



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Revisión sistemática en la producción de biocombustible a partir
de la biomasa de algas

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTOR:

Rivera Pagan, Luis Antonio (orcid.org/0000-0003-1840-505X)

ASESOR:

Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales (orcid.org/0000-0003-1504-2089)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

A mis padres Marco y Hermelinda por el amor incondicional, arraigo, paciencia, sacrificio y apoyo a lo largo de todo este proceso educativo.

A mi familia no sanguínea por todo el ánimo constante e incondicional, que aportaron en mi crecimiento académico directa e indirectamente.

A todas las amistades que no comparten existencia por este desafortunado contexto originado por la emergencia sanitaria.

Agradecimiento

A mis padres por la perseverancia, apoyo y consejos a lo largo de mi desarrollo como profesional.

A mi Alma Máter “Universidad César Vallejo”, así como a todos mis docentes por sus enseñanzas que sirvieron en mi formación académica profesional. A mi asesor de tesis Dr. Elmer Gonzales Benites Alfaro.

A mi compañera Ingrid por los logros y éxitos compartidos en la vida.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, BENITES ALFARO ELMER GONZALES, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA EN PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE LA BIOMASA DE ALGAS", cuyo autor es RIVERA PAGAN LUIS ANTONIO, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 03 de Agosto del 2021

| Apellidos y Nombres del Asesor: | Firma |
|--|---|
| ELMER GONZALES BENITES ALFARO DNI: 07867259 ORCID: 0000-0003-1504-2089 | Firmado electrónicamente por: ELBENITESALF el 06-08-2021 18:19:39 |

Código documento Trilce: TRI - 0165812





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, RIVERA PAGAN LUIS ANTONIO estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA EN PRODUCCIÓN DE BIOCOMBUSTIBLE A PARTIR DE LA BIOMASA DE ALGAS", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

| Nombres y Apellidos | Firma |
|--|---|
| LUIS ANTONIO RIVERA PAGAN DNI: 47475766 ORCID: 0000-0003-1840-505X | Firmado electrónicamente por: LRIVERAP1 el 03-08- 2021 19:00:11 |

Código documento Trilce: TRI - 0165814



Índice de contenidos

| | |
|--|------|
| Dedicatoria..... | ii |
| Agradecimiento..... | iii |
| Declaratoria de autenticidad de asesor | iv |
| Declaratoria de originalidad del autor | v |
| Índice de Contenidos | vi |
| Índice de tablas | viii |
| RESUMEN | ix |
| ABSTRACT..... | x |
| I. INTRODUCCIÓN | 1 |
| II.MARCO TEÓRICO..... | 5 |
| III. METODOLOGÍA..... | 17 |
| 3.1. Tipo y diseño de la investigación | 17 |
| 3.2. Variables y operacionalización..... | 18 |
| 3.3. Población, muestra y muestreo..... | 18 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos | 19 |
| 3.5. Procedimientos | 21 |
| 3.6. Método de análisis de datos..... | 23 |
| 3.7. Aspectos éticos..... | 23 |
| IV. RESULTADOS..... | 24 |
| V. DISCUSIÓN | 37 |
| VI. CONCLUSIONES | 41 |
| VII. RECOMENDACIONES | 43 |
| REFERENCIAS | 44 |
| ANEXOS | |

Índice de Figuras

| | |
|---|----|
| Figura 1. Línea de producción de biocombustibles a partir de algas. | 6 |
| Figura 2. Diferentes formas de convertir la biomasa de microalgas en biocombustibles y energía | 7 |
| Figura 3. Diagrama de flujo del cultivo, recolección y secado de microalgas para la producción de biodiesel | 11 |
| Figura 4. Biocombustibles obtenidos a partir de algas | 14 |
| Figura 5. Flujograma del proceso de selección de investigaciones (Elaboración propia, 2021)..... | 24 |
| Figura 6. Relación de producción de biomasa en función a días..... | 32 |
| Figura 7. Relación de poder calorífico entre investigaciones incluidas..... | 33 |
| Figura 8. Relación entre propiedades químicas de la biomasa y la producción de biocombustible. | 34 |
| Figura 9. Tipos de sistema de las investigaciones incluidas. | 35 |
| Figura 10. Condiciones operacionales para obtención de biomasa. | 36 |

Índice de tablas

| | |
|--|----|
| Tabla 1. Carga lipídica en microalgas | 8 |
| Tabla 2. Promedio de validación de juicios de expertos..... | 20 |
| Tabla 3. Esquema de búsqueda..... | 21 |
| Tabla 4. Relación de artículos hallados..... | 22 |
| Tabla 5. Características de los estudios incluidos en la revisión | 25 |
| Tabla 6. Propiedades químicas de la biomasa algal | 28 |
| Tabla 7. Condiciones operacionales de la biomasa de algas | 29 |
| Tabla 8. Características del biocombustible producto de la biomasa algal | 30 |
| Tabla 9. Cantidad energética del biocombustible | 31 |

RESUMEN

La presente investigación tuvo como finalidad analizar los estudios que se han realizado de biomasa de algas empleadas en la producción de biocombustible. El estudio se realizó bajo enfoque cuantitativo, tipo exploratoria, diseño no experimental longitudinal y nivel descriptivo; se compiló una muestra de 10 estudios que contenían 12 especies de algas, seleccionadas mediante revisión sistemática, considerando criterios como investigaciones del periodo 2016 al 2021, propiedades químicas de las especies, condiciones operacionales de producción de biomasa, características de biocombustible y poder calorífico. La búsqueda de información se realizó en la base de datos de Scopus, Ebsco, Proquest, Iopscience, ScienceDirect, Web of Science, repositorio UCV, entre otros. Finalmente los resultados mostraron la existencia de un avance en desarrollar a manera industrial biocombustible producto de algas y microalgas, la mayor eficiencia en producción de biomasa se da por condiciones operacionales que involucran medios de cultivo en nitrógeno, con periodos de cultivo promedio de los 10 a los 30 días, tiempo de exposición a luz entre las 12 a 16 horas, entre otros y la intervención de las propiedades químicas de las especies estudiadas en relación con el porcentaje de biocombustible que se puede obtener del mismo.

Palabras Clave: Biomasa de algas, producción de biocombustible, revisión sistemática, microalgas.

ABSTRACT

The purpose of this research was to analyze the studies that have been carried out on algae biomass used in biofuel production. The study was conducted under quantitative approach, exploratory type, longitudinal non-experimental design and descriptive level; a sample of 10 studies containing 12 algae species, selected by systematic review, was compiled, considering criteria such as research from 2016 to 2021, chemical properties of the species, operational conditions of biomass production, biofuel characteristics and calorific value. The information search was performed in the Scopus database, Ebsco, Proquest, Iopscience, ScienceDirect, Web of Science, UCV repository, among others. Finally, the results showed the existence of an advance in the industrial development of biofuel from algae and microalgae, the highest efficiency in biomass production is given by operational conditions involving culture media in nitrogen, with average culture periods of 10 to 30 days, exposure time to light between 12 to 16 hours, among others, and the intervention of the chemical properties of the species studied in relation to the percentage of biofuel that can be obtained from it.

Keywords: Algal biomass, biofuel production, systematic review, microalgae.

I. INTRODUCCIÓN

La creciente industrialización, sobrepoblación, escasez de recursos y el uso desmedido de los combustibles fósiles ha llevado a una situación ambiental preocupante para la humanidad, con un gran resonante en el planeta para los temas sociales, ambientales y económicos, adentrándose a un panorama caótico. Sobre este enfoque se realiza un análisis retrospectivo de forma temporal indicando a los problemas de derivación de fuentes energéticas como pieza clave que es inherente al impacto ambiental.

Ante lo expuesto, la Agencia Internacional de Energía (2018) alerta de una crisis del suministro convencional de energía en el caso está no se invirtiera, ya que la demanda global se incrementaría en un 40% hasta el año 2040. Por ello se demanda de opciones energéticas que logren ser desarrolladas en procesos sostenibles, sustentables y renovables, que a su vez hagan posible la captura de CO₂ con mayor eficiencia, optando por la vía de los biocombustibles como la fuente de energía alterna, en mejor evaluación y por desarrollar en los últimos años (Rodolfi et al., 2009).

Tomando como problema clave la fuente energética, es complejo para la sociedad imaginar que se encuentran a puertas del colapso de la civilización de energías fósiles, con las que se ha vivido por más de 200 años, según lo mencionado por el economista y sociólogo Jeremy Rifkin. Entre los principales problemas que enfrenta el planeta en el campo energético prima la contaminación originada de la quema de los combustibles fósiles y el agotamiento de las reservas petrolíferas (Fernández et al., 2012).

Debido a lo anteriormente expuesto la humanidad en su instinto investigativo busca nuevas formas de obtención y uso de energía, conocida como fuentes de energía renovables, en las cuales se cuenta con energía hidráulica, undimotriz, eólica, geotérmica, solar, biomasa, entre otras. Así mismo, interviene también la generación de biocombustible y/o biogás a partir de plantas, residuos orgánicos de animales, en este caso se abarcará el generado a partir de organismos en mayor abundancia como las algas y microorganismos tales como las cianobacterias y las microalgas.

En países de la Unión Europea y Estados Unidos se disputan los centros de producción de biodiesel, las cuales se han visto aumentadas de forma exponencial entre los años 2011 hasta el año 2017, presentándose como una solución con mayor solvencia económica y sustentable. En la Unión europea se viene impulsando las plantas de producción de biocombustible desde cultivos microalgales, hallando la viabilidad económica desde los que parten con cultivos en nitrógeno (Sánchez, 2017). Cabe mencionar que el Centro Común de investigación de la Comisión Europea en su proyección al 2030, señala un aumento constante en las emisiones de CO₂ del 4%, con uno de los mejores escenarios de 360 millones de toneladas de emisiones, con una demanda de combustible en aumento con proyección anual del 2,6%, esperando que se ejecuten políticas que armonicen los incentivos en biocombustibles (Kousoulidou y Lonza, 2016).

En el Perú, para el periodo 2014 – 2025 se proyecta un consumo de combustible líquido en petróleo con un pase de 209 miles de barriles diario a 285 para el caso del mejor de los escenarios y en su opuesto un pase de 212 miles de barriles diarios a 339 (MINEM, 2014). En la actualidad la producción de biocombustibles se centra en las empresas agroindustriales, en la producción de etanol automovilístico originado desde la caña de azúcar (Valcárcel, 2009).

Por tal motivo, la presente investigación emplea la revisión sistemática para integrar de modo ecuánime los resultados de un grupo de investigaciones con el propósito de contribuir con brindar mayor conocimiento, de forma precisa, exacta y corroborando la información eficiente sobre la producción de biocombustible a partir de la biomasa de algas.

En función de la realidad problemática se plantea como problema general de la investigación: **¿Cómo se ha venido realizando los estudios de biomasa de algas empleadas en la producción de biocombustible?**, y como problemas específicos: **¿Cuáles son las propiedades químicas de la biomasa de algas sobre la producción de biocombustible?** y

Para justificar la investigación, se consideró la problemática actual de la contaminación, avance del cambio climático producto de la quema de

combustibles fósiles, ocasionando daños en los distintos ecosistemas. Asimismo, es justificado ambientalmente debido al uso habitual de los combustibles está conllevando a un incremento constante anual mayor del 3% al año anterior de los gases de efecto invernadero (Kousoulidou y Lonza, 2016). Por otro lado se sustenta en el informe de la Organización de Naciones Unidas, en diciembre de 2020, la producción de combustibles fósiles excede en 120% las metas climáticas trazadas para el periodo 2020 – 2030 para limitar el calentamiento global a 1,5 grados, para ello se opta por el estudio de nuevas formas energéticas, y se toma el desarrollo de las algas, ya que son organismos oleaginosos, los cuales logran cumplir los parámetros tras el proceso de elaboración de biocombustible, variando según el tipo de organismo y requiere menores áreas y recursos. En el aspecto social, la investigación se justifica en el interés del desarrollo y promoción de prácticas en producción de biocombustible originado por algas, al igual que alivia el hecho de conflictos por la reducción de las reservas de petróleo (Fernández et al., 2012). En el aspecto económico, la investigación se justifica en la comercialización de biocombustible en el Perú así como en otros países cuenta con incentivos económicos para su producción, de igual manera mencionar que en uno de los puntos históricos más elevados en costo de barril de petróleo por el año 2008 bordeaba por encima de los 140 dólares, repercutiendo en costos de transporte, entre otros, y por otra medida reduciendo costos extras a la producción directa del biocombustible (Valcárcel, 2009; Jaime, 2008).

La justificación teórica abarca a la actualización de los procedimientos de cultivos de biomasa algal, evaluando los organismos empleados y el proceso de validación de su condición operable como biocombustible, así como el poder energético para la operatividad como tal, para ello se requiere de información actualizada.

Por ello, la importancia de esta investigación reside en el aporte académico el cual se concentra en la síntesis de los diversos estudios de investigación que abarca la presente investigación con el fin de plantear vías ejecutables en un panorama local.

Actualmente existen políticas, normas y legislaciones que regulan las características a cumplir del biocombustible, con falta de asumir el reto para la viabilidad económica de la producción industrial y con comentarios de expertos en el tema económico y social tanto en sus oportunidades y amenazas.

A razón de lo expuesto, el estudio sostiene como objetivo general de la investigación: **analizar los estudios que se han realizado de biomasa de algas empleadas en la producción de biocombustible**, y como objetivos específicos: **determinar las propiedades químicas de la biomasa de algas sobre la producción de biocombustible e identificar las condiciones operacionales en la que es sometida la biomasa de algas empleadas en la producción de biocombustible.**

II. MARCO TEÓRICO

Los biocombustibles son nombrados como una alternativa para la reducción de los combustibles fósiles, así mismo como una atenuación ante las emisiones de gases de efecto invernadero (Scarlat y Dallemand, 2011). Estos son productos derivados de un reajuste por metodologías biológicas y químicas a la biomasa, siendo destinado como fuente energética (San Miguel y Gutiérrez, 2015). Estos pueden ser entendidos como carburantes originados de productos vegetales (Portafolio, 2018).

La clasificación de mayor difusión que aglomera a los biocombustibles se trata en función a la materia orgánica de la cual se origina, siendo catalogados en primera, segunda, tercera y cuarta generación.

Los biocombustibles de primera generación comprenden al biodiesel y etanol, enlazado a partir de biomasa comestible. El biodiesel emplea la biomasa de plantas oleaginosas, semillas, entre otros, basándose en la extracción de aceites, los cuales rompen la cadena de glicerol supliendo por metanol en el proceso de transesterificación. El etanol es producto de fermentación de azucares con cepas de levaduras (Lee y Lavoie, 2013).

El biocombustible de segunda generación es obtenido desde biomasa lignocelulósica derivado de residuos de la industria forestal, agrícola y de productos vegetales de uso urbano no comestibles (Allende, 2018). Comprende a la denominada biomasa vegetal, la cual representa la mayor abundancia de los recursos biológicos.

Por otra parte, los biocombustibles de tercera generación son aquellos que hacen uso de la genética para optimizar el rendimiento, crecimiento y cualidades en los cultivos energéticos empleados para la obtención de la materia prima desde la cual se producirá biodiesel (Alejos y Calvo, 2015). Presentan mayor actividad fotosintética por el alto nivel de fijación de CO₂, al igual se evalúa su mayor eficiencia debido a la relación de superficie – volumen que permite la mayor absorción de nutrientes, presentando como ejemplo una productividad de 4 a 5 veces mayor en aceite en comparación con plantas terrestres. A su vez

cuenta con tiempos de cosechas cortos en comparación con los cultivos convencionales (Yen et al., 2013).

Las algas de forma general y particular habitan en ecosistemas marinos, consideradas dentro de los grupos de mayor relevancia en ser fotosintetizadores por el mismo rol que cumplen en la cadena trófica de productores primarios. Presentan características en su diversidad por la relación con factores ambientales como lo son salinidad, temperatura, exposición a presión, iluminación, entre otros (Rodríguez et al., 2018). En la Figura 1, se hace mención a la línea de producción de biocombustible a partir de las algas, considerando desde el proceso de cultivo.

