microalgas como temperatura, intensidad de luz, densidad de inóculo y período de luz para mejorar el rendimiento de biomasa. los hallazgos del presente estudio podrían ser beneficiosos para el tratamiento de OPTE junto con la recuperación de biomasa de valor agregado a gran escala
13	Una muestra puntual de agua residual fue recolectada en una curtiembre ubicada en el barrio San Benito de la ciudad de Bogotá D.C.	Evaluar la capacidad del crecimiento de la microalga verde <i>Scenedesmus sp.</i> en un agua residual de curtiembre, determinando la remoción de los principales contaminantes del efluente y comparando la eficiencia entre un tratamiento con células libres y otro con células inmovilizadas en una matriz de Luffa.	NO ₃ (Nitrato):70mg/L NO ₂ :0.1mg/L NH ₄ :23.6 mg/L PO ₃ :30.6mg/L SO ₂ :10200mg/L DBO:3280mg/L DQO:7960mg/L Cr total:156.7mg/L Cr ⁶ : 0.08mg/L PH:8.55 Conductividad μScm ⁻¹ >2999 SST:0.01mg/L SS:1.5mg/L Oxígeno disuelto:0.23mg/L	<i>Scenedesmus sp.</i> ,	Agua residual diluida con agua destilada (1:1). La tasa de crecimiento en los tratamientos con células libres correspondió a 0.006d ⁻¹ con una producción diaria de biomasa de 0.013 mgmL ⁻¹ d ⁻¹ , mientras que las células inmovilizadas presentaron una tasa de decrecimiento de 0.022 d ⁻¹ con una disminución diaria de biomasa inmovilizada de 17.88 mgmL ⁻¹ d ⁻¹		<i>Scenedesmus sp</i> (células libres) NO ₃ (Nitrato):94.1% NO ₂ :73.3% NH ₄ :95.7% PO ₃ :83.7 SO ₂ :89.7% DBO:98.07 DQO:94.4% Cr total:98.5% Cr ⁶ : 40.8% <i>Scenedesmus sp</i> NO ₃ (Nitrato):99.1% NO ₂ :49.3% NH ₄ >95.7% PO ₃ :>83.7 SO ₂ :89.7% DBO:98.07% DQO:94.4% Cr total:94.07% Cr ⁶ : -50.00%	<i>Scenedesmus</i> creció utilizando el agua residual de curtiembre como sustrato, especialmente en forma de células libres. Sin embargo, a pesar de estas diferencias en el crecimiento, ambos tratamientos (libres e inmovilizadas) presentaron remociones importantes de N, P, Cr y materia orgánica (medida como DBO y DQO).

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
14	Se tomó la muestra de curtiduría ubicada en la provincia de Western Cape, Sudáfrica, que recibió alrededor de 460 m ³ / día, de efluente del procesamiento de 1500 cueros a cuero wet blue diariamente	Uso potencial de efluentes de tenerías como medio de producción para el cultivo de biomasas de <i>Arthrospira</i>	DQO:2474 mg/L Amoniaco como NH ₃ :731 mg/L PO ₄ :19 mg/L Calcio:226mg/L Cloro:4048mg/L Sodio:3090mg/L Sulfato:364mg/L Sulfuro:1192mg/L Alcalinidad total:525 mg/L Oxígeno disuelto:0.01 Salinidad :10 g/L pH:8.2	La cepa utilizada en el estudio se obtuvo de la curtiduría WSP. Fue identificado provisionalmente como <i>Arthrospira platensis</i> y anteriormente se demostró que crecía mixotróficamente en este medio.	el reactor se alimentó sucesivamente con efluente de curtiduría sin diluir (pH 8,2) a tasas de carga del 3%, 5% y 8% del volumen del reactor diario, siendo la mejor la de 5% a una temperatura 25 °C, y un ciclo de 12 horas de oscuro/claro	En la tasa de carga al 5%, la productividad volumétrica de biomasa fue de 8.65 mg/ L/ d	La carga del 5% resultó ser la más alta en la que se pudo mantener una operación estable y aquí la DQO se redujo en un 86%, el amoníaco en un 92% y el fosfato se eliminó por completo	Los estudios de ampliación han demostrado la viabilidad técnica en el uso de efluentes de tenerías como medio de crecimiento para <i>Arthrospira</i> . La producción de esta microalga rinde alrededor de 16 t ha/ año (masa seca), la contaminación por metales pesados del <i>Arthrospira</i> la biomasa puede ser un problema en estas aguas residuales, pero puede reducirse sustancialmente en una etapa de pretratamiento anaeróbico.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
15	La muestra del efluente de la curtiduría se tomó del área de la Corporación de Desarrollo de Pequeñas Industrias (SIDCO), Ranipet, Vellore, Tamil Nadu, India.	Capacidad de biosorción y la actividad de captura de CO2 por la microalga multipotente de agua dulce, <i>N. aquatica</i>	pH:8.9 Azufre:250.70mg/L Cloro residual:215.89mg/L Carbono:106.13mg/L Fosfato:194.61mg/L Sulfato:155.09mg/L Cloruro:237.97mg/L Calcio:221.65mg/L Potasio:176.25mg/L Magnesio:189.54mg/L Sodio:228.10mg/L Fosforo:130.10mg/L Amoniac:129.69mg/L Nitrat:215.46 mg/L Carbono orgánico total:74.69mg/L Solidos disueltos totales:5.900mg/L Solidos totales:6.010mg/L Solidos suspendidos totales:60mg/L Demanda química de oxígeno:4.500mg/L Demanda biológica de oxígeno:400mg/L	<i>Neochloris aquatica</i> , se aislo del lago de agua dulce en Kuppanur (11.7447- N, 78,2804-E), Tamil Nadu, India.	200 L de cultivo de microalgas se transfirieron a los 1800 L de efluente de la curtiduría y se suministraron continuamente 100 ml /min de gas CO2. . Este diseño experimental se realizó durante una etapa de 15 días en modo discontinuo bajo luz solar directa.	La producción de biomasa fue de 3,9 ± 0,002 mg / ml / día	A los 15 días de evaluación: pH:7.9 Azufre:20.36mg/L Cloro residual:8.96mg/L Carbono:5.31mg/L Fosfato:35.80mg/L Sulfato:48.40mg/L Cloruro:39.56mg/L Calcio:10.41mg/L Potasio:16.90mg/L Magnesio:19.66mg/L Sodio:19.32mg/L Fosforo:4.47mg/L Amoniac:43.89mg/L Nitrat:18.56 mg/L Carbono orgánico total:5.43mg/L Solidos disueltos totales:345mg/L Solidos totales:975mg/L Solidos suspendidos totales:4.9mg/L Demanda química de oxígeno:290mg/L Demanda biológica de oxígeno:10.5mg/L	La cepa de microalgas recién aislada <i>N. aquatica</i> RDS01 tiene una multitud de funciones biológicas que se preocupan por resolver problemas ambientales. verbigracia., biosorción de metales pesados, biorremediación de efluentes de tenerías, CO2 el secuestro y las células de microalgas mejoraron las funciones metabólicas intracelulares para el CO2 proceso de secuestro, utilizó la mayor cantidad de CO atmosférico2 y aumentó las interacciones de metales pesados.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
16	Aguares residuales domésticas tratadas de forma secundaria y efluentes de curtiduría (licor de remojo y aguares residuales de curtiduría compuestas)	Investigar el rendimiento de eliminación de nutrientes entre cuatro especies seleccionadas, a saber, <i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Chlamydomonas sp.</i> , <i>Chlorococcum sp.</i> y <i>Scenedesmus dimorphus</i> a diferentes concentraciones de nitrógeno y fósforo en la operación por lotes utilizando aguares residuales sintéticas	NO3-N: 16.79mg/L NH4-N:152.6 mg/L DQO:851.2mg/L PO4-P:2.32mg/L	<i>Chlorella vulgaris</i> , <i>Chlamydomonas sp.</i> , <i>Chlorococcum sp.</i> ,y <i>Scenedesmus dimorphus</i>	Efluentes de curtiduría, inoculados con una suspensión de la microalga de <i>Chlorella vulgaris</i> precultivadas los matraces se mantuvieron en agitador rotatorio con iluminación y mezcla uniforme. Esto se llevo cabo a temperatura ambiente durante 15 días.	Luego del tratamiento de aguares residuales con <i>Chlorella vulgaris</i> , se caracterizó el contenido celular como Carbohidratos, lípidos y proteínas. Se encontró que el contenido de carbohidratos era de 194 mg / L para la biomasa de algas recolectada de las aguares residuales domésticas tratadas de forma secundaria. De manera similar, se encontró que el total de proteínas y lípidos era de 162,3 mg / L y 143,8 mg / L.	Porcentaje de remoción de: NO3-N: 86.6% NH4-N:55% DQO:43.4% PO4-P:0.5%	De las 4 especies estudiadas, <i>Chlorella vulgaris</i> mostró la máxima eficiencia de remoción de nutrientes tanto para NH4-N como PO4-P en aguares residuales sintéticas. Nuestros hallazgos, demostraron que <i>Chlorella vulgaris</i> tiene la capacidad de crecer en diferentes corrientes de aguares residuales y podría tolerar altas concentraciones de TDS y sal, y se sugiere que el tratamiento de aguares residuales con microalgas puede ser una mejor alternativa al sistema de tratamiento convencional para la eliminación efectiva de nutrientes. de las aguares residuales y también una forma rentable y ecológica de eliminación de nutrientes y producción de biomasa.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
