



Universidad **César Vallejo**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Aprovechamiento de Microalgas, como materia prima  
para la producción de materiales plásticos  
biodegradables. Revisión Sistemática, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

**AUTORA:**

Lopez Peña, Tathiana Nathaly (orcid.org/0000-0002-0987-9854)

**ASESORA:**

Mg. Cabello Torres, Rita Jaqueline (orcid.org/ 0000-0002-9965-9678)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Calidad y gestión de los recursos naturales

LIMA – PERÚ

2022

## **DEDICATORIA**

Con mucho amor a mi querida Familia, que son la bendición más grande que Dios me dio en la vida, son mi fortaleza, cada uno de mis pasos para salir adelante no son solo míos, son ustedes y el infinito amor que nuestro creador nos tiene.

Los amo con mi vida entera, Nico, Rosy, Sandro y Sandra.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios,

Por poner siempre retos en mi vida solo para demostrarme a mí misma de lo que soy capaz de lograr con esfuerzo.

Por poner a Ing. Rita Cabello, en esta etapa tan anhelada de mi vida, obtener la titulación, que con sus palabras de aliento me mantuvieron firme en lograr la meta, se ha convertido no solo en un excelente ejemplo de profesional, sino también en admiradora de la calidad de ser humano de su persona.

## Índice de Contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de abreviaturas	v
Índice de tablas	vi
Índice de figuras	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	18
3.1 Tipo y diseño de investigación	18
3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización.	18
3.3 Escenario de estudio	211
3.4 Participantes	211
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	211
3.6 Procedimientos	211
3.7 Rigor científico	255
3.8 Método de análisis de datos	255
3.9 Aspectos éticos	255
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	266
V. CONCLUSIONES	38
VI. RECOMENDACIONES	39
REFERENCIAS	40
ANEXOS	45

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

BPA	El bisfenol A
OMG	Organismo genéticamente modificado
MHETasa Mono(2-hidroxietyl) Hidrolasa de ácido tereftálico	
PBAT	Tereftalato de adipato de polibutileno
PETG	Polietylen tereftalato glicol
PHA	Polihidroxiálcanoato
PHB	polihidroxi butirato
PLA	Ácido poliláctico
PD	Poliestireno
PTT	Tereftalato de politrimetileno
AGPI	Ácidos grasos poliinsaturados
PVA	Alcohol de polivinilo
TPA	Ácido tereftálico

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Especies de microalgas en Perú	5
Tabla 2 Características de Microalga	8
Tabla 3 Tipos de algas	18
Tabla 4 Matriz de categorización	23
Tabla 5 Resumen de criterio de búsquedas	25
Tabla 6 Especies de microalgas General	28
Tabla 7 Diseño de mezcla para bioplásticos	32
Tabla 8 Características de bioplásticos	36

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Especies encontradas en el Río Itaya, Loreto, Perú	6
Figura 2 Características de microalgas.	7
Figura 3 Bioplásticos	12
Figura 4 Proceso de fermentación de plantas en fábricas	13
Figura 5 PVA de Alcohol de alta pureza	14
Figura 6 Material de bioplásticos	15
Figura 7 Composición estructural de bioplásticos	17

## RESUMEN

Uno de los factores predominantes y causales del problema de la contaminación ambiental en el mundo es el uso excesivo de plásticos derivados de petróleo, a consecuencia de procesos industriales y actividades antropogénicas, ante esta problemática en los últimos años se ha buscado utilizar nuevas tecnologías para obtener mecanismos de producción y generación de plásticos que sean no sólo sostenibles sino también eco amigables con la naturaleza, y de estas investigaciones se obtuvieron los hallazgos del alto potencial encontrado en las microalgas para descomponer los residuos y para constituir con su estructura celular a la generación de nuevos plásticos. El tipo y diseño de la investigación es descriptivo y cualitativo, y tuvo como base la recopilación de información de 49 investigaciones científicas publicadas los últimos 5 años, teniendo en cuenta las categorías como 1. Especies de microalgas; 2. Diseño de mezcla para bioplástico; 3. Características de los Bioplásticos.

**Palabras Clave:** antropogénicas, sostenibles, ecoamigables, biodegradables, bioplástico.



## **ABSTRACT**

One of the predominant and causal factors of the problem of environmental pollution in the world is the excessive use of plastics derived from oil, as a consequence of industrial processes and anthropogenic activities, in the face of this problem in recent years it has been sought to use new technologies to obtain mechanisms of production and generation of plastics that are not only sustainable but also ecofriendly with nature, and from these investigations the findings of the high potential found in microalgae to decompose waste and to constitute with their cellular structure the generation of new ones were obtained. plastics. The type and design of the investigation is descriptive and qualitative, and was based on the compilation of information from 49 scientific investigations published in the last 5 years, taking into account categories such as 1. Species of microalgae; 2. Mix design for bioplastic; 3. Characteristics of Bioplastics.

**Keywords:** anthropogenic, sustainable, eco-friendly, biodegradable, bioplastic.

## I. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la contaminación ambiental es una problemática con el uso excesivo en la descomposición en los ecosistemas, lo que ha causado daños significativos al medio ambiente a lo largo de los años y está aumentando. Es por esto que, ante este problema, es necesario utilizar nueva tecnología y nuevos mecanismos de creación de plásticos Astudillo et al. (2021).

Así mismo, observamos que la tasa de reciclaje del plástico es relativamente baja en comparación con el plástico generado, mientras que la mayoría de ellos van al vertedero. Sin embargo, la descomposición del plástico es la más difícil entre todos los productos en general, como frutas, papel, cuero y aluminio. La "contaminación blanca" causada por desechos plásticos gigantes también se ha producido en el medio ambiente acuático, causando graves impactos en la vida marina, como los animales marinos y los arrecifes de coral Ying et al. (2020).

El plástico se puede reducir a sus constituyentes básicos de manera rápida con la ayuda de agentes biológicos, por tal motivo encontramos que recientemente se descubrió que varias especies de microalgas promueven la biodegradación de los polímeros y que la energía requerida para la degradación se reduce, ya que las enzimas se sintetizan utilizando toxinas simples o múltiples implican una reducción de la energía de activación para debilitar los enlaces químicos en el polímero Khoo et al. (2020).