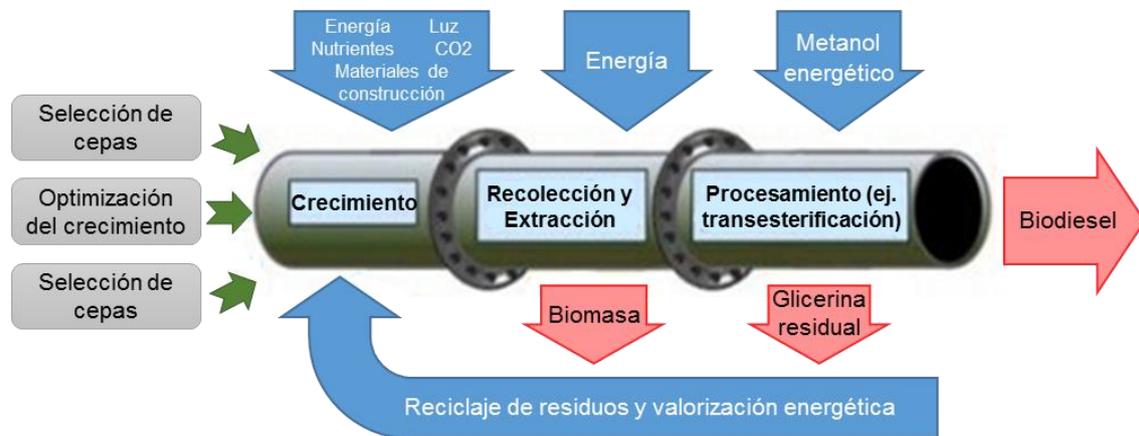


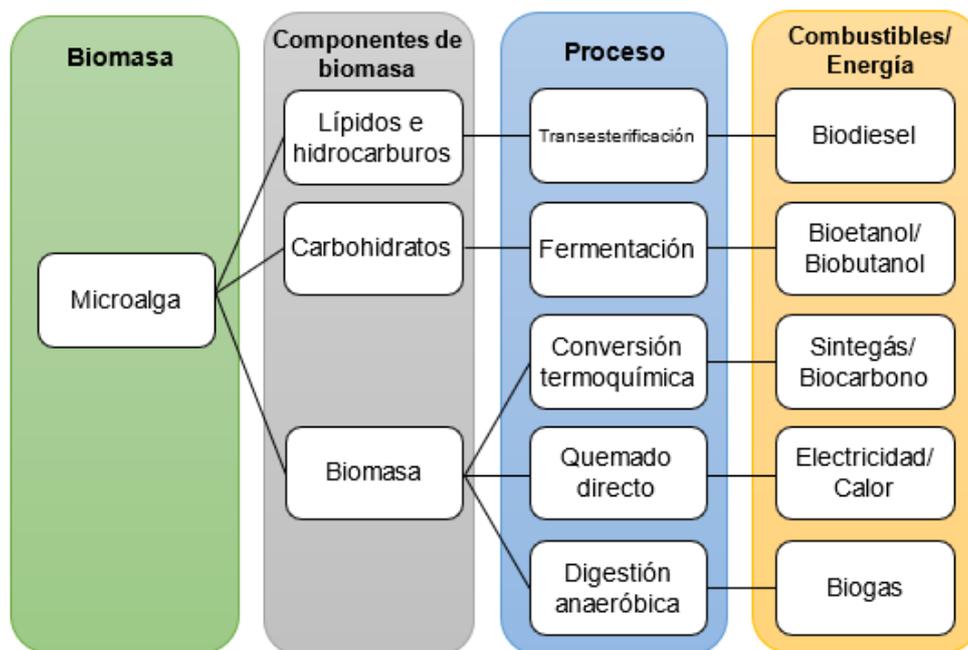
Figura 1. Línea de producción de biocombustibles a partir de algas.

Las microalgas son organismos microscópicos existentes en ambientes o cuerpos de sustancias acuosas, las cuales cuentan con pigmentación de variables colores, la mayoría de los presentes son autótrofos, por el motivo que de la energía solar alcanzada y la disposición de CO₂, obtiene carbohidratos y O₂ en cantidades requeridas para su desarrollo, siendo aprovechados en sintetizar otros componentes de su biomasa.

Las microalgas cuentan con tendencia de crecimiento suspendida en medio de nutriente de estado líquido, mientras posea un suministro de abastecimiento de CO₂, empleada en su desarrollo; debido a su capacidad en biofijar y usar el CO₂ es viable situarlas como un procedimiento biológico para el

régimen y mitigación de las emisiones generadas en la industria que azotan a la atmósfera, aportando en la minimización del aumento del calentamiento global (Seijas y Salgado, 2007).

En la Figura 2, se mencionan los procesos por los cuales se clasifica a la biomasa producto de las microalgas.



Fuente: Abo B., et al., 2019

Figura 2. Diferentes formas de convertir la biomasa de microalgas en biocombustibles y energía

Flores (2013), evaluó la metodología propuesta por Ichihara y Fukubayashi, en el extracto de lípidos totales de una biomasa liofilizada de la microalga *Nannochloropsis sp.*, con el objetivo de conseguir los trazos en ácidos grasos totales de esta misma, estableciendo parámetros de control que hagan posible su validación analítica en biodiesel, los cuales fueron: mirístico, palmítico, palmitoleico, esteárico, oleico, araquidónico y eicosapentaenoico, estos conforman un promedio del 98% del total de ácidos grasos que posee esta microalga, estos identificados por cromatógrafo de gases con detector de ionización de flama. Entre los parámetros de validación estudiados se tiene: la linealidad, donde cada ácido graso reportó coeficientes de determinación

cercanos a la unidad para cada curva de calibración; la precisión, el método reportó tener buena precisión con valores de desviación estándar relativa menores a 2% para cada ácido graso; el porcentaje de recuperación se encontró entre 93% a 101%. Concluyendo en el método empleado ha cumplido con los criterios de aceptación propuestos y se lo consideró como una buena alternativa para la determinación de ácidos grasos y adecuado para propósitos y análisis de biodiesel microalgal.

Según Escribano (2017), la mayor parte de sus distintos usos de las microalgas parte desde la obtención de su biomasa. El proceso para convertir el cultivo en biomasa cabe mencionar que es la más compleja por el costo tecnológico para su realización. Compuesta en dos etapas, la primera etapa se separa la biomasa del resto de cultivo por sedimentación o filtración y la segunda fase donde se endurece el compost obtenido.

Así mismo se cuenta con una variedad amplia de microalgas, en las cuales se evalúa su porcentualidad lipídica medida desde la masa seca, la cual es señalada en la Tabla 1.

Tabla 1. Carga lipídica en microalgas

| Microalga | Lípidos (% masa seca) |
|----------------------------------|------------------------------|
| <i>Botrycoccus braunii</i> | 25-75 |
| <i>Chlorella sp.</i> | 28-32 |
| <i>Cryothcodinium cohnii</i> | 20 |
| <i>Cylindrotheca sp.</i> | 16-37 |
| <i>Dunaliella primolecta</i> | 23 |
| <i>Isochrysis sp.</i> | 25-33 |
| <i>Monallanthus salina</i> | >20 |
| <i>Nannochloris sp.</i> | 20-35 |
| <i>Nannochloropsis sp.</i> | 31-68 |
| <i>Neochloris oleoabundans</i> | 35-54 |
| <i>Nitzschia sp.</i> | 45-57 |
| <i>Phaeodactylum tricornutum</i> | 20-30 |
| <i>Schizochytrium sp.</i> | 50-77 |
| <i>Tetraselmis sueica</i> | 15-23 |

Castrillo (2014), abordó las trazas vinculadas a la eficiencia productiva de la biomasa microalgal en diseños de fotobiorreactores intercediendo en el arbitraje de diversos sucesos clave de las dos partes principales que conforman

parte del hecho global: cultivo y recolección de la biomasa, para ello toma como eje la producción de biomasa evaluando su calidad lipídica; para ello emplea una metodología experimental que se basa en la puesta de operación en continuo de fotobiorreactores. En cuanto a los resultados analizados, se observó en su segunda fase que la productividad de ácidos grasos saturados fue parecida entre las distintas tasas de dilución, mientras que los ácidos poliinsaturados descendieron tras el aumento del tiempo sometido a estrés. Concluyendo que el incremento de los ácidos grasos saturados tiene relación con la reducción de la tasa de disolución.

Un estudio realizado en el uso de sustrato no convencional a base de estiércol de vaca para optimizar la producción de ácidos grasos en la microalga *Chlorella sp.*, se demostró que el té de compost logra ser empleado como núcleo alternativo sostenible y económico para la crianza de microalgas y la adquisición de sus aceites, optada como adecuado medio de ácidos grasos poliinsaturados. Partiendo de la implementación de distintas formas en su experimentación, para lo cual primero obtuvieron el té de compost en el momento de la digestión aeróbica de microorganismos presentes en el estiércol de vaca, para ese período se ejecutó análisis fisicoquímicos al estiércol de vaca como fueron los análisis en cenizas, humedad y materia orgánica, una vez obtenido el té de compost se ejecutó análisis químicos enfocados en comprender la concentración de sales vigentes en el núcleo requerido para el aumento de *Chlorella sp.* Emplearon metodología experimental para lo cual se utilizaron distintas concentraciones en un medio de cultivo con el té de compost. Obteniendo resultados como el peso seco artificial fue de 1,77 gr., del cual se extrajo aceites con un volumen de 0,46 ml con una rentabilidad operacional del 22,03% originada de la biomasa seca, culminando con análisis del perfil de ácidos grasos de la *Chlorella sp.* donde un 42% son ácidos grasos poliinsaturados con respecto a la totalidad de aceites obtenidos (Cajchaya y Quispe, 2016)

En la investigación por Dávila (2016), presento su objetivo principal enfocado en evaluar la generación de bioetanol microalgal instruido en agua residual y cosechada por ozoflotación, para dicho estudio se optó por el uso de la microalga *Scenedesmus oblique*. Se empleó una metodología experimental que se monitorearon en el contenido de sus nutrientes. Obteniendo como

resultado una producción de biomasa de $21.39 \text{ mgL}^{-1}\text{dia}^{-1}$ y carbohidratos de $6.65 \text{ mgL}^{-1}\text{dia}^{-1}$. Concluyendo en la concentración de etanol que llega a 1.8 g/L con un rendimiento de 3.6% (relación de g etanol/ g biomasa).

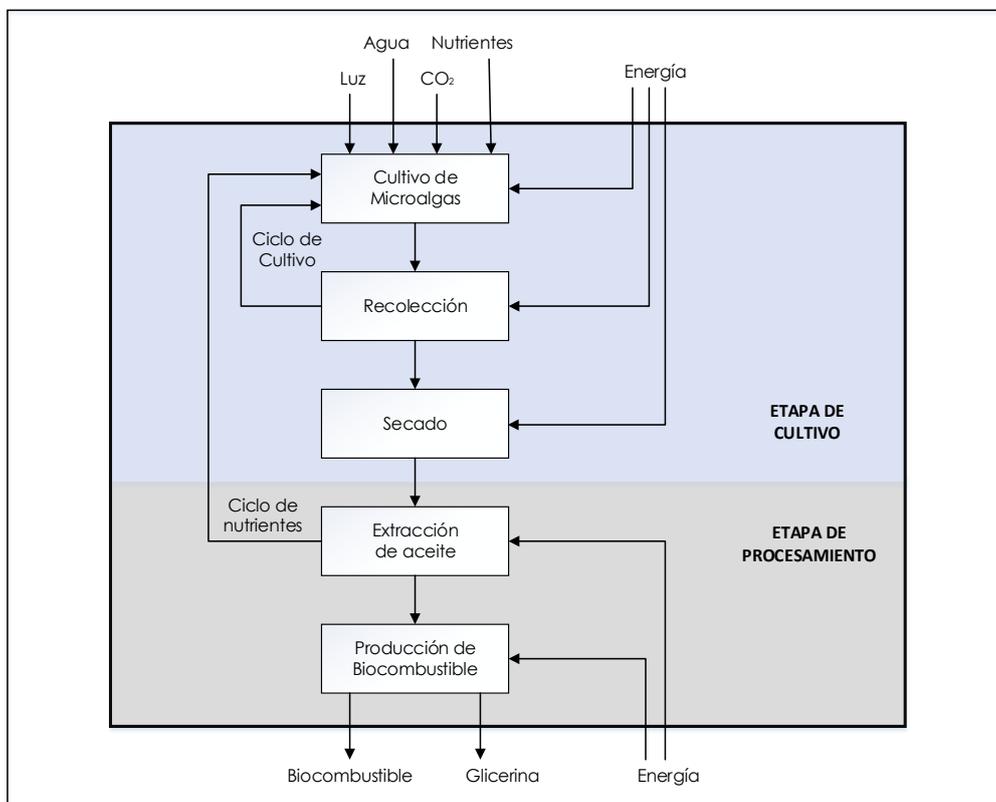
Oscanoa et al. (2015), determino los periodos de aplicación de CO_2 durante la obtención de biomasa conllevada a una considerada densidad celular. Siendo usada metodología experimental evaluando la variación en el pH sin que este altere la calidad de la biomasa. Obteniendo como desenlace que las cepas microalgales facultan instaurar lapsos adecuados en suministrar CO_2 , en razón de la densidad celular es inmersamente proporcional con el lapso de suministro para el CO_2 . Concluyéndose en que el aumento exponencial de la densidad poblacional es un 30% sobre lo decretado para dicha etapa.

Tadeo et al. (2014), en su artículo científico titulado “Producción de biodiesel por *Nannochloropsis sp.* bajo diferentes condiciones ambientales” tuvieron como finalidad la evaluación en los efectos de varianza para la temperatura, concentración de NaCl y periodos de luz sobre la fabricación lipídica y su perfil de ácidos grasos de la microalga *Nannochloropsis sp.*, dicho microorganismo fue empleado como matriz en la obtención de biodiesel. Obteniendo que los óptimos requisitos ambientales para el desarrollo en cantidad celular y productividad de lípidos, se trataba de un ambiente con 21°C , con una alimentación de nutrientes de $0,025 \text{ g NaCl L}^{-1}$ y tiempo de exposición de 16 horas luz y 8 horas oscuridad. Los constituyentes mayoritarios del biodiesel originado por el aceite de *Nannochloropsis sp.* se trataron de las distintas capacidades de ácidos, como lo son el oleico, linoleico y palmítico, los cuales cumplen con capacidades esperadas para ser considerado biodiesel. Concluyéndose en que las cualidades del biodiesel alcanzado en las condiciones ya nombradas son con valores de: número de cetano 61, estabilidad oxidativa de 11 horas; viscosidad $2,71 \text{ mm}^2\text{s}^{-1}$ en temperatura de 40°C , densidad lograda de 887 kg m^{-3} , punto de obstrucción del filtro en frío es de $-9,46^\circ \text{C}$, satisfaciendo lo predispuestos por las normativas internacionales EN 14214 y ASTM D6751.

De acuerdo con lo expuesto Pandey et al. (2014), en su investigación identificó los vínculos de los biocombustibles de algas con sus temas relacionados. Para ello la metodología aplicada fue explicativa en el que se

coloca en discusión la aplicación de sistemas de cultivo de algas, haciendo uso de fotobiorreactores o sistemas abiertos; para la producción de aceites y analizando a las especies de algas estudiadas, sin dejar de lado el nivel económico que inmiscuye la producción de biocombustible. Se concluye en la identificación de procesos en cuanto a la destrucción celular como un proceso significativo para obtener lípidos que cumplan con la calidad anhelada de ácidos grasos.

Los procesos por los cuales pasa la biomasa consisten en: cultivo, cosecha, secado, extracción de aceite y transesterificación, tal como se muestra en la Figura 3.



