



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Evaluación de las técnicas de obtención de biodiesel usando biomasa
de microalgas”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Acevedo Torres, Danny Alexis (ORCID: 0000-0003-3025-9374)

Puyó León, Adriana de Jesús (ORCID: 0000-0003-1510-8033)

ASESOR:

Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto (ORCID: 0000-0002-0215-5175)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los recursos naturales

TRUJILLO – PERÚ

2021

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada, en primer lugar, a Dios, a mis padres, Francisco y Agustina quienes fueron mi motor y motivo para nunca rendirme, a mis hermanos que en todo momento estuvieron conmigo, a mis maestros, por sus enseñanzas brindadas y a mis amigos con quienes siempre nos apoyábamos mutuamente.

Alexis Acevedo T.

A Dios en primer lugar, a mi madre Ana que me motivó desde el inicio de mi vida universitaria, siguiendo por mi hermano menor me apoyó en todo momento, a mi padre Javier que dentro de todas las circunstancias estuvo conmigo, a mis maestros, quienes se empeñaron en sus enseñanzas, a mis amigos, quienes siempre me alentaron y estuvieron en los momentos difíciles, es por todos ellos que llegué hasta este momento. Los amo con mi vida.

Adriana Puyó L.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradecer a Dios, por la salud y bendición que me brinda cada día, a mis padres, por su apoyo y su confianza que me han sabido dar a lo largo de mi vida como universitario, a mis hermanos que me apoyaron tanto emocional como económicamente, a mis compañeros, con quienes mutuamente nos ayudábamos y nos dábamos aliento para nunca rendirnos, a mis maestros, por sus enseñanzas y consejos, a todos ellos mi total agradecimiento.

Alexis Acevedo T.

Esta investigación está dedicada a mi madre, mi pilar y ejemplo de vida, a mi familia. Sin ellos, jamás hubiera alcanzado conseguir lo que hasta el momento. Con esfuerzo y tenacidad me han dado un gran ejemplo a seguir, a mis compañeros que, a pesar de las diferencias, hemos estado unidos alentándonos los unos a los otros por ello todo mi agradecimiento.

Adriana Puyo L.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CÁRATULA	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	11
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	11
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización.....	11
3.3. Escenario de estudio	11
3.4. Participantes.....	11
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	12
3.6. Procedimiento:.....	12
3.7. Rigor científico.....	14
3.8. Método de análisis de la información.....	14
3.9. Aspectos éticos.....	14
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:	15
V. CONCLUSIONES.....	28
VI. RECOMENDACIONES	29
REFERENCIAS	30
ANEXOS	41

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Procedimiento	13
Tabla 2. Artículos que fueron seleccionados para el análisis de la investigación.	18
Tabla 3. Rendimiento por especie de microalga.	25
Tabla 4. Rendimiento de biodiesel según método.	25

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Artículos según base de datos revisadas.	15
Figura 2. Artículos revisados según los últimos años (2015 - 2021) de publicación.	16
Figura 3. Artículos según cuartil de la revista.	16
Figura 4. Artículos según el idioma de publicación.	17
Figura 5. Número de artículos según el tipo de técnica utilizada para la obtención de Biodiesel.	21
Figura 6. Número de artículos según el tipo de técnica utilizada para la obtención de biodiesel.	24

RESUMEN

La obtención de biodiesel se genera por medio de diversas materias primas, las cuales pueden tener un origen natural ya sea vegetal o animal, en la búsqueda de estas la biomasa que generan las microalgas, crean gran interés en los últimos años y bajo esto las técnicas utilizadas para la transformación en biocombustible, han generado su investigación. En el presente análisis se realizó una revisión sistemática sobre la evaluación de las técnicas de obtención de biodiesel usando biomasa de microalgas. El objetivo de la investigación fue la búsqueda de la técnica más eficiente a utilizar para la obtención de biodiesel. Los artículos y documentos que fueron la base para el análisis fueron recogidas de bases de datos como Springer Link, Scopus, ScienDirect, MPDI. La búsqueda se realizó mediante criterios de inclusión en los que fueron elegidos 18 artículos con las características necesitadas. La evaluación de la información utilizada permite expresar que las técnicas con mayor utilización para la obtención de biodiesel fueron la transesterificación y la transesterificación nanocatalizado dado que muestran porcentajes mayores a diferencia del resto de técnicas utilizadas. Igualmente, las microalgas más utilizadas y con mayor rendimiento según los autores consultados son la *Chlamydomonas reinhardtii* y *Nannochloropsis* sp., con 96% y 99% respectivamente.

Palabras Claves: Microalgas, biodiesel, biomasa, producción de biodiesel, transesterificación.

ABSTRACT

Obtaining biodiesel is generated by means of various raw materials, which can have a natural origin either vegetable or animal, in the search for these the biomass generated by microalgae, have created great interest in recent years and under this the techniques used for transformation into biofuel, have generated their research. In the present analysis, a systematic review was carried out on the evaluation of the techniques for obtaining biodiesel using biomass from microalgae. The objective of the research was to find the most efficient technique to use to obtain biodiesel. The articles and documents that were the basis for the analysis were collected from databases such as Springer Link, Scopus, ScienDirect, MPDI. The search was carried out using inclusion criteria in which 18 articles with the required characteristics were chosen. The evaluation of the information used makes it possible to express that the most widely used techniques for obtaining biodiesel were transesterification and nanocatalyzed transesterification, since they show higher percentages than the rest of the techniques used. Likewise, the microalgae most used and with the highest yield according to the authors consulted are *Chlamydomonas reinhardtii* and *Nannochloropsis sp.*, With 96% and 99% respectively.

Keywords: Microalgae, biodiesel, biomass, biodiesel production, transesterification.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad la población enfrenta problemas ambientales que han ido en aumento por diversos factores, como es la demanda energética que se vive a nivel mundial por el agotamiento que han sufrido los combustibles fósiles, producidos por los gases de efecto invernadero (GEI). El desabastecimiento de energía es de preocupación para la población puesto que se enfrenta a dos significativos problemas como son las emisiones y la disminución de las reservas de petróleo lo que ha generado que las generaciones venideras tengan serias dificultades, (Conde y Aguilar, 2015, p.83); (Subia y Rubio, 2018, p.107).

Es así que en la búsqueda de desplazar el uso del tradicional combustible de recursos fósiles y de intentar hacer una disminución de la dependencia que existe energéticamente, se empezaron los primeros intentos de producir biocombustibles con energías más limpias, sostenibles y de alto rendimiento, los cuales han tenido un aumento en la elaboración en los últimos años, con el fin de cumplir con los objetivos ambientales, los biocombustibles son considerados como una alternativa viable por diversos investigadores ya que representa un menor coste, es así como la producción de este puede ofrecer en menor grado efectos desfavorables, (Norvento Anecia, 2018); (ReVBio,2015, p.138).

Por el aumento que tuvo el precio de los combustibles tradicionales, es que los biocombustibles tomaron mayor notoriedad, teniendo este una variedad de generaciones (1era, 2da y 3era), según sus orígenes es que se aprovecha la biomasa que generan para su producción a biodiesel (Subia y Rubio, 2018, p.107), siendo este un sustituto del derivado de petróleo, debido a que tiene atributos de degradación rápida y niveles menores de toxicidad, así como también una generación menor de combustión (S. Castillo, Omar [et al], 2017. p. 338).

Los biocombustibles están considerados como alternativa a los tradicionales, puesto que son originados de fuentes de energía sostenibles, por eso es que en la búsqueda de producción de biodiesel se les presenta la utilización de

diversas materias primas, como lo son la de las microalgas que se muestran como una alternativa factible y se han considerado los organismos más seguros, de rápido crecimiento y con menor competencia, a causa que muestran gran capacidad de crecimiento, sin la necesidad de nutrientes (Osorio Canul, Marvin [et al], 2019), mostrando además gran cantidad de lípidos, eficiencia fotosintética y desarrollándose en diversos cuerpos de agua (S. Castillo, Omar [et al], 2017. p. 338).

Para la producción de biodiesel, se necesitan una serie de etapas según (REVBIGO, 2015) como son el cultivo de las microalgas, la cosecha de la biomasa y la elección del método para utilizar en la generación de biodiesel a gran escala. De la misma manera al escoger la especie de microalga con mayores índices de eficiente para su correcta manipulación para posibles soluciones. (Subia y Rubio, 2018, p. 108). Se presentan problemas para la producción de biodiesel según (Muriana Víctor, 2016, p. 48), en la que reside la extracción de lípidos, en la búsqueda de la solución y optimización es que el método de transesterificación, el de pirólisis entre otros métodos muestran buenos resultados.

Según ya lo aclarado el problema de la presente investigación fue: ¿Cuál es la mejor técnica a utilizar para la obtención de biodiesel utilizando biomasa de microalgas?

Así mismo, se plantearon problemas específicos: ¿Cuáles son las técnicas de obtención de biodiesel utilizando biomasa de microalgas?, ¿evaluar el rendimiento de cada técnica utilizada para la obtención de biodiesel utilizando biomasa de microalgas?, ¿comparar las especies de microalgas utilizadas para la obtención de biodiesel y hallar la más viable?

Por lo tanto, la presente investigación tiene una justificación ampliamente ligada al aporte que pueda dar en niveles científicos, así como sociales, ya que está enfocada en la búsqueda de investigaciones ya realizadas en torno a la producción de biodiesel para así atenuar los problemas que generan los combustibles convencionales. Evidenciando de esta manera métodos de producción más limpios, rentables y por consiguiente sostenibles, y así poder

servir para investigaciones futuras.

Se propuso como objetivo general de la investigación: Determinar cuál es la mejor técnica a utilizar para la obtención de biodiesel utilizando biomasa de microalgas, donde se desglosan los objetivos específicos que se centran en determinar las técnicas de obtención de biodiesel utilizando biomasa de microalgas, como también evaluar el rendimiento de cada técnica utilizada para la obtención de biodiesel utilizando biomasa de microalgas y finalmente comparar las especies de microalgas utilizadas para la obtención de biodiesel y hallar la más viable.

II. MARCO TEÓRICO

Dentro del umbral de las investigaciones a nivel nacional, en su tesis desarrollada por Chasquibol (2021) se planteó como objetivo determinar el estado de las técnicas de producción empleadas para producir biocombustibles a partir de microalgas. La metodología que empleó ha sido una revisión sistemática de 42 artículos, de su base de datos Scopus. Como resultado identificó dos tipos de sistemas de cultivos cerrados y abiertos, los dos con diferentes variedades, como los reactores abiertos de canalización (raceway) y de capa fina, asimismo los fotobiorreactores cerrados (PBR). Donde también menciona que los reactores abiertos son mucho más económicos, por lo cual son más escalados a nivel comercial en el planeta. Todo lo contrario, con los PBR quien mantiene un elevado costo, lo cual hace que limite su viabilidad comercial.

Según Jimenez y Castillo, en su artículo hacen un resumen mediante el análisis de distintas publicaciones científicas actuales, vinculadas con biocombustibles de tercera generación empleando microalgas. Muestran una perspectiva general de biocombustibles y su clasificación, técnicas para su cultivo, cosecha y pretratamiento de su biomasa y bases teóricas de microalgas. Asimismo, describen tecnologías prometedoras para adquirir biocombustibles de gran demanda mundial, contemplando las propiedades técnicas del proceso, en función de las especies de microalgas que alcanzan los más altos rendimientos y productividades para cada clase de

biocombustible: Biogás (digestión anaerobia), biodiesel (extracción de lípidos, transesterificación y purificación) y etanol (hidrólisis de azúcares, fermentación y purificación). También afirman que la mayoría de los estudios están enfocados en la producción de lípidos, siendo *Botryococcus braunii* (A), *Chlorella vulgaris* y *Nanochloropsis* sp. las microalgas más utilizadas para obtener biodiesel.