17	<p>El muestreo se hizo en el río Challawa, este se encuentra dentro de la latitud 11.928128N y la longitud 8.516531E. Los sitios de muestreo fueron 3: de algas y efluentes. SITIO A- Río Challawa, donde se encuentra la muestra de agua en la que se aislaron especies de algas. SITIO B- G, alrededores del Área Industrial Challawa, se recogió el primer efluente y se utilizó para el cultivo de especies de algas. SITIO C- M, ubicada alrededor del Área Industrial Challawa, donde se tomó la segunda muestra de efluente.</p>	<p>Determinar las propiedades fisicoquímicas de efluentes de curtiduría y la evaluación de la bioremediación de <i>Spirogyra porticalis</i> Y <i>Chlorella vulgaris</i></p>		<p>Se aislaron del Río Challawa <i>Spirogyra porticalis</i> y <i>Chlorella vulgaris</i></p>	<p>2 ml de cultivo de 25 días de <i>C. vulgaris</i> y <i>S. porticalis</i> se agregaron como inocula inicial en cada matraz que contenía 200 ml de muestra de aguas residuales. El experimento se realizó en condiciones controladas (Temp. 27 ± 2° C) durante 6 meses.</p>		<p>Después de 9 semanas. Curtiduría M: Temperatura:31.83°C Ph:12.61 Conductividad eléctrica:8.42µS/cm Sólidos totales disueltos 1919mg/L Oxígeno disuelto: 4.36mg/L Demanda bioquímica de oxígeno:0.62mg/L Curtiduría G: Temperatura:30.30°C Ph:12.10 Conductividad eléctrica:6.92µS/cm Sólidos totales disueltos 1916mg/L Oxígeno disuelto: 4.81mg/L Demanda bioquímica de oxígeno:0.72mg/L</p>	<p>Esta investigación muestra que ambas especies son aptas para la biorremediación y también son específicas de las curtidurías.</p>
18	<p>Las aguas residuales de curtiduría tratadas secundarias se recolectaron de una planta de tratamiento de efluentes común ubicada en Tamil Nadu, India</p>	<p>Efecto de la relación la proporción de alimento a microalgas, para mejorar la eficiencia del tratamiento e investigar el potencial de biometano (BMP) de la biomasa de algas cultivadas para la producción de bioenergía a través de la digestión anaeróbica.</p>	<p>NH3-N: 252mg/L NT:448mg/L NO3-N:2.25mg/L PO4-P:2.2mg/L Carbono orgánico total:275.45mg/L</p>	<p>Culturas puras de <i>Chlorella vulgaris</i>, <i>Clamidia sp.</i>, <i>Clorococcum sp.</i>, y <i>Scenedesmus dimorphus</i> recolectados del Centro de Estudios Avanzados en Botánica, Universidad de Madras, Chennai, India, donde <i>C. vulgaris</i> fue seleccionado.</p>	<p>Fotobiorreactor tubular (PBR) a escala de laboratorio con una capacidad de 7 L y un volumen de trabajo de 5 L de BBM a 27 ° C ± 2 ° C completamente aireado (0.5 vvm) con ciclos de luz y oscuridad de 16h: 8h a una luz intensidad de 5.000–6.000 lux</p>		<p>Porcentaje de remoción: NH3-N: 66.6% NT:62.5% NO3-N:70.02% PO4-P:62.62% Carbono orgánico total:69.09% DQO:61.49%</p>	<p>Este estudio concluye que existe un aspecto prometedor en la asimilación del nitrógeno amoniacal de los efluentes de curtiduría tratados secundarios por <i>C. vulgaris</i>. Además, la biomasa de microalgas recolectada del tratamiento tiene un alto valor económico para la producción de bioenergía como fuente potencial de energía renovable.</p>

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
19	En el presente estudio, las muestras de efluentes de tenerías se recolectaron de Melvisaram, distrito de Vellore, Tamil Nadu, India. Las muestras de efluentes se recogieron en un recipiente estéril, se llevaron al laboratorio y se almacenaron a 4 ° C hasta su posterior procesamiento	Investigar la producción de biomasa a partir de las posibles microalgas, <i>Clorella sp.</i> junto con su capacidad para secuestrar CO2 y eliminar los metales pesados del efluente de las curtidurías con un 90% de adaptación de la concentración	pH:9.8 Solidos disueltos totales :2204 mg/L Solidos totale:2208mg/L Solidos totalmente suspendidos:35mg/L Cloruro:845mg/L Dureza total: 764mg/L Calcio:517mg/L Magnesio: 137mg/L Alcalinidad total: 524mg/L Hierro: 0.05 mg/L Fosfato: 0.03mg/L Demanda química de oxígeno:5349 mg/L Demanda biológica de oxígeno:393 mg/L	Se recolectó agua dulce asociada con microalgas del lago Yercaud, Tamil Nadu, India, y se identificó a la microalga <i>Chlorella sp.</i>	Se transfirieron 3 L de cultivo puro de especies de microalgas a 50 L fotobiorreactor que contenía 37 L de efluente de curtiduría. El tanque de plástico se habilitó con CO ₂ continuo (puro) suministro de gas con 50 ml / min y la instalación se incubó durante 20 días en operación por lotes en condiciones de laboratorio	Taza de flujo de 100ml/min., la productividad de biomasa fue de 1.9 mg / mL / día	pH: 8.19 Solidos disueltos totales :218 mg/L Solidos totalmente suspendidos:226mg/L Solidos totalmente suspendidos:5mg/L Cloruro:46mg/L Dureza total: 136 mg/L Calcio:25mg/L Magnesio: 20mg/L Alcalinidad total:453 mg/L Hierro: trazas Fosfato: trazas Demanda química de oxígeno:243 mg/L Demanda biológica de oxígeno:19 mg/L	Los resultados del presente estudio ofrecen posibles aplicaciones de microalgas, <i>Clorella sp.</i> para la remoción de diferentes metales pesados de los efluentes de las curtidurías. Las microalgas aisladas, <i>Clorella sp.</i> , y también nos ayuda a fijar CO2 del medio ambiente

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