Fuente: Modificado, Culaba, et al., 2020

Figura 3. Diagrama de flujo del cultivo, recolección y secado de microalgas para la producción de biodiesel

Rodríguez (2017), sostiene tras analizar los distintos métodos extractivos de aceite microalgal, por medio de variados procedimientos fisicoquímicos, especificando la eficacia de estos. La metodología empleada fue experimental,

resultando la mayor producción de concentración de lípidos en 19,66% tras mezclar solventes en etanol/hexano, concluyendo en que el método etanol/hexano por acidificación cumple con características similares a la de ultrasonido, pero siendo este primero el método óptimo para la disrupción celular.

Shin et al. (2018), en su investigación señala que el biocombustible de origen microalgal ha comenzado una novedosa generación en sistemas, exento a dilatar la coacción por la discusión de "alimentación contra combustible" ni agitar el ecosistema desarrollado, el cual es forestal. A pesar de ello el combustible microalgal no alcanza la viabilidad económica, para que la industria energética innovadora logre el triunfo, los productos liderados deben contar con una elevada tasa de rendimiento y dirigidos deben tener un alto rendimiento y resultados consumados estables. Para ello se empleó una metodología directa en base de datos. Concluyendo que para los procesos de microalgas deben alcanzar las características deseables para disminuir el costo total productivo de biodiesel. Sin dejar de lado el análisis en los distintos factores fisicoquímicos que intervienen como lo son la intensidad lumínica, el pH, la temperatura, la conglomeración de CO₂ y la alimentación a base de nutrientes que puedan afectar la composición de los ácidos grasos y la concentración lipídica.

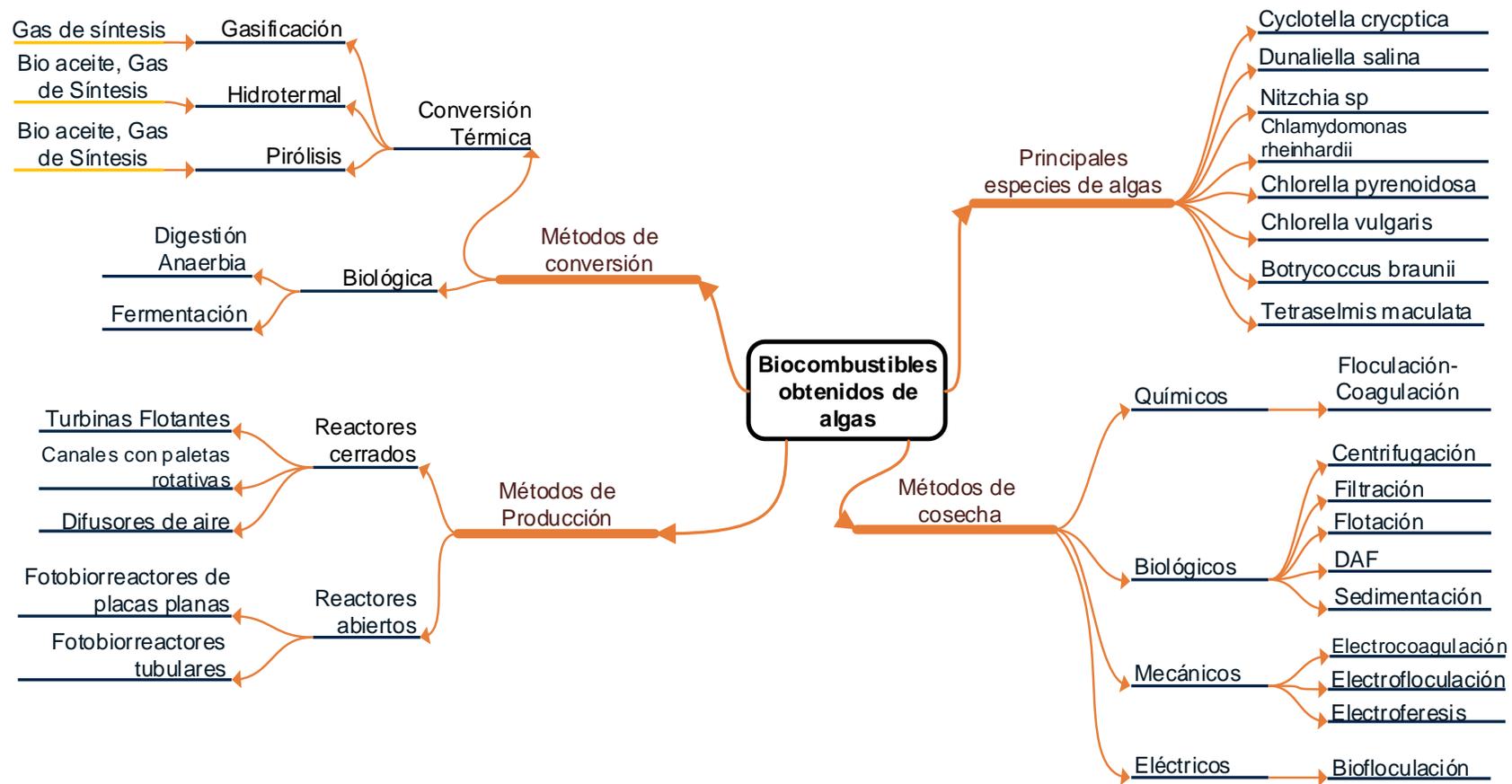
Realizo un estudio sobre el análisis de la variación en la temperatura y el pH en cuanto al resultado de biomasa producida para pasar a su posterior análisis de lípidos, esta se encuentra en condiciones autotróficas. Empleando metodología experimental, hallándose una temperatura optima de 30 °C para lo cual se obtuvo en presencia de nitrógeno, una biomasa de 1,196 g/L y 4,6% de lípidos por gramo de biomasa seca y en ausencia de nitrógeno, 0,691g/L y 9,6% respectivamente. Se concluyó con pH óptimo en fabricación de biomasa y de lípidos sea 7 y la temperatura adecuada es 30° C, considerando que es una cepa termotolerante con capacidad de ser aplicada a gran espala en la producción de lípidos con mejoras en el sistema (D'mello y Chemburkar, 2018).

Millan, Torres y Fernández (2015) en su investigación sostienen que la adición de CO₂ y los límites en los nutrientes son ejes claves para el incremento de la carga lipídica en las microalgas, por ello optaron como objetivo el análisis del efecto simultaneo en cuanto a la conglomeración original de nitratos, el

aditamento de CO₂ y la limitación de nitrógeno sobre el hacinamiento de biomasa, carbohidratos, proteínas y lípidos. La investigación considera el tiempo de cultivo, aireación de CO₂ y concentración inicial de nitratos. Se concluyó en que la considerable elaboración y productividad lipídica fue de 582 mg/L, el cual es un equivalente al 49,7% de lípidos en su peso en seco, y un valor de 41,5 mg/L/día, tras las condiciones de 250 mg/L en concentración inicial de nitratos, suministrado en CO₂ del 4% (v/v), en 12 de días de crianza y 2 días de extenuación de nitrógeno inducido por limitación progresiva.

Sacristán et al. (2014), analizaron la potencialidad de dos especies de microalgas, *Scenedesmus acutus* y *Chlorella vulgaris*, y la cianobacteria *Arthrospira maxima*, con capacidad de remoción de nutrientes y acumulación de lípidos útiles para producir biodiesel, estas diferenciadas tras ser cultivado en dos calidades de agua residual, en el caso de crudas y tratadas, comparado con un modo de cultivo beneficiado por fertilizante comercial. Resultando de dicha investigación que en medio de agua residual cruda hubo mayor productividad de ambas microalgas a comparación de la cianobacteria y el medio de cultivo enriquecido, la mayor tasa de progresión de biomasa correspondió para la *Chlorella vulgaris* con 0.20 mg/l/d – 0.27 mg/l/d, para los tres medios de cultivo empleados. Concluyéndose en que la mayor acumulación lipídica en la *Scenedesmus acutus* fue de 28,3%, *Chlorella vulgaris* 22,4% y *Arthrospira maxima* con valor de 13,8%, esto obtuvo la más eficaz fabricación de biodiesel para los tres microorganismos analizados (entre 109.4 y 244.6 mgL⁻¹).

En la Figura 4, se evidencia los distintos métodos de obtención de biocombustible, los cuales fueron mencionados en las investigaciones descritas.



Fuente: Corporación Ruta N (2015)

Figura 4. Biocombustibles obtenidos a partir de algas

En la ciudad de Busan en Corea del Sur, se desarrolló una investigación para evaluar la viabilidad de las aguas residuales tomadas de una Estación depuradora de aguas residuales – EDAR de la localidad, considerando si cumplieren con las características adecuadas para el empleo en producción de biomasa microalgal, para este caso se empleó la microalga *Chlorella sp.* la cual fue aislada en tanques de digestión anaeróbica. En esta investigación se empleó metodología experimental, donde correspondía al análisis de las características a optar localmente. Concluyendo que la producción de biomasa en el sistema de digestión anaeróbica es de 3.01 g de células secas por litro, para está siendo empleada agua en tanque de sedimentación y en el caso de agua obtenida de instalaciones del desagüe fue 1,72 veces mayor, tras un análisis mayor en calidad de lípidos se obtuvo al igual mejor contenido de lípidos y ácido oleico (Cho et al., 2013).

Hernández y Labbe (2014), en su investigación titulada “Microalgas, cultivo y beneficios” abarca los propósitos de eliminación de contaminantes y producción de biomasa con fin comercial, enfocando el segundo propósito se recaudó información en cuanto a las condiciones y factores que intervienen tal como la luz, pH, relación de CO₂, nutrientes, temperatura, oxígeno disuelto, ácidos grasos poliinsaturados, remoción de metales pesados, análisis de los pigmentos carotenoides y ficobiliproteínas y medio de cultivo, análisis a las técnicas productivas de biomasa y la dimensión de los campos biotecnológicos en los que puede actuar como lo son la salud, energía y seguridad alimenticia. Concluyendo en que el uso de suelos llega a ser un factor determinante, pues establece condiciones homogéneas al periodo de ejecución, para este campo la producción de biomasa por medio microalgal lleva la ventaja en relación con el uso del espacio.

En la ciudad de Uruguay, se presentó la tesis, la cual analizó el proceso productivo de bioetanol y biodiesel por medio de la cepa de *Scenedesmus armatus*, ello se llevó a cabo a través del diseño de un fotobiorreactor helicoidal, evaluándose el método de cosecha por floculación. Obteniendo como resultados que la extracción de lípidos se da entre el 10% - 60% de lípidos totales

dependiendo de las variaciones de las condiciones de cultivo. El proyecto culmino con el estudio de viabilidad económica – técnica y medioambiental del proceso productivo de biocombustible por medio de la cepa descrita (Braidá, Campot y Tartaglia, 2016).

Allende (2018), en su tesis analizo las concentraciones de NaNO_3 , en la capacidad lipídica de la microalga en mención. Se aplicó metodología de tipo experimental, tomando 5 niveles de concentración en nitrato (0, 0.88, 1.76, 2.65 y 3.53 nM) con medio de cultivo Guillard (f/2). Obteniendo como resultado que la mayor capacidad lipídica celular en concentración de 3.53 nM y 0 nM de NaNO_3 , por otro lado, la mayor capacidad de lípidos por volumen de cultivo fue obtenida de concentraciones de 3.53nM y 1.76 nM de NaNO_3 .

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

En torno a su uso, la presente investigación es de tipo aplicada o también llamada empírica, caracterizada porque busca la aplicación del conocimiento adquirido, es decir desde el marco teórico (Muntané Renat 2010).

Asimismo, es señalada bajo el concepto “Esta dirigida a determinar, a través del conocimiento científico, los medios (metodologías, protocolos y tecnologías) por los cuales se puede cubrir una necesidad reconocida y específica” (Ley del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica CONCYTEC, 2018, p. 1).

Para este caso el estudio se basó en el análisis de los resultados obtenidos de la recopilación de estudios previos sobre la producción de biocombustible a partir de biomasa de algas. El diseño de la investigación fue no experimental longitudinal, visto que no hubo manipulación ni modificación de las variables, de esta manera analizando y observando el fenómeno tal como se manifestó de manera natural (Gama, 2007).

El diseño no experimental no realiza variaciones libres en las variables, pues los fenómenos son evaluados como se manifestaron (Escobar et al., 2018). A su vez, es apoyada en un diseño documental, el cual según Muntané (2010) “Se basa en la búsqueda de información presente en las bases de datos y documentos previamente elaborados por otros autores”. (p, 221)

El nivel de la investigación fue descriptivo, pues se detalla el comportamiento del objeto y describe la situación y sus acontecimientos sin influir sobre el mismo. Vicente (2018), menciona que la investigación de carácter descriptiva lleva a especificar el estado actual o presente de las características más importantes del fenómeno estudiado.

3.2. Variables y operacionalización

V1: Biomasa de algas

Definición conceptual: Las algas son organismos pluricelulares clasificados como procariontes y eucariotes, dividiéndose en función de su taxonomía, contabilizándose más de 50000 especies (Rashid et al., 2014). La biomasa de algas es producto de la luz, CO₂, nutrientes y agua, siendo variables por las condiciones a las cuales se someta, con capacidad de adaptarse a las condiciones de los investigadores (Sánchez, 2019).

V2: Producción de biocombustible

Definición conceptual: Los biocombustibles son fuentes de energía productos de la destrucción celular para así liberar lípidos, fomentando la factibilidad hacia el producto final (Zulueta, 2007). Este tipo de combustibles admiten que la sociedad logre una fuente autosustentable, no agresiva con el medio y alimenta plenamente de energía a sus mismas actividades (Al Costa, 2013)

Para la compilación de datos presentes en el marco teórico se estructuró la matriz de operacionalización presentando conceptos en la definición morfológica, definiciones operacionales, dimensiones e indicadores de las variables, los que se evidencian en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

Según López (2014) menciona sobre la población un conjunto o agrupación de personas u objetos del cual se busca saber algo dentro de una investigación.

En esta presente investigación se tomó como población todos los estudios realizados sobre producción de biomasa a partir de microalgas, en total fueron 230 investigaciones.

De acuerdo con Argibay (2009) la muestra y las cantidades se encuentran relacionadas con la significancia estadística que se desea alcanzar, para cotejar la viabilidad de la hipótesis propuesta en la investigación.

Para el análisis fueron seleccionados 10 trabajos de investigación científica relacionados con la producción de biocombustible a partir de biomasa microalgal,

siendo estas las que cumplieren con los criterios fijados de inclusión y exclusión para la evaluación.

Criterios de inclusión

- Investigaciones que respondan a la identificación de la biomasa algal usada en la producción de biocombustible
- Investigaciones en el rango de fecha desde el 2016 hasta 2021.
- Investigaciones que identifiquen las propiedades químicas y condiciones operaciones de la biomasa de algas empleadas en la producción de biocombustible

Criterios de exclusión

- Investigaciones que no caracterizan el biocombustible obtenido de la biomasa de algas
- Investigaciones anteriores del año 2016.
- Investigaciones que no evalúan la cantidad energética de biocombustible producido a partir de biomasa de algas

Según García (1994) la unidad de análisis es definida como la estructura categórica desde la cual podemos responder las preguntas formuladas de un problema práctico.

Se tomo como unidad de análisis cada artículo científico o investigación que contenía información precisa sobre la producción de biocombustible a partir de biomasa de microalgas.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica empleada para la investigación es la revisión sistemática, permitiendo analizar y concluir con las evidencias previas respecto a las preguntas plasmadas (González, Urrutia y Coelho, 2011). Por ello se evaluó por medio de esta técnica para tener un acumulado de los resultados obtenidos bajo los parámetros de exclusión e inclusión.

Análogamente, fueron empleadas como instrumentos para el análisis las fichas de recolección de datos y fichas de registro, recaudando los datos básicos que respondan a los problemas planteados.

Los instrumentos de recolección de datos están adjuntos en el Anexo 2 del presente trabajo de investigación y son los siguientes:

- Ficha 1. Características de los estudios incluidos en la revisión.
- Ficha 2. Propiedades químicas de la biomasa algal
- Ficha 3. Condiciones operacionales de la biomasa de algas
- Ficha 4. Características del biocombustible producto de la biomasa algal
- Ficha 5. Cantidad energética del biocombustible.