Concerniente al ámbito de la investigación internacional; Acevedo, Acevedo y Posso (2019) en su trabajo de investigación realizaron una revisión sistemática de literatura de la base de datos Scopus donde se encuentran sus publicaciones científicas, complementariamente a esto hicieron una revisión del contenido de la web sobre la producción de biodiesel mediante el aceite de fritura residual (AFR), desde sus perspectivas técnicas y ambientales. Evaluaron la disponibilidad y gestión del AFR, estimando una proporción de 60 millones de litros anualmente en Colombia, con un 80 % de ácidos grasos que se pueden convertir en biodiesel con un rendimiento del 98,4 %. En conclusión, lo catalogaron al AFR como un componente atrayente para la producción de biodiesel de segunda generación en Colombia, considerando su enorme reserva y su positivo impacto ambiental.

Según nos muestra Akubude, V; Nwaige. K y Dintwa. E. (2019), en su investigación nos expresa problemas existentes con la producción de microalgas para la obtención de biodiesel, biocombustibles entre otros, es así que mediante el método de transesterificación nanocatalizado y haciendo captura de CO_2 para refinería, en los que entran también los nanocatalizadores para la mejora del proceso, por otro lado, estos mismo generan dificultad para aislar el rendimiento, por las impurezas que presentan, sin embargo, la microalga *Nanochloropsis* sp. Ha mostrado resultados favorables a condiciones con catalizadores, como es de un rendimiento de 99% de biodiesel, importando en esta investigación también condiciones como T° , la relación alcohol- aceite, el tiempo de reacción y la carga del catalizador. Concluyen que la biomasa de las microalgas genera beneficios económicos, son materia prima para biocombustibles de 3era generación, por lo que se necesita más investigación para poder evitar barreras en la

obtención del mismo.

Según Hossain, Nazia; Mahlia, T. y Saidur (2019), R en su investigación expresa el potencial que tienen como materia prima la biomasa que generan las microalgas para generar biocombustibles, así como biodiesel, para lo que la integración de nanoaditivos, nano fibras, nanopartículas, nanotubos, nanohojas, nanogotas, para el fácil crecimiento de las microalgas, en el que se experimentó con diversas especies de microalgas, en las que se debían cumplir y aplicar una serie de procesos para evaluar el rendimiento de la biomasa de las mismas, mostrando que por medio de la Transesterificación de los lípidos, de la microalga “*Chlamydomonas reinhardtii*”, siendo de la familia de las Clorofita, mostrando que tiene un mayor resultado sobre las otras, dando un 96% de eficiencia en la conversión de microalga a biodiesel, así como la introducción de nanoaditivos en este caso nanopartículas de plata, para el resultado obtenido sea favorable, concluyendo que poder modificar el proceso, para la utilización de materia prima sustentable.

Jazie, Alie; Abed, Suhad [et al], (2020); en su investigación nos señala que usando el catalizador (ácido dodecibenzenosulfónico) DBSA, en un reactor de lecho compacto, usando la técnica de transesterificación, sumado a las condiciones de temperatura, el tiempo de resistencia, la carga del catalizador y la relación alcohol metílico- aceite el resultado que se obtuvo fue satisfactorio, ya que el catalizador DBSA genera una actividad catalítica mayor a otros de tipo ácido, llevando a cabo las reacciones de transesterificación con T° de proceso: 373,15 K, carga de catalizador de 5% en peso y 11% en peso y un tiempo de resistencia de 30 minutos, con lo que se concluyó que el agua de las microalgas debe disminuir y que la temperatura es un factor valioso para el rendimiento, puesto que a mayor T° , las moléculas de energía cinética incrementa .

Según Dan Zhou [et al] , (2017); en su artículo de revisión que lleva por título “Continuous production of biodiesel from microalgae by extraction coupling with transesterification under supercritical conditions”, realizaron un estudio de dos microalgas (*Chrysophyta* y *Clorella sp.*) las cuales pueden producir biodiesel, utilizando el método de transesterificación incluyendo al estudio

también las condiciones de temperatura, tiempo, presión y la relación de alcohol a aceite bien llamado metanol a algas, dando resultados del rendimiento del contenido de (FAME) éster de ácido graso, mediante cromatografía, mostrando que los residuos que deja la biomasa de microalgas luego de la extracción se puede reutilizar y así darle valor agregado a estos, ya sea en la industria farmacéutica o nutraceúticos, al concluir se necesitan las condiciones para la reacción óptima es de T° 60°C y de reacción 340°C, de 18 a 20 Mpa, la relación de metanol a aceite es de 84:1 y una tasa de flujo de Co2 y n-hexano de 0,5 l/ minuto y de 0.4 ml/minuto, así es que con mayor rendimiento obtenido Clorella sp. Por sobre la Chrysophyta, ya que a su mayor contenido de lípidos.

Según Terra de Oliveira, Deborah [et al] , (2020); en su artículo titulado “Advances in the Biotechnological Potential of Brazilian Marine Microalgae and Cyanobacteria”, nos muestra el potencial que tienen las microalgas y las cianobacterias marinas en Brasil, puesto que estos microorganismos realizan la fotosíntesis y también tener gran capacidad de adaptación, son estudiados en confines biotecnológicos, contienen además sustancias que son utilizadas como materia prima en la producción de biocombustibles, biodiesel y etanol, fabricando base para estos como son los ácidos grasos, para hallar los resultados hicieron estudios en 12 cianobacterias y al igual de microalgas, así como que las cianobacterias en su captación de co2 mediante la fotosíntesis, en donde producen carbohidratos que es utilizado en su mayoría para el bioetanol, por el lado de la microalgas como la Clorella sp., muestran que generan mayor cantidad de ácidos grasos y lípidos, que es utilizado para la obtención de biodiesel, concluyendo que la concentración de biomasa con referente a las microalgas es un punto importante, para mayor obtención y rendimiento, mientras que las cianobacterias podrían generar mayor tiempo y gasto para el aprovechamiento.

Según Ratnasari, Megga; Findo, Arina [et al], (2019); en su investigación nos muestra que existe un agotamiento en lo que es combustible fósil ante esto existe una búsqueda de energías sostenibles o alternativas a partir de recursos naturales y renovables, ante esto las productoras de lípidos son las

microalgas y este es la materia prima del biodiesel, así que partiendo de ahí, se comienza con el cultivo de la biomasa de microalgas para luego por transesterificación directa, la biomasa se llevó a T° diversas hasta obtener el adecuado, se obtiene la biomasa y el contenido de lípidos necesarios para la generación de biodiesel, ante lo cual los resultados con más rendimiento fueron las de *Choricystis parasítica* con un 89,10%, de biodiesel, con lo que se refiere que con optimización se observarían mejores resultados.

Según Chandra, Pradhan, Patel y Ghosh (2021), su artículo tiene como objetivo la remediación de aguas servidas lácteas (DWW) a fin de fabricar materia prima de biodiesel empleando cultivos de polimicroalgas de cuatro microalgas a saber *Nostoc muscorum* (*N. muscorum*), *Espirulina* sp, *Chlorella minutissima* (*C. minutissima*) y *Scenedesmus abundans* (*S. abundans*). Como resultados obtuvieron que el rendimiento óptimo de biomasa y lípidos de $5,76 \pm 0.06$ y 1152.37 ± 0.065 mg / L mediante cultivo de polimicroalgas CNSS cultivado en 70% DWW + 10 g / L de glucosa en el fotoperiodo 18: 6 h. Además, indican que los lípidos producidos mediante el cultivo de polimicroalgas son recomendables para la producción de biodiesel. En conclusión, mencionan que los cultivos polimicroalgas parecen ser más eficientes que los cultivos de monomicroalgas en el saneamiento de DWW y para la obtención de materia prima de biodiesel.

Bancha Kumsiri (2021), este estudio presenta un desarrollo innovador para perfeccionar la producción de biomasa de microalgas y lípidos como insumo sostenible favorable para el biodiesel usando un cocultivo de actinomicetos con microalgas. Entre los aislados de actinomicetos probados, *Piscicoccus intestinalis* WA3 produjo ácido indol-3-acético y sideróforos como agentes promotores del crecimiento de algas. En el tiempo que se realizó el co-cultivo de *P. intestinalis* WA3 con microalga *Tetrademus obliquus* AARL G022 en el BDE, producción de biomasa, clorofila a. El contenido y la productividad de lípidos ascendieron notoriamente en 1,30 pliegues, 1,39 pliegues y 1,55 pliegues, consecuentemente, comparando con el monocultivo de microalgas. En cuanto a los resultados generales mostraron que el cocultivo de actinomicetos ayudaría notoriamente a la producción rentable de

biocombustible mediante microbios amigables con el medio ambiente.

Según Khan, Suliman; Siddique, Rabeea [et al], (2017); en su artículo expresa que una de las mejores fuentes para la producción de biodiesel son las microalgas marinas como lo son también las algas, ya que se pueden generar de cultivos sostenibles, para llevar a cabo este proceso se requiere de una extracción de ácidos grasos simple, en el que también se requiere de condiciones como las de pH. T°, el tipo de microalga y la biomasa, además de necesitar luz solar, así como sistemas abiertos o cerrados dependiendo del alga microalga, ante esto luego de una revisión de un grupo de especies, la más resaltante fue la de *Nanocloropsis* sp. Una microalga marina, ya que contiene una gran cantidad de aceite, a diferencia de especies un poco más comunes como: *Oedogonium* y *Spirogyra*. Llegando a concluir que este tipo de procesos puede frenar o atenuar crisis energética y llevar a gran escala tecnologías como las de biomasa de microalgas.

Según Vieira, Jorge; Bastos, Bárbara [et al], (2020); en su artículo, expresa que las técnicas existentes para la obtención de biomasa para biodiesel necesitan una actualización, para que se vean más viables y económicas así como sostenibles, las microalgas bioactivas se derivan del metabolismo de la misma, estos generan ácidos grasos, poliinsaturados entre otros, que ayudan a la creación de la biorrefinería para producción de biodiesel, ya que en su gran mayoría los productos como los lípidos, aminoácidos, carotenoides son metabolitos secundarios dentro de una célula, por lo que la elección del método a usar es de suma importancia para la eficiencia de los resultados, que sean desarrollados sosteniblemente, económicos y que se puedan estructurar a una biorrefinería. (pp. 5,8).

Poniéndonos en contexto un poco más sobre algunos términos que comprenden nuestra investigación podemos señalar que las microalgas son microorganismos unicelulares que efectúan todas las funciones vitales de manera independiente mediante la fotosíntesis, (Rodríguez 2017).

Se manifiestan diversas formas y estructuras en las microalgas, las cuales son capaces de bioacumular en sus membranas mucha proporción de contaminantes, asimismo producir lípidos, aceites, grasas y pigmentos; de los

cuales son de mucha importancia en la industria alimenticia y ambiental, (Gavilanes, Morales y Molina, 2013).