Las microalgas son microorganismos unicelulares capaces de realizar la fotosíntesis. Es decir, pueden generar biomasa orgánica a partir de CO<sub>2</sub> y luz, utilizando agua como donante de electrones. Las microalgas son eucariotas, pero desde la perspectiva de la ingeniería de procesos es importante que crezcan utilizando la luz como energía y el CO<sub>2</sub> como fuente de carbono Straka et al. (2019). En los últimos años, las microalgas se han convertido en el objetivo de la investigación para encontrar sustancias útiles como compuestos bioactivos, pigmentos, compuestos combustibles y otros productos químicos. De esta forma cuando se producen microalgas se debe considerar aquellas fotoautótrofas que son aquellas que asimilan la energía solar y carbono a partir de compuestos

inorgánicos, también a las microalgas fotoheterótrofas ya que estas consiguen dicha energía solar y fuente carbonosa aprovechando los compuestos orgánicos (Sayeda et al. (2019). En tal sentido las especies de algas son clasificadas como macro y micro algas, estas superan al millón de especímenes registrados en el mundo, las microalgas están ganando popularidad debido a su posible contribución a la bioeconomía, por lo tanto, también se suele aislar especies que se encuentran como hábitats en aguas contaminadas una vez separadas se pueden usar o aplicar en tratamientos de aguas residuales ya que al haber vivido en medios contaminados presentar niveles de tolerancia a los contaminantes presentes en las aguas Cinar et al. (2020) Los géneros de microalgas más usados son Chlorella, Ankistrodesmus, Scenedesmus, Euglena, Chlamydomonas, Oscillatoria, Micractinium, Golenkinia, Phormidium, Botryococcus, Spirulina, Nitzschia, Navicula y Stigeoclonium Troschl et al (2018).

Por otro lado, el diseño de microalgas se analiza según el contenido de Polihidroxi butirato ó ácido polihidroxi butírico (PHB) de la biomasa de algas mejorando el reciclaje de plástico, reduciendo la cantidad de aceite y así poder utilizarlo en la producción de plástico Uggetti et al. (2018)

A su vez el objetivo principal es la producción de componentes biológicos para la producción de biomateriales.

Finalmente, verificamos las características de bioplásticos, los cuales han provocado un aumento de plásticos utilizados como envases para instrumentos médicos y bolsas de basura. Una de las soluciones para reducir los residuos de envases de dispositivos médicos es utilizar plástico biodegradable Kaparapu et al. (2018).

En tal sentido la meta del estudio es examinar el estado actual y el progreso de la preparación de la investigación básica sobre los plásticos y la contaminación marina. Luego se examina el potencial de las microalgas como fuente de los bioplásticos, incluida su mezcla de microalgas con otros materiales y la ingeniería

genética para cepas de microalgas productoras de biopolímeros McCauley et al. (2021).

La tesis tiene una justificación significativa debido a la búsqueda de tecnologías que permitan generar mayor aprovechamiento de microalgas, para que sirva como materia prima para la producción de diferentes materiales plásticos que sean biodegradables y logre disminuir el daño significativo. En base a ello, se planteó como problema general ¿Cuál es el aprovechamiento de Microalgas como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables Revisión Sistemática, 2022?, así mismo tiene como problemas específicos.

**PE1:** ¿Cuáles son las especies de microalgas?

**PE2:** ¿Cuál es el diseño de mezcla para bioplásticos?

**PE3:** ¿Cuáles son las características de bioplásticos?

El presente estudio realiza el objetivo general: Analizar el aprovechamiento de Microalgas como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables Revisión Sistemática, 2022.

OE1: Analizar las especies de microalgas,

OE2: Analizar el diseño de mezcla para bioplásticos,

OE3: Analizar las características de bioplásticos.

## II. MARCO TEÓRICO

Especies de microalgas. Observaremos un cuadro elaborado con las especies encontradas en el Río Itaya, Loreto, Perú.

Tabla 1. Especies encontradas en el Río Itaya, Loreto, Perú.

<b>Divisiones</b>	<b>Familias</b>	<b>Especies</b>
<i>Bacillariophyta</i>	<i>Fragilariaceae</i>	<i>Fragilaria sp.</i>
	<i>Amphipleuraceae</i>	<i>Frustila romboide</i>
		<i>Frustila vulgaris</i>
	<i>Naviculaceae</i>	<i>Navicula radiosa</i>
		<i>Navicula sp</i>
<i>Pinnulariaceae</i>	<i>Pinnularia sp</i>	
<i>Chlorophyta</i>	<i>Chlorellaceae</i>	<i>Ankistrodesmus acicularis</i>
		<i>Ankistrodesmus falcatus</i>
		<i>Ankistrodesmus nannoselene</i>
		<i>Ankistrodesmus sp</i>
		<i>Chlorella sp</i>
	<i>Chlorococcaceae</i>	<i>Tetraedron sp</i>
	<i>Closteriaceae</i>	<i>Closterium sp</i>
	<i>Desmidiaceae</i>	<i>Casmarium sp</i>
		<i>Penium sp</i>
	<i>Oocystaceae</i>	<i>Closteriopsis acicularis</i>
		<i>Scenedesmus acuminatus</i>
		<i>Scenedesmus linearis</i>
		<i>Scenedesmus sp</i>
	<i>Volcocaceae</i>	<i>Gonium pectorale</i>
<i>Crysophyceae</i>	<i>Synuraceae</i>	<i>Mallomonas sp</i>

<i>Cynophyta</i>	<i>Oscillatoriaceae</i>	<i>Oscillatoria sp</i>
<i>Euglenophyn</i>	<i>Euglenaceae</i>	<i>Euglena sp</i>

Fuente: Ruiz et al. (2018)

Observamos que en el Río Itaya se registraron especies de microalgas que pertenecen a 15 familias y 6 divisiones. Los grupos taxonómicos más representativos reportados para este estudio son: Bacillariophyta, Chlorophyta y cianobacterias, se observa que la división Chlorophyta fue la más representativa en cuanto a número de organismos, géneros y especies.