Para la validación de los instrumentos se presentó a 3 expertos relacionados al tema de investigación (Tabla 2).

Tabla 2. Promedio de validación de juicios de expertos

| N° | Experto | Especialidad | N° de colegiatura | Porcentaje de validación | | | | |
|----|------------------------------------|----------------------|-------------------|--------------------------|---------|---------|---------|---------|
| | | | | Ficha 1 | Ficha 2 | Ficha 3 | Ficha 4 | Ficha 5 |
| 1 | Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales | Docente investigador | 71998 | 85% | 85% | 85% | 85% | 85% |
| 2 | Dr. Pérez Aguirre, Miguel Ángel | | | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| 3 | Blga. Paucar Retuerto, Ana Claudia | Docente | | 90% | 90% | 90% | 90% | 90% |
| | | | | 88,3% | | | | |

Fuente: Elaboración propia, Excel 2019

Se determina la confiabilidad de los instrumentos ya validados por medio del software Microsoft Excel 2019. Así mismo se evaluarán los porcentajes de cada instrumento.

3.5. Procedimientos

Etapa 1. Selección de las fuentes de información

Para la presente investigación se seleccionó fuentes de información confiables, como: EBSCO, PROQUEST, ScienceDirect, Scopus, Google Scholar, IOPSciense, entre otras fuentes proporcionadas por la plataforma digital de la Universidad César Vallejo.

Etapa 2. Estrategias de búsqueda

Para los documentos usados como referencia en la elaboración de la presente investigación se realizó la tabla 3, para definir patrones de búsqueda.

Tabla 3. Esquema de búsqueda

| Título | | |
|--|---|--|
| Revisión sistemática en la producción de biocombustible a partir de la biomasa de algas | | |
| Línea de investigación | Calidad y gestión de los recursos naturales | |
| Palabras del título | Palabras relacionadas con el título | Enfoques o diseños de investigación |
| Revisión sistemática | Norma técnica | Cualitativo |
| Algas | Energía | Narrativo |
| Producción de biomasa | Microalgas | Revisión de literatura |
| Biomasa | Bioenergía | Revisión sistemática |
| Biocombustible | Laboratorio | Estudio comparativo |
| | Área | Explicativo |
| | Experimento | Exploratorio |
| | Muestras | Descriptivo |
| | Combustible | Clasificación |
| | Alga | Tendencia |
| | | metaanálisis |
| Title words | Words related to the title | Research approaches or designs |
| Systematic review | Technical standard | Qualitative |
| Algae | Energy | Narrative |
| Biomass production | Microalgae | Literature review |
| Biomass | Bioenergy | Systematic review |
| Biofuel | Laboratory | Comparative study |
| | Area | Explanatory |
| | Experiment | Exploratory |
| | Samples | Descriptive |
| | Fuel | Classification |
| | Algae | Trend |
| | | Meta analysis |

Entorno a los documentos analizados para la revisión sistemática se tomaron como fuentes en una simulación de búsqueda similar.

Tabla 4. Relación de artículos hallados

| Bases de datos | Artículos encontrados | Estrategias de búsqueda |
|-----------------|-----------------------|---|
| Scopus | 40 | "algae biomass" OR "biofuel" OR "biofuel characteristics" OR "biomass production conditions" OR "biocombustible de algas" OR "algae characteristics" en "Title, Abstract, Keywords" |
| Web of Science | 31 | |
| ScienceDirect | 48 | |
| IOPScience | 29 | |
| Repositorio UCV | 10 | |
| EBSCO | 22 | |
| ProQuest | 50 | |

Según las estrategias de búsqueda utilizadas en las distintas bases de datos (Tabla 4), se encontraron un total de 230 documentos.

Etapa 3. Criterios de inclusión y exclusión para las investigaciones

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión para las fuentes obtenidas mencionadas líneas arriba en el apartado de Población, considerando a los estudios entre el año 2016 al 2021, investigaciones que identifiquen a la biomasa con potencial de ser utilizado en biocombustible e investigaciones donde evalúen las propiedades químicas y condiciones operativas del biocombustible.

Etapa 4. Recolección de datos

Para cada estudio analizado se consideraron en las muestras lo siguiente:

- **Tabla 5. Características de los estudios incluidos en la revisión**

- Tabla 6. **Propiedades químicas de la biomasa algal**
- Tabla 7. **Condiciones operacionales de la biomasa de algas**
- Tabla 8. **Características del biocombustible producto de la biomasa algal**
- Tabla 9. **Cantidad energética del biocombustible**

3.6. Método de análisis de datos

La información fue agrupada por los marcos de dimensión definidos en la matriz de operacionalización, los cuales fueron: Propiedades químicas de las microalgas, condiciones operacionales de producción de biomasa, características de biocombustible y poder calorífico, los que son detallados en el capítulo de resultados.

3.7. Aspectos éticos

La presente investigación lleva por título “Revisión sistemática en producción de biocombustible a partir de la biomasa de algas”, el investigador se compromete con el cumplimiento de lo establecido por la universidad, y la transparencia en el desarrollo de esta misma.

A por ello se cumplió con el valor porcentual de similitud de investigaciones menores al 25% con verificación del software Turnitin como establece la universidad César Vallejo, además de cumplir con:

- Referencias bibliográficas bajo parámetros de Manual ISO 690 Universidad César Vallejo
- Resolución de vicerrectorado de investigación N°004-2020-VI-UCV
- Guía de productos de investigación 2021

IV. RESULTADOS

En la Figura 5 se visualiza el diagrama de flujo empleado para el proceso de selección de las investigaciones consideradas en la presente revisión sistemática .

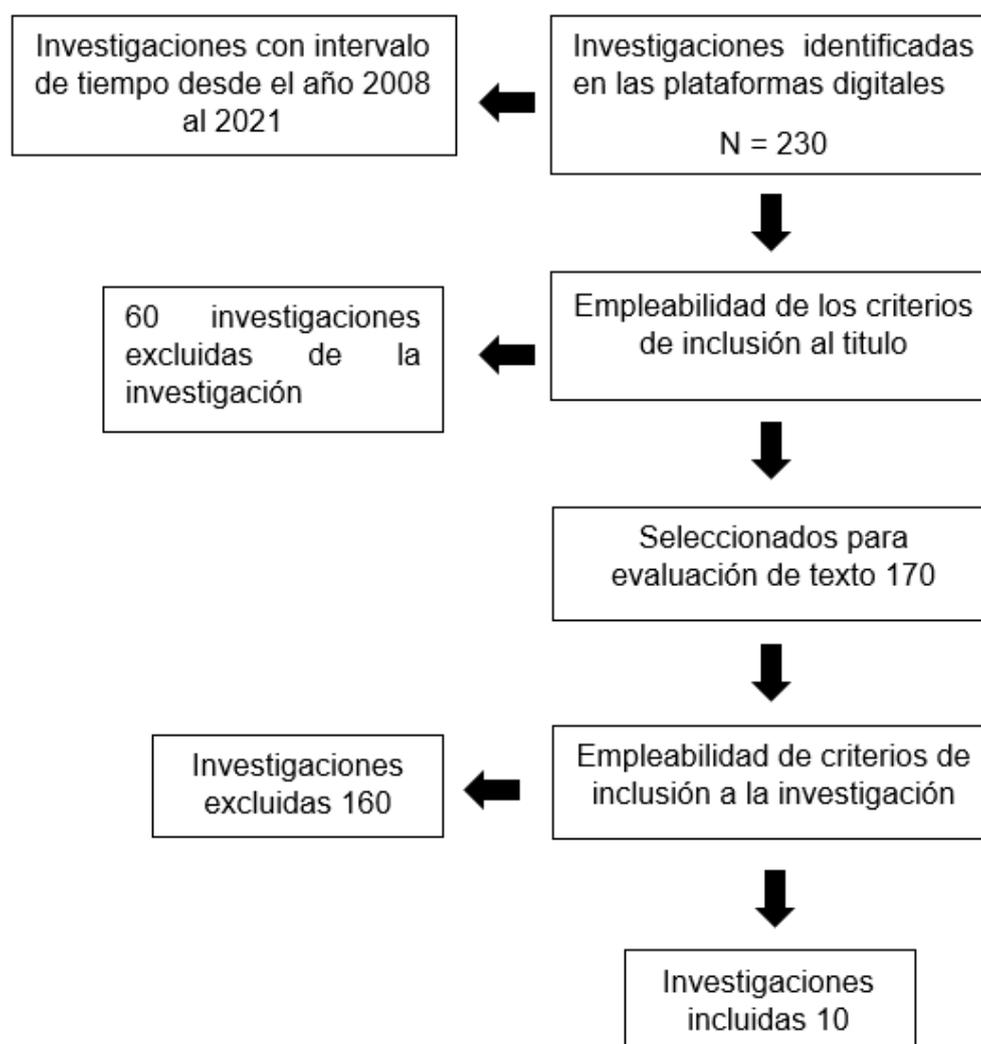


Figura 5. Flujograma del proceso de selección de investigaciones (Elaboración propia, 2021)

A continuación, se colocan las tablas 5, 6, 7, 8 y 9, las cuales contienen los datos obtenidos de las investigaciones que se consideraron

Tabla 5. Características de los estudios incluidos en la revisión

| N° | Autor | Alga | Condiciones operacionales | Breve resumen | País |
|----|-----------------|------------------------------|---|---|-------------|
| 1 | Amaya | <i>Macrocystis pyrifera</i> | Obtención natural, secado natural, autoclave, horno, transesterificación. | Se centro en evaluar la calidad del biocombustible obtenido de los residuos de flora bentónica en Marcona, realizando comparaciones con la NTP 321.125.2008 | Perú |
| 2 | Gouveia, et al | <i>Botryococcus braunii</i> | Cultivo en laboratorio, cilindros, temperatura de 20°C, periodo de 30 días, | Se realizó el estudio en torno a 16 cepas con distinta cadena de carbohidratos, evaluando el potencial de cada una de ella, encontrándose un óptimo uso para productos de hidrocarburos y de carbohidratos. | Reino unido |
| 3 | Cuéllar, et al. | <i>Scenedesmus obliquus</i> | Cultivo en fotobiorreactor, temperatura de 30°C, sin ajuste de pH, iluminación de 200 lux, fotoperiodo de 12:12 | El estudio se centra en la relación de carbono / nitrógeno que debería emplearse para obtener una mayor optimización del producto, mostrando al final una deposición de lípidos de 66% fue de 1,5 g/L ⁻¹ de bicarbonato de sodio y de 0,125 g/l ⁻¹ de nitrato de sodio, lo cual perfila a la microalga como candidato de biodiesel. | Colombia |
| 4 | Hena, et al. | <i>Arthrospira platensis</i> | Cultivo en fotobiorreactor, tiempo 16 días, fotoperiodo | Evalúa la adecuada concentración de CO ₂ para potencial de la microalga en mención bajo agua residual tratada de ganado lechero. | Malasia |

| N° | Autor | Alga | Condiciones operacionales | Breve resumen | País |
|----|--------------------|--|---|--|----------------|
| | | | de luz continua 10 días, temperatura 25° a 30°C. 4 muestras, variaciones de CO ₂ , 6 días oscuridad. | | |
| 5 | Abu Hajar, et al. | <i>Neochloris oleoabundans</i> | Sistema cerrado variaciones entre muestras, temperatura entre 20° - 25%, CO ₂ promedio de 3,5 % (condiciones fototróficas, heterotróficas y mixotróficas). | Evaluó los estudios de la microalga, obteniendo como mejores condiciones para el aprovechamiento en biodiesel de condiciones heterotróficas en medio entrante limitante por NO _x . | Estados unidos |
| 6 | Arce, J. | <i>Chlorella vulgaris</i> | Sistema de fotobiorreactor, temperatura entre los 15° a 25° C, con pH entre 7,5 – 8,5, iluminación de 500 a 800 lux. | Evaluó y analizó la caracterización del biodiesel producto de la microalga tratada, de manera experimental con 3 muestras en condiciones similares, obteniendo como resultados cifras cercanas a los parámetros dispuestos por PETROPERÚ | Perú |
| 7 | Pourkarimi, et al. | <i>Azolla filiculoides</i> <i>Ulva fasciata</i> | Recolección en la costa, secado natural, posterior secado en horno, proceso en | Se centro en optimizar las condiciones de laboratorio para evaluar bajo cuál de los métodos de extracción de lípidos se obtiene mejor calidad y rendimiento de biocombustible. | Irán |

| N° | Autor | Alga | Condiciones operacionales | Breve resumen | País |
|----|--------------------|--|---|---|-------|
| | | | muestras bajo condiciones de laboratorio. | | |
| 8 | Mediboyina, et al. | <i>Scenedesmus dimorphus</i> | Sistema de estanque abierto, agua dulce. | El estudio abarco el análisis del ciclo de vida de cultivos de la microalga, considerando la sensibilidad de producción de biomasa en relación con la calidad de biodiesel obtenido, así como la captura y conversión del CO ₂ mediado por la microalga. | India |
| 9 | Sharma, et al. | <i>Chlorella minutissima</i> | Sistema de estanque canalizado, tiempo de 40 días, temperatura promedio de 29° C, pH 6,5 – 7,5 | Se fijo en el análisis del biocombustible obtenido por transesterificación asistida a un sistema de fotobiorreactor abierto de 1500 litros en condiciones optimizadas, para contrastar con el cumplimiento de los estándares ASTM D6751 y EN14214 | India |
| 10 | Zhang, et al. | <i>Nannochloropsis oceánica</i> <i>Chlorella sp</i> | Muestras secas de un proceso de crecimiento no definido, incubado en ácido sulfúrico a 121°C en lapsos de 20 minutos. | Se centro en un proceso de torrefacción de las microalgas, para hallar similitudes con los valores de los estándares como ASTM D6751 | China |

Tabla 6. Propiedades químicas de la biomasa algal

| N° | Alga | Características químicas | | Autor(es) |
|----|---------------------------------|--------------------------|---------------|--------------------|
| | | Lípidos (%) | Proteínas (%) | |
| 1 | <i>Macrocystis pyrifera</i> | 0,7 ± 0,1 | 13,2 | Amaya |
| 2 | <i>Botryococcus braunii</i> | 62 | 38 | Gouveia, et al |
| 3 | <i>Scenedesmus obliquus</i> | 54,84 – 70,83 | - | Cuéllar, et al. |
| 4 | <i>Arthrospira platensis</i> | 30,23 | - | Hena, et al. |
| 5 | <i>Neochloris oleoabundans</i> | 53,8 | 34.6 | Hajar, et al. |
| 6 | <i>Chlorella vulgaris</i> | 38,74 | 50 | Arce, J. |
| 7 | <i>Azolla filiculoides</i> | 6,98 | 18,34 | Pourkarimi, et al. |
| | <i>Ulva fasciata</i> | 2,23 | 15,9 | |
| 8 | <i>Scenedesmus dimorphus</i> | 25 | - | Mediboyina, et al. |
| 9 | <i>Chlorella minutissima</i> | 32,44 | - | Sharma, et al. |
| 10 | <i>Nannochloropsis oceanica</i> | 1,32 | 52,63 | Zhang, et al. |
| | <i>Chlorella sp</i> | 2,81 | 61,88 | |