También, acumulan metabolismos de reserva como almidones y glicerol. “Se ha encontrado, en promedio, entre las especies de microalgas: *Microspora* sp., *Diatoms*, *Lyngbya* sp., *Cladophora* sp., *Spirogyra* sp., y *Rhizoclonium* sp., 26,17% de carbohidratos, 17,53% de lípidos y 46,4% de proteína”, (Ahmad, Khan y Yasar, 2012).

“Las microalgas se encuentran habitando en cualquier medio natural en el cual exista nutrientes, una fuente de carbono y luz suficiente, junto con una medida apropiada de temperatura, hasta la fecha se han descrito más de 40.000 especies.” (Elliott, y otros, 2012).

La biomasa de microalgas puede ser empleada en la fertilización y acondicionamiento de suelos para uso agrícola, generación de productos de interés agrícola, alimentario, industrial y energético.

Las tecnologías que existen para el cultivo de microalgas se pueden dar de dos modos: Sistemas cerrados o de forma abierta. “las microalgas cultivadas en sistemas cerrados pueden tener condiciones de cultivo controlados. No obstante, de facilitar una mejor defensa contra la irrupción de especies locales, los sistemas cerrados no son recomendables dado que presentan un alto costo de operación.

Ahora bien, los cultivos abiertos presentan sistemas naturales (lagos, laguna, estanques), artificiales, de superficie inclinada y estanques tipo circuito (‘Raceway ponds’). En un sistema abierto, las microalgas se desarrollan en un ambiente en donde los parámetros de cultivo (temperatura y la intensidad de la luz) están sometidas a las condiciones meteorológicas, (Rodríguez 2017).

Biodiesel, es un biocombustible líquido que tiene una composición de alquil-esteres de alcoholes de cadena corta tales como metanol y etanol, con ácidos grasos de cadena larga extraídos a base de biomasa renovable: Aceites usados (de fritura), aceites vegetales (de girasol, colza, soya o palma), grasas animales y aceites de microalgas.

La esencial ventaja del biodiesel se debe a que es uno de la totalidad de los combustibles renovables, no tóxicos y biodegradables. (Gendy & El-Temtamy, 2013). En relación a lo anterior, se manifiestan distintas metodologías para la producción de biodiesel: uso directo de aceites o 41 mezclas de éstos con diésel fósil, microemulsiones, pirólisis y transesterificación siendo esta última la solución más factible.

Los tipos de biocombustibles, por lo general de acuerdo a su naturaleza son sólidos (carbón vegetal, astillas, pellets de madera y leña), gases (gas de síntesis, biogás, etc.) y líquidos (biodiésel, bioetanol, etc.). Para conseguir calefacción y energía pueden ser usados directamente (biocombustibles primarios) o transformarse (biocombustibles secundarios) contemplando la evolución sistemática de cuatro generaciones de biocombustibles, de acuerdo al tipo de recurso renovable y por medio de tres rutas de conversión tecnológica: Termoquímica (combustión, gasificación y pirólisis), fisicoquímica (biomasa en combustibles líquidos), bioquímica (fermentación), (Dalena, 2019).

Los biocombustibles de primera generación es la manera más habitual de producción, existiendo el biodiesel y el bioetanol los exclusivos biocombustibles comercializados con más popularidad hasta el momento. Adquiriendo de los cultivos agrícolas comestibles (palma aceitera, sorgo, maíz, caña de azúcar y semillas oleaginosas), donde el consumo desmesurado de estos recursos perjudica negativamente en el suministro de alimentos (World Bioenergy Association, 2019; Das & Varanasi, 2019). Brasil y Estados Unidos son los primordiales productores de bioetanol en el mundo, utilizan la caña de azúcar y el maíz como materia prima. Australia y El Reino Unido usan el trigo como más significativa materia prima para la industria del etanol (Basile & Dalena, 2019).

Los biocombustibles de segunda generación son considerados más ecológica comparación que los de primera generación, son adquiridos de desechos forestales y agrícolas, residuos municipales e industriales (Enamala et al., 2018). En la tercera generación de biocombustibles, están considerados una elección aceptable como fuente de energía sostenible, se originan al

procesar fuentes microbianas y algas, no necesitan emplear terrenos agrícolas, los reactores o estanques en los que se cultivan pueden instalarse en tierras infértiles.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación que se aplicará será de tipo básica, con una metodología y enfoque cualitativo, correspondiente a un diseño teórico y siguiendo un modelo de revisión de literatura, exponiendo así la evidencias que van orientadas a la descripción con una finalidad de comprender y explicar a través de teoría fundamentada (Sánchez, 2019).

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

Las categorías y matriz de categorización llamada apriorística, es desarrollada antes del proceso de recopilación de información, es así que, iniciada la investigación, se tiene referenciales importantes del tema a tratar, entonces se relacionan los objetivos, como también el problema de investigación, así como categorías y subcategorías, para finalizar los criterios de inclusión y exclusión utilizados para la toma de información (Herrera [et al], 2015).

3.3. Escenario de estudio

El escenario de estudio del presente fueron las bases de datos de revistas indexadas donde se eligieron artículos únicos e investigaciones que contengan información adecuada, así como dando importancia a los cuartiles (Q) que nos muestran el valor y alcance de las revistas utilizadas.

3.4. Participantes

Se identificaron para el estudio y revisión sistemática 42 artículos de técnicas de producción de biodiesel utilizando biomasa de microalgas, de los cuales 18 se eligieron para la revisión ya que en su totalidad eran de acceso abierto, así como que cumplían con todas las características

requeridas, de las diversas plataformas confiables y bases indexadas como: Scopus, Science Direct, Scielo, Springer Link, MPDI.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se efectuó una revisión de literatura, donde se hizo un análisis de documentos (artículos), que fueron obtenidos de fuentes indexadas, utilizando criterios de exclusión, así como criterios de inclusión, para los cuales fueron utilizados instrumentos como: Fichas de análisis de datos como recolección de datos.

3.6. Procedimiento:

Se determinaron para la búsqueda de artículos palabras claves “Microalgas”, “biodiesel”, “biomasa”, “producción de biodiesel”, “transesterificación”, las cuales están relacionadas al tema y las que fueron utilizadas para en las bases mencionadas.

Se aplicaron también criterios de inclusión entre otros puntos que se muestran en la siguiente tabla que muestra el procedimiento del desarrollo de la investigación:

Tabla 1. Procedimiento

PROCEDIMIENTO					
PALABRAS CLAVES	"Microalgas", "biodiesel", "biomasa", "producción de biodiesel", "transesterificación".				
PLATAFORMA DE BÚSQUEDA	Springer Link	Scopus	Sciencedirect	MPDI	
PRIMERA ETAPA Búsqueda de información de la plataforma de búsqueda.					
Originalidad	Duplicidad	Descartar			
SEGUNDA ETAPA SELECCIÓN DE LA INFORMACIÓN					
PRIMER FILTRO					
SELECCIÓN DE DOCUMENTOS POR IDIOMA	Artículos de investigación en idiomas: inglés-español.				
SEGUNDO FILTRO					
SELECCIÓN DE DOCUMENTOS	Artículos de investigación publicados entre los años 2015-2021.				
TERCER FILTRO					
ARTÍCULOS DE INTERÉS	Cuartiles			Información de importancia	
	Q1	Q2	Q3	Repositorios	Artículos
TERCERA FASE ARTÍCULOS SELECCIONADOS					
Documentos relevantes para la investigación, que tengan los criterios de inclusión.					

Fuente: Elaboración Propia.

3.7. Rigor científico

En lo que respecta al rigor científico, y sus criterios, la presente investigación utilizó información de fuentes confiables, con el fin de otorgarle credibilidad, relevancia e impacto; seguido de esto el contraste coherente de las opiniones y estudios de los autores concede a la investigación el criterio de consistencia lógica; de esta manera la presente iniciativa certifica la veracidad de los datos y su importancia, que ha permitido respaldar la información con rigor y veracidad que en este se presentan.

3.8. Método de análisis de la información

En el método de análisis del presente trabajo de investigación, se sintetiza la información más relevante de los estudios encontrados y para la correcta categorización de la información recabada, se complementará una base de datos contenida en una hoja de cálculo en Excel, permitiéndonos almacenar la data investigada, conforme la naturaleza del contenido de los documentos o la conveniencia de los autores, tomando en cuenta el tema central de cada documento.

De los datos obtenidos, se representaron de manera interpretada y presentada netamente como se categorizó (Peña, 2017)

3.9. Aspecticos éticos

La presente investigación se ha elaborado con datos verídicos, recopilados de fuentes confiables y cada una de las citas seleccionadas fueron atentamente adjuntadas respetando la autenticidad de sus autores, así como los lineamientos de la Universidad César Vallejo.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN:

Los resultados en lo que fue el proceso de búsqueda de información se muestran a continuación:

Los 42 artículos revisados con anterioridad para el análisis, muestra en la *Figura 1*, se observó la cantidad de artículos que fueron revisados, donde se puede observar el desarrollo y la evolución que han tenido las investigaciones en lo que es la obtención de biodiesel usando biomasa de microalgas, ya que tiene atributos de degradación rápida y un mínimo de toxicidad, así como también una generación menor de combustión (S. Castillo, Omar [et al], 2017. p. 338).

En el gráfico también se observa cómo es que la base de datos con más resultados en porcentaje fue Springer Link con 43%, por otro lado, la *Figura 2*, señala los artículos revisados con una anterioridad de los últimos 7 años de publicación (2015-2021), identificando que el presente año es uno de los años con más investigación en el tema tratado, mientras que la *Figura 3*, nos muestra los artículos según el cuartil de la revista, identificando así el grado de relevancia de la información que se utilizó en el presente análisis con un resultado de 35 documentos con el cuartil 1 (Q1), siendo el resultado más notable, mientras tanto que para el idioma, el inglés fue el más encontrado en los documentos analizados con una cantidad de 40 artículos.

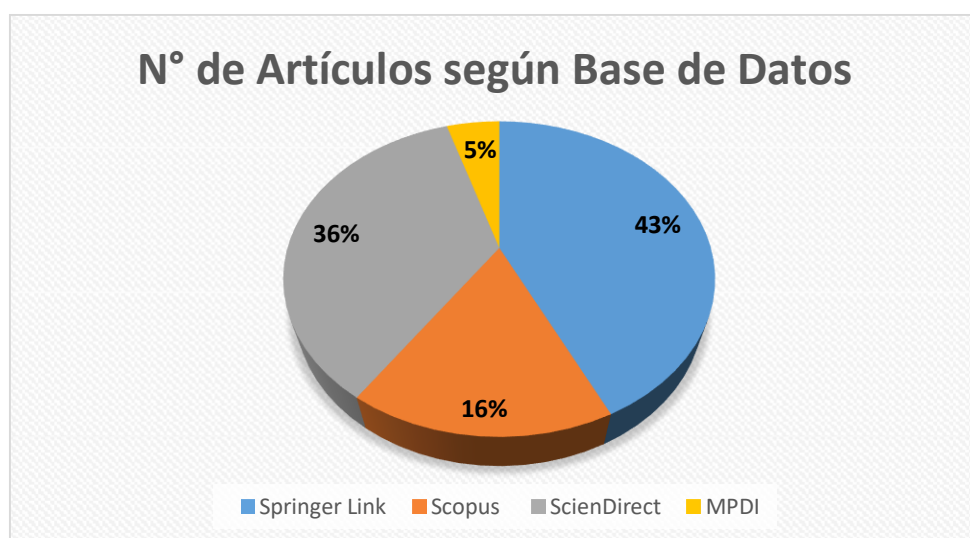


Figura 1. Artículos según base de datos revisadas.