20	Los efluentes de la industria del cuero crudo se recolectaron de dos lugares diferentes en el distrito de Vellore en Tamil Nadu, India, BHEL (Bharat Heavy Electronics Limited) (12.9321 ° N, 79.3335 ° E) y Walajapet (12.9250 ° N, 79.3669 ° E).	Estudio del tratamiento a base de algas de los efluentes de tenerías recolectados de dos sitios, a saber, BHEL y el área de Walajapet en Tamilnadu, y tratarlos con microalgas de agua dulce y cianobacterias.	<p>Área: BHEL</p> <p>pH:9.27 Solidos disueltos totales:5849 ppm Solidos totales:5910ppm Solidos totalmente suspendidos:54ppm Cloruro: 3190ppm Sulfato: 1423ppm Cromo:21ppm Dureza total. CaCo3:1180ppm Calcio:179ppm Magnesio:143 Alcalinidad total:623ppm Hierro:0.05ppm Fosfato: trazas Demanda química de oxígeno: 4269 ppm Demanda biológica de oxígeno: 398ppm</p> <p>Área de Walajapet: pH:9.44 Solidos disueltos totales:3075 ppm Solidos totales:3124 ppm Solidos totalmente suspendidos:45ppm Cloruro: 1276ppm Sulfato: 598ppm Cromo:18ppm Dureza total. CaCo3:1150ppm Calcio:180ppm Magnesio:130ppm Alcalinidad total:644ppm Hierro:0.05ppm Fosfato: trazas Demanda química de oxígeno: 4128 ppm Demanda biológica de oxígeno: 351ppm</p>	Las microalgas <i>Chlorella sp.</i> Se obtuvieron SRD3 (banco de genes NCBI, número de acceso-MH879820) del departamento de microbiología y se aisló la cepa de cianobacterias de la presa de Mettur, Salem, Tamilnadu	La concentración más efectiva fue del 50% (5,0 ml de muestra de efluente + 5,0 ml de alga),	<p>Área BHEL: La biomasa más alta fue de <i>Chlorella sp.</i> con 0,295 g / l al 50% de concentración el día 12</p> <p>Área Walajapet: La biomasa mas alta fue de <i>Chlorella sp.</i> 0.387 g / l en el efluente tratado con 50% de algas</p>	<p>Área: BHEL pH:9.50 Solidos disueltos totales:1960 ppm Solidos totales:1988ppm Solidos totalmente suspendidos:14ppm Cloruro: 1389ppm Sulfato: 398ppm Cromo:8ppm Dureza total. CaCo3:170ppm Calcio:32ppm Magnesio:25 Alcalinidad total:512ppm Hierro:0.02ppm Fosfato: trazas Demanda química de oxígeno: 1019 ppm Demanda biológica de oxígeno: 66ppm</p> <p>Área de Walajapet: pH:9.31 Solidos disueltos totales:1219 ppm Solidos totales:1228 ppm Solidos totalmente suspendidos:6ppm Cloruro: 771ppm Sulfato: 269ppm Cromo:7ppm Dureza total. CaCo3:41ppm Calcio:180ppm Magnesio:29ppm Alcalinidad total:507ppm Hierro:0.03ppm Fosfato: trazas Demanda química de oxígeno: 912 ppm Demanda biológica de oxígeno: 44ppm</p>	Los residuos del efluente de las curtidurías fueron tratados inicialmente con microalgas y cianobacterias a una concentración del 50% que procura su máximo crecimiento. La clorofila se estimó inicialmente, así como durante el tratamiento a escala de laboratorio, en mayor cantidad y los parámetros fisicoquímicos mostraron tasas de reducción más altas. Como <i>Chlorella sp.</i> fue capaz de degradar los efluentes de manera eficiente, puede emplearse como una fuente natural para la biorremediación en las industrias del cuero antes de descargar el efluente al medio ambiente.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
21	Se realizó una recolección de una muestra de efluente que contenía microalgas en un decantador de tratamiento de efluentes desactivado en una planta de tratamiento de efluentes de una curtiduría de procesamiento completo (etapa de ribera hasta cuero terminado)	Investigar el uso de un consorcio de microalgas recolectadas de un decantador de efluentes de curtiduría desactivado, para el tratamiento de tres tipos de efluentes recolectados en una planta de tratamiento de efluentes que procesa cuero desde wetblue hasta acabado	<p>Efluente crudo (50RE50W) P-PO4:2.16mg/L TNK:155.40 mg/L N-NH3:53.90mg/L COT: 1721.72mg/L</p> <p>Efluente después de la coagulación / floculación primaria (50PE50W) P-PO4:2.06mg/L TNK:140.00 mg/L N-NH3:58.54mg/L COT: 1150.20mg/L</p> <p>Efluente después del tratamiento biológico primario y secundario (50BE50W) P-PO4:2.06mg/L TNK:127.40 mg/L N-NH3:49.66mg/L COT: 589.70mg/L</p>	Consortio de microalgas, donde <i>Tetraselmis sp.</i> era el género dominante de microalgas	Efluentes diluidos en agua destilada al 50%: efluente crudo (50RE50W), efluente después de la coagulación / floculación primaria (50PE50W) y efluente después del tratamiento biológico primario y secundario (50BE50W), los cultivos se realizaron en fotobiorreactores de 500 mL llenos de 300 mL de volumen final	El efluente después de la coagulación / floculación primaria (50PE50W), presentó la mayor concentración de biomasa (1,77 g/L).	<p>Efluente crudo (50RE50W) P-PO4:0.33mg/L TNK:26.60 mg/L N-NH3:no determinado COT: 843.44mg/L</p> <p>Efluente después de la coagulación / floculación primaria (50PE50W) P-PO4:0.23mg/L TNK:33.60 mg/L N-NH3:no determinado COT: 648.30 mg/L</p> <p>Efluente después del tratamiento biológico primario y secundario (50BE50W). P-PO4:0.17mg/L TNK:32.20 mg/L N-NH3:no determinado COT: 289.30mg/L</p>	El consorcio de microalgas mostró un alto rendimiento de crecimiento en el tratamiento de efluentes de curtiduría en condiciones diluidas

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
22	Efluente de curtiduría, se tomó una muestra de descarga de una tenería industria ubicada en el Estado de México, México. No se especifica la ubicación debido a un acuerdo de confidencialidad relacionado con las estrictas leyes ambientales en México	Desarrollar un proceso de biorrefinería sustentable utilizando como materia prima un consorcio nativo de microalgas aisladas de una planta de tratamiento de aguas residuales, que posteriormente se utiliza para el tratamiento de un efluente de curtiduría con Cr (III), y la generación de bioproductos.	Sólidos totales: 15,0767mg/L Sólidos disueltos:6000mg/L Sólidos volátiles: 37,826 mg/L DQO:1074mg/L pH:5.25 Nitrogeno Kjeldhal total: 120.74 Fosforo:18.67mg/L Cr total:5064mg/L Cr (III):5061mg/L Cr(VI):0.023mg/L	Las especies que componen del consorcio de microalgas nativas se identificaron <i>Tetradlesmo oblicuo</i> y <i>Scenedesmus sp.</i>	Se utilizaron fotobiorreactores de 1 L con una relación de volumen de 50 % de inóculo y 50 % de medio, incubados a temperatura ambiente e intensidad de luz de 20 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$,	Biomasa fue de $2,62 \times 10^8 \pm 4,25 \times 10^7$ células /ml		En este estudio se aisló un consorcio de microalgas nativas de una planta de tratamiento de aguas residuales como una alternativa sustentable y viable para la implementación de una biorrefinería basada en el tratamiento de efluentes con Cr (III), con el fin de producir biocombustibles y otros bioproductos. En la etapa 2 se cultivó la NMC en dos fotobiorreactores, se evaluó su desarrollo a través de la producción de biomasa, pH, carbohidratos y proteínas

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
23	Las aguas residuales de curtiduría se obtuvieron de una planta de tratamiento de aguas residuales de curtiduría ubicada al este de la zona de desarrollo económico de Guannan, ciudad de Lianyungang, provincia de Jiangsu, China	Investigar las aguas residuales de curtiduría como medio potencial para el cultivo de microalgas, mejorar el balance de nutrientes en el medio, optimizar la productividad de biomasa y lípidos y disminuir el tiempo necesario para alcanzar la fase estacionaria.	<p>Agua residual de curtiduría: A una concentración del 25% (<i>Chorella sorokiniana</i>)</p> <p>DQO:181mg/L NH4-N:37.34mg/L PO4-P: 0.122mg/L</p> <p>A una concentración del 25% (<i>Chorella variabilis</i>)</p> <p>DQO:145mg/L NH4-N:49.78mg/L PO4-P: 0.122mg/L</p> <p>A una concentración del 25% (<i>Scenedesmus sp.</i>)</p> <p>DQO:308mg/L NH4-N:82.26 mg/L PO4-P: 0.53mg/L</p>	Tres cepas de microalgas, <i>C. sorokiniana</i> (FACHB-275), <i>Scenedesmus sp.</i> (FACHB-489) y <i>C. variabilis</i> (FACHB-171) se utilizaron en este experimento y fueron proporcionados por el Instituto de Hidrobiología de la Academia de Ciencias de China.	El agua residual sin tratar de la tenería se diluyó con agua destilada a una concentración de 40%, la temperatura adaptada a 25 °C con agitación dos veces al día e iluminación continua de 40µmol fotones m ² /S y un ciclo de luz/oscuridad de 14/10 h.	La biomasa fue más alta en <i>Chlorella variabilis</i> , a una concentración de aguas residuales de curtiduría al 40 % con 0,64 g/L	<p>Agua residual de curtiduría: A una concentración del 25% (<i>Chorella sorokiniana</i>)</p> <p>DQO:80% NH4-N:74% PO4-P: 93%</p> <p>A una concentración del 25% (<i>Chorella variabilis</i>)</p> <p>DQO:84% NH4-N:68% PO4-P: 93%</p> <p>A una concentración del 25% (<i>Scenedesmus sp.</i>)</p> <p>DQO:66% NH4-N:47% PO4-P: 70%</p>	El cultivo de células de microalgas utilizando aguas residuales de curtiduría como medio observó un crecimiento considerable y un mayor contenido de clorofila y azúcar en comparación con el medio de control en <i>C. sorokiniana</i> , <i>C. variabilis</i> y <i>Scenedesmus sp.</i> La biomasa y los lípidos totales mejoraron mucho en las diferentes concentraciones con todas las cepas excepto en una concentración del 60% en <i>Scenedesmus sp.</i> Los parámetros de calidad del agua, DQO, amonio y fósforo fueron testigos de índices de remoción considerables