Tabla 7. Condiciones operacionales de la biomasa de algas

| N° | Alga | Condiciones operacionales | | | | Autor(es) |
|----|---------------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| | | Tipo de sistema | Tiempo de producción (días) | Fijación de CO ₂ (% v/v) | Producción de biomasa (g/l-día) | |
| 1 | <i>Macrocystis pyrifera</i> | - | 5 | - | - | Amaya |
| 2 | <i>Botryococcus braunii</i> | Cerrado | 30 | 1 | 1,8 | Gouveia, et al. |
| 3 | <i>Scenedesmus obliquus</i> | Cerrado | 30 | - | 1,46 ± 0,046 | Cuéllar, et al. |
| 4 | <i>Arthrospira platensis</i> | Cerrado | 16 | 2,7 | 4,23 | Hena, et al. |
| 5 | <i>Neochloris oleoabundans</i> | Cerrado | - | 5 | 14,2 | Abu Hajar, et al. |
| 6 | <i>Chlorella vulgaris</i> | Cerrado | 28 | 2,3 | 2,44 | Arce, J. |
| 7 | <i>Azolla filiculoides</i> | - | 0,43 | - | - | Pourkarimi, et al. |
| | <i>Ulva fasciata</i> | - | 0,43 | - | - | |
| 8 | <i>Scenedesmus dimorphus</i> | Abierto | 90 | - | 6 | Mediboyina, et al. |
| 9 | <i>Chlorella minutissima</i> | Abierto | 40 | - | 31,4 | Sharma, et al. |
| 10 | <i>Nannochloropsis oceanica</i> | Cerrado | 0,43 | - | 6,34 | Zhang, et al. |
| | <i>Chlorella sp</i> | Cerrado | 0,43 | - | 4,58 | |

Tabla 8. Características del biocombustible producto de la biomasa algal

| N° | Alga | Características del biocombustible | | Autor(es) |
|----|---------------------------------|------------------------------------|---|--------------------|
| | | Ácidos grasos totales (% m/m) | Relación en producción de biomasa (% v/v) | |
| 1 | <i>Macrocystis pyrifera</i> | 0,024 | 0,0561 | Amaya, K. |
| 2 | <i>Botryococcus braunii</i> | - | 56 | Gouveia, et al |
| 3 | <i>Scenedesmus obliquus</i> | 22,63 | 3 - 5 | Cuéllar, et al. |
| 4 | <i>Arthrospira platensis</i> | 4 | 30,23 | Hena, et al. |
| 5 | <i>Neochloris oleoabundans</i> | 18 – 29 | 34 – 52 | Abu Hajar, et al. |
| 6 | <i>Chlorella vulgaris</i> | - | 85 | Arce, J. |
| 7 | <i>Azolla filiculoides</i> | 69,8 | 36,8 | Pourkarimi, et al. |
| | <i>Ulva fasciata</i> | 62,4 | 54,6 | |
| 8 | <i>Scenedesmus dimorphus</i> | - | 46 | Mediboyina, et al. |
| 9 | <i>Chlorella minutissima</i> | - | 84 | Sharma, et al. |
| 10 | <i>Nannochloropsis oceanica</i> | 26,3 | 49,59 | Zhang, et al. |
| | <i>Chlorella sp</i> | 27,41 | 50,12 | |

Tabla 9. Cantidad energética del biocombustible

| N° | Alga | Cantidad energética | Autor(es) |
|----|---------------------------------|--------------------------|-----------------------|
| | | Poder calorífico (MJ/kg) | |
| 1 | <i>Macrocystis pyrifera</i> | 38 – 40 | Amaya |
| 2 | <i>Botryococcus braunii</i> | 44 | Gouveia, et al |
| 3 | <i>Scenedesmus obliquus</i> | - | Cuéllar, et al. |
| 4 | <i>Arthrospira platensis</i> | - | Hena, et al. |
| 5 | <i>Neochloris oleoabundans</i> | - | Abu Hajar, et al. |
| 6 | <i>Chlorella vulgaris</i> | - | Arce, J. |
| 7 | <i>Azolla filiculoides</i> | 20,43 | Pourkarimi, S. et al. |
| | <i>Ulva fasciata</i> | 19,44 | |
| 8 | <i>Scenedesmus dimorphus</i> | 38 | Mediboyina, M. et al. |
| 9 | <i>Chlorella minutissima</i> | 38,7 | Sharma, A. et al |
| 10 | <i>Nannochloropsis oceanica</i> | 21,016 | Zhang, C. et al |
| | <i>Chlorella sp</i> | 22,012 | |

En la Figura 6, se tiene un gráfico con respecto a los días empleados para el análisis de cada uno de los artículos evaluados, contemplándose en función al tiempo (días) y a la relación de producción de biomasa (%v/v). A partir de ello, se encuentra que para el caso de la investigación enfocada en un sistema abierto de cultivo de alga se generó mayor relación en coordinación con los días de su efectuado proceso.

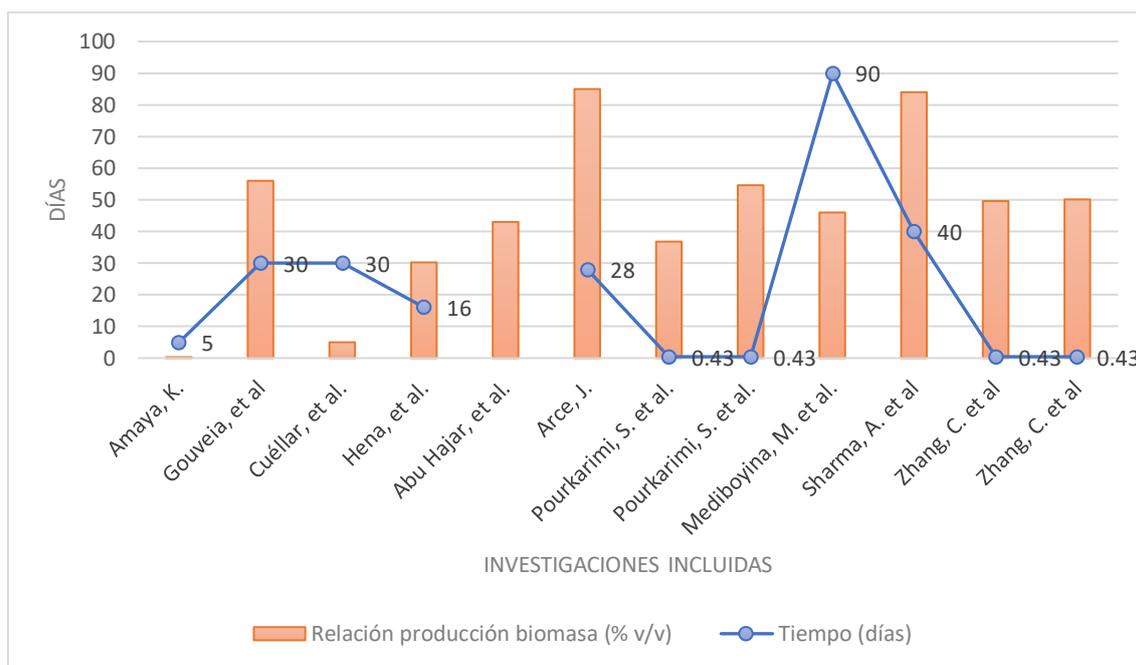


Figura 6. Relación de producción de biomasa en función a días.

Además, para los estudios analizados se evidenció que se emplearon distintas metodologías para la extracción de lípidos como el método Soxhlet, Floch y Dyer. De todas las mencionadas, se cuentan con distintos medios de cultivo, y tecnologías termoquímicas para la viabilidad del biocombustible como lo es la torrefacción, gasificación, transesterificación y pirolisis.

En virtud, cada cepa de microalga o toma de alga, presenta una variación entre su capacidad productiva y potencial de biocombustible, dependiendo de las condiciones existentes en las cuales se ven inmersos, como en el caso de Pourkarimi et al. (2020), donde las condiciones a las cuales es sometida las dos algas, se difieren en variación de temperatura y el tiempo de aumento de la misma entre ellas. De forma opuesta para el caso de Amaya (2018), la cual evalúa otra macroalga, partiendo desde la destrucción celular al posterior secado

por medio de horno y autoclave con temperatura fija y aplicación del método de Soxhlet para separar las bencinas de los lípidos y posterior a ello evaluar las características del biocombustible formado.

Los resultados bajo las investigaciones incluidas mencionan que para la calidad del biocombustible evaluado se establecieron parámetros de estándares internacionales y nacionales tanto como las normas ASTM D6751 y EN14214, hallándose que entre los parámetros de mayor comparación es considerado el poder calorífico (MJ/kg).

Para la presente investigación se hizo en comparación por lo señalado en el método de prueba estándar empleado en el calor de combustión de combustibles líquidos por medio de una bomba, la cual mide el calorímetro en enfoque de la norma ASTM D240, donde se menciona que para combustibles renovables el valor calorífico promedio es de 39 MJ/kg (Escalante, H. et al., 2011).

Por ello en la Figura 7, se tiene establecido los valores de poder calorífico obtenido de cada estudio incluido en función de la comparación de la norma ASTM D240.

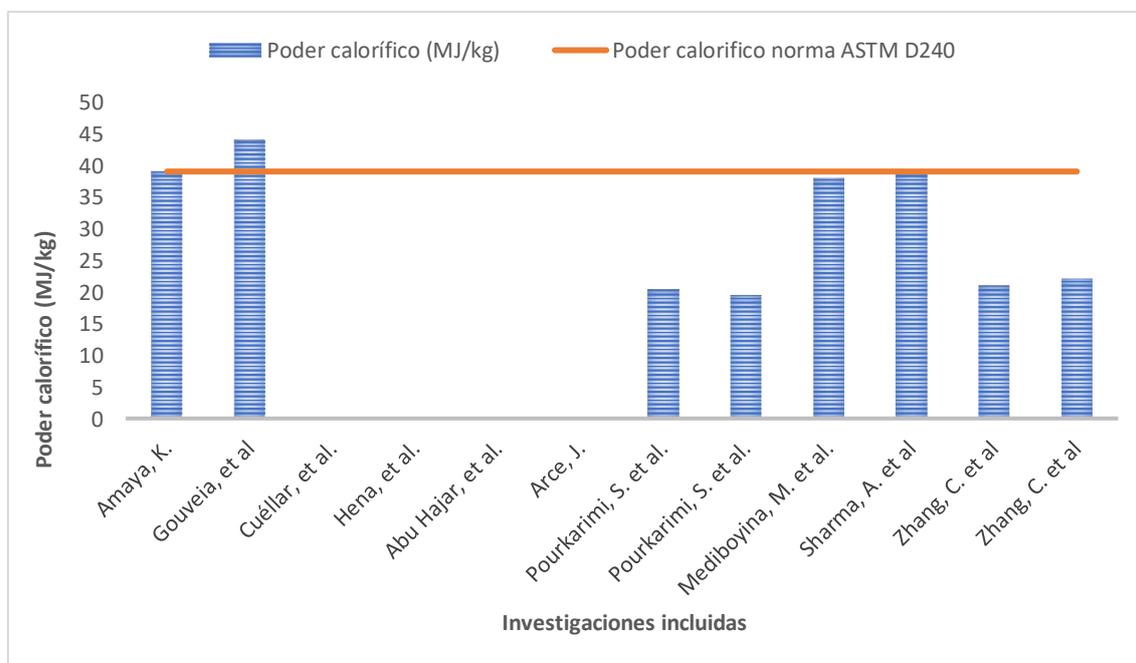


Figura 7. Relación de poder calorífico entre investigaciones incluidas

De la Figura 7, se tiene claro que un potencial adecuado para ser empleadas como biocombustible es cumplido por 4 investigaciones de las cuales cada uno cumple con distintas condiciones de operación, lo cual permite interactuar entre estas.

Se tuvo como resultado entre lo visualizado en la Figura 7 y la Tabla 9, referente al poder calorífico de los organismos, para Gouveia, et al. alcanza el valor máximo de 44 MJ/kg, bajo un proceso de producción de biomasa de 30 días de la microalga *Botryococcus braunii*. Por otro lado, Amaya, K., obtiene el valor de poder calorífico más elevado de las macroalgas ubicadas dentro de las investigaciones incluidas con *Macrocystis pyrifera* conocida como flora bentónica, la cual alcanza el límite de 39 MJ/kg.

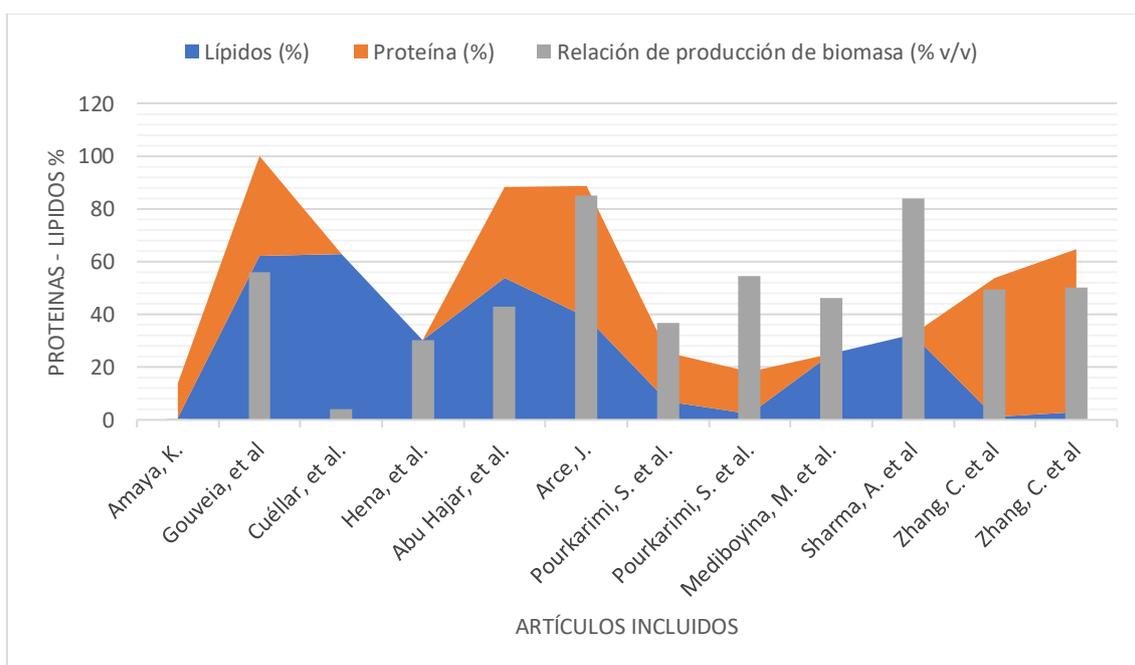


Figura 8. Relación entre propiedades químicas de la biomasa y la producción de biocombustible.

La Figura 8, brota como resultado de la interacción de las tablas 6 y 8, ubicadas en función de las propiedades químicas de biomasa empleada, expresada en lípidos (%) y proteínas (%) con la relación de producción de biocombustible de la biomasa analizada (% v/v).

Dando como resultado en 2 de los estudios incluidos, la relación de producción de biocombustible de la biomasa es mayor a la cantidad de lípidos de cada uno de los organismos. Para estos el caso de Sharma, et al. es el que sobrepasa en 51.56% la relación de lípidos de la microalga *Chlorella minutissima* y la capacidad de producir biocombustible de la biomasa producida bajo las condiciones establecidas por los investigadores. Por su contraparte se evidencia lo siguiente, para Cuéllar, et al. el cual estudia la microalga *Scenedesmus obliquus* el aprovechamiento de la cantidad de biocombustible aprovechable de la biomasa producida es menor sin tomar en cuenta que la cantidad de lípidos de dicho microorganismo es de 25%.

Con ello se menciona que no requiere el cumplimiento de un comportamiento directamente proporcional entre la cantidad lipídica o proteínica de los organismos para su aprovechamiento como biocombustible, sino este es determinado a su vez por la interacción de su entorno, es decir las condiciones que se establezcan para cada caso.

La Figura 9, es el reflejo de los tipos de sistemas señalado en cada estudio, se realizó la figura, para que en función de esta sea entendible la siguiente figura.