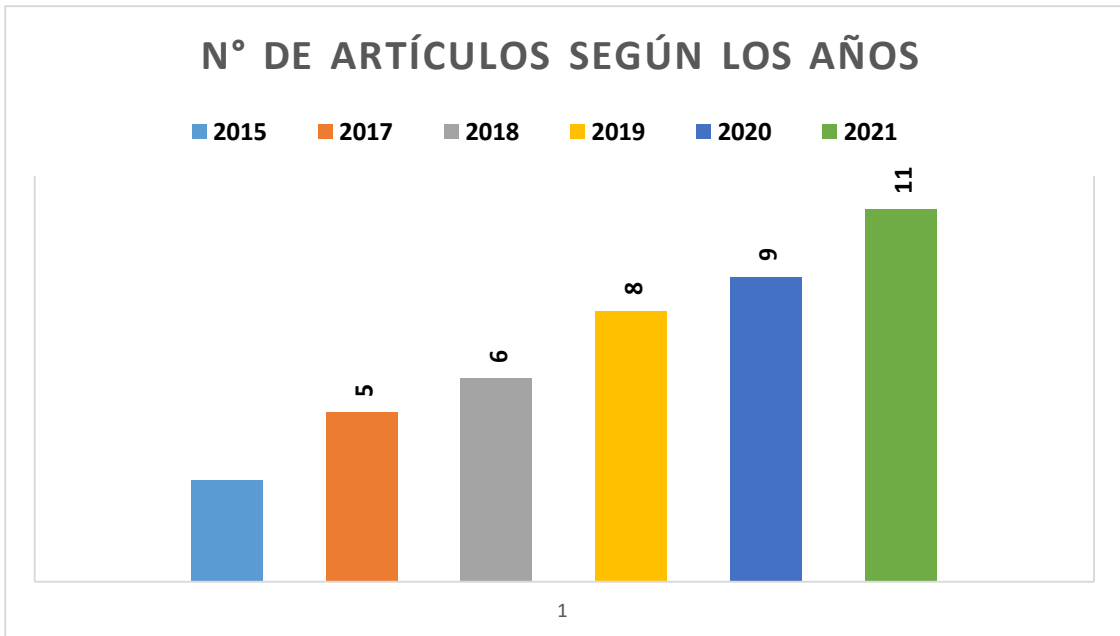


Figura 2. Artículos revisados según los últimos años (2015 - 2021) de publicación.

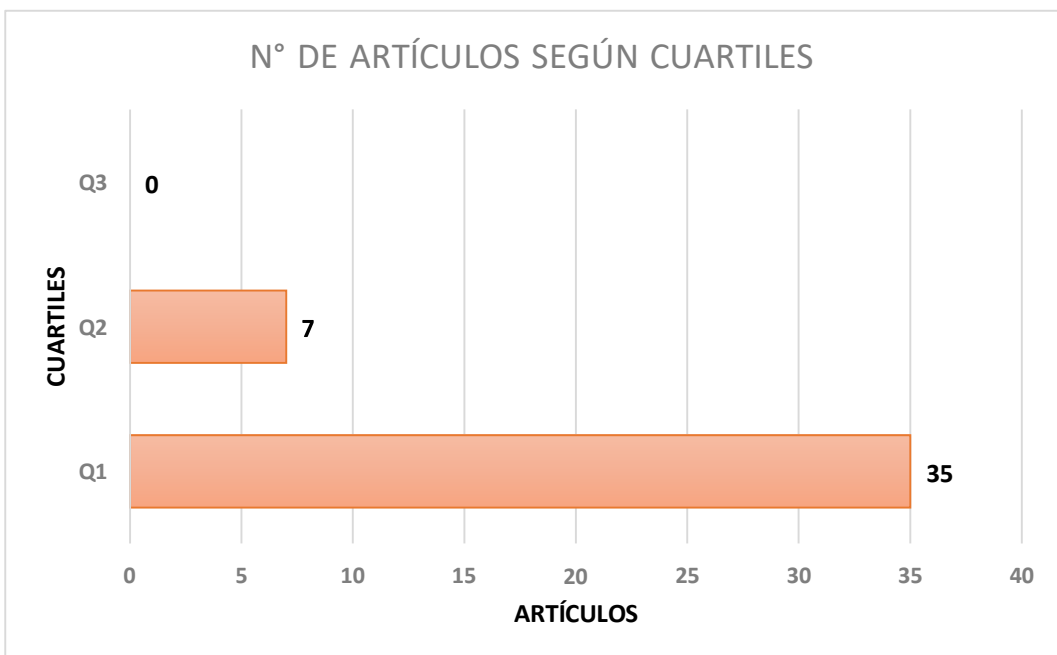


Figura 3. Artículos según cuartil de la revista.

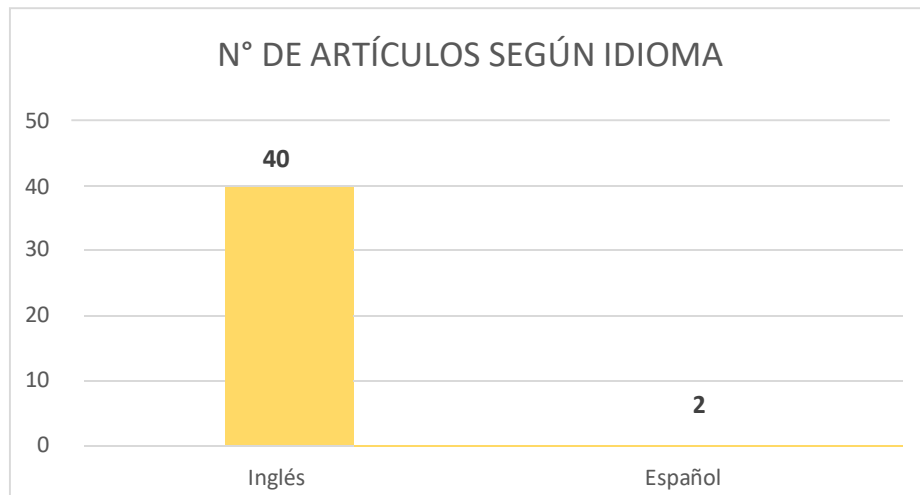


Figura 4. Artículos según el idioma de publicación.

Siguiendo con el análisis, en base a la información seleccionada y utilizando los filtros detallados en la Tabla 1, en base a criterios de inclusión y/o exclusión, la información pudo ser sintetizada y mostrar como en los últimos años, por la necesidad en la búsqueda de hacer reducción en la dependencia que existe a los combustibles fósiles por ende se muestra claramente como los biocombustibles dentro de los que resalta el biodiesel, recibe gran atención de los investigadores y se ve plasmado en la **Figura2**. (Jazie, Alie; Abed, Suhad [et al], 2020, pp. 642)

Tabla 2. Artículos que fueron seleccionados para el análisis de la investigación.

N°	TÍTULO DE ARTÍCULO	TIPO Y/O ESPECIE DE MICROALGA	TÉCNICA	RENDIMIENTO	REFERENCIA
1	Latest development in microalgae-biofuel production with nano-additives	Chlamydomonas reinhardtii	Transesterificación	96%	Hossain, Nazia; Mahlia, T. y Saidur, R
2	Advances in the Biotechnological Potential of Brazilian Marine Microalgae and Cyanobacteria	Chlorella sp.	Transesterificación	78,4%	Terra de Oliveira, Deborah [et al].
3	Continuous production of biodiesel from microalgae by extraction coupling with transesterification under supercritical conditions	Chrysophyta	Transesterificación	56,31%	Dan Zhou [et al].
		Chlorella sp		63, 78%	
4	Biodiesel Production from Algae to Overcome the Energy Crisis	Nannochloropsis sp.	Extracción de ácidos grasos	>50%	Khan, Suliman; Siddique, Rabeea [et al]
5	Characteristics of tropical freshwater microalgae <i>Micractinium conductrix</i> , <i>Monoraphidium</i> sp. and <i>Choricystis parasitica</i> , and their potency as biodiesel feedstock	Monoraphidium sp.	Transesterificación directa	60%	Ratnasari, Megga; Findo, Arina [et al].
		Choricystis Parasítica		89,10%	
6	Production of biodiesel from microalgae via nanocatalyzed transesterification process: A review	Nannochloropsis sp	transesterificación nanocatalizado	99%	Akubude, V; Nwaige. K y Dintwa. E.
7	Continuous biodiesel production in a packed bed reactor from microalgae <i>Chlorella</i> sp. using DBSA catalyst	Chlorella sp.	Transesterificación	90%	Jazie, Alie; Abed, Suhad [et al]

8	Life cycle assessment of biodiesel from estuarine microalgae	<i>Chlorella vulgaris</i>	Transesterificación	78%	Saranya, G y Ramachandra, T.
9	Feedstocks, environmental effects and development suggestions for biodiesel in China	<i>Chaetoceros</i> sp.	Transesterificación	78%	Chen, Hao [et al].
10	A review on prospective production of biofuel from microalgae	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	Pirólisis	21%	Ganesan, Ramya [et al].
11	Feasibility of microalgae as feedstock for alternative fuel in Malaysia: A review	<i>Chlorella</i> sp.	Transesterificación	34,53%	Hossain, Nazia [et al].
12	Microalgae cultivation using nutrients in fish farm effluent for biodiesel production	<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	"Método de Bligh y Dyer"	44 %	Enwereuzoh, Uzochukwu; Harding, Kevin y Low, Michelle.
13	Biodiesel production potential of an indigenous South African microalga, <i>Acutodesmus bajacalifornicus</i>	<i>Acutodesmus bajacalifornicus</i>	transesterificación directa	80 %	Grobler, J. [et al]
14	Rapid transesterification of micro-amount of lipids from microalgae via a micro-mixer reactor	<i>Chaetoceros</i> sp.	Transesterificación rápida	39%	Liu, J. Chu, Y. [et al].
		<i>Chlorella vulgaris</i>		44%	
		<i>Nanocloropsis</i>			
15	Biological potential of microalgae in China for biorefinery-based production of biofuels and high value compounds	<i>Desmodesmo</i> spp. F2	Transesterificación	59%	Li, J; Liu, Y; Cheng, J, Mos. M y Daroch, M
16	Biodiesel production through transesterification of <i>Chlorella vulgaris</i> : Synthesis and characterization of CaO nanocatalyst	<i>Chlorella vulgaris</i>	Transesterificación	34%	Davoodbasha, M. [et al].
17	Enhanced production of microalgal biomass and lipid as an environmentally friendly biodiesel	<i>Tetrademus obliquus</i>	Placa de dilución	68%	Kumsiri, B. [et al].

	feedstock through actinomycete co-culture in biogas digestate effluent				
18	Evaluation of microalgal strains and microalgal consortium for higher lipid productivity and rich fatty acid profile towards sustainable biodiesel production	Chlorella vulgaris (NRMC-F 0128)	Método de Folch	36,4%	Arutselvan, C. [et al].
		Coelastrella sp (NRMC-F 0198)		35,5%	
		Scenedesmus dimorphus (NRMC-F 0178)		36,4%	
		Clorococcum sp. (NRMC-F 0196)		39,2%	