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
24	Las aguas residuales de curtiduría (TW) se recogieron fuera del punto de descarga de una industria de curtiduría ubicada en Kanpur, en el norte de India, a orillas del río Ganges	Evaluar la microalga, <i>C. vulgaris</i> por su potencial en la reducción de DBO, DQO, sulfatos, nutrientes inorgánicos, sólidos disueltos y cromo en el efluente	<p>Agua residual sin procesar:</p> <p>pH:7.45 Salinidad (PSU):15 Sólidos totales:5000.00mg/L Sólidos suspendidos totales: 500.00 mg/L Sólidos disueltos totales 4333.33 mg/L DBO:1350.00mg/L DQO:4000.00mg/L H2S (S2):11.75mg/L Sulfatos:178.69mg/L Nitratos:0.93mg/L NH3:2734.16mg/L Fosfatos:6.01mg/L Fenoles:3.80mg/L Cr:3.22mg/L Mn:0.10mg/L Ni:0.05mg/L Cu:0.02mg/L Zn:0.08mg/L Ca:265.10mg/L Mg:33.40mg/L</p> <p>Agua residual diluida (1:1) sin tratar: DBO: 658.40mg/L DQO:1747.24mg/L NO3-N:0.385mg/L PO4-P:3.852mg/L SO4-S:75.34mg/L Cr:0.877mg/L Cr 6:0.577mg/L TDS:3333.33mg/L</p>	Microalga <i>Chlorella vulgaris</i>	La mejor dilución en aguas residuales de la curtiduría fue al 50 % (1:1) con agua del grifo, el cultivo se hizo crecer durante 21 días a una temperatura constante de 28 ± 0,5 °C bajo luces fluorescentes a 150–300 μmol fotones m ⁻² s ⁻¹ (10:14-h fotoperíodo luz/oscuridad). S		<p>Agua residual diluida (1:1) tratado día 21:</p> <p>DBO: 27.33mg/L DQO:88.33mg/L NO3-N:0.00 PO4-P:0.002mg/L SO4-S:25.16mg/L Cr:0.00 Cr⁶:0.00 TDS:1766.70mg/L</p>	Este estudio es útil para comprobar que el tratamiento por <i>C. vulgaris</i> tiene importancia en la reducción de la carga de contaminación de las aguas residuales de curtiduría con alta eficiencia. Por lo tanto, esta especie de alga se puede utilizar como método alternativo y potencialmente económico para tratar los efluentes de las curtiembres antes de liberarlos en los sistemas naturales.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
25	El efluente de las curtidurías se recolectó de las fuentes de salida de las curtiembres ubicadas en el distrito de Vellore de Tamil Nadu	fitorremediación de los efluentes de curtiduría y la producción de lípidos resultante y examinó los cambios en el mecanismo de defensa antioxidante contra los metales para la producción de ácidos grasos.	<p>Efluente crudo:</p> <p>Temperatura: 26.8 °C pH:5.6 TDS:2775mg/L DBO:326mg/L DQO:872mg/L OD:1.6mg/L Nitrógeno total:49mg/L Fosforo:3.9mg/L</p> <p>Efluente diluido al 50%</p> <p>Temperatura: 25.2 °C pH:6.0 TDS:1350mg/L DBO:248mg/L DQO:685mg/L OD:2.20mg/L Nitrógeno total:26mg/L Fosforo:2.7mg/L Cr:6.70mg/L Cu:2.6mg/L Zing:4.80mg/L</p>	Se utilizó la microalga <i>Chlorella sp.</i> de agua dulce, que se aisló del hábitat local	Dilución de aguas residuales de la curtiduría al 50 % con agua destilada, temperatura controlada (27,5-C) y 4000 lx (Lutron Lx 101A) la iluminación fue proporcionada por lámparas fluorescentes blancas frías continuas con un período de luz/ oscuridad de 12:12 horas	La máxima concentración de células fue de 114.5×10^5 células /ml	Efluente diluido al 50%: pH:8.9 TDS:1160mg/L DBO:94mg/L DQO:232mg/L OD:9.5mg/L Nitrogen total:5.3mg/L Fosforo:0.02mg/L Cr:1.80mg/L Cu:0.25mg/L Zn:0.90mg/L	Los hallazgos del presente estudio sugieren el posible uso de algas como candidatas para la fitorremediación. 50% de aguas residuales apoya el crecimiento saludable de las algas, así como en el sentido del contenido de clorofila y la producción de lípidos.
26	Se tomaron muestras puntuales de aguas residuales textiles y aguas residuales de curtiduría sin pretratamiento;	Proponer un modelo dinámico que permite evaluar la cantidad de biodiesel a partir de microalgas generadas utilizando aguas residuales industriales como sustrato de crecimiento	<p>Agua residual de curtiduría;</p> <p>pH:10.14 Conductividad: 33.6 µS/cm DBO:17363mg/L Nitrógeno inorgánico:231mg/L Fosfatos:13.23mg/L Sulfatos:27.33mg/L</p> <p>Agua residual de textilera:</p> <p>pH:7.68 Conductividad: 1482 µS/cm DBO:1153mg/L Nitrógeno inorgánico:351mg/L Fosfatos:157mg/L Sulfatos:2.5mg/L</p>	El <i>Scenedesmus sp.</i> microalga fue aislada de un humedal de Bogotá, Colombia	Volumen de 600 ml de cultivo (5000 rpm durante 5 minutos) y se adicionó a 600 ml de efluente industrial (relación final 1:1)	La mayor producción de biomasa se obtuvo con aguas residuales de curtiduría alcanzando una producción neta de 0,1630 g/L		Del agua evaluada, permitió una mayor producción de biodiesel al favorecer la generación de biomasa con alta cantidad de lípidos. Esta biomasa fue representada por un modelo básico de crecimiento el cual asume que no existe restricción por nutrientes. Esta genera una cantidad de lípidos en función de la relación nitrógeno-fósforo que presenta el efluente industrial, con mayor producción en condiciones de baja concentración de nitrógeno.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
27	El efluente de la curtiduría recolectado del río Palar de Ambur, distrito de Vellore, Tamil Nadu, India, ubicado en 12,78° N 78,7° E de longitud y latitud	Explorar el efecto protector de <i>A. platensis</i> contra la toxicidad por cromo, cadmio y plomo en efluentes de curtiduría.	Solidos totales (TS): 158.00mg/L Solidos suspendidos totales(TSS):8.00mg/L Solidos disueltos totales(TDS):150.00mg /L	<i>A. (Spirulina) platensis</i> La especie se obtuvo del Centro de Estudios Avanzados en Botánica de la Universidad de Madrás, Tamil Nadu, India		Contenido de biomasa de <i>A. platensis</i> se registraron como 67.88 % en 50 % de efluente cuando se comparó con el control (aprox. 11g/L).Se redujo la biomasa por presencia de metales	Solidos totales (TS): 150.00mg/L Solidos suspendidos totales(TSS):6.00mg/L Solidos disueltos totales(TDS):142.00mg/L	<i>Astrosira platensis</i> tiene la capacidad de combatir el estrés por metales pesados mediante la inducción de enzimas antioxidantes demostrando su potencial utilidad en la fitorremediación de efluentes de curtiduría. <i>A. platensis</i> mostraron una disminución de la tasa de crecimiento, clorofila total y contenido de proteína total en el tratamiento de efluentes durante las diferentes fases del estudio.