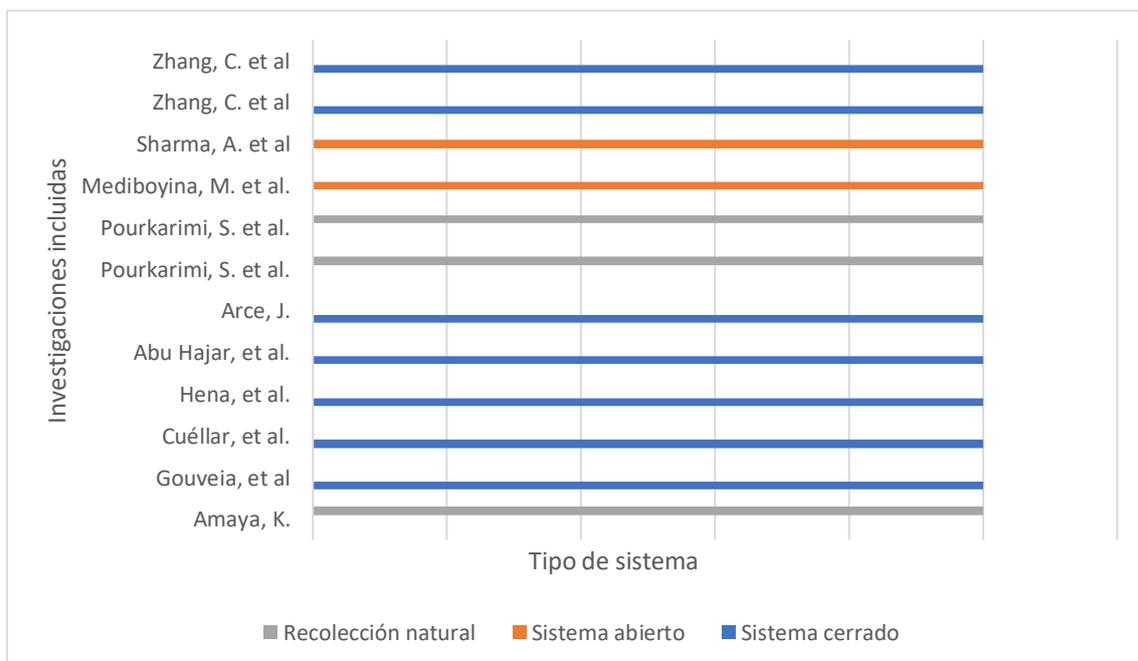


Figura 9. Tipos de sistema de las investigaciones incluidas.

La interacción de las tablas 7 y 8 conllevan a la Figura 10, la cual para ser entendida debe asimilarse con la Figura 9, de ello se puede dar como respuesta a las condiciones operacionales a las cuales se ve sometida cada organismo estudiado en esta investigación.

Asimismo, se tiene de conocimiento los demás datos de cada texto, que diferencian las condiciones tales como la intensidad de luz, rango de horario de exposición a luz, pH, temperatura entre otros.

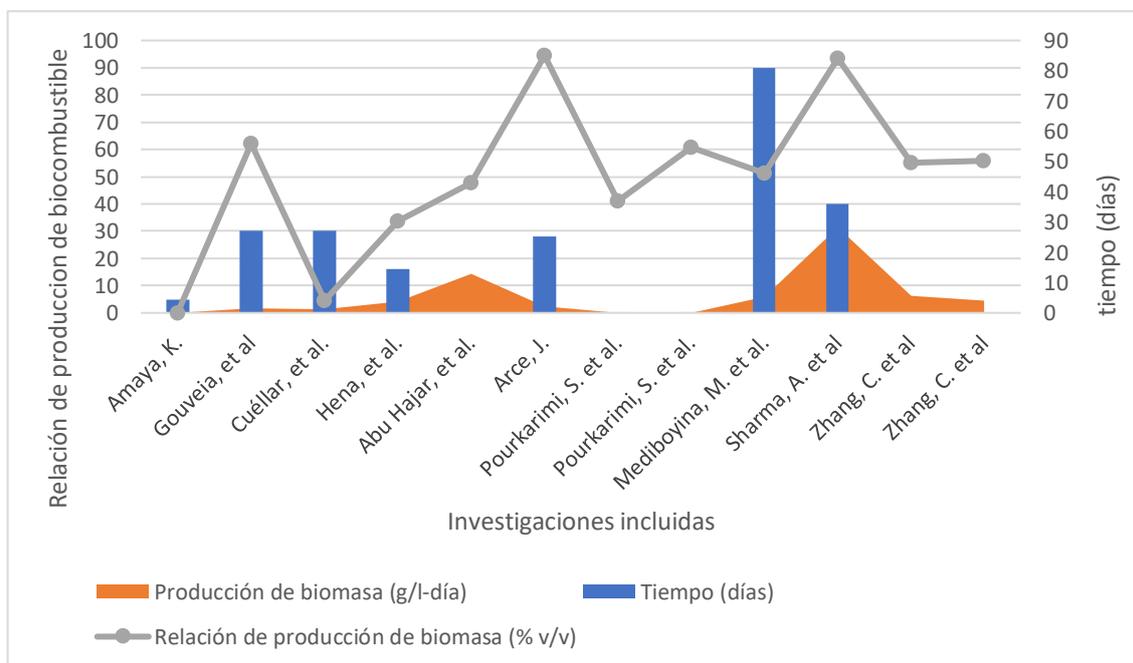


Figura 10. Condiciones operacionales para obtención de biomasa.

Dando como resultado de la Figura 10, que para los casos de sistema abierto analizados los cuales son entendidos entre cantidad de días moderado y otro elevado una alta relación en capacidad de producción de biocombustible a partir de las algas estudiadas, así como su crecimiento de biomasa por día. Por otra parte, en los casos de sistemas cerrados los cuales tienen baja cantidad de producción de biomasa por día como en Gouveia et al. cuentan con un amplio espectro del porcentaje en relación con lo que puede ser obtenido como biocombustible aprovechable de dicha biomasa.

V. DISCUSIÓN

Partiendo de la revisión sistemática de las 10 investigaciones incluidas, se tomo en consideración las 12 especies evaluadas entre algas (*Macrocystis pyrifera*, *Azolla filiculoides* y *Ulva fasciata*) y microalgas (*Botryococcus braunii*, *Scenedesmus obliquus*, *Arthrospira platensis*, *Neochloris oleoabundans*, *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis oceanica*, *Chlorella sp.*, *Scenedesmus dimorphus* y *Chlorella minutissima*), de las cuales los estudios en producción de biomasa de las mismas empleadas en la producción de biocombustible han ido en aumento, por lo mismo de la problemática actual en el sector energético, haciendo la experimentación para la instauración de procesos productivos industriales con posibilidad de viabilidad rentable en el proyecto, tomando en cuenta que para cada especie existentes diversas variaciones en cultivo, separadas de las propiedades físicas y químicas desde las que partes, adicionando a ello las condiciones de operaciones (tipo de sistema, productividad diaria de biomasa, tiempo de experimento y fijación de CO₂), para una vez finalizado ello la evaluación del método de extracción de lípidos más eficaz y su evaluación con estándares internacionales del biocombustible formado.

De acuerdo con las investigaciones de Pourkarimi, et al. (2021), la producción de bioaceite por medio de pirolisis de las macroalgas *Azolla filiculoides* y *Ulva fasciata*, la cual se optimizo en el flujo del gas nitrógeno con caudal de 100 ml/min en periodo de 30 minutos, calentándose las muestras en diferentes temperaturas (300° - 500°C) con velocidad de calentamiento constante (10° - 20°C/min), se obtuvo un mayor rendimiento del bioaceite de *U. fasciata* con respecto a la otra alga en 3,83%. Asimismo, mostro mejores propiedades como menor densidad y viscosidad lo que permitiría ser candidato a diésel industrial automotriz. Así como en el estudio de Pourkarimi, et al. (2021) la cual analiza desde las costas del mar de Makran y los humedales de Anzali en la India, aquí en latino América, Fernández, et al. (2017), se enfocó en las características elementales de las algas pardas *Sargassum natans* y *Sargassum fluitans* en las cosas de República Dominicana dejando como conclusión el aporte elemental de cada una de las algas mencionadas y su posterior análisis

por cada sector industrial que pueda analizar su capacidad de ser usado como fuente energética.

Aquí en Perú, se cuenta con uno de los antecedentes de Amaya (2018), la cual toma por objetivo la producción adecuada de biocombustible generado por medio de flora bentónica desde las costas de Marcona, contando con la macroalga *Macrocystis pyrifera*, demostrando que si cumple con estándares que pueden ser aprovechables para su empleabilidad como biocombustible cumpliendo con estándares internacionales como la ASTM D240, planteando ello un análisis mayor a considerar de la cantidad de algas marinas existentes en los litorales, humedales, entre otros que pueden ser estudiados y aprovechados localmente como un medio alternativo de energía, trazando micro proyectos a macro proyectos en las localidades de cada entorno.

Considerando los estudios incluidos en la presente revisión sistemática, la gran mayoría de autorías comprende a sistemas cerrados para producción de biomasa, sea en fotobiorreactores con características establecidas, tanques de burbujeo y tanques de canalización, entre todos los mencionados se encuentran: Arce (2018), Abu Hajar, H., Riefler, R. y Stuart, B. (2021), Hena, et al. (2018), Cuéllar, et al (2019), Gouveia, et al (2017) y Amaya (2018).

De estos últimos en el caso local, Arce (2018), dispone de condiciones de operación para la microalga *Chlorella vulgaris* en tiempo de 28 días, a temperatura ambiente de 20° a 25°C, con pH variable entre los 7,5 a 8,5, iluminación de 500 a 800 lux, columnas de aireación de 60 a 100 burbujas/s, empleando distintos medios de cultivos y con una turbiedad promedio de 14 NTU, para la obtención del contenido lipídico empleo el método de Soxhlet, al igual que en el estudio de Amaya (2018); posterior a dicho método se procedió con la sedimentación, determinación de acidez, neutralización de ácidos grasos libres, transesterificación para así separar el biodiesel de la glicerina, las cuales estarían separadas por capas, prosiguiendo un filtrado del diesel y purificado del mismo por medio de filtros de acerrín, para finalmente realizar las pruebas de calidad de biocombustible por medio de las determinaciones de agua y sedimentos, similitudes a normas ASTM, determinación de punto de inflamación, determinación de densidad y de cifra cetónica. De igual manera Amaya (2018)

realiza las comparaciones siguiendo mismo esquema con la diferencia que conservo las macroalgas, en ambiente cerrado por menor tiempo para su analisis.

Asimismo comparte similares estructuras con antecedentes como Tadeo, et al. (2014), el cual en un sistema cerrado de fotobiorreactor produce biomasa de *Nannochloropsis sp.* estableciendo condiciones ambientales para su producción asimilando al estudio de Arce (2018) ya que implementa nutrientes de NaCl, para este caso se usaron 20 días, con fotoperiodo de iluminacion de 16 horas luz y 8 horas oscuridad y otras muestras con 12 horas luz y 12 horas oscuridad, obteniendo una velocidad volumetrica de 16,67 mg/l/día. Empleando el método de Soxhlet y la posterior determinación de las similitudes con los estandares internacionales ASTM D6751 y EN 14214:2008, con demostración de poder calorifico de 41 MJ/kg y acidos grasos existentes como el palmitico y oleico.

Bajo lo mencionado, entorno a los tipos de sistema de producción de biomasa, se observa que para los casos menores de pruebas o ensayos para la determinación de la calidad de biocombustible de manera escala seria en los modelos de fotobiorreactores tubulares, posterior de la producción de biomasa optar por el método en separación de lípidos, Soxhlet y posterior a este el proceso de transesterificación para la separación del biocombustible y la glicerina.

Proponiendo que para las evaluaciones escala de viabilidad de biocombustible se emplee dicha metodología, entendiendose como pruebas de menor rango de complejidad para esquemas de investigadores universitarios.

En los casos de los estudios incluidos que cumplieron con una medida proxima o por encima del rango de poder calorífico establecido por el estandar internacional ASTM D240 que menciona deberia encontrarse entre 38 a 40 MJ/kg, se centraron solo en cuatro articulos, de los cuales, uno cumplia con un sistema cerrado y de recolección natural, otro en sistema cerrado de fotobiorreactores y los otros dos en sistemas abiertos por medio de estanques y de amplia dimensión para albergar rango promedio de 1500 litros.

En el caso de Gouveia, et al. (2017), en su estudio de las distintas cepas de *Botryococcus braunii*, en la cual analiza 16 cepas en un periodo de 10 días, para

lo cual se establece los parametros de fotoperiodo de 18 horas luz y 6 horas oscuridad, con temperatura de 23° C, con 2,5 % de aireación de CO₂ e intensidad de luz variable entre 400 y 600 lux, extrayendo los hidrocarburos por la metodología Floch y Dyer, a su vez haciendo diversos analisis para cada una de las cepas, encontrandose en la cepa CCALA 778 un potencial a ser empleado con productores de carbohidratos, como en casos similares a la fermentación del bioetanol y para la cepa AC 761 un potencial en la empleabilidad de hidrocarburos en la cual alcanza 44 MJ/kg, a un ritmo de relación de aprovechamiento de su biomasa con disposición para biocombustible del 56%.

En caso similares donde se toman varias cepas como D'mello y Chemburkar (2018), analizando los lipidos producidos en la biomasa de la *Auxenochlorella pyrenoidosa* donde se tomaron al igual 6 muestras para cada versión del experimento, los cuales se trataban en presencia y ausencia de nitrógeno, hallandose cantidades significativas que puedan ser empleadas en la producción de biocombustible para los casos que prima ausencia de nitrógeno.

Por lo tanto de los resultados, la presente revisión sistemática denota que en los ultimos 5 años las investigaciones se siguen ampliando con respecto al uso de biocombustible industrial generado a partir de la biomasa de algas y microalgas. De acuerdo a la investigación se evidenció pruebas científicas que respaldan a la producción de biomasa en cantidades mayores por medio de sistemas de cultivo abiertos, donde se obtiene mayor contraste con la capacidad productiva de biomasa y su relación de aprovechamiento de biocombustible con respecto a dicha biomasa. A si mismo se puede connotar que se deberia emplear en sistemas cerrados condiciones optimizadas dependiendo el tipo de cultivo, concluyendo que lo adecuado es que el proceso para producción de biomasa cuente con por lo menos 10 horas de oscuridad, en temperatura ambiente de 20° a 25°C, y con flujo de CO₂ promedio de 3%. A su vez en el plano nacional, se menciona que puede darse mayor aprovechamiento de las macroalgas presentes en el litoral para su empleabilidad tanto como biocombustible u otra industria que requiera de sus compuestos.

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo con la presente investigación en revisión sistemática, se concertó en lo siguiente:

1. La revisión sistemática analizó los estudios que se han realizados sobre la biomasa de algas que fueron empleadas en la producción de biocombustible, enfocándose en los últimos 5 años. Observando en ello la existencia de un avance en las investigaciones a comparación de años antecesores, con un énfasis en hallar viabilidad productiva para la industria en general. Evidenciando entre los factores determinantes al tratamiento realizado para la producción de biomasa, así como las técnicas de extracción de lípidos por medio de solventes, fluidos supercríticos, microondas, ultrasonización y campo eléctrico de pulso. Por ello, los autores realizaron pruebas entorno a la determinación de agua y sedimentos, determinación de densidad, cifra cetónica, poder calorífico, punto de inflamación, entre otros. En suma, los mejores resultados obtenidos para los casos estudiados fueron en microalgas la especie *Chlorella minutissima* y la *Botryococcus braunii* con poder calorífico de 38,7 MJ/kg y 44MJ/kg respectivamente, mencionando que otro de los parámetros para comprometer el resultado con su viabilidad de biocombustible se trata de la cifra cetónica, viscosidad y densidad. Finalizando, para el caso de las macroalgas la especie *Macrocystis pyrifera* con un poder calorífico de 39 MJ/kg.
2. La revisión sistemática determinó que en 41,7% de las especies analizadas la cantidad de biomasa producida y aprovechable para biocombustible se encontraban por debajo de la cantidad porcentual de proteínas de cada una de las especies y en 16,7% de las especies, los valores eran superiores a su respectivo porcentual en proteínas, así mismo para el caso de lípidos, se halló que de las 12 especies (*Macrocystis pyrifera*, *Botryococcus braunii*, *Scenedesmus obliquus*, *Arthrospira platensis*, *Neochloris oleoabundans*, *Chlorella vulgaris*, *Azolla filiculoides*, *Ulva fasciata*, *Scenedesmus dimorphus*, *Chlorella minutissima*, *Nannochloropsis oceanica* y *Chlorella sp.*) incluidas en la

revisión 41,6% se encontraban con la relación de biocombustible aprovechable de su biomasa por debajo del porcentual de lípidos de las especies y el 58,3% se manifestó con valores aprovechables para biocombustibles superiores al porcentual de lípidos. Asimismo, se menciona que el porcentaje de producción de biocombustible con respecto a la biomasa depende también de las condiciones de operación y medios de cultivo, siendo comparado con las tablas y gráficos obtenidos a partir de las investigaciones incluidas.