En base a la **Tabla 2**, se puede observar que existen una variedad de tipos y especies de microalgas en las investigaciones revisadas, las que abordan los intereses sobre el rendimiento de las mismas (Terra de Oliveira, Deborah [et al], 2020, pp.2), siendo de ayuda en la posible implementación en industrias como las de biorrefinerías, expresando también el interés de estudiar las formas de centralizar la biomasa que generan las microalgas y poder alcanzar a mayor escala la producción de biodiesel, es así que en la busca de procesos con materias primas alternativas nuevas, de bajo costo y sostenibles. mismas (Terra de Oliveira, Deborah [et al], 2020, pp.14),

Luego, se realizó la evaluación de los objetivos que se desarrollaron en la presente investigación:

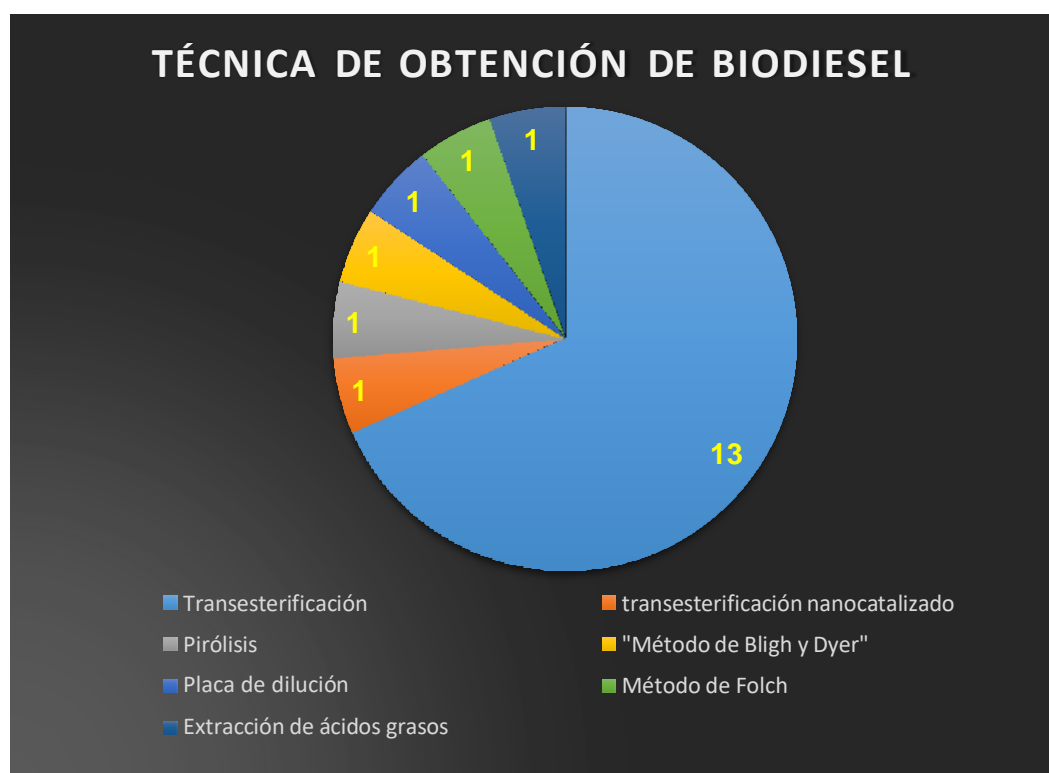


Figura 5. Número de artículos según el tipo de técnica utilizada para la obtención de Biodiesel.

En la **Figura 5**, Se muestran las técnicas obtención de biodiesel utilizando biomasa de microalgas que se reportaron en los artículos revisados que, en la búsqueda de la innovación en técnicas, la mejora en los procesos de obtención de biodiesel que se denomine eficiente y amigable con el medio (Vieira, Jorge; Bastos, Bárbara [et al], pp. 12), y que existiendo variedad de métodos a utilizar según (Akubude, V; Nwaige. K y Dintwa. E.,2019, pp.217), nos muestra que el método de transesterificación nanocatalizado y haciendo captura de cO₂ para refinería, en los que entran también los nanocatalizadores para la mejora del proceso, por otro lado, estos mismo generan dificultad para aislar el rendimiento por las impurezas que presentan, pero inclusive con dicha dificultad se obtuvo un rendimiento de 99%, por otro lado, también la técnica de transesterificación escrito por los autores se visualiza un resultado de 13 artículos utilizaron dicho método, sumado a condiciones según (Jazie, Alie; Abed, Suhad [et al]., 2020, 645), se puede mejorar los resultados en condiciones de temperatura, el tiempo de resistencia, la carga del catalizador y la relación alcohol metílico- aceite el resultado que se obtuvo fue satisfactorio, ya que el catalizador DBSA genera una actividad catalítica mayor a otros de tipo ácido, llevando a cabo las reacciones con menos impacto.

Por otro lado, uno de los principales problemas según (Muriana Víctor, 2016, p. 48), se evidenció para el método más utilizado es el de las condiciones a trabajar como son la temperatura, pH, entre otras (Davoodbasha, M. [et al]., 2021, pp.2) señala que el estudio de los métodos plasma comparar el contenido que pudieran a ver tenido de lípidos, así como los niveles de temperatura, también parámetros como el rendimiento de los esteres de ácidos grasos (FAME), este estudio señala que la T° para el proceso de Transesterificación es de 400 °c, pudiendo así ser maximizado el proceso de la obtención de biodiesel.

N° DE MICROALGAS UTILIZADAS EN LOS ARTÍCULOS

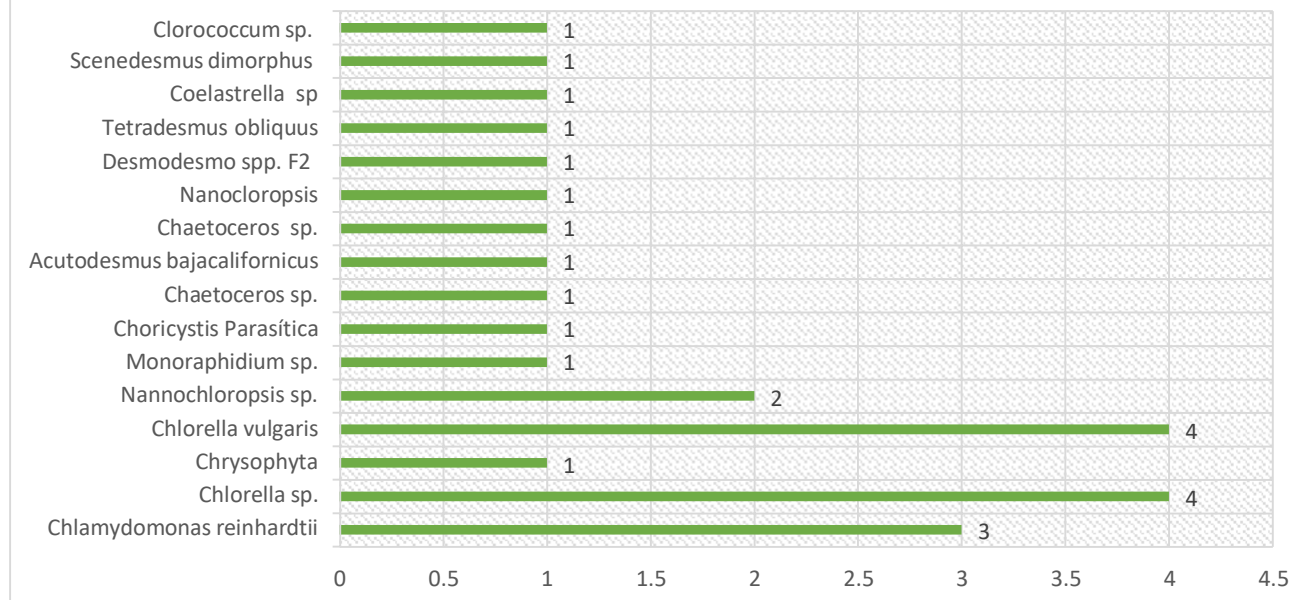


Figura 6. Número de artículos según el tipo de técnica utilizada para la obtención de biodiesel.

microalgas

que nos expresa el gráfico son sostenibles, los cuales deben ser mejores y eficaces para captar luz, y vas a hacer la manera más eficaz y así captar el dióxido de carbono y obtener de manera satisfactoria las propiedades del biocombustible (Jusoh et al., 2015).

Las microalgas que se presentan en la Gráfica de la **Figura 6**, son las más resaltantes que se obtuvieron en los documentos que se revisaron para la investigación, las cuales mostraron ser eficaces en el momento de obtener biomasa, que luego será convertida ácidos grasos y lípidos los cuales sirven de materia prima de segunda y tercera generación para la obtención de biodiesel, se muestra claramente que las microalgas más resaltantes son las *Chlorella sp.* y la *Chlorella vulgaris*, puesto que se señala que son las más utilizadas para la obtención de biodiesel, a las que les afecta condiciones de temperatura, tiempo, presión y la relación de alcohol ,Según Dan Zhou [et al] , (2017).

Tabla 3. Rendimiento por especie de microalga.

TIPO Y/O ESPECIE DE MICROALGA	RENDIMIENTO
<i>Chlamydomonas reinhardtii</i>	96%
<i>Chlorella sp.</i>	34,53% - 78,4%
<i>Chrysophyta</i>	56,31%
<i>Chlorella vulgaris</i>	36,4% -78%
<i>Nannochloropsis sp.</i>	99%
<i>Monoraphidium sp.</i>	50%
<i>Choricystis Parasítica</i>	89,10%
<i>Chaetoceros sp.</i>	78%
<i>Acutodesmus bajacalifornicus</i>	80%
<i>Chaetoceros sp.</i>	78%
<i>Nanocloropsis</i>	44%
<i>Desmodesmo spp. F2</i>	59%
<i>Tetradesmus obliquus</i>	68%
<i>Coelastrella sp</i>	35,5%
<i>Scenedesmus dimorphus</i>	36,4%
<i>Clorococcum sp.</i>	39,2%

Según lo que se puede observar en la **Tabla 3**. El rendimiento de las especies de microalgas no va de la mano específicamente con el método más utilizado, pues como se ve, las especies de microalgas con mejores rendimientos son las *Chlamydomonas reinhardtii* y *Nannochloropsis sp.* los que no necesariamente son las especies de microalgas más utilizadas en los documentos realizados para este análisis de información, según nos muestra (Akubude, V; Nwaige. K y Dintwa. E.,2019), la microalga *Nanochloropsis sp.* Ha mostrado resultados favorables a condiciones con catalizadores, como es de un rendimiento de 99% de biodiesel.

Tabla 4. Rendimiento de biodiesel según método.

MÉTODO	RENDIMIENTO
Transesterificación	96%
transesterificación nanocatalizado	99%
Pirólisis	21%
"Método de Bligh y Dyer"	44%
Placa de dilución	68%
Método de Folch	35,5% - 39,2%

Extracción de ácidos grasos	50%
-----------------------------	-----

Con respecto, los métodos con mejores resultados para la obtención de biodiesel mediante biomasa de microalgas los autores según los documentos revisados señalan que la Transesterificación y la transesterificación nanocatalizado, han mostrado resultados óptimos, ya que el proceso en mención se adiciona a codisolventes para una mayor reacción así mismo es que lo evidenciado en la Tabla 3. El método y la especie de microalga no está relacionado con el método que pudo haber sido utilizado, es de suma importancia para la eficiencia de los resultados la correcta elección de la técnica, que puedan ser desarrollados sosteniblemente, económicos y que se puedan estructurar a un mejor rendimiento (Vieira, Jorge; Bastos, Bárbara [et al], 2020, pp. 5,8).