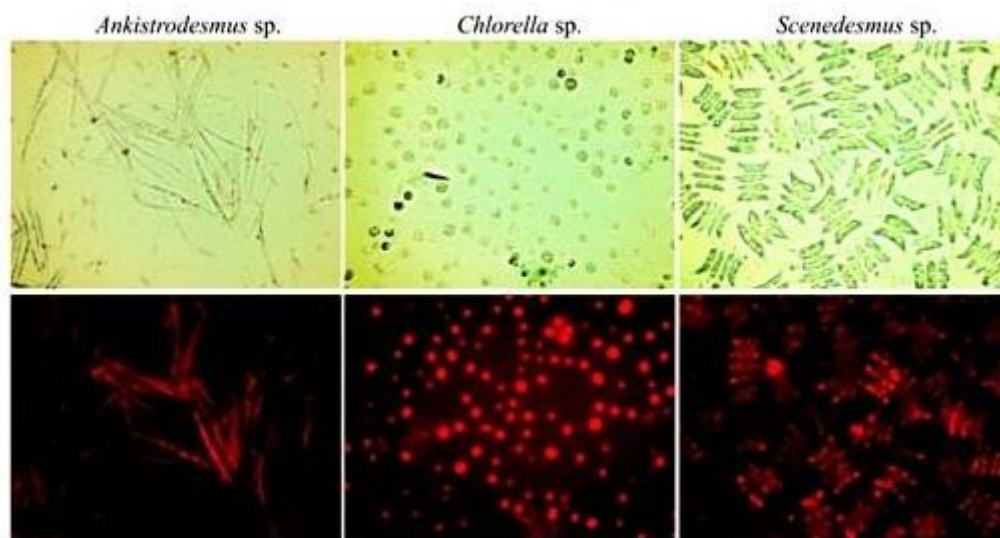


Figura 1. Microfotografías con luz visible de las 3 especies de microalgas. Fuente: Gómez et al. (2018).

Microalgas. Las microalgas pueden ser unicelulares, filamentosas, formando colonias cenobianas, y también tener formas macroscópicas.

Como todas las células vegetales eucariotas, las microalgas contienen información genética en el núcleo, uno o más cloroplastos y la pared celular. La clorofila y otros pigmentos como los carotenoides se encuentran dentro de los cloroplastos García

et al. (2018), a su vez las microalgas se utilizan para diversos fines, tales como: producción de proteínas o forraje, productos fertilizantes y metano. Esto sucede porque las microalgas tienen muchas ventajas y potencialidades, como el rápido crecimiento logrando escalar a grandes volúmenes IMARPE et al. (2018)

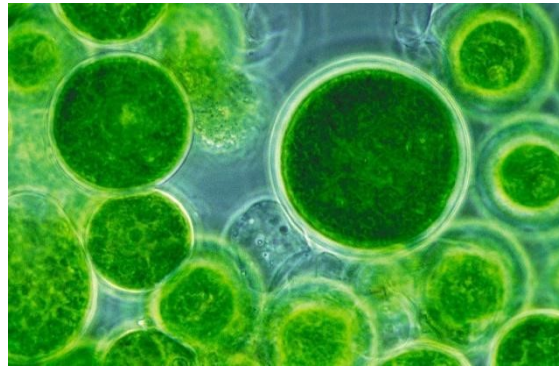
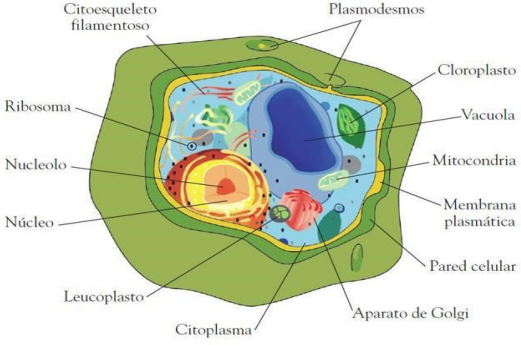
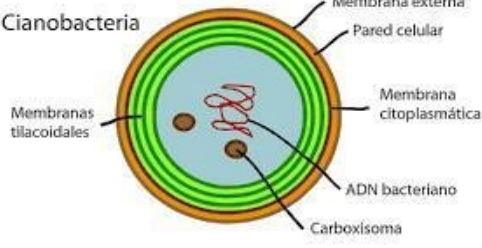



Figura 2. Microalga cultivada en agua residuales. Fuente: Agriculturers et al. (2020).

En tal sentido observamos la contaminación plástica marina en sus ecosistemas marinos a su vez ayuda a la reducción de desechos y beneficios culturales, por ejemplo, oportunidades recreativas y edificantes Liquete et al. (2018)

Las amenazas humanas, como la eliminación directa o indirecta de desechos plásticos de los ecosistemas marinos, han tenido un impacto negativo Galloway et al. (2018). La tabla 2 muestra las características de las microalgas.

**Tabla 2.** Características de microalgas

Tipo	Descripción	Imagen	Referencia
Pared celular	La capa externa de las algas generalmente forma una estructura continua llamada pared celular		IMARPE et al. (2020)
Protoplasto	La parte interna de la célula se llama protoplasma		MINAM et al. (2020)
Pigmentos	Los pigmentos de las algas se		MINEM et al. (2020)
	derivan de tres grupos principales de moléculas: clorofilas: clorofila, carotenoides y ficobilinas.		

Fuente: Elaboración propia



Podemos encontrar la pared Celular, el protoplasto y la pigmentación IMARPE et al. (2020).

Según la especie de microalga; en euglenoides, se llama la película, en diatomeas, periplasto en Cryptomonas y resintida en diatomeas.

El término contaminación plástica marina se ha definido debido a la gran y creciente exposición a los desechos plásticos en los ecosistemas marinos Geyer et al. (2018). La cantidad permanente de desechos plásticos que ingresan a los océanos del mundo desde fuentes terrestres aumentará significativamente en la década a Jamberck et al. (2018). Debido a la propagación de basura plástica es esencialmente irreversible para la eliminación completa de los ecosistemas marinos, ya que la contaminación siempre superará en esta condición crítica, convirtiendo al océano en el último lugar de muerte de plásticos mal administrados. Los impactos ecológicos que ocurren globalmente son la ingestión y el enredo de decenas de miles de peces, tortugas, aves y especies individuales de mamíferos Rochman et al. (2018). Además, los desechos marinos también han destruido hábitats y organismos, incluidas las costas, los arrecifes de coral, las bahías poco profundas, los estuarios, los océanos abiertos y los mares profundos Galgani et al. (2018).