3. La revisión sistemática identificó que, de las 12 especies incluidas en la investigación, el 58,3% se realizaba en sistema cerrado, 16,7% en sistema abierto y 25% recolectados de manera natural y puestos a secar por diversos métodos. Además, entre las condiciones operacionales en sistema cerrados (*Botryococcus braunii*, *Scenedesmus obliquus*, *Arthrospira platensis*, *Neochloris oleoabundans*, *Chlorella vulgaris*, *Nannochloropsis oceanica* y *Chlorella sp*) se promedia un fotoperiodo entre las 12 a 16 horas de luz, temperatura promedio de 20° a 30°C, pH entre los 6,5 a 7,5, flujo de aireación de CO₂ de 3 %, teniendo relevancia con respecto a la producción de biomasa medida en mg/l/día. Para el caso de los sistemas abiertos (*Scenedesmus dimorphus* y *Chlorella minutissima*), se dimensiona áreas de experimentación de mayor capacidad en volumen, con condiciones en control de pH similar al sistema cerrado, temperaturas en horario diurno de 25° a 30° C y en horario nocturno de 20° hasta los 13° C, con tiempos de iluminación natural, flujo de CO₂ promedio de 1% con capacidad de 8 l/min, discerniendo entre los medios de cultivos por la presencia de nitrógeno para uno de ellos. y ausencia de nitrógeno, aplicable para uno de los casos. Por último, en los casos de recolección natural (*Macrocystis pyrifera*, *Azolla filiculoides* y *Ulva fasciata*), se conservó por un rango de 10 horas hasta los 5 días las especies recolectadas para su posterior secado natural por luz solar para su posterior secado asistido sea por hornos o autoclaves.

VII. RECOMENDACIONES

- Realizar un análisis más complejo para futuras investigaciones que brinden mayor eficiencia al objetivo trazado, que cumplan con mayores características de biocombustible
- Emplear mayor diversidad en las estrategias de búsqueda que identifiquen las singularidades deseadas para cumplir con la investigación.
- Realizar revisiones sistemáticas del tema de producción de biocombustible a partir de producción de biomasa a nivel nacional, para contrastar características empleadas en las distintas localidades.
- Analizar mayor cantidad de investigaciones que realicen comparaciones entre más de una especie de alga tanto en el desarrollo de la producción de biomasa y las características de evaluación para su viabilidad como biocombustible.

REFERENCIAS

ABO, B. [et al]. Microalgae to biofuels production: a review on cultivation, application and renewable energy. *Reviews on Environmental Health* [en línea]. Junio 2021, Vol. 149, pp. 91-99 [fecha de consulta: 15 de junio de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1515/reveh-2018-0052>

ABU HAJAR, H., RIEFLER, R. y STUART, B. Cultivation of the Microalga for biofuel production and other Industrial applications (a Review). *Applied Biochemistry and Microbiology* [en línea]. Noviembre 2017, Vol. 53, N° 6, pp. 640-653. [fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Disponible en <http://www.doi.org/10.1134/S0003683817060096>. ISSN 0003-6838.

ALEJOS, Carlos y CALVO, Eduardo. Biocombustibles de primera generación. *Revista peruana química en ingeniería química* [en línea]. 2015, Vol. 8, N° 15, pp. 19-30 [fecha de consulta: 15 de mayo de 2021]. Disponible en <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/quim/article/view/11784> ISSN 1609-7599

ALLENDE, Angie. Evaluación del contenido lipídico de la microalga *Tetraselmis contracta* ante diferentes concentraciones de nitrato como nutriente, para su potencial uso como biodiesel, 2018. Tesis (ingeniería ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018, 77 pp. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/19650>

ÁLVAREZ, Carlos. Biocombustibles: desarrollo histórico-tecnológico, mercados actuales y comercio internacional. *Economía Informa* [en línea]. Agosto 2009, N° 359, pp. 63-90 [fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en <http://www.economia.unam.mx/publicaciones/economia/pdfs/359/04carlosalvares.pdf>

AMARO, Helena, GUEDES, Catarina y MALCATA, Xavier. Advances and perspectives in using microalgae to produce biodiesel. *Applied Energy* [en línea]. Octubre 2011, 88. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.12.014> ISSN: 0036 – 2619

AMAYA, Karen. Producción de biocombustible a partir de residuos de flora bentónica del distrito de Marcona, 2018. Tesis (ingeniería ambiental). Lima: Universidad César Vallejo, 2018, 149 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/37179>

AMIT KUMAR, S [et al]. Production of a sustainable fuel from microalgae *Chlorella minutissima* grown in a 1500 L open raceway ponds. *Biomass and Bioenergy* [en línea]. Junio 2021, Vol. 149, 14 pp [fecha de consulta: 15 de junio de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106073> ISSN 0961-9534

ARCE, Jhon. Caracterización fisicoquímica de biodiesel a partir de la microalga *Chlorella vulgaris*, obtenida en fotobiorreactor tubular. Tesis (Licenciado Químico). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín, 2018. 102 pp. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6845>

ARGIBAY, Juan. Muestra en investigación cuantitativa. Subjetividad y procesos cognitivos [en línea]. Vol. 13, n° 1. 2009. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=339630252001>. ISSN: 1666-244X

ARIAS, F.G. El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica. *Editorial Episteme* [en línea], 2016. pp. 146. [Consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en: <https://evidencia.com/wp-content/uploads/2014/12/EL-PROYECTO-DE-INVESTIGACIÓN-6ta-Ed.-FIDIAS-G.-ARIAS.pdf>.

Atlas de potencial energético de la biomasa residual en Colombia por ESCALANTE, Humberto [et al.]. Bogotá D.C: Bucaramanga, 2011. 180 pp. ISBN: 9789588504599

BOFFILL, Yanet. GARCÍA, Agustín. CASTELLANO, Jesús. Estimación cuantitativa preliminar de índices de producción de biomasa microalgal a partir de la reacción de fotosíntesis. *Tecnología Química* [en línea]. 2012, XXXII (1), 26 - 33 pp. [fecha de Consulta 07 de abril de 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=445543775004> ISSN: 0041-8420.

BIOFUELS from algae por Pandey Ashok [et al.]. USA: *ELSEVIER* [en línea], 2014, pp. 338 [fecha de consulta: 17 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/C2012-0-00170-6> ISBN 9780444595584

BRAIDA, Verónica, CAMPOT, María y TARTAGLIA, Carolina. Diseño de procesos para la obtención de biocombustible a partir de microalgas. Tesis (ingeniería en biotecnología). Uruguay: Universidad ORT Uruguay, 2016. 103 pp.

BRENNAN, Liam y OWENDE, Philip. Biofuels from microalgae – a review of technologies for production, processing, and extractions of biofuels and co-products. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea]. Febrero 2010, Vol. 14, N° 2, pp. 557-5577 [fecha de consulta: 17 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.rser.2009.10.009> ISSN 1364-0321

CAJCHAYA, María y QUISPE, Melisa. Obtención de ácidos grasos poliinsaturados a partir de *Chlorella sp.* Utilizando un fotobiorreactor (FBR) con sustrato no convencional base de estiércol de vaca. Tesis (ingeniería biotecnológica). Perú: Universidad Católica de Santa María, 2016.

CHO, et al. Microalgae cultivation for bioenergy production using wastewaters from a municipal WWTP as nutritional sources. *Bioresource Technology* [en línea]. Marzo 2013, Vol. 131, pp. 515-520 [fecha de consulta: 05 de marzo de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.12.176> ISSN 0960-8524.

CUÉLLAR, J. *et al.* Lipids production from *Scenedesmus obliquus* through carbon/nitrogen ratio optimization. *Journal of Physics: Conference Series* [en línea]. 2019, Vol. 1388, 7 pp [fecha de consulta: 05 de mayo de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1388/1/012043>

CULABA, A. *et al.* Biofuel from microalgae: sustainable pathways. *Sustainability* [en línea]. Octubre 2020, Vol. 12, 20 pp [fecha de consulta: 05 de mayo de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.3390/su12198009>

D'MELLO, Basil y CHEMBURKAR, M. Effect of temperature and pH variation on biomass and lipid production of *Auxenochlorella Pyrenoidosa*. *Research*

Journal of Life Sciences, Bioinformatics, Pharmaceutical and Chemical Sciences [en línea]. Noviembre 2018, Vol. 4, N° 6, pp. 378-387 [fecha de consulta: 17 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.26479/2018.0406.29> ISSN 2454 6348

Enfoques innovadores para la selección efectiva de microorganismos productores de lipasa como catalizadores de células enteras para la producción de biodiesel por Gustavo Ciudad [et al]. *Nueva biotecnología* [en línea]. Julio 2011, 28. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.nbt.2011.03.009> ISSN: 1871-6784

ESCRIBANO, Emma. Empleo de microalgas en la arquitectura sostenible. Lima, 2017. [Fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Disponible en: http://oa.upm.es/47523/1/TFG_Lomas_Escribano_Emma.pdf

Evaluación de una microalga marina oleaginosa nativa *Nannochloropsis oceanica* para uso dual en la producción de biodiesel y alimentos para acuicultura por Mohamed Ashour [et al]. *Biomasa y Bioenergía* [en línea]. Enero 2019, 120. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2018.12.009> ISSN: 0961-9534

FAIFE, Evelyn, OTERO, Miguel y ALVAREZ, Amaury. Producción de biodiesel a partir de microorganismos oleaginosos. Una fuente de energía renovable. Parte I. Levaduras y bacterias. ICIDCA. *Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar* [en línea]. Abril 2012, Vol. 46, N ° 1, pp. 22-32 [fecha de consulta: 17 de abril de 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223123848004> ISSN: 0138-6204

FLORES, Leenin. Validación del método analítico para la cuantificación de ácidos grasos en biomasa de la microalga *Nannochloropsis sp.* Tesis (Título de ingeniería ambiental). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2013. 104 pp.

GOUVEIA, Joao [et al]. *Botryococcus braunii* strains compared for biomass productivity, hydrocarbon and carbohydrate content. *Journal of Biotechnology*

[en línea]. Abril 2017, Vol. 248, pp. 77-86 [fecha de consulta: 13 de mayo de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jbiotec.2017.03.008>

HENA, S [et al]. Dairy farm wastewater treatment and lipid accumulation by *Arthrospira platensis*. *Water Research* [en línea]. 2018, Vol. 128, pp. 267-277 [fecha de consulta: 18 de mayo de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.watres.2017.10.057> ISSN 0043-1354,

HERNANDEZ, Alexis y LABBE, José. Microalga, cultivos y beneficios. *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. [en línea]. Agosto 2014, Vol. 49, N °2, pp. 157- 173. [fecha de consulta: 29 de abril del 2021]. Disponle en: <https://dor.org/10.4067/S0718-19572014000200001>

Influence of nutrient deprivations on lipid accumulation in a dominant indigenous microalga *Chlorella sp.*, BUM11008: Evaluation for biodiesel production por Ramasany Praveenkumar [et al]. *Biomass and Bioenergy* [en línea]. Febrero 2012, Vol. 37, N °, pp. 60-66. [fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.12.035> ISSN 0961-9534

KOUSOULIDOU, Marina y LONZA, Laura. Biofuels in aviation: Fuel demand and CO2 emissions evolution in Europe toward 2030. *Transportation Research Part D: Transport and Environment* [en línea]. Julio 2016, Vol 46, pp. 166-181. [fecha de consulta: 20 de junio de 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.03.018> ISSN 1361-9209

LEE, Roland y LAVOIE, Jean-Michel. From first- to third-generation biofuels: Challenges of producing a commodity from a biomass of increasing complexity. *Animal frontiers* [en línea]. Abril 2013, Vol 3, N° 2, pp. 6-11. [fecha de consulta: 20 de abril de 2021]. Disponible en: <http://doi.org/10.2527/af.2013-0010> ISSN 2160-6056

Ley N.º 28613 del Consejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica. Diario oficial El Peruano, Lima, Perú, 05 de julio de 2018.

LÓPEZ, Pedro. 2004. Población muestra y muestreo. Punto cero [En línea]. Vol. 9, n° 8. 2004. [Fecha de consulta: 17 de abril 2021]. Cochabamba.

Disponible en:
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012. ISSN: 1815-0276

MANRIQUE, R., 2015. El metanálisis: consideraciones sobre su aplicación. *University CES*, 2015, 12 pp.

MARQUEZ, Ricardo. Produção de biodiesel pelas microalgas *Scenedesmus obliquus* e *Nannochloropsis sp.*: otimização dos processos de pré-tratamento e conversão. Tesis (Magíster Integrada en Ingeniería y Ambiental). Lisboa: Universidad de Lisboa, 2013. 87 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10451/10695>

MEDIBOYINA, N [et al]. Comparative life cycle assessment of autotrophic cultivation of *Scenedesmus dimorphus* in raceway pond coupled to biodiesel and biogas production. *Bioprocess Biosyst Eng* [en línea]. 2020, Vol. 43, pp. 233-247 [fecha de consulta: 13 de mayo de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02220-8>

MILLAN, Aarón, TORRES, Luis y FERNÁNDEZ, Luis. Simultaneous effect of nitrate (NO₃⁻) concentration, carbon dioxide (CO₂) supply and nitrogen limitation on biomass, lipids, carbohydrates and proteins accumulation in *Nannochloropsis oculata*. *Biofuel Research Journal* [en línea]. Marzo 2015, Vol. 5, pp. 215-221 [fecha de consulta: 17 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.18331/BRJ2015.2.1.8>

MONTEIRO, Cristina. Situación de los Biocombustibles de 2da y 3era Generación en América Latina y Caribe. OLADE – *Organización Latinoamericana de Energía*. Agosto 2010. pp. 104.

MONTES, Omar. Efecto de la intensidad de la luz y de la tasa de inyección de aire en el crecimiento y la productividad de la microalga *Nannochloropsis sp.*, cultivada en un biorreactor plano. Tesis (Magíster en Ciencias). Baja California: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, 2014. 70 pp. Disponible en <http://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/121>

MONTHIEU, Chloé. Estudio técnico económico de la extracción de los lípidos de las microalgas para la producción de biodiesel. Tesis (Título de ingeniero de organización industrial). Madrid: Universidad Pontificia Comillas, 2010. 153 pp.

OSCANOA, Alberto [et al]. Impacto del CO₂ sobre la densidad celular en seis cepas de microalgas marinas. *Revista Ion, investigación, Optimización y Nuevos procesos en ingeniería* [en línea]. Junio 2015, Vol. 28, N° 2, pp. 23-32 [fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.18273/revion.v28n2-2015002>

POURKARIMI, Sara [et al]. Bio-oil production by pyrolysis of *Azolla filiculoides* and *Ulva fasciata* macroalgae. *Global Journal of Environmental Science and Management* [en línea]. Enero 2021, Vol. 7, N° 3, pp. 331-346 [fecha de consulta: 18 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.22034/gjesm.2021.03.02>

Producción de biocombustible a partir de microalgas por Luis Fernández [et al]. *Revista Ra Ximhai* [en línea]. Setiembre 2012, 8. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2021]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46125177011> ISSN: 1665-0441

Producción de biodiesel a partir de microalgas *Spirulina maxima* por proceso de dos pasos: Optimización de la variable del proceso por M.A. Rahman [et al]. *Revista de Investigación en Radiación y Ciencias Aplicadas* [en línea]. Abril 2017, 10. [Fecha de consulta: 17 de abril de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.jrras.2017.02.004> ISSN: 1687-807

Producción de biodiesel a partir de microalgas y una cianobacteria cultivadas en diferentes calidades de agua por Sacristán [et al]. *Revista Agrociencia* [en línea]. Marzo 2014. Vol. 48, N° 3, pp. 271-284 [fecha de consulta: 17 de abril de 2021]. Disponible en <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v48n3/v48n3a3.pdf>

Producción de biodiesel por *Nannochloropsis sp.* bajo diferentes condiciones ambientales por Lilia Tadeo [et al]. *Revista Cubana de Química* [en línea].