28	Se recogieron las aguas residuales descargadas de una industria de fabricación de cuero para prendas de vestir en Chennai, Tamilnadu	Estudiar la eficacia de la inmovilización integrada Bacilo sp. en reactor quimioautotrófico de oxidación de carbón activado y la microalga <i>Synechocystis sp.</i> , inoculado en un reactor para el tratamiento de efluentes de curtiduría	Aguas residuales de curtiduría sin tratar: pH:5.65 DQO:3092mg/L DBO:992mg/L TOC:1179mg/L Sulfuro:16mg/L Sulfato:1165mg/L Ácidos grasos volátiles:1172mg/L Bicarbonato:211mg/L Aguas residuales de curtiduría tratadas con el reactor quimioautotrófico de oxidación de carbón activado: pH:7.42 DQO:412mg/L DBO:43mg/L TOC:195mg/L Sulfuro:0mg/L Sulfato:1068mg/L Ácidos grasos volátiles:338mg/L Bicarbonato:166mg/L	La microalga utilizada en nuestro estudio fue la <i>Synechocystes sp.</i> recolectadas de las paredes de los canales utilizados para la eliminación de aguas residuales tratadas en la planta de tratamiento de efluentes de una industria de fabricación de cuero para prendas de vestir	Se utilizó un reactor discontinuo, cada uno con una capacidad de 5 litros y una profundidad de agua de 0,10 m. La temperatura de cultivo se mantuvo a 28±4 °C, la aireación continua se dispuso mediante difusores microporosos de acero inoxidable sinterizado.	El rendimiento de biomasa de algas se incrementó de 0,2 mg/L al inicio a 1,4 mg/L al final, aprox. a los 20 días	Tratamiento final con lote de algas: pH:7.92 DQO:167mg/L DBO:20mg/L TOC:78mg/L Sulfuro:0mg/L Sulfato:908mg/L Ácidos grasos volátiles:162mg/L Bicarbonato:158mg/L	El sistema de reactor integrado por el reactor quimioautotrófico de oxidación de carbón activado y la microalga, estableció una reducción creíble en los parámetros de contaminación en las aguas residuales de la curtiduría. El mecanismo de eliminación se debe principalmente al cometabolismo entre algas y especies bacterianas y los compuestos orgánicos se metabolizaron por completo en lugar de por adsorción.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
29	Las aguas residuales de las curtidurías se recogieron en la entrada de la planta de tratamiento de aguas residuales urbanas industriales de Montebello Vicentino (VI), Italia, que recibe las aguas residuales de las curtiembres ubicadas en los distritos industriales del cuero de Montebello, Zermeghedo y Montorso (Vicenza, Italia), y los afluentes urbanos provenientes de la misma zona.	Evaluar si la combinación de un paso de filtración de biocarbón seguido del cultivo de microalgas podría resultar en una tecnología prometedora para el tratamiento de aguas residuales industriales de curtiembres	pH:8 DQO:1104mg/L NH3-N:151mg/L PO4-P:1.62mg/L Cr:1.653mg/L	<i>Chlorella protothecoides</i> 3380 (SAG-Goettingen), que es una especie de alga ampliamente investigada para aplicaciones de tratamiento de aguas residuales	El biocarbón de madera de pino, fue efectivo como pretratamiento para el cultivo de algas	La tasa de crecimiento de $0,95 \pm 0,02/\text{día}$	DQO:68% PO4-P:83% Cr:83.4%	En nuestros experimentos, se descubrió que los consorcios de microalgas y bacterias podían crecer y eliminar parcialmente los nutrientes de dicha corriente; sin embargo, el crecimiento fue más lento en comparación con los informados en los medios estándar. Por otro lado, la aplicación de un paso de filtración de biocarbón en las aguas residuales sin tratar dio como resultado un crecimiento mejorado (en un 61 % y un 126 % para dos conjuntos diferentes de experimentos) y la eliminación de nutrientes para las especies de microalgas probadas

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
30	Las muestras de efluentes se obtuvieron de la laguna de oxidación del Parque Industrial de Río Seco, Arequipa -Perú	Determinar la bioabsorción de cromo VI en efluentes de la industria del curtido de pieles del Parque Industrial de Río Seco (PIRS), mediante la microalga <i>Desmodesmus quadricauda</i> .	pH:9.4 DQO:1522 mg/L DBO:1183 mg/L Solidos totales disueltos:1382 mg/L Cromo VI:29.60mg/L	Se aisló una especie de microalga denominada <i>Desmodesmus quadricauda</i> , la cual habita en las pozas de oxidación de aguas residuales	50 ml de medio BG-11, los tubos inoculados se colocaron en una cámara de cultivo a temperatura ambiente de 20-25 °C, aproximadamente a 2000 LUX		Cr:1.70mg/L DQO:740mg/L DBO:456mg/L	Se logró cuantificar valores altos en los parámetros fisicoquímicos de los efluentes de curtiduría. La microalga <i>Desmodesmus quadricauda</i> tiene gran potencial para reducir cromo VI de efluentes de curtiembres.
31	La muestra de efluentes se recolectó en el contenedor de plástico de la salida de una industria de curtiduría ubicada en Gundur (Lat; 10° 44' 26" N; Long; 78° 42' 59" E) Tiruchirappalli, Tamil Nadu, India	El objetivo de este trabajo es conocer el potencial de biosorción de microalgas seleccionadas <i>Tetraselmis sp.</i> para la eliminación de nutrientes (nitrato y silicato), iones de cromo (VI) y sulfuro de aguas residuales de curtidurías.	pH: 3.09 CE:9015 DBO:2287mg/L DQO:7421mg/ SST:2398mg/L Dureza total:3650mg/L Calcio:592mg/L Nitrato:0.192mg/L Silicato: 0.103mg/L Sulfuro:50mg/L Cromo:0.91mg/L	Se seleccionaron las especies de microalgas eficientes entre cinco microalgas (<i>Chlorella marina</i> , <i>Isochrysis galbana</i> , <i>Tetraselmis sp.</i> , <i>Nanochloropsis sp.</i> , <i>Dunaliella salina</i>), de estos <i>Tetraselmis sp.</i> posee potencial para la biorremediación, en aguas residuales de las curtiembres.	Condiciones óptimas (pH: 6-Cr, 7-SiO y SO, 8-NO, con una concentración de células de algas-260000 células/mL; densidad de perlas de 100 nn.)		<i>Chorella marina</i> : Nitrato:22.9% Silicato:1.50% Sulfuro:36.0% Cromo:35.2% <i>Isochrysis galbana</i> : Nitrato:28.7% Silicato:1.32% Sulfuro:8.0% Cromo:5.49% <i>Tetraselmis sp.</i> Nitrato:36.7% Silicato:1.50% Sulfuro:40.0% Cromo:34.0% <i>Nannochloropsis salina</i> : Nitrato:42.8% Silicato:1.32% Sulfuro:16.0% Cromo:13.1% <i>Dunaliella salina</i> : Nitrato:33.9% Silicato:1.32% Sulfuro:8.0% Cromo:16.4%	El mayor porcentaje de biosorción se logró con un tiempo de retención corto, mientras que la capacidad de sorción de la densidad celular de las algas aumentó con el aumento de la concentración de contaminantes. La densidad de perlas aumentó, la reducción de contaminantes también aumentó.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