Estas especies marinas continúan haciendo una contribución significativa a la sociedad, y si esta crisis no se remedia, las generaciones futuras tal vez nunca tengan la oportunidad de observar directamente la existencia de estos animales marinos.

Las especies marinas ingieren regularmente resinas marinas y pueden afectar las redes alimentarias de las poblaciones de peces y mariscos Cole et al. (2018). Finalmente, estas especies marinas contaminadas pueden ser consumidas por sociedades en forma de mariscos, lo que indirectamente afecta el riesgo para la salud humana. El consumo de contaminantes orgánicos persistentes tóxicos en la

composición de polímeros plantea riesgos adicionales para el público Tahir et al. (2018). La industria pesquera es frágil porque la productividad, viabilidad, rentabilidad y seguridad del se ven afectadas por los desechos plásticos en los ecosistemas marinos, para lo cual es necesaria e imprescindible la identificación de las algas más adecuadas para producir polímeros para bioplásticos con diferentes propiedades. La composición de la biomasa de algas varía entre las especies Hunt et al. (2018). Extrajeron almidón y Polihidroxicanoatos (PHA) para producir películas plásticas usando ultrasonificación y agua de *Scenedesmus almeriensis*, *Neochloris oleoabundans* y entre estos organismos, el alga rica en Polihidroxicanoatos (PHA), *scytonemicola*, dio resultados prometedores Chia et al. (2018).

Diseño de bioplásticos. La selección de polímeros adecuados extraídos de algas también es un desafío para producir bioplásticos duraderos con buena resiliencia y resistencia en comparación con las resinas convencionales. Se deben considerar ciertos factores al seleccionar el polímero apropiado, como la biodegradabilidad, la capacidad de renovación de las materias primas, la tasa de descomposición, la fragilidad, la aceptabilidad del consumidor utilizado, el tamaño del polímero, el peso molecular y el contenido de humedad Vernia et al. (2018). Por lo tanto, en la producción de bioplásticos es esencial considerar los impactos ambientales de la degradación de bioplásticos.

Por otro lado, el potencial de las algas como fuente de bioplásticos se definen como plásticos que se fabrican total o parcialmente a partir de biomasa o fuentes renovables, como cultivos alimentarios, y tienen la misma función que los plásticos derivados del petróleo Mussone et al. (2018). Los bioplásticos pueden estar hechos de diferentes materiales que tienen diferentes propiedades.

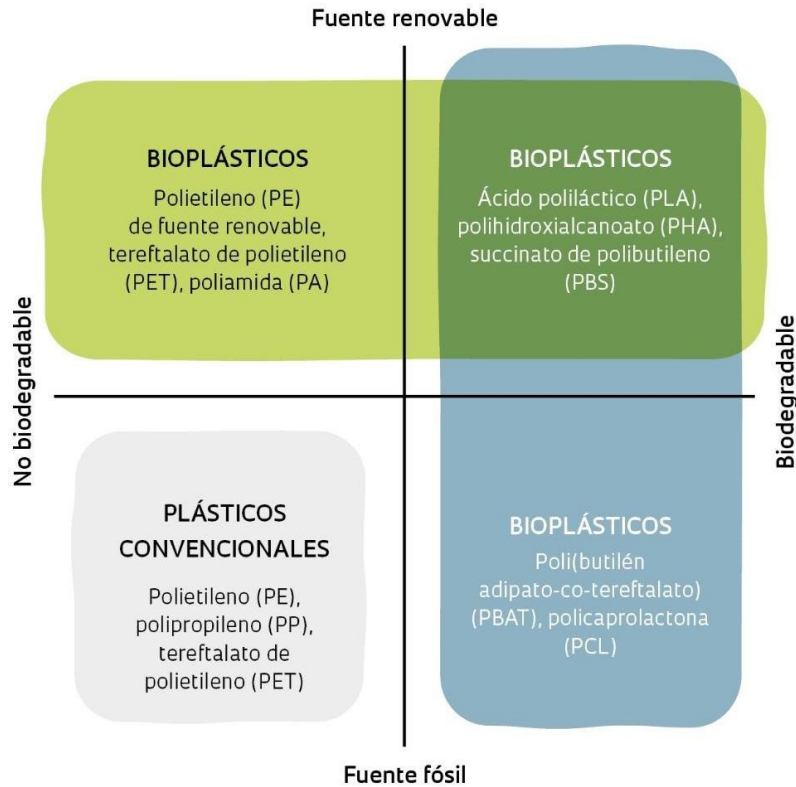


Figura 3. Bioplásticos. Fuente: Mussone et al. (2018).

Así mismo, encontramos las especies de algas predominantes en los sistemas abiertos las variables ambientales, parámetros biológicos y las condiciones operativas son las que definen los resultados de producción. Respecto a los sistemas cerrados, es distinto, en este caso se puede realizar cultivos de manera específica y única aislados desde un medio acuático. Además, también se pueden desear componentes celulares valiosos (p. ej., grasas para la producción de biodiésel Khan et al. (2019)

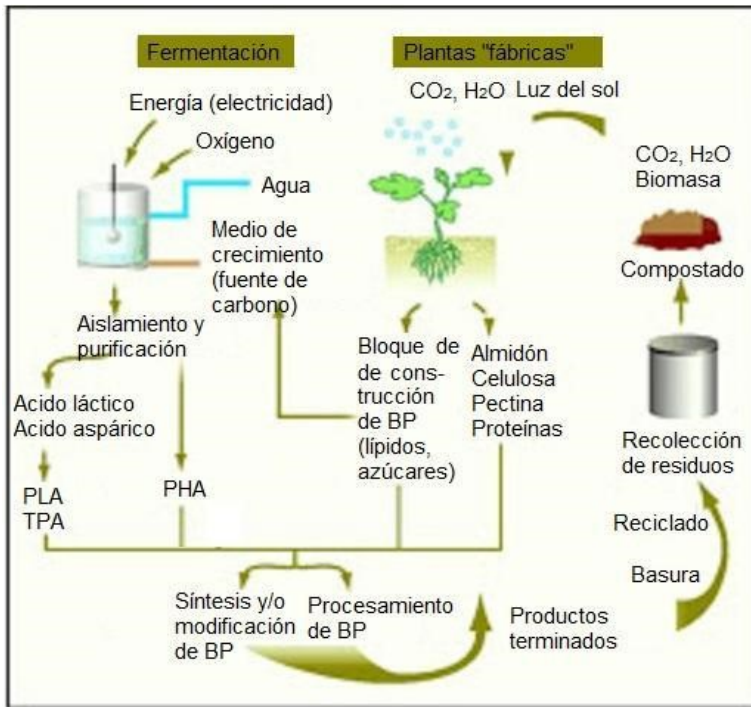


Figura 4. Proceso de fermentación de plantas en fábricas. Fuente: Borgmeyer et al. (2021).