Septiembre 2014, Vol. 26, N° 3. [Fecha de consulta:15 de abril 2021]. Disponible en <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=443543739009>

Producción sostenida y sostenible en el país: La demanda de biocombustible en el país fue de 513,297 toneladas en 2017, un aumento del 1,2% Frente al mismo período de 2016 [en línea]. Portafolio. 27 de agosto de 2018. [Fecha de consulta: 17 de junio 2021]. Disponible en <https://proquest.com/docview/2093215469?accountid=37408>

RODOLFI, Liliana [et al]. Microalgae for oil: Strain selection, inducción de síntesis de lípidos y Cultivo masivo al aire libre en un fotobiorreactor de bajo costo. *Biotechnol. Bioeng* [en línea]. 2009, Vol. 102. [fecha de consulta: 28 de abril del 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1002/bit.22033>

RODRIGUEZ, Andrea. Evaluación de métodos de extracción de aceite de microalgas para la producción de biodiesel. Tesis (Ingeniera en biotecnología de los recursos naturales). Cuenca: Universidad Politécnica Salesiana, 2017. 103 pp.

RODRIGUEZ, Eric [et al]. Algas marinas del litoral de la región La Libertad, Perú. *Scientia Agropecuaria* [en línea]. 2018, Vol. 9, N° 1. [fecha de consulta: 28 de junio del 2021]. Disponible en <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2018.01.08> ISSN 2077-9917.

SAN MIGUEL, Guillermo y GUTIERREZ, Fernando. Tecnologías para el uso y transformación de biomasa energetica. España: Mundi-Prensa, 2015. 456 pp. ISBN: 9788484766742

SCARLAT, Nicolae y DALLEMAND, Jean-Francois, Recent developments of biofuels/bioenergy sustainability certification: A global overview. *Energy policy* [en línea]. 2011, Vol. 39, N° 3, pp. 1630-1646 [fecha de consulta: 18 de mayo de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2010.12.039> ISSN 0301-4215

SEIJAS, Priscila. Biosecuestro de dióxido de Carbono, Procedente de gases de combustión, por *Arthrospira jenniferi* “Espirulina” y su influencia en la producción de biomasa microalgal en fotobiorreactor solar. Tesis (Doctorado

en ciencias ambientales). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, 2012. 95 pp. Disponible en <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/5105>

SHAH, Maulin, y RODRIGUEZ-COUTO, Susana. Tratamiento de aguas residuales microbianas [en línea]. Estados Unidos: Elsevier, 2019 [fecha de consulta: 1 de mayo de 2021]. Capítulo 8. Microorganismos oleaginosos para la producción simultánea de biodiesel y el tratamiento de aguas residuales: una revisión. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816809-7.00008-7> ISBN: 9780128168097

SHIN, et al. Multilateral approach on enhancing economic viability of lipid production from microalgae: A review. Republic of Korea: Bioresource Technology, 2018. 36pp.

VALCARCEL, Marcel. Petróleo, biocombustible y seguridad alimentaria. Perú: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2009. Disponible en: <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/47427> ISSN 1818-1996

YEN, Hong-Wei [et al]. CMicroalgae-based biorefinery – From biofuels to natural products. *Bioresource Technology* [en línea]. Mayo 2013, Vol. 135, pp. 166-174 [fecha de consulta: 23 de Junio de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2012.10.099> ISSN 0960-8524

ZHANG, C. [et al]. Comparison and characterization of property variation of microalgal biomass with non-oxidative and oxidative torrefaction. *Fuel* [en línea]. Junio 2019, Vol. 246, pp. 375-385 [fecha de consulta: 23 de Junio de 2021]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.02.139>. ISSN 0016-2361

ANEXOS

ANEXO 1. Matriz Operacionalización de variables

| Revisión sistemática en producción de biocombustible a partir de la biomasa de algas | | | | | | |
|--|------------------------------|---|---|-----------------------------------|--|---------|
| Variable | Definición Conceptual | Definición Operacional | Dimensiones | Indicadores | Escala / unidad | |
| Independiente | Biomasa de algas | Las algas son organismos pluricelulares clasificados como procariotas y eucariotas, dividiéndose en función de su taxonomía, contabilizándose más de 50000 especies (Rashid et al., 2014). La biomasa de algas es producto de la luz, CO ₂ , nutrientes y agua, siendo variables por las condiciones a las cuales se someta, con capacidad de adaptarse a las condiciones de los investigadores (Sánchez, 2019). | En relación con la biomasa de algas fue medido en base a las propiedades químicas y las condiciones operacionales a las que fueron sometidas. | Propiedades químicas | Lípidos | % |
| | | | | | Proteínas | % |
| | | | | Condiciones operacionales | Tipo de sistema | Nominal |
| | | | | | Tiempo de producción | Días |
| | | | | | Fijación de CO ₂ | % v/v |
| Producción de biomasa | g/l-día | | | | | |
| Dependiente | Producción de biocombustible | Los biocombustibles son fuentes de energía productos de la destrucción celular para así liberar lípidos, fomentando la factibilidad hacia el producto final (Zulueta, 2007). Este tipo de combustibles admiten que la sociedad logre una fuente autosustentable, no agresiva con el medio y alimenta plenamente de energía a sus mismas actividades (Al Costa, 2013) | En relación con la producción de biocombustible se medirá en torno a las características de biocombustible del producto y la cantidad energética que emana. | Características de biocombustible | Ácidos grasos totales | % m/m |
| | | | | | Relación en producción de biocombustible | % v/v |
| | | | | Cantidad energética | Poder calorífico | MJ/kg |

ANEXO 2. Validación de instrumentos

| | | | | | |
|--|--------------|---|----------------------------------|----------------------|-------------|
|  UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO | | Ficha 1. Características de los estudios incluidos en la revisión | | | |
| Título | | Revisión sistemática en producción de biocombustible a partir de biomasa de algas | | | |
| Línea de investigación | | Calidad y gestión de los recursos naturales | | | |
| Autor | | Rivera Pagán, Luis Antonio | | | |
| Asesor | | Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales | | | |
| N° | Autor | Alga | Condiciones operacionales | Breve resumen | País |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |

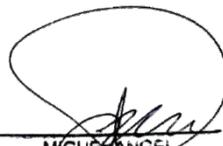

Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP. 71998


MIGUEL ÁNGEL
PÉREZ ACUÑA
INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 118918


Mg. Sc. Ana C. Paucar Retuerto
CBP N° 5540

|  | | Ficha 2. Propiedades químicas de la biomasa algal | | |
|---|------|---|-----------|-----------|
| Título | | Revisión sistemática en producción de biocombustible a partir de biomasa de algas | | |
| Línea de investigación | | Calidad y gestión de los recursos naturales | | |
| Autor | | Rivera Pagán, Luis Antonio | | |
| Asesor | | Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales | | |
| N° | Alga | Características químicas | | Autor(es) |
| | | Lípidos | Proteínas | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998


 MIGUÉL ANGEL
 PÉREZ ACUIRRE
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 118918


 Mg. So. Ana C. Paucar Retuerto
 CBP N° 5540

|  | | Ficha 3. Condiciones operacionales de la biomasa de algas | | | |
|---|------|---|-----------------------------|-------------------------|-----------|
| Título | | Revisión sistemática en producción de biocombustible a partir de biomasa de algas | | | |
| Línea de investigación | | Calidad y gestión de los recursos naturales | | | |
| Autor | | Rivera Pagán, Luis Antonio | | | |
| Asesor | | Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales | | | |
| N° | Alga | Condiciones operacionales | | | Autor(es) |
| | | Tipo de sistema | Tiempo de producción (días) | Fijación de CO2 (% v/v) | |
| 1 | | | | | |
| 2 | | | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | | | | | |
| 5 | | | | | |
| 6 | | | | | |


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998


 MIGUÉL ANGEL
 PÉREZ ACUIRRE
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 118918


 Mg. So. Ana C. Paucar Retuerto
 CBP N° 5540

|  | | Ficha 4. Características del biocombustible producto de la biomasa algal | | |
|---|------|---|---|-----------|
| Título | | Revisión sistemática en producción de biocombustible a partir de biomasa de algas | | |
| Línea de investigación | | Calidad y gestión de los recursos naturales | | |
| Autor | | Rivera Pagán, Luis Antonio | | |
| Asesor | | Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales | | |
| N° | Alga | Características del biocombustible | | Autor(es) |
| | | Ácidos grasos totales (% m/m) | Relación en producción de biomasa (% v/v) | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP. 71998


MIGUEL ÁNGEL PÉREZ ACUIRRE
INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 118918


Mg. So. Ana C. Paucar Retuerto
 CBP N° 5540

|  | | Ficha 5. Cantidad energética del biocombustible | | |
|---|------|---|--|-----------|
| Título | | Revisión sistemática en producción de biocombustible a partir de biomasa de algas | | |
| Línea de investigación | | Calidad y gestión de los recursos naturales | | |
| Autor | | Rivera Pagán, Luis Antonio | | |
| Asesor | | Dr. Benites Alfaro, Elmer Gonzales | | |
| N° | Alga | Cantidad energética | | Autor(es) |
| | | Poder calorífico (MJ/kg) | | |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| 6 | | | | |


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
CIP. 71998


MIGUEL ÁNGEL PÉREZ ACUIRRE
INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 118918


Mg. So. Ana C. Paucar Retuerto
 CBP N° 5540

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Benites Alfaro Elmer**
 1.2. Cargo e institución donde labora: **DTC UCV**
 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente investigador**
 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los estudios incluidos en la revisión**
 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 85% |
|-----|

Lima, 14 de junio del 2021


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Benites Alfaro Elmer**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DTC UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente investigador:**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Propiedades químicas de la biomasa algal**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 85% |
|-----|

Lima, 14 de junio del 2021


Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Benites Alfaro Elmer**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DTC UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente investigador**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de la biomasa de algas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 85% |
|-----|

Lima, 14 de junio del 2021


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Benites Alfaro Elmer**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DTC UCY**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente investigador**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características del biocombustible producto de la biomasa algal**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 85% |
|-----|

Lima, 14 de junio del 2021


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71968

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Benites Alfaro Elmer**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **DTC UCV**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Docente investigador**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cantidad energética del biocombustible**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|---|
| X |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|-----|
| 85% |
|-----|

Lima, 14 de junio del 2021


 Dr. Elmer G. Benites Alfaro
 CIP. 71998

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **PÉREZ AGUIRRE, MIGUEL ÁNGEL**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Gerente General de MAPA INGENIERO SAC**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en ingeniería ambiental y sanitaria**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los estudios incluidos en la revisión**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 95 % |
|------|

Lima, 23 de julio del 2021


**MIGUEL ÁNGEL
 PÉREZ AGUIRRE**
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 118018

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **PÉREZ AGUIRRE, MIGUEL ÁNGEL**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Gerente General de MAPA INGENIERO SAC**
- 4.1. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en Ingeniería ambiental y sanitaria**
- 1.3. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Propiedades químicas de la biomasa algal**
- 1.4. Autor(a) de instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 95 % |
|------|

Lima, 23 de julio del 2021


**MIGUEL ÁNGEL
 PÉREZ AGUIRRE**
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 118818

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **PÉREZ AGUIRRE, MIGUEL ÁNGEL**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Gerente General de MAPA INGENIERO SAC**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en ingeniería ambiental y sanitaria**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de la biomasa de algas**
- 1.5. Autor(a) de instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

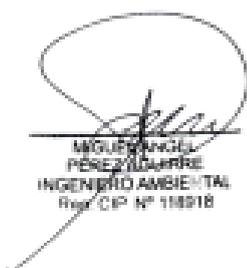
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

SI

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

95 %

Lima, 23 de julio del 2021


**MIGUEL ÁNGEL
 PÉREZ AGUIRRE**
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 118918

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

V. DATOS GENERALES

- 5.1. Apellidos y Nombres: **PÉREZ AGUIRRE, MIGUEL ÁNGEL**
 5.2. Cargo e institución donde labora: **Gerente General de MAPA INGENIERO SAC**
 5.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en ingeniería ambiental y sanitaria**
 5.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características del biocombustible producto de la biomasa algal**
 5.5. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

VI. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

VII. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

VIII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 95 % |
|------|

Lima, 23 de julio del 2021


**MIGUEL ÁNGEL
 PÉREZ AGUIRRE**
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. C.P. N° 118918

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

IX. DATOS GENERALES

- 9.1. Apellidos y Nombres: **PÉREZ AGUIRRE, MIGUEL ÁNGEL**
 9.2. Cargo e institución donde labora: **Gerente General de MAPA INGENIERO SAC**
 9.3. Especialidad o línea de investigación: **Especialista en ingeniería ambiental y sanitaria**
 9.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cantidad energética del biocombustible**
 9.5. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

X. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

XI. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

XII. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 95 % |
|------|

Lima, 23 de julio del 2021


**MIGUEL ÁNGEL
 PÉREZ AGUIRRE**
 INGENIERO AMBIENTAL
 Reg. CIP N° 118916

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Sc. Ana Carolina Paucar Retuerto**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Evaluadora de Riesgo de Desastres/Municipalidad Distrital de San Martín de Porres**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ciencias Ambientales y Gestión del Riesgo de Desastres.**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características de los estudios incluidos en la revisión**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 100% |
|------|



Mg. Sc. Ana Carolina Paucar Retuerto.
CBP N° 5540

Lima, 14 de julio del 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Sc. Ana Carolina Paucar Retuerto**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Evaluadora de Riesgo de Desastres/Municipalidad Distrital de San Martín de Porres**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ciencias Ambientales y Gestión del Riesgo de Desastres.**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Propiedades químicas de la biomasa algal**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 100% |
|------|



Lima, 14 de julio del 2021

Mg. Sc. Ana Carolina Paucar Retuerto.
CBP N° 5540

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Sc. Ana Carolina Paucar Retuerto**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Evaluadora de Riesgo de Desastres/Municipalidad Distrital de San Martín de Porres**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ciencias Ambientales y Gestión del Riesgo de Desastres.**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Condiciones operacionales de la biomasa de algas**
- 1.5. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 100% |
|------|



Mg. Sc. Ana Carolina Paucar Retuerto.
CBP N° 5540

Lima, 14 de julio del 2021

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.1. Apellidos y Nombres: **Mg. Sc. Ana Carolina Paucar Retuerto**
- 1.2. Cargo e institución donde labora: **Evaluadora de Riesgo de Desastres/Municipalidad Distrital de San Martín de Porres**
- 1.3. Especialidad o línea de investigación: **Ciencias Ambientales y Gestión del Riesgo de Desastres.**
- 1.4. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Características del biocombustible producto de la biomasa algal**
- 1.5. Autor(a) de instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 100% |
|------|

Lima, 14 de julio del 2021



Mg. Sc. Ana Carolina Paucar Retuerto.
CBP N° 5540

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- 1.6. Apellidos y Nombres: **Mg. Sc. Ana Carolina Paucar Retuerto**
 1.7. Cargo e institución donde labora: **Evaluadora de Riesgo de Desastres/Municipalidad Distrital de San Martín de Porres**
 1.8. Especialidad o línea de investigación: **Ciencias Ambientales y Gestión del Riesgo de Desastres.**
 1.9. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Cantidad energética del biocombustible**
 1.10. Autor(a) de Instrumento: **Rivera Pagán, Luis Antonio**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

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

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

| |
|----|
| SI |
| |

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

| |
|------|
| 100% |
|------|



Mg. Sc. Ana Carolina Paucar Retuerto.
CBP N° 5540

Lima, 14 de julio del 2021