32	El efluente se tomo de una planta de fabricación de productos químicos para el procesamiento del cuero (una empresa multinacional), situada en Ranipet, Tamil Nadu, India	Tratar el efluente y los residuos sólidos de la ETP (planta de tratamiento de efluentes) mediante fitorremediación (estudio de campo a escala piloto y estudio de laboratorio) y analizar los parámetros físico-químicos antes y después del tratamiento	<p>Ensayo en laboratorio:</p> <p>TDS:2725 mg/L Conductividad eléctrica: 3824µmho/cm pH:7.6 Dureza total:1000mg/L Calcio:240mg/L Magnesio:90mg/L Sodio: 550mg/L Potasio:35mg/L Nitrógeno total Kjeldahl:55mg/L Amoniac:56.3mg/L Nitrito:0.045mg/L Nitrito:7:mg/L Fosfato:78.09mg/L DBO:230mg/L DQO:582mg/L</p> <p>Ensayo en campo</p> <p>TDS:3226mg/L Conductividad eléctrica 4076µmho/cm pH:7.9 Dureza total (CaCO3):750mg/L Calcio:170mg/L Magnesio:78mg/L Sodio:525mg/L Potasio:75mg/L Nitrógeno total Kjeldahl:39.2mg/L Amoniac:38.08mg/L Nitrito:0.62mg/L Nitrito:33:mg/L Fosfato:71.91mg/L DBO:260mg/L DQO:754mg/L</p>	<i>Chlorella vulgaris</i> Pekín se aisló del efluente en estudio	En el estudio de campo a escala piloto, se utilizó 200 l del efluente y, previamente a su adición, se bombeó la misma cantidad de cultivo para que el volumen final permaneciera invariable, la intensidad de luz mínima fue de 15 000 lux y la máxima de 75 000 lux (mañana - 25 000 lux, mediodía - 75 000 lux y noche - 15 000 lux), m		<p>Ensayo en laboratorio:</p> <p>TDS:2690mg/L Conductividad eléctrica: 3768µmho/cm pH:8 Dureza total:500mg/L Calcio:90mg/L Magnesio:45mg/L Sodio: 450mg/L Potasio:30mg/L Nitrógeno total Kjeldahl:15mg/L Amoniac:11.5mg/L Nitrito:0.005mg/L Nitrito:5:mg/L Fosfato:4.56mg/L DBO:180mg/L DQO:360mg/L</p> <p>Ensayo en campo</p> <p>TDS:2544mg/L Conductividad eléctrica 3621µmho/cm pH:8.33 Dureza total (CaCO3):126mg/L Calcio:30mg/L Magnesio:12mg/L Sodio:400mg/L Potasio:70mg/L Nitrogeno total Kjeldahl:10.08mg/L Amoniac:6.72mg/L Nitrito:0.32mg/L Nitrito:25:mg/L Fosfato:0.501mg/L DBO:120mg/L DQO:380mg/L</p>	<i>Chlorella vulgaris</i> exhibieron capacidades apreciables de remoción de nutrientes • Los estudios de campo a escala piloto demostraron que la fitorremediación en condiciones de campo (es decir, a la luz del sol) es mucho mejor que en condiciones de laboratorio

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
33	Las aguas residuales industriales no tratadas utilizadas en este estudio se recolectaron de una planta de tratamiento de aguas residuales en Taichung parque científico industrial en Taiwán	Estimar la posibilidad de eliminar nitrógeno y fósforo de las aguas residuales industriales y seleccionar una cepa prometedora para la explotación de energía renovable a partir de microalgas.	Conductividad eléctrica:2.43μS/cm DQO:42.2mg/L NH4-N:38.4mg/L NO3-N:3.1mg/L Nitrógeno orgánico:16.2mg/L PO4-P:44.7mg/L	<i>Desmodesmus sp.</i> TAI-1 y <i>Clamidomonas sp.</i> TAI-2, se aislaron de estanques en el centro de Taiwán	Fotobiorreactor, con iluminación continua de 125 μmol fotones/ m ² /día y aireación de 5% CO2/aire (v/v) mezcla a caudal constante (165 mL/min).	<i>Clamidomonas sp.</i> TAI-2 tuvo un mejor crecimiento de biomasa:1.34g/L	<i>Clamidomonas sp.</i> TAI-2 NH4-N:100% NO3-N:100% PO4 ³ -P:33%	Las cepas nativas, <i>Clamidomonas sp.</i> TAI-2 tuvo mayor producción de biomasa y acumulación de lípidos que <i>Desmodesmus sp.</i> TAI-1. Por lo tanto, la <i>Clamidomonas sp.</i> TAI-2 es una microalga prometedora para eliminar nitrógeno y fósforo en las aguas residuales industriales y, posteriormente, para producir biodiesel
34	La recolección de la muestra se realizó en las instalaciones de la curtiembre, de los efluentes provenientes del agua de salida de los botales correspondientes a la etapa de ribera.	Determinar la influencia de la iluminación, pH y tiempo en la remoción de sulfuros, solidos suspendidos, DQO, DBO por microalgas en un fotobiorreactora escala de laboratorio.	Temperature: 26.3 °C pH:12.72 DQO:20735 ppm DBO5: 10968 ppm SST:19220 ppm Sulfuros:103ppm Efluente – carga de microalgas (3:1) DBO5:7062.28ppm DQO:14415.77ppm SST:14145ppm Sulfuros:60.2ppm	<i>Scenedesmus sp.</i> , se tomó del agua de pozo ubicado en la facultad de ingeniería Química de la Universidad Nacional de Trujillo, el pozo está ubicado en las coordenadas(latitud: 8° 6´ min 46.40” S, Longitud: 79° 2min 19.43” O).	Se utilizó fotobiorreactores del tipo BCR, Iluminación de 5700Lx. Un pH de 9.5 a 10.5, corriente de aire de 4L/min., fotoperiodo de 24 horas y una proporción de microalga-nutriente de 5 a1.	Con pH de 9.5 y 10.5 se obtuvieron valores de 2.220 g/L y 2.307 g/L respectivamente	Efluente – carga de microalgas (3:1) DBO5:1087.34ppm DQO:2132.96ppm SST:9100ppm Sulfuros:3.97ppm	La microalga <i>Scenedesmus sp.</i> Es una opción viable para el tratamiento de aguas residuales de la etapa de ribera de un curtiembre y su eficacia mejora cuando se brinda las condiciones necesarias para su crecimiento
35	Las aguas de Remojo proceden de la Curtiembre Junior SAC, ubicada en el Parque Industrial, de la ciudad de Trujillo.	Determinar si las condiciones de tratamiento intensidad de luz y pH influyen en la remoción de materia orgánica expresada en DBO5 de efluentes de Remojo de Curtiduría utilizando microalga <i>Chlorella vulgaris</i> .	pH:8.9 DBO5:1520mg/L Turbidez:980NTU SST:1570ppm Conductividad eléctrica:65 mS/cm	Microalga <i>Chlorella vulgaris</i>	Proporción microalga – efluente (1:1), Intensidad luminosa de 5100 Lux y pH de 7.2.		DBO5: 91% de remoción	El presente estudio demostró la capacidad de la microalga <i>Chlorella vulgaris</i> para remover materia orgánica biodegradable DBO5 de efluentes de Remojo de Curtiduría

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
36	Las aguas residuales de la curtiduría se recolectaron del tanque de sedimentación secundario en el tratamiento planta en EKM Curtiduría Ltd., Erode.	Utilizar efluentes secundarios de las aguas residuales de curtiduría. planta de tratamiento, como medio de cultivo de microalgas marinas en la producción de aceite unicelular.	Carbono orgánico total: 800mg/L Carbono inorgánico total: 12mg/L Nitrógeno total: 138mg/L Fosforo total: 30mg/L Dureza total: 400mg/L DBO: 50mg/L pH: 7.8 TSS: 200mg/L	Los cultivos crudos se adquirieron de CMFRI, Kochi. Se eligieron cuatro algas marinas para el estudio: <i>Nannochloropsis marina</i> , <i>Chlorella marina</i> , <i>Thalassiosira sp.</i> y <i>Dunaliella salina</i> .	10% (v/v) de cultivo por separado de cada una de las microalgas. El cultivo se mantuvo a temperatura ambiente con 200 rpm, proporcionando una intensidad de luz de 2500 Lux, con 12 h de iluminación y 12 h de oscuridad.	Rendimiento de biomasa: <i>Chlorella marina</i> : 1.845g/L <i>Nannochloropsis marina</i> : 1.21g/L <i>Thalassiosira sp.</i> : 1.045g/L <i>Dunaliella salina</i> : 0.66g/L	<i>Chlorella marina</i> : DQO: 78%	Del estudio quedó claro que el efluente secundario de las aguas residuales de la curtiduría puede ser una materia prima prometedora para el cultivo de microalgas marinas <i>C. marina</i> . El lípido obtenido de <i>C. marina</i> se encontró ser una alternativa adecuada en la producción de biodiesel.