Diseño de mezcla para bioplástico. Se componen por un PVA el cual es encolado por urdimbre, como espesante y estabilizador de emulsión en formulaciones de adhesivos de PVAc, en una variedad de recubrimientos e impresión 3D. Por lo general, se suministra en forma de gránulos o como una solución en agua, sin la necesidad de agregar un reticulante externo, las soluciones de PVA se pueden espumar mediante congelación y descongelación repetidas, lo que da como resultado hidrogeles ultra puros y biocompatibles de alta resistencia IMARPE et al. (2018)



Figura 5. PVA de Alcohol de alta pureza. Fuente: IMARPE et al. (2018)

Es por ello que los plásticos se preparan utilizando PVA de PT, tiene un peso molecular de 37.000 g/mol. La espirulina en polvo platensis es producida por Polaris, con un contenido proteico del 60% Borgmeyer et al. (2021), por lo que la preparación de bioplástico inicia con la mezcla en una cantidad seleccionada de anhídrido maleico, 2,5 gramos de alcohol polivinílico y 15 ml de sulfóxido de dimetilo con agitación durante 120 min a 100 °C, dando una suspensión viscosa. Se añade peroxodisulfato de potasio en una cantidad de 0,0125 g y se mezcla en condiciones de agitación durante 60 min, a una temperatura de -120 ° C. La masa de anhídrido maleico varió al 0 % en peso (0 g), 2 % en peso en masa (0,05 gramos), % masa (0,10 gramos), y 6% masa (0,15 gramos) Dianursanti et al. (2019); para luego continuar con la preparación del relleno. añade 1,0 ml de glicerol en 15 ml de agua destilada y agitar durante 10 min, a 60 °C. A todo ello se debe realizar la preparación de película para bioplástico, la cual es una mezcla realizada mediante agitación durante 20 min, a 120°C. La mezcla se almacenó durante 1 día. El molde para hacer bioplásticos está hecho de vidrio, tamaño es de 20 x 15cm. Se aplica aceite mineral a la superficie del molde para facilitar la eliminación de la película bioplástica Bussa et al. (2019), por lo cual mostraremos algunas figuras del proceso de preparación de microalgas.

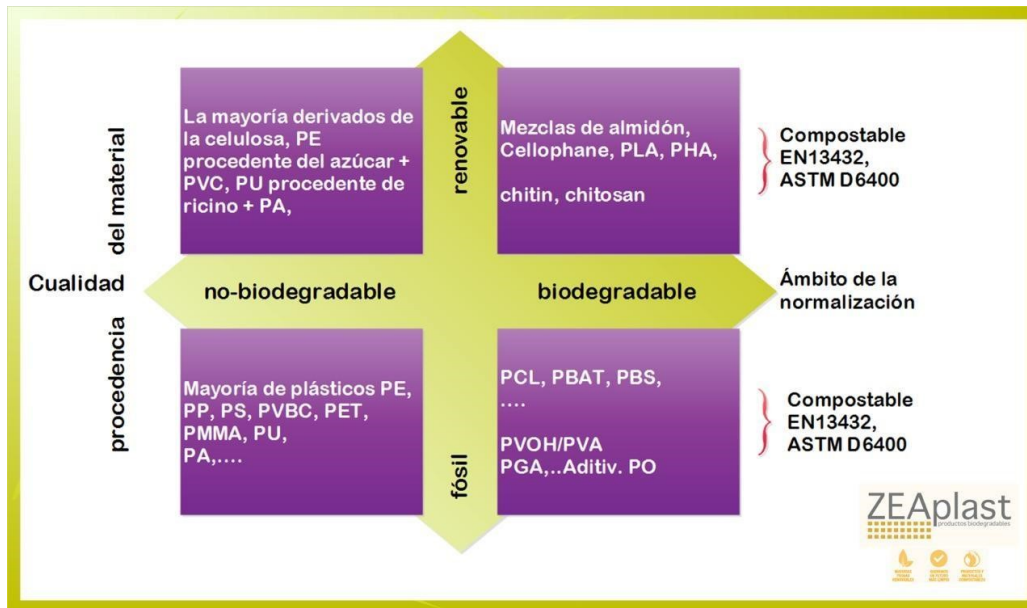


Figura 6. Material de bioplásticos. Fuente: Dianursanti et al. (2019)

La elongación es la relación de la longitud máxima de la probeta antes de romperse a su longitud original. Estas propiedades generalmente se representan en diagramas de tensión-deformación. Las propiedades mecánicas de los bioplásticos producidos se comparan con las propiedades mecánicas de las bolsas de plástico tradicionales Röder et al. (2019) y son la Chlorella que está compuesta de aditivos y polímeros, se cree que la mezcla es necesaria para aplicaciones comerciales. Las pruebas realizadas para medir la calidad del producto mostraron que se podía obtener un bioplástico de mejor calidad usando Chlorella vulgaris que Spirulina. Sin embargo, Spirulina tenía mejores propiedades de mezcla que C. vulgaris según las características fisicoquímicas de los ingredientes Jaramillo et al. (2018), así como el almidón es un importante agente formador de biopelículas utilizado en las industrias alimentaria, química y de bioplásticos. Debido a su alta temperatura de gelatinización (110°C), es muy atractivo para bioplásticos a base de almidón Zeller et al. (2018) y la Spirulina que durante muchos años en la industria alimentaria como fuente de proteínas y es conocido por su capacidad de adaptarse a entornos extremos. Spirulina platensis mayor cantidad de proteínas Kato et al. (2019)