Habiéndose hecho una comparativa entre técnicas se muestra según (Ganesan, Ramya [et al]., 2020, pp. 10) que la Pirólisis no solo implica descomposición térmica de la biomasa de las microalgas si no como acompañado con catalizadores a temperaturas altas (entre 400c° a 1000c°), diferenciándose pirólisis rápida como también lenta así pues en la revisión de resultados según los documentos revisados la técnica antes mencionada, genera un porcentaje menor al resto, que pudo ser evaluada.

Así mismo es que en su artículo (Vieira, Jorge; Bastos, Bárbara [et al], 2020), expresa que las técnicas existentes para la obtención de biomasa para biodiesel necesitan una actualización, para que se vean más viables y económicas, así como sostenibles, las microalgas bioactivas se derivan del metabolismo de la misma, estos generan ácidos grasos, poliinsaturados entre otros, que ayudan a

la creación de la biorrefinería para producción de biodiesel, ya que en su gran mayoría los productos como los lípidos, aminoácidos, carotenoides son metabolitos secundarios dentro de una célula, por lo que la elección del método a usar es de suma importancia para la eficiencia de los resultados, que sean desarrollados sosteniblemente, económicos y que se puedan estructurar a una biorrefinería.

La problemática que puede presentar el planeta ante cambios como calentamiento global o dependencia energética, excesiva emanación de gases GEI, en conjunto crea un problema que nos muestra claramente que se requiere de nuevas tecnologías y que sobre todo sea amigable con el medio, por ende, que en busca de mejoras el cultivo de microalgas se puede ejecutar y dar de dos modos: Sistemas cerrados o de forma abierta. "las microalgas cultivadas en sistemas cerrados pueden tener condiciones de cultivo controlados. No obstante, de facilitar una mejor defensa contra la irrupción de especies locales, lossistemas cerrados no son recomendables dado que presentan un alto costo de operación (Rodriguez 2017,).

Y así es que genera la inquietud para la investigación de rendimiento de las microalgas en mención, así como del método a utilizar que también sea económicamente viable.

V. CONCLUSIONES

- Se puede concluir que los estudios revisados revelan que las técnicas de obtención de biodiesel mediante biomasa de microalgas son las de: Transesterificación, transesterificación nanocatalizado, Pirólisis, Método de Bligh y Dyer", Placa de dilución, Método de Folch y Extracción de ácidos grasos
- Así como que técnicas las técnicas más utilizadas son las de Transesterificación, transesterificación nanocatalizado con un rendimiento de Biodiesel de 96% y 99% respectivamente, en las que afecta su rendimiento condiciones como Temperatura, pH, la fotosíntesis de la microalga, etc.
- Los documentos revisados nos muestran también que las microalgas más utilizadas para la generación de biodiesel mediante biomasa son las de: *Chlorella sp.*, *Chlorella vulgaris*, pero eso no va de la mano con el rendimiento que pueda mostrar.
- Mientras que las microalgas con mayor rendimiento son las de: *Chlamydomonas reinhardtii* y *Nannochloropsis sp.* con un rendimiento de 96%, 99% respectivamente.
- Las mejores técnicas por ende para ser utilizadas en la obtención de biodiesel mediante biomasa de microalgas son Transesterificación y transesterificación nanocatalizado puesto que van de la mano con el rendimiento de biodiesel.
- Las microalgas con mejores rendimientos de biodiesel y por ende las más viables son las de: *Chlamydomonas reinhardtii* y *Nannochloropsis sp.*, por los niveles de rendimiento que obtuvieron.

VI. RECOMENDACIONES

- Tener cuidado al manipular las microalgas, puesto que no todas tienen los mismos requerimientos ya sea de clima, de temperatura, de pH, de oxígeno, entre otros, por eso es que se requiere de un fotobiorreactor para el mejor trato y cultivo de la microalga.
- Es de suma importancia tener estudiadas las especies o tipos de microalgas a trabajar para poder obtener los niveles de biomasa necesaria para poder obtener los lípidos que se requiera en la producción de biodiesel.
- Búsqueda de nuevos métodos de obtención de biomasa necesaria para la generación de biodiesel, nueva tecnología, que sea económicamente viable y sostenible en el tiempo.

REFERENCIAS

- Ahiahonu, Elvis; Anku, William [et al]. Bioprospecting wild South African microalgae as a potential third-generation biofuel feedstock, biological carbon-capture agent and for nutraceutical applications. *Biomass Conversion and Biorefinery* [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s13399-021-01675-8>
ISSN: 2190-6815
- Akubude, V; Nwaige. K y Dintwa. E. Production of biodiesel from microalgae via nanocatalyzed transesterification process: A review. *Materials Science for Energy Technologies* [en línea]. Vol. 2. N° 1. 2019. [Fecha de consulta: 27 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589299118300788>
ISSN: 2589-2991
- Aratboni, Hossein [et al]. Biomass and lipid induction strategies in microalgae for biofuel production and other applications. *Microbial Cell Factories* [en línea]. Vol. 18. N° 178. octubre 2019. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12934-019-1228-4>
ISSN: 1475-2859
- Arutselvan, C. [et al]. Evaluation of microalgal strains and microalgal consortium for higher lipid productivity and rich fatty acid profile towards sustainable biodiesel production. *Bioresource Technology* [en línea]. Vol. 339. noviembre 2021. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85111253861&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&sid=5f0a66c199fd5c996bb4531234027f9f&sot=b&sdt=b&sl=174&s=TITLE-ABS-KEY%28Evaluation+of+microalgal+strains+and+microalgal+consortium+for+higher+lipid++productivity+and+rich+fatty+acid+profile+towards+sustainable++biodiesel+production%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
ISSN: 0960-8524

- Bekirogullari, Mesut; Fragkopoulos, Ioannis; Pittman, Jon k. y Constatinos, Theodoropoulos. Production of lipid-based fuels and chemicals from microalgae: An integrated experimental and model-based optimization study. *Algal Research* [en línea]. Vol. 23. abril 2017. [Fecha de consulta: 23 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211926416308025?via%3Dihub>
ISSN: 2211-9264
- Bodénés, Pierre [et al]. Microfluidic techniques for enhancing biofuel and biorefinery industry based on microalgae. *Biotechnology for Biofuels* [en línea]. Vol. 12. N° 33. febrero 2019. [Fecha de consulta: 24 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13068-019-1369-z>
ISSN: 1754-6834
- Chandra, Rajesh; Pradhan, S; Patel, A y Ghosh, U.K. An approach for dairy wastewater remediation using mixture of microalgae and biodiesel production for sustainable transportation. *Journal of Environmental Management* [en línea]. Vol. 297. noviembre 2021. [Fecha de consulta: 1 de diciembre de 2021]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85111891276&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&sid=32dcb0f18b4d4118f7a24f1385cc1ece&sot=b&sdt=b&sl=144&s=TITLE-ABS-KEY%28An+approach+for+dairy+wastewater+remediation+using+mixture+of+microalgae++and+biodiesel+production+for+sustainable+transportation%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>
ISSN: 0301-4797
- Chen, Hao [et al]. Feedstocks, environmental effects and development suggestions for biodiesel in China. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)* [en línea]. Vol. 7. N° 6. 2020. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095756420301446>
ISSN: 2095-7564

- Conde, Carolina [et. al]. Producción de biodiesel a partir de microalgas cultivadas en aguas residuales. *Revista de Sistemas Experimentales*. [en línea]. Vol. 2. N°. 2. 12 de marzo de 2015. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2021]. Disponible en: https://www.ecorfan.org/bolivia/researchjournals/Sistemas_Experimentales/vol2num2/Sistemas_Experimentales_V2_N2_4.pdf
ISSN: 2410-3950
- Dan Zhou [et al]. Continuous production of biodiesel from microalgae by extraction coupling with transesterification under supercritical conditions. *Bioresourse Technology* [en línea]. Vol. 238. Agosto 2017. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852417306041>
ISSN: 09608524
- Davoodbasha, M. [et al]. Biodiesel production through transesterification of *Chlorella vulgaris*: Synthesis and characterization of CaO nanocatalyst. *Fuel* [en línea]. Vol. 300. septiembre 2021. [Fecha de consulta: 13 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85106289361&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&sid=b270cdd636f95e9ed490df35234ff27a&sot=b&sdt=b&sl=138&s=TITLE-ABS-KEY%28Biodiesel+production+through+transesterification+of+Chlorella+vulgaris%3a++Synthesis+and+characterization+of+CaO+nanocatalyst%29&relpos=0&citeCnt=4&searchTerm=>
ISSN: 0016-2361
- Enwereuzoh, Uzochukwu; Harding, Kevin y Low, Michelle. Microalgae cultivation using nutrients in fish farm effluent for biodiesel production. *South African Journal of Chemical Engineering* [en línea]. Vol. 37. 2021. [Fecha de consulta: 19 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026918521000147>
ISSN: 1026-9185
- Ganesan, Ramya [et al]. A review on prospective production of biofuel from microalgae. *Biotechnology Reports* [en línea]. Vol. 27. 2020. [Fecha

- de consulta: 2 de noviembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215017X20303854>
ISSN: 2215-017X
- Grobler, J. [et al]. Biodiesel production potential of an indigenous South African microalga, *Acutodesmus bajacalifornicus*. *Scientific African* [en línea]. Vol. 13. 2021. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2021]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468227621002568>
ISSN: 2468-2276
 - Herrera Rodriguez, José Ignacio [et al]. Los diseños y estrategias para los estudios cualitativos. Un acercamiento teórico-metodológico. *Gaceta Médica Espirituana* [en línea]. Vol. 17. N° 2. 7 de julio de 2015. [Fecha de consulta: 22 de octubre de 2021]. Disponible en:
<http://scielo.sld.cu/pdf/gme/v17n2/GME13215.pdf>
ISSN: 1608 – 8921
 - Hossain, Nazia [et al]. Feasibility of microalgae as feedstock for alternative fuel in Malaysia: A review. *Energy Strategy Reviews* [en línea]. Vol. 32. 2020. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2211467X20300894>
ISSN: 2211-467X
 - Jazie, Alie; Abed, Suhad [et al]. Continuous biodiesel production in a packed bed reactor from microalgae *Chlorella* sp. using DBSA catalyst. *Engineering Science and Technology, an International Journal* [en línea]. Vol. 23. N° 3. 2020. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2021]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215098617314337>
ISSN: 2215-0986
 - Khan, Suliman; Siddique, Rabeea [et al]. Biodiesel Production From Algae to Overcome the Energy Crisis. *HAYATI Journal of Biosciences* [en línea]. Vol. 21. N° 4. 2017. [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1978301917300190>

ISSN: 1978-3019

- Fundación Universitaria Del Área Andina. Noviembre de 2017. [Fecha de consulta: 22 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/326425169.pdf>
- REVBIGO. Cultivo de algas para la producción de Biocombustibles [en línea]. Año 2015. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2021]. Disponible en: http://revbigo.webs.uvigo.es/images/revbigo/2015/Revbigo_2015_13.pdf
- Sánchez Flores, Fabio Anselmo. Fundamentos epistémicos de la investigación cualitativa y cuantitativa: Consensos y disensos. *Revista digital de Investigación en Docencia Universitaria* [en línea]. vol. 13. N° 1. junio de 2019. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/ridu/v13n1/a08v13n1.pdf>

ISSN: 2223-2516

- Subía Soledad y Rubio Jefferson. Evaluación de biomasa de microalgas de la laguna Limoncocha como materia prima para la obtención de biocombustible. *Enfoque UTE REVISTA*. [en línea]. Vol. 9. N° 2. junio de 2018. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/199/216>

ISSN: 390-9363

- S. Castillo, Omar [et al]. Producción de biodiésel a partir de microalgas: avances y perspectivas biotecnológicas. *Hidrobiológica 2017* [en línea]. Vol. 27. N° 3. 8 de noviembre de 2017. [20 de octubre de 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/hbio/v27n3/0188-8897-hbio-27-03-337.pdf>

ISSN: 0188-8897.