37	Cuatro tipos diferentes de muestras de aguas residuales (papelera, textil, cuero y municipales). Las muestras se recolectaron de plantas de tratamiento de efluentes de la Corporación Municipal de Guwahati (GMC) y diferentes industrias en Guwahati (26.1445 °N, 91.7362 °E), Assam, India.	Demostrar un proceso sostenible para la producción de biocombustibles utilizando biomasa microbiana como materia prima potencial.	Industria del cuero pH: 7.53 Nitrógeno total: 250mg/L NO3-N: 162mg/L NO2-N: 0.1mg/L NH4-N: 89.9mg/L Fosfato: 48.30mg/L DQO: 400.50mg/L Cromo: 0.69mg/L Niquel: 1.01mg/L	Consorcio de 2 microalgas (<i>Chlorella sorokiniana</i> cepa DBWC2 & <i>Chlorella sp.</i> cepa DBWC7)	Las muestras de aguas residuales inoculadas se incubaron durante 7 días en un agitador orbital (Multitron-Pro, Infors HT, Suiza) a 150 rpm, 30 °C a 100 $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ intensidad lumínica con un fotoperiodo de 16:8 h ciclo de luz y oscuridad.	Efluentes de la industria del cuero la Biomasa fue de 2.42 g/L	Industria del cuero: remoción con 2 microalgas Nitrógeno total: 93.87% Fosfato: 100% DQO: 61.34%	Se demostró un proceso sostenible hacia la producción de biopetróleo a partir de materia prima de biomasa microbiana a través de un enfoque combinatorio de: (i) concentración mejorada de biomasa a través de la alimentación intermitente de nutrientes limitantes y crecimiento mutualista de microalgas-bacterias; (ii) aprovechamiento de aguas residuales como fuente barata de nutrientes y agua; (iii) conversión directa de biomasa húmeda en bio-petróleo crudo a través de licuefacción hidrotermal y (iv) remediación simultánea de aguas residuales.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
38	La muestra de agua residual de cervecería se obtuvo de una fábrica de cerveza en Jeonju, Corea.	Los objetivos de este estudio fueron los siguientes: (1) diseño de un modo de cultivo efectivo para el crecimiento de microalgas basado en biorremediación en BWW, (2) maximizar la productividad lipídica del cultivo de microalgas en BWW, y (3) investigación de tratamiento simultáneo y superior control de la contaminación bacteriana mediante carbonos orgánicos.	TOC:80-100mg/L DQO:100-150mg/L TSS:100-130mg/L DBO:150mg/L TN:50-75mg/L pH:6.5-7.5	Dos cepas de microalgas, <i>C. vulgaris</i> (UTEX-265) obtenido de UTEX (Algae Cultural Collection Center) en la Universidad de Texas (Austin, TX, EE. UU.), Y un endógeno <i>Clorella sp.</i> aislado del aguas residuales de cervecería	Para <i>C. vulgaris</i> (UTEX-265), el modo de crecimiento fotoautótrofo-fotoheterótrofo de dos etapas, las células se cultivaron primero en el modo fotoautótrofo durante ocho días, después de lo cual se dejó que el cultivo celular se asentara durante 12 h, y posteriormente, la biomasa sedimentada se cultivó en el modo fotoheterotrófico durante cinco días. El cultivo se llevó a cabo bajo una intensidad de luz de 100lmol / sm ² a 25 ° C, agitación a 150 rpm y un caudal de aire mantenido de 100,0 cc / min. Es importante destacar que durante el cultivo fotoautótrofo-fotoheterótrofo de dos etapas para <i>C. vulgaris</i> (UTEX-265),	<i>C. vulgaris</i> (UTEX-265), la biomasa se incrementó a 3,5 g / L y	90% de los nutrientes inorgánicos tanto en el nitrógeno total (TN) como en el fósforo (TP) se eliminó durante la primera etapa en el modo fotoautótrofo-fotoheterótrofo de dos etapas en cada <i>Clorella vulgaris</i> (UTEX-265) y endógena <i>Chlorella sp.</i>	En una evaluación de diferentes modos de cultivo de microalgas en aguas residuales con fines de biorremediación dual / producción de biodiesel, nuestro sistema de cultivo fotoautotrófico-fotoheterotrófico propuesto en dos etapas demostró ser una opción atractiva y económicamente viable para el tratamiento simultáneo de aguas residuales y producción de combustible biodiesel.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
39	Las aguas residuales municipales se obtuvieron de la cuenca de sedimentación primaria de la planta de tratamiento de aguas residuales municipales de Daejeon, Corea	Determinamos el efecto del uso de filtros de longitud de onda y aguas residuales sobre la productividad de las microalgas.	TN:36.0ppm NH4:29.1ppm TP:4.0ppm DQO:81.45ppm Zn:0.008ppm SO ₄ ²⁻ :37.0ppm Fe:0.18ppm Mn:0.118ppm	Las cepas de <i>Clorella sp.</i> JK2 y <i>Scenedesmus sp.</i> JK10 se aislaron de las aguas residuales municipales, mientras que <i>Chlorella vulgaris</i> AG10032 se obtuvo del Centro de Recursos Biológicos del Instituto de Investigación de Biociencia y Biotecnología de Corea	Se inocularon de 8×10^4 células en una botella de medio de 1 L con un volumen de trabajo de 800 ml y en constante agitación a 150 rpm. Se suministró carbono inorgánico para el crecimiento de microalgas a 0,5 vvm (volumen de aireación / volumen medio / minuto) utilizando una bomba de aire. Las pruebas por lotes se realizaron durante 16 días a 25 ± 1 °C con iluminación continua con luz fluorescente de 50 $\mu\text{mol} / \text{m}^2 / \text{s}$ cuando la luz pasó a través de los filtros específicos.	Para <i>Clorella sp.</i> JK2 fue de , 0,413g/L bajo filtro azul	Con filtro azul: <i>Chlorella sp.</i> JK2: NT:80.75% NH ₃ -N:88.66% TP:72.50% <i>Scenedesmus sp.</i> JK10 NT:88.64% NH ₃ -N:94.50% TP:87.25% <i>C. vulgaris</i> AG10032 NT:72.11% NH ₃ -N:75.60% TP:57.50%	El uso de filtros de longitud de onda azul influiría positivamente en el crecimiento de microalgas y la eliminación de nutrientes de las aguas residuales en todas las cepas utilizadas en este estudio, y entre las cepas, <i>Scenedesmus sp.</i> JK10 mostró la mayor eficiencia de eliminación de nutrientes.