La Chlorella y la Spirulina tiene un tamaño de celda pequeño, lo que hace que ambos tipos sean atractivos para la producción de mezclas de bioplásticos. A pesar de sus similitudes, la chlorella y la espirulina mostraron comportamientos y propiedades bioplásticas diferentes cuando se mezclaron con PE debido a su diferente contenido de aminoácidos Troschl et al. (2018)

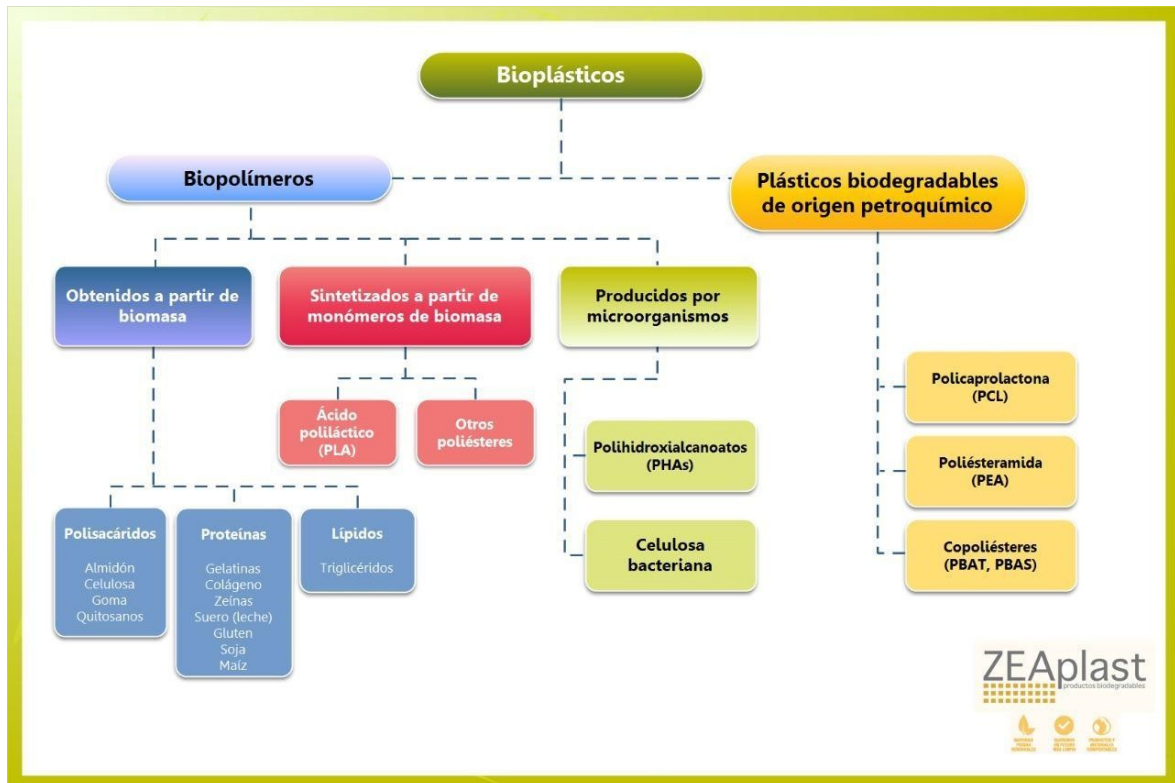


Figura 7. Composición estructural de bioplásticos. Fuente: Dianursanti et al. (2019).

Características de bioplásticos. Las resinas biológicas están hechas de fuentes biológicas giratorias, como las plantas terrestres, residuos agrícolas y los microorganismos crecen rápidamente. El término de plástico biológico puede ser engañoso porque puede referirse a materiales plásticos biodegradables o biológicos Damergi et al. (2021)

Sobre el proceso de desarrollo de nuevos materiales plásticos biodegradables a partir de fuentes renovables, el cual se presenta un gran desafío para que la industria del plástico proporcione alternativas sostenibles a los plásticos derivados del petróleo. Los bioplásticos a menudo se fabrican a partir de biomasa fotosintética, como plantas superiores, cultivos y, más recientemente algas Zanchetta et al. (2021)

Tabla 3. Tipos de algas

Algas	Características
Algas verdes	Tipo de alga especial de los ecosistemas marinos en las costas rocosas
	Se encuentra con más frecuencia en mares fríos
	Muy utilizada en la industria textil y de alimentos
Algas rojas	Predominan en algas dulces
	Se puede encontrar en lugares de poca luz y humedad
	Forman parte del plancton dulce acuícola
	También conocida como cianobacterias
Algas pardas	Organismo protista y procariota que comparte características con las algas y bacterias

Fuente: Zanchetta et al. (2021)

Las regiones que ofrecen altos niveles de luz solar son ideales para producir microalgas. Sin embargo, como resultado de las altas intensidades de luz, la temperatura en los fotobiorreactores puede alcanzar temperaturas de hasta 50°. El objetivo es desarrollar un proceso productivo en el que no se requiera refrigeración. La pigmentación celular se reguló a las bajas temperaturas cada vez más



estresantes Barten et al. (2021)

Se debe considerar el desarrollo de procesos económicamente más viables y sostenibles que produzcan componentes clave como proteínas, sacáridos y lípidos, así como componentes secundarios como bioplásticos, pigmentos, antioxidantes, químicos o vitaminas Kato et al. (2019) y enfocado al sistema de producción que existen un gran número de sistemas conocidos, sistemas limitados son adecuados para la agricultura a escala industrial. Sistemas abiertos como los estanques y zanjales son el sistema de cultivo primario, los sistemas cerrados incluyen el sistema de reacción óptica (PBR). En comparación entre los dos sistemas, el estanque abierto se caracteriza principalmente por un mayor volumen de cultivo o producción que el sistema de fotorreactor. Además, los sistemas abiertos se consideran fáciles de limpiar debido a su diseño simple y generalmente son más duraderos. Sin embargo, la ventaja decisiva sobre todo es el atractivo económico tanto de la producción como de las empresas agrícolas Rahman et al. (2018)