- Terra de Oliveira, Deborah [et al]. Advances in the Biotechnological Potential of Brazilian Marine Microalgae and Cyanobacteria. *Molecules* [en línea]. Vol. 25. N° 12. junio 2020. [Fecha de consulta: 14 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/12/2908>

ISSN: 1420-3049

- Ruijuan, Ma; Baobei, Wang [et al]. Comprehensive Utilization of Marine Microalgae for Enhanced Co-Production of Multiple Compounds. *Marine Drugs* [en línea]. Vol. 18. N° 9. septiembre 2020. [Fecha de consulta: 11 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/1660-3397/18/9/467/htm>
ISSN: 16603397
- Ratnasari, Megga; Findo, Arina [et al]. Characteristics of tropical freshwater microalgae *Micractinium conductrix*, *Monoraphidium* sp. and *Choricystis parasitica*, and their potency as biodiesel feedstock. *Heliyon* [en línea]. Vol. 5. N° 12. 2019. [Fecha de consulta: 27 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405844019365818>
ISSN: 2405-8440
- Shomal, Reem [et al]. Simultaneous extraction–reaction process for biodiesel production from microalgae. *Energy Reports* [en línea]. Vol. 5. 2019. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352484718302683>
ISSN: 2352-4847
- Vieira, Jorge; Bastos, Bárbara [et al]. Progress in the physicochemical treatment of microalgae biomass for value-added product recovery. *Bioresource Technology* [en línea]. Vol. 301. 2020. [Fecha de consulta: 12 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085241931956X>
ISSN: 0960-8524
- Saranya, G y Ramachandra, T. Life cycle assessment of biodiesel from estuarine microalgae. *Energy Conversion and Management: X* [en línea]. Vol. 8. 2020. [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2590174520300374>
ISSN: 2590-1745
- Shaikh, Shifa; Hassan, Mohammad [et al]. A comprehensive review on harvesting of microalgae using Polyacrylamide-Based Flocculants: Potentials and challenges. *Separation and Purification Technology* [en línea]. Vol. 277. 2021. [Fecha de consulta: 22 de octubre de 2021]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1383586621012168>

ISSN: 1383-5866

- Liu, J. Chu, Y. [et al]. Rapid transesterification of micro-amount of lipids from microalgae via a micro-mixer reactor. *Biotechnology for Biofuels* [en línea]. Vol. 8. N° 1. diciembre 2015. [Fecha de consulta: 29 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84952330588&origin=resultslist&sort=cp&src=s&sid=7920ee55414671463b33d777a3b9d4b1&sot=b&sdt=b&sl=110&s=TITLE-ABS-KEY%28Rapid+transesterification++of+micro-amount+of+lipids+from+microalgae++via+a+micro-mixer+reactor%29&relpos=0&citeCnt=14&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_VIEW_PDF:1

ISSN: 1754-6834

- Li, J; Liu, Y; Cheng, J, Mos. M y Daroch, M. Biological potential of microalgae in China for biorefinery-based production of biofuels and high value compounds. *New Biotechnology* [en línea]. Vol. 32. N° 6. diciembre 2015. [Fecha de consulta: 19 de septiembre de 2021]. Disponible en: https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84940959274&origin=resultslist&sort=cp&src=s&sid=6f13f39ddf8fae838714399334abda60&sot=b&sdt=b&sl=128&s=TITLE-ABS-KEY%28Biological+potential+of+microalgae+in+China+for+biorefinery-based+production+of+biofuels+and+high+value+compounds%29&relpos=0&citeCnt=46&searchTerm=&featureToggles=FEATURE_VIEW_PDF:1

ISSN: 1871-6784

- Manzoor, Maleeha; Tabssum, F; Javaid, H. y Qazil, Ji. Lucrative future of microalgal biofuels in Pakistan: a review. *International Journal of Energy and Environmental Engineering* [en línea]. Vol. 6. N° 4. diciembre 2015. [Fecha de consulta: 5 de septiembre de 2021]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84947204596&origin=resultslist&sort=cp->

[f&src=s&sid=460838f1d59b3d47c1674b77504ba69f&sot=b&sdt=b&sl=76&s=TITLE-ABS](https://doi.org/10.1007/s13205-017-0727-4)

[KEY%28Lucrative+future+of+microalgal+biofuels+in+Pakistan%3a+a+review%29&relpos=0&citeCnt=9&searchTerm=](https://doi.org/10.1007/s13205-017-0727-4)

ISSN: 2008-9163

- Mondal, M; Goswami, S; Ghosh, A. [et al]. Production of biodiesel from microalgae through biological carbon capture: a review. 3 *Biotech* [en línea]. mayo 2017. [Fecha de consulta: 22 de agosto]. Disponible en: [https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-017-0727-4#](https://link.springer.com/article/10.1007/s13205-017-0727-4)
ISSN: 0175-7598
- Allen, J.; Unlu, S.; Demirel, Y. [et al]. Integration of biology, ecology and engineering for sustainable algal-based biofuel and bioproduct biorefinery. *Bioresources and Bioprocessing* [en línea]. Vol. 5. N° 47. noviembre 2021. [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2021]. Disponible en: <https://bioresourcesbioprocessing.springeropen.com/articles/10.1186/s40643-018-0233-5>
ISSN: 2197-4365
- Benedetti, Manuel; Vecchi, Valeria; Barera Simone y Dall'Osto, Luna. Biomass from microalgae: the potential of domestication towards sustainable biofactories. *Microbial Cell Factories* [en línea]. Vol, 17. N° 173. noviembre 2018. [Fecha de consulta: 5 de octubre]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12934-018-1019-3>
ISSN: 1475-2859
- Khan, Muhammad; Shin, Jin y Kim, Jong. The promising future of microalgae: current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products. *Microbial Cell Factories* [en línea]. Vol. 17. N° 36. marzo 2018. [Fecha de consulta: 14 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s12934-018-0879-x>
ISSN: 1475-2859
- Jagadevan, Sheeja [et al]. Recent developments in synthetic biology and metabolic engineering in microalgae towards biofuel production. *Biotechnology for Biofuels* [en línea]. Vol. 11. N° 185. junio 2018. [Fecha

de consulta: 16 de octubre de 2021]. Disponible en:
<https://link.springer.com/article/10.1186/s13068-018-1181-1>

ISSN: 1754-6834

- Karmakar, Rachar; Rajor, Anita; Kundu, Krishnendy y Kumar Nitin. Production of biodiesel from unused algal biomass in Punjab, India. *Petroleum Science* [en línea]. Vol. 15. diciembre 2017. [Fecha de consulta: 17 de agosto de 2021]. Disponible en:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s12182-017-0203-0>

ISSN: 1672-5107

- Patidar, Shailesh [et al]. Pelagibaca bermudensis promotes biofuel competence of Tetraselmis striata in a broad range of abiotic stressors: dynamics of quorum-sensing precursors and strategic improvement in lipid productivity. *Biotechnology for Biofuels* [en línea]. Vol. 11. N° 102. abril 2018. [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2021]. Disponible en:
<https://link.springer.com/article/10.1186/s13068-018-1097-9>

ISSN: 1754-6834

- Thangavel, Kalaiselvi [et al]. Growth and metabolic characteristics of oleaginous microalgal isolates from Nilgiri biosphere Reserve of India. *BMC Microbiology* [en línea]. Vol. 18. N° 1. junio 2018. [Fecha de consulta: 27 de agosto de 2021]. Disponible en:
<https://link.springer.com/article/10.1186/s12866-017-1144-x>

ISSN: 1471-2180

- Hossain, Nazia; Mahlia, T. y Saidur, R. Latest development in microalgae-biofuel production with nano-additives. *Biotechnology for Biofuels* [en línea]. Vol. 12. N° 125. mayo de 2019. [Fecha de consulta: 27 de agosto de 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13068-019-1465-0>

ISSN: 1754-6834

- Jebali, A. [et al]. Evaluation of native microalgae from Tunisia using the pulse-amplitude-modulation measurement of chlorophyll fluorescence and a performance study in semi-continuous mode for biofuel production. *Biotechnology for Biofuels* [en línea]. Vol. 12. N° 119. mayo 2019. [Fecha

de consulta: 29 de agosto de 2021]. Disponible en:
<https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-019-1461-4>

ISSN: 1754-6834

- Shaikh, Kashif; Nesamma, Asha [et al]. Molecular profiling of an oleaginous trebouxiophycean alga *Parachlorella kessleri* subjected to nutrient deprivation for enhanced biofuel production. *Biotechnology for Biofuels* [en línea]. Vol. 12. N° 182. julio 2019. [Fecha de consulta: 20 de septiembre de 2021]. Disponible en:
<https://biotechnologyforbiofuels.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13068-019-1521-9>

ISSN: 1754-6834

- Osman, Ahmed [et al]. Conversion of biomass to biofuels and life cycle assessment: a review. *Environmental Chemistry Letters* [en línea]. Vol. 19. julio 2021. [Fecha de consulta: 17 de octubre de 2021]. Disponible en:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s10311-021-01273-0>

ISSN: 1610-3653

- Torres, Alica; Padrino Suleima, Brito, Andrea y Díaz, Laura. Biogas production from anaerobic digestion of solid microalgae residues generated on different processes of microalgae-to-biofuel production. *Biomass Conversion and Biorefinery* [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 28 de octubre de 2021]. Disponible en:
<https://link.springer.com/article/10.1007/s13399-021-01898-9>

ISSN: 2190-6815

- Zhang, C; Hasunuma, T; Shiung Lam, S. y Kondo, A. Salinity-induced microalgal-based mariculture wastewater treatment combined with biodiesel production. *Bioresource Technology* [en línea]. Vol. 340. noviembre 2021. [Fecha de consulta: 5 de noviembre de 2021]. Disponible en:
<https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85111597743&origin=resultslist&sort=cp-f&src=s&sid=ef7c43eda8cf0012e61b3ce7481f743e&sot=b&sdt=b&sl=117&s=TITLE-ABS-KEY%28Salinity-induced+microalgal-based+mariculture+wastewater+treatment++combined+with+biodiesel+p>

[roduction%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=](#)

ISSN: 0960-8524

- Zewdie, Deribew y Ali, Abubeker. Cultivation of microalgae for biofuel production: coupling with sugarcane processing factories. *Energy, Sustainability and Society* [en línea]. Vol. 10. N° 27. agosto 2020. [Fecha de consulta: 22 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13705-020-00262-5>

ISSN: 2192-0567

ANEXOS

ANEXOS 1. Matriz de Operalización Apriorística.