40	Las aguas residuales industriales crudas se recogieron de la planta de tratamiento de efluentes de Anand Milk Union Limited o Amul Dairy situada en Anand, Gujarat, India.	Investigar el potencial de una cepa robusta de microalgas, <i>Ascochloris sp.</i> para la biorremediación de aguas residuales industriales crudos mediante el estudio de su rendimiento de biomasa, productividad aérea y de lípidos junto con el porcentaje de lípidos	pH:3.59 Solidos disueltos totales:4016.16mg/L DQO:7289mg/L Amoniaco:50.55mg/L Nitrito:142.21mg/L Fosfato total:0.35mg/L Sulfato:598mg/L Cloruro:220mg/L	Microalga <i>Ascochloris sp</i>	Cultivo al aire libre, se realizó en un fotobiorreactor de columna bajo luz y temperatura ambiente, con 100 % de aguas residuales lácteas crudas. Se agregó volumétricamente 10 % de inóculo al efluente lácteo después de filtrar el efluente	Biomasa al aire libre de 2.09g/L	pH:8.06 Solidos disueltos totales:1124.24mg/L DQO:510.23mg/L Amoniaco:10.11mg/L Nitrito:32.70mg/L Fosfato total:0.01mg/L Sulfato:23.92mg/L Cloruro:44mg/L	Este estudio es un intento de reducir la carga de contaminación de las aguas residuales y generar la biomasa de algas a costa de las aguas residuales ricas en nutrientes de efluentes industriales. Este estudio brinda una solución a los crecientes desafíos del manejo de efluentes industriales, la disminución de los niveles de agua subterránea y los problemas de seguridad energética.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
41	El agua residual sin tratar se obtuvo de la sedimentación preliminar de la planta de tratamiento de aguas residuales en Gangneung, Corea	Investigar la concentración óptima de <i>C. vulgaris</i> para eliminar nutrientes en el tratamiento de aguas residuales reales	DBO ₅ :159.63mg/L DQO:270.35mg/L TP:6.23mg/L PO ₄ :4.04mg/L TN:55.33mg/L NH ₃ :11.30mg/L	Las microalgas, <i>C. vulgaris</i> (FC-16), se obtuvieron del Centro de Cultura de Microalgas Marinas de Corea (KMMCC), Busan, Corea	500 mL de agua residuales crudas con 6 g/L <i>C. vulgaris</i> , a pH neutro y constante (7,5 ± 0,3), temperatura constante de 25 ± 1 °C y a una intensidad de luz constante (100 µE/m ² /segundo)		<p>Aguas residuales sin tratar con 4 g/L <i>C. vulgaris</i></p> <p>DBO:80.64% DQO:80.23% TN:84.30% NH₃:97,26 % TP: 33.23% PO₄: 48.51%</p> <p>Aguas residuales crudas con 6 g/L <i>C. vulgaris</i></p> <p>DBO:82.92% DQO:82.30% TN:84.81% NH₃:97,26 % TP: 36.12% PO₄: 48.76%</p> <p>Aguas residuales crudas con 2 g/L <i>C. vulgaris</i></p> <p>DBO:80.41% DQO:78.75% TN:83.42% NH₃:97,26 % TP: 32.58% PO₄: 46.29%</p> <p>Aguas residuales sin tratar con 10 g/L <i>C. vulgaris</i></p> <p>DBO:82.71% DQO:81.03% TN:84.53% NH₃:97,26 % TP: 34.03% PO₄: 45.30%</p>	El tratamiento de 6 g/L en aguas residuales, tuvo una mejor concentración que otras fracciones para la eliminación efectiva de nutrientes por <i>C. vulgaris</i> en aguas residuales. Además, los nutrientes casi se eliminaron después de 1 día; por lo tanto, el proceso parece ser rápido. La proporción óptima de <i>C. vulgaris</i> la densidad y la concentración de ortofosfato provocaron una mejora de la eficiencia de eliminación

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
42	Las aguas residuales se recolectaron de tres fuentes diferentes: efluente del tratamiento primario, efluente del tratamiento secundario y efluente del tanque séptico	Investigar y comparar la eficiencia del tratamiento y la capacidad de biofijación de CO2 de cultivos autóctonos mixtos de microalgas cultivadas en laboratorio en diferentes aguas residuales. efluente primario, El afluyente secundario y el efluente del tanque sépticos	<p>Efluente primario DQO:245mg/L NH4:44mg/L NO2:0.006mg/L NO3:0.33mg/L Fosforo total:15mg/L</p> <p>Efluente secundario DQO:65mg/L NH4:40mg/L NO2:1.1mg/L NO3:23mg/L Fosforo total:32mg/L</p> <p>Efluente séptico DQO:165mg/L NH4:45mg/L NO2:5mg/L NO3:12mg/L Fosforo total:10mg/L</p>	Microalgas autóctonas mixtas	Los mejores resultados se dieron en los efluentes de fosas sépticas usando el cultivo mixto, con una temperatura de 25°C, e inyectados con 10% de CO2	Biomasa en efluentes de aguas residuales primarias después de 24 días de cultivo resultaron ser de 2,71g/L a 25 °C	<p>Efluente primario DQO:64.9% NH4:63.2% NO3:64% Nitrógeno inorgánico total:63.2% Fosforo disuelto total:70.0%</p> <p>Efluente secundario DQO:70.3% NH4:67.5% NO3:66.7% Nitrógeno inorgánico total:67.3% Fosforo disuelto total:30.8%</p> <p>Efluente séptico DQO:69.3% NH4:71.7% NO3:60% Nitrógeno inorgánico total:80.8% Fosforo disuelto total:50%</p>	En este estudio se muestra que las microalgas autoctonas mixtas, son eficaces para capturar CO2 y eliminar amoníaco y fósforo de las aguas residuales. Estos sistemas de tratamiento de aguas residuales basados en microalgas simples y rentables se pueden emplear con éxito en diferentes regiones a pesar de cierta inhibición potencial de las microalgas debido a las altas temperaturas
43	La muestra se recolecto de las instalaciones provenientes de la etapa de remojo de la curtiembre Ecológica S.A.C.	Influencia de la iluminación y tiempo de remoción de materia orgánica, expresada en DBO5 en efluentes de remojo de la curtiembre Ecológica del Norte E.I.R.L, utilizando la especie <i>Chorella pyrenoidosa</i> , en el fotobioreactor de Columna de Burbuja (BCR) a escala de laboratorio	<p>Temperatura:26.4°C pH:8.6 Conductividad:53.6 mS/cm Turbidez:430 NTU SST:906ppm DBO5: 1230ppm</p>	La cepa de <i>Chorella pyrenoidosa</i> se obtuvo de la Universidad nacional de San Agustín de Arequipa	Fotobioreactores tipo BCR, con una masa microalgal de 2.120 g/L, con aire de 4 L/min, la proporción de efluente-microalga fue de 3 a 1, y la iluminancia de 5100Lx		<p>Fotobioreactor con 5100 Lx: Temperatura:25°C pH:8.7 Conductividad:22.1mS /cm Turbidez:11.0 NTU SST:108.4ppm DBO5:83.1ppm</p> <p>Fotobioreactor con 8200Lx: Temperatura:24.8°C pH:8.8 Conductividad:13.7mS /cm Turbidez:7.0 NTU SST:66.9ppm DBO5:40.3ppm</p>	La iluminancia influye en el crecimiento microalgal, la eficiencia de remoción del DBO5 utilizando iluminación de 5100Lx produjo la máxima remoción de este elemento. El tratamiento del efluente en la etapa de remojo cumple con los valores máximos admisibles que establece la ley.

	Muestreo	Objetivo	Análisis fisicoquímico	Microalgas	Concentración óptima para crecimiento de microalgas	Biomasa	Remoción de nutrientes	Conclusión
44	Los efluentes de remojo proceden de la curtiembre Ecológica del Norte, ubicada en el Parque Industrial del distrito de la Esperanza en la ciudad de Trujillo.	Evaluar la capacidad de la microalga <i>Chlorella sp.</i> , en la remoción de materia orgánica como demanda química de oxígeno de los efluentes de remojo de la industria de curtiembre	Efluente sin tratar pH:9.6 DQO:14083ppm Relación microalga-agua de remojo (3:1) DQO:4425mg/L Relación microalga-agua de remojo (1:1) DQO:7950mg/L Relación microalga-agua de remojo (1:3) DQO:11475mg/L	<i>Chlorella saccharophila</i>	Relación de microalga y agua de remojo (1:1), biorreactores plásticos tipo BATCH de 3 litros de capacidad operados en condiciones de aireación permanente y luz solar natural.		Relación microalga-agua de remojo (3:1) DQO:1021mg/L Relación microalga-agua de remojo (1:1) DQO:1093mg/L Relación microalga-agua de remojo (1:3) DQO: 1138mg/L	El estudio se mostro que las microalgas <i>Chlorella sp.</i> Se puedan utilizar eficazmente en la eliminación de materia orgánica expresada en DQO de los efluentes de remojo de curtiduría
45	La muestra de agua residual fue colectada en un punto localizado antes del vertimiento final de una empresa industrial ubicada en el municipio de Juan de Acosta, departamento del Atlántico, dedicada al teñido de prendas.	Evaluar la capacidad de la microalga <i>Chlorella sp.</i> , en la eliminación del colorante índigo presente en el agua residual industrial	DBO ₅ : 425 mg/dm ³ DQO:864mg/dm ³ NKT:0.94mg/dm ³ Fosfatos:74.0mg/dm ³	La microalga <i>Chlorella sp.</i> , utilizada en este estudio fue suministrada por el Laboratorio de Microorganismos Fotosintéticos de la Universidad del Zulia, Maracaibo (Venezuela).	250 cm ³ de agua residual y biomasa algal a 0,30 de absorbancia medidos a una λ igual a 647 nm, los bioreactores se mantuvieron bajo iluminación superficial mediante tubos fluorescentes de 125 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ (Philips TL 65W 25, luz blanca) sometidos a un ciclo de 12h luz/12h oscuridad y con aireación permanente		Diferentes concentraciones de microalga equivalentes a 0,10, 0,20 y 0,30 en absorbancia Absorbancia 0.1 DBO ₅ : 85.2% DQO:88.0% NKT:98.2% Fosfatos:65.6% Absorbancia 0.2 DBO ₅ :91.1% DQO:91.3% NKT:98.8% Fosfatos:72.4% Absorbancia 0.3 DBO ₅ : 95.4% DQO:94.6% NKT:99.8% Fosfatos:78.3%	Debido a las limitaciones del medio, el crecimiento de la microalga <i>Chlorella sp.</i> en el agua residual sufrió una inhibición en comparación con los controles. La evaluación de los parámetros fisicoquímicos como el DBO, DQO ₅ , NKT y fosfatos, realizados antes y después del tratamiento biológico, mostraron una reducción significativa