Por otro lado, la fotosíntesis incremento con la intensidad de la luz alcanzando una tasa de crecimiento máxima de manera específica del espécimen. Lo que lleva a la pérdida de rendimiento, a la reducción de la capacidad fotosintética e incluso a la muerte de la planta Alvarez et al. (2019) y sus nutrientes que después del carbono, el nutriente más importante para el desarrollo microalga es el nitrógeno, este es asimilado en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) incluida la forma de amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), sin embargo estos compuestos inorgánicas resultan ser un factor crítico porque fomentan la producción de ácidos nucleicos los cuales transfieren energía, de otro lado, la falta de fósforo o su presencia en cantidades ínfimas afectan el desarrollo del cultivo ya que limitan el crecimiento de las microalgas Charlie et al.(2019), también el tiempo de retención celular que transcurre por cada carga de nuevos cultivos sino es bien calculado, termina afectando el rendimiento, este es el tiempo igual a que las algas necesitan para consumir todo el cultivo Cinar et al. (2020), para lo cual es necesario el oxígeno disuelto y pH que durante el día la intensa fotosíntesis en un sistema de cultivo podría conllevar a una saturación de oxígeno por encima del 200% Fernández et al. (2019). El carbono ingresa al reactor o

sistema de cultivo en forma de CO<sub>2</sub> así se logra mejorar la producción de algas, pero es importante hacerlo en cantidades rentables para optimizar el proceso, el CO<sub>2</sub> libre y el bicarbonato son los principales agentes inorgánicos y fuentes de carbono más usados en los cultivos, estos constituyentes son menos costos y son asimilados de inmediato por las microalgas ya que ingresan directamente por un mecanismo de difusión celular, aunque el bicarbonato requiere un transporte activo, eso implica más tiempo y dedicación, por eso es preferible la optimización de dióxido de carbono Goswami et al. (2019), por lo tanto veremos la preparación y esterilización de medios de cultivo sobre los nutrientes utilizados por las microalgas son sustancias químicas que se deben agregar al agua de mar a fin de cubrir sus requerimientos nutricionales asegurando de esta manera el crecimiento óptimo. El buen desarrollo de las microalgas se logra conociendo los nutrientes en deficiencia y suplementándolos en los medios de cultivo Jaramillo et al. (2018) y finalmente el procedimiento que, mediante bombeo, se hace pasar por filtros rápidos de arena para separar material particulado y el agua filtrada se almacena en reservorios de concreto o de fibra de vidrio. El agua filtrada se bombea al laboratorio de microalgas, donde se trata con filtros CUNO de 10, 5 y 1 µm. Después, pasa a través de una unidad equipada con luz ultravioleta para desinfección o atenuación de los microorganismos que no fueron retenidos por el filtro Amsterdam et al. (2021) Es recomendable, para los cultivos en volúmenes de 0,5 a 1 L, utilizar agua envejecida y esterilizada con radiación UV, filtrar a 0,45 µm y autoclavar por 10 minutos a 105 °C, dejar enfriar hasta el inicio de la siembra.

Estos volúmenes se hace uso del medio modificado Guillar en una proporción de 1 mL por cada litro de cultivo microalga. Una hora antes de la siembra, para eliminar restos de cloro, se añade tiosulfato de sodio al 28,1% (0,5 mL/L agua). De ser necesario, usar un determinador de cloro con la finalidad de evaluar la presencia de algún resto de cloro antes de la siembra. El nutriente usado es Byfoland en una proporción de 0,07 mL por litro de cultivo Zhang et al. (2020)

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

Se analiza las publicaciones recopiladas relacionadas con el tema y su descripción, ya que el estudio buscaba teoría de refuerzo, con respecto a nuevos conocimientos a la que podrían referirse los análisis teóricos, los cuales sirven para explorar bibliográfica y sustentar planteamientos de problemas. El enfoque de este estudio fue un recuento cualitativo de los temas tal como fueron descritos y los resultados analizados con base en las preguntas de investigación generadas con la ayuda del documento, basado en el enfoque del problema y los objetivos Hernández et al. (2018)

#### **3.2 Categorías, subcategorías y matriz de categorización.**

Dependiendo de diferentes aspectos de la investigación considerados de acuerdo a los objetivos de los temas a estudiar, estas categorías se clasifican en 1. Especies de microalgas: Microalgas; 2. Diseño de mezcla de plástico; 3. Características de bioplásticos.

PROBLEMAS	OBJETIVOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	UNIDAD DE ANÁLISIS
¿Cuáles son las especies de microalgas?	Analizar las especies de microalgas	Especies de microalgas	Microalgas de agua dulce, microalgas marinas	Abdo et al. (2019)
¿Cuál es el diseño de mezcla para bioplásticos?	Analizar el diseño de mezcla para bioplásticos	Diseño de mezcla de bioplásticos	Mezcla derretida	Zhi Kai Chong et al (2020)
			Moldeo de compresión	
			Moldeo por inyección	
			Extrusión de doble tornillo	
Fundición solvente				

¿Cuáles son las características de bioplásticos?	Analizar las características de bioplásticos	Características de bioplásticos	Propiedades Mecánicas	Dianursanti, Misri Gozan, Citra Noviasari et al (2018)
			Alargamiento	
			Resistencia	

Tabla 4 Matriz de categorización. Fuente: Elaboración propia

### **3.3 Escenario de estudio**

Por su propia naturaleza, no tiene un escenario de trabajo definido, ya que incluye la revisión de una serie de artículos científicos relacionados con el tema de investigación, que fue un trabajo previo, aquí se han indexado artículos de revistas.

### **3.4 Participantes**

Se realizó recogiendo datos de revistas científicas y libros electrónicos, según su importancia. La relevancia de temas se recopila de la base de datos de la siguiente manera: ScienceDirect, Scielo, Google Académico seleccionados con 5 años de antigüedad.