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	PROBLEMAS ESPECÍFICOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	CRITERIOS DE INCLUSIÓN	CRITERIOS DE EXCLUSIÓN
Determinar cuál es la mejor técnica a utilizar para la obtención de biodiesel	Determinar las técnicas de obtención de biodiesel utilizando biomasa de microalgas	¿Qué tipo de técnicas existen para la obtención de biodiesel?	Técnicas para la obtención de biodiesel	Técnicas aplicadas a la obtención de biodiesel utilizando biomasa de microalgas	Artículos científicos/ libros/tesis. Artículos de Q1 -Q2 - Q3	Artículos Q4 Artículos de revistas no Indexadas.

utilizando biomasa de microalgas	Evaluar el rendimiento de cada técnica utilizada para la obtención de biodiesel utilizando biomasa de microalgas	¿Cuáles serán las técnicas con mejor rendimiento en la obtención de biodiesel utilizando biomasa de microalgas?	Técnicas con el mejor rendimiento para la obtención de biodiesel.	Beneficios/desafíos/eficiencia/costo beneficio.	Artículos de Revistas Indexadas.	Boletines, foros, conferencias, blogs, etc.
	comparar las especies de microalgas utilizadas para la obtención de biodiesel y hallar la más viable	¿Cuál es la especie más utilizada y más eficiente en la aplicación para la obtención de biodiesel?	Viabilidad y disponibilidad .	Costo/beneficio e impacto ambiental.		

Fuente: Elaboración Propia.

Anexo 2: Base de Datos de artículos revisados según Grado de impacto (q), base de datos y años entre 2015 - 2021.

BASE DE INFORMACIÓN					
N°	ARTÍCULOS	AUTORES	BASE DE DATOS /AÑO/ REVISTA	CUARTIL (GRADO DE IMPACTO)	ISSN
1	Advances in the Biotechnological Potential of Brazilian Marine Microalgae and Cyanobacteria	Terra de Oliveira, Deborah [et al].	MPDI/ 2020/ Molecules	Q1	14203049
2	Comprehensive Utilization of Marine Microalgae for Enhanced Co-Production of Multiple Compounds	Ruijuan, Ma; Baobei, Wang [et al].	MPDI/ 2020/Marine Drugs	Q2	16603397
3	Continuous production of biodiesel from microalgae by extraction coupling with transesterification under supercritical conditions	Dan Zhou [et al].	Sciendirect/ 2017/Bioresource Technology	Q1	09608524, 18732976
4	Production of lipid-based fuels and chemicals from microalgae: An integrated experimental and model-based optimization study	Bekirogullari, Mesut; Fragkopoulos, Ioannis; Pittman,	Sciendirect/ 2017/ Algal Research	Q1	22119264

		Jon k. y Constatinos.			
5	Biodiesel Production From Algae to Overcome the Energy Crisis	Khan, Suliman; Siddique, Rabeea [et al]	Sciendirect/2017/ HAYATI Journal of Biosciences	Q2	19783019
6	Characteristics of tropical freshwater microalgae <i>Micractinium conductrix</i> , <i>Monoraphidium sp.</i> and <i>Choricystis parasitica</i> , and their potency as biodiesel feedstock	Ratnasari, Megga; Findo, Arina [et al].	Sciendirect/2019/ Heliyon	Q1	24058440
7	Production of biodiesel from microalgae via nanocatalyzed transesterification process: A review	Akubude, V; Nwaige. K y Dintwa. E.	Sciendirect/2019/ KeAi Chinese Roots Global Impact	Q1	2589-2991
8	Simultaneous extraction–reaction process for biodiesel production from microalgae	Shomal, Reem [et al].	Sciendirect/2019/Energy Reports	Q1	23524847
9	Progress in the physicochemical treatment of microalgae biomass for value added product recovery	Vieira, Jorge; Bastos, Bárbara [et al].	ScienDirect/2020/ Bioresource Technology	Q1	09608524, 18732976

10	Continuous biodiesel production in a packed bed reactor from microalgae <i>Chlorella</i> sp. using DBSA catalyst	Jazie, Alie; Abed, Suhad [et al].	ScienDirect/2020/Engineering Science and Technology, an International Journal	Q1	22150986
11	Life cycle assessment of biodiesel from estuarine microalgae	Saranya, G y Ramachandra, T.	ScienDirect/2020/Energy Conversion and Management: X	Q1	1968904
12	Feedstocks, environmental effects and development suggestions for biodiesel in China	Chen, Hao [et al].	ScienDirect/2020/ Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)	Q2	20957564
13	A review on prospective production of biofuel from microalgae	Ganesan, Ramya [et al].	ScienDirect/2020/Biotechnology Reports	Q1	2215017X
14	Feasibility of microalgae as feedstock for alternative fuel in Malaysia: A review	Hossain, Nazia [et al].	ScienDirect/2020/Energy Strategy Reviews	Q1	2211467X
15	Microalgae cultivation using nutrients in fish farm effluent for biodiesel production	Enwereuzoh, Uzochukwu; Harding, Kevin y Low, Michelle.	ScienDirect/2021/South African Journal of Chemical Engineering	Q1	10269185
16	Biodiesel production potential of an indigenous South African microalga, <i>Acutodesmus bajacalifornicus</i>	Grobler, J. [et al].	ScienDirect/2021/Scientific African	Q2	24682276

17	A comprehensive review on harvesting of microalgae using Polyacrylamide-Based Flocculants: Potentials and challenges	Shaikh, Shifa; Hassan, Mohammad [et al].	ScienDirect/2021/ Separation and Purification Technology	Q1	13835866, 18733794
18	Rapid transesterification of micro-amount of lipids from microalgae via a micro-mixer reactor	Liu, J. Chu, Y. [et al].	Scopus/2015/Biotechnology for Biofuels	Q1	17546834
19	Biological potential of microalgae in China for biorefinery-based production of biofuels and high value compounds	Li, J; Liu, Y; Cheng, J, Mos. M y Daroch, M	Scopus/2015/New Biotechnology	Q1	18716784, 18764347
20	An approach for dairy wastewater remediation using mixture of microalgae and biodiesel production for sustainable transportation	Chandra, Rajesh; Pradhan, S; Patel, A y Ghosh, U.K.	Scopus/2021/Journal of Environmental Management	Q1	03014797, 10958630
21	Biodiesel production through transesterification of Chlorella vulgaris: Synthesis and characterization of CaO nanocatalyst	Davoodbasha, M. [et al].	Scopus/2021/ Fuel	Q1	00162361, 18737153
22	Enhanced production of microalgal biomass and lipid as an environmentally friendly biodiesel feedstock through actinomycete co-culture in biogas digestate effluent	Kumsiri, B. [et al].	Scopus/2021/Bioresource Technology	Q1	09608524, 18732976

23	Evaluation of microalgal strains and microalgal consortium for higher lipid productivity and rich fatty acid profile towards sustainable biodiesel production	Arutselvan, C. [et al].	Scopus/2021/Bioresource Technology	Q1	09608524, 18732976
24	Lucrative future of microalgal biofuels in Pakistan: a review	Manzoor, Maleeha; Tabssum, F; Javaid, H. y Qazil, Ji.	Springer link/2015/International Journal of Energy and Environmental Engineering	Q1	20089163, 22516832
25	Salinity-induced microalgal-based mariculture wastewater treatment combined with biodiesel production	Zhang. C; Hasunuma, T; Shiung Lam, S. y Kondo, A.	Scopus/2021/Bioresource Technology	Q1	09608524, 18732976
26	Production of biodiesel from microalgae through biological carbon capture: a review	Mondal, M; Goswami, S; Ghosh, A. [et al].	SpringerLink/2017/3 Biotech	Q1	01757598, 14320614
27	Integration of biology, ecology and engineering for sustainable algal-based biofuel and bioproduct biorefinery	Allen, J.; Unlu, S.; Demirel, Y. [et al].	Springer link/2018/ Bioresources and Bioprocessing	Q1	21974365
28	Biomass from microalgae: the potential of domestication towards sustainable biofactories	ü Benedetti, Manuel; Vecchi, Valeria; Barera Simone y Dall'Osto.	Springer Link/2018/Microbial Cell Factories	Q1	14752859

29	The promising future of microalgae: current status, challenges, and optimization of a sustainable and renewable industry for biofuels, feed, and other products	Khan, Muhammad; Shin, Jin y Kim, Jong.	Springer Link/2018/Microbial Cell Factories	Q1	14752859
30	Recent developments in synthetic biology and metabolic engineering in microalgae towards biofuel production	Jagadevan, Sheeja [et al].	Springer Link/2018/Biotechnology for Biofuels	Q1	17546834
31	Production of biodiesel from unused algal biomass in Punjab, India	Karmakar, Rachar; Rajor, Anita; Kundu, Krishnendy y Kumar Nitin	Springer Link/ 2017/ Petroleum Science	Q2	16725107, 19958226
32	<i>Pelagibaca bermudensis</i> promotes biofuel competence of <i>Tetraselmis striata</i> in a broad range of abiotic stressors: dynamics of quorum-sensing precursors and strategic improvement in lipid productivity	Patidar, Shailesh [et al].	Springer Link/ 2018/Biotechnology for Biofuels	Q1	17546834
33	Growth and metabolic characteristics of oleaginous microalgal isolates from Nilgiri biosphere Reserve of India	Thangavel, Kalaiselvi [et al].	Springer Link/ 2018/BMC Microbiology	Q2	14712180

34	Microfluidic techniques for enhancing biofuel and biorefinery industry based on microalgae	Bodénés, Pierre [et al].	Springer Link/ 2019/Biotechnology for Biofuels	Q1	17546834
35	Latest development in microalgae-biofuel production with nano-additives	Hossain, Nazia; Mahlia, T. y Saidur, R.	Springer Link/ 2019/Biotechnology for Biofuels	Q1	17546834
36	Evaluation of native microalgae from Tunisia using the pulse-amplitude-modulation measurement of chlorophyll fuorescence and a performance study in semi-continuous mode for biofuel production	Jebali, A. [et al].	Springer Link/ 2019/Biotechnology for Biofuels	Q1	17546834
37	Biomass and lipid induction strategies in microalgae for biofuel production and other applications	Aratboni, Hossein [et al].	Springer Link/2019/Microbial Cell Factories	Q1	14752859

38	Molecular profiling of an oleaginous trebouxiophycean alga <i>Parachlorella kessleri</i> subjected to nutrient deprivation for enhanced biofuel production	Shaikh, Kashif; Nesamma, Asha [et al].	Springer Link/ 2019/Biotechnology for Biofuels	Q1	17546834
39	Cultivation of microalgae for biofuel production: coupling with sugarcane processing factories	Zewdie, Deribew y Ali, Abubeker.	Springer Link/2020/ Energy, Sustainability and Society	Q1	21920567
40	Bioprospecting wild South African microalgae as a potential third-generation biofuel feedstock, biological carbon-capture agent and for nutraceutical applications	Ahiahonu, Elvis; Anku, William [et al].	Springer Link/ 2021/Biomass Conversion and Biorefinery	Q2	21906815, 21906823
41	Conversion of biomass to biofuels and life cycle assessment: a review	Osman, Ahmed [et al].	Springer Link/2021/Environmental Chemistry Letters	Q1	16103653

42	Biogas production from anaerobic digestion of solid microalgae residues generated on different processes of microalgae-to-biofuel production	Torres, Alica; Padrino Suleima, Brito, Andrea y Díaz, Laura.	Springer Link/2021/Biomass Conversion and Biorefinery	Q2	21906815, 21906823
----	--	--	---	----	--------------------

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 3. Instrumento de Recolección de Datos.

FICHA DE REGISTRO	
Palabra Clave	Idioma
Base de Datos	
Link de acceso - ISSN	
Resumen	
Referencia	