### **3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

El trabajo fue seleccionado por categoría sobre especies de microalgas, diseño de mezcla de bioplásticos y características del bioplásticos, además de las subcategorías tales como: Microalgas, PVA de PT Hernández et al. (2018)

### **3.6 Procedimientos**

Para la recolección de datos se examinaron diferentes artículos científicos bajo el tema de investigación, cuyas palabras clave se utilizaron en inglés y español. Fueron buscados en la base de datos de: ScienceDirect, Scielo y Google Académicos. Estos artículos fueron analizados en detalle, porque la antigüedad de registro de estos artículos no era menor de 5 años, y los criterios de exclusión fueron: porque no contenían información temáticamente relevante y porque no eran artículos. Los periódicos han sido indexados y esos artículos son no de fiar.

Tabla 5. Resumen de criterio de búsquedas

Tipo de documento	Documentos referidos a	Cant.	Palabras clave de búsqueda	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Artículos	Análisis de polihidroxibutrato y producción de bioplásticos a partir de microalgas	5	Análisis de bioplástico de microalga	Menores a 5 años de antigüedad a partir de los 2018	Mayores a 5 años de antigüedad a partir de los 2018
	Bioplásticos a base de almidón de microalgas	5			
	Producción de bioplásticos a partir de microalgas	5			
	Microalgas como fuente de bioplásticos, Algal Green	5			
	Desarrollo de materiales superabsorbentes verdes a partir de un subproducto de la industria cárnica	5	Materiales de producción de industria		

Evaluación del ciclo de vida del producto de microalgas	5	Productos de micro algas		
Interacción entre Chlorella vulgaris y lodos activados enriquecidos con	4	Chlorella		

nitrificantes en el tratamiento de aguas residuales				
Producción de Biocombustible y Bioplástico a partir de Chlorella Pyrenoidosa	3	Biofuel		
Una revisión sobre el uso de consorcios de microalgas para el tratamiento de aguas residuales	5	Microalga		



Libro	Metodología	1	Tipos y diseño de investigación		
-------	-------------	---	---------------------------------	--	--

Fuente: Adaptado de Guía detallada para elaboración de informe. UCV

### **3.7 Rigor científico**

Esta investigación respeta los principios básicos de confidencialidad e integridad de los registros seguidos durante la investigación Hernández et al. (2018).

### **3.8 Método de análisis de datos**

Es fundamental considerar los objetivos del estudio, así como determinar la escala de las diferentes variables que se registraron en el estudio Rendón et al. (2018)

### **3.9 Aspectos éticos**

Esta investigación respeta los principios básicos de confidencialidad e integridad de los registros seguidos durante la investigación. Según el código de ética de la Universidad César Vallejo en su artículo n°7, indica se debe realizar mediante un seguimiento a la metodología de trabajo y criterios que permitan disponer a la evidencia científica, para lo cual se lleva una rigurosa recolección de información e interpretación de datos.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se desarrollaron en base a los objetivos de la investigación.

OE1: Analizar las especies de microalgas

Tabla 6. Especies de Microalgas General

Especie de Microalga	Composición	Materiales de mezcla	bioplásticos	Autor
C. Vulgaris	57 % proteína	Glicerol 0-3% (peso)	100% plásticos a a base de algas	WEN YI CHIA et al 2020
C. Sorokiniana	58,5 % Proteína	Compuestos de Chlorella		DORIS YING YING TANG et al 2020
	38 % Almidón			
Chlorella	58 % Proteína	Chlorella 0.5 %	Modificado	KUAN

		Agua destilada 2,8g /8 -14-28 mL	Polipropileno	SHIONG KHOO et al 2020
Spirulina	60% Proteína			
	Lípido 6 %	Compatibilizador 0-6 %	Biopelícula	-ANDREW
	Acido Graso 265 mg / 10g	Plastificantes al 15 % Peso de spirulina al 15 - 20 - 80 %	Bioplástico	NG KAY LUP et al 2020
	Aminoácidos 2410mg	Glicerol 0-30 % (peso)		
	Vitaminas B1-B3 2,3 mg			
	Vitaminas B6-B12 112 microgramos			
	Vitamina A 2300 Ui			

	Vitamina E 4Ui			
	Ficocianina 20%			
	Clorofila 1,5 %			
	B-Carotenoides 0,15 %			
	Acido Pantoténico 4mg			
	Acido Fólico 100 mg			
	Polisacarido 0,4 g			

Chlorogloea fristschii			Bioplástico polihidroxiabutrato	SENEM
Phaeodactylum tricomutum	Carboximetilcelulosa 1,2 %	Productos 1:150mg de Cloroformo	PHB bioplástico	ONEN CIAR et al 2020
Calothrix scytonemica	33 % grasas	2: 100mg de PH3B mezclada y 8mL de CMC	Película de plástico de base biológica	ZHI KAI CHONG et al 2020
Scenedesmus almeriensis		3: 100mg PH3B y 50mg octaacetato de sacarosa en 8mL de CMC		NILS WIECZOREK et al 2020
Neochloris oleoabundans	22 % fibra			
Nanocloropsis gaditana	23 % de proteína	Biomasa 10,20,30 %	Biocompuestos: biomasa y PBAT	KERSTIN KUCHTA et al 2020

Enteromorpha crinita	Algas verdes	Obtenida de los residuos durante el proceso de bionergia	Bioplasticos con buena resistencia y termomecánicas	JANG et al 2020
Laminaria Japonica	Algas pardas			
Eucheuma cottoni -	Algas rojas	A temperatura ambiente		MACHMUD et al (2020)

Fuente: Elaboración propia.

La espirulina a diferencia de otras microalgas unicelulares, se utiliza hace mucho tiempo atrás en la industria alimentaria, debido a su alto valor proteico, comúnmente conocida por su potencial de adaptarse a un entorno difícil ya sea de temperatura de humedad, entre otros factores ambientales, así mismo su principal valor radica en la composición celular, alto en proteínas y multivitamínico lo que la hace especialmente atractiva para la utilización de biotecnologías, siendo esta solo 2 de las cualidades que la llevan a convertirse la mejor materia prima para la producción de plásticos biodegradable. Existen algas verdes como Crinita, que son mas estables a altas temperaturas a diferencia de las algas pardas de especie Japonica, dando satisfactorios resultados de resistencia y propiedades termomecánicas. Jang et al (2020)

Otra de las cualidades importantes de la Spirulina Platensis, es que se puede mezclar con PVA y reducen considerablemente los costos de materiales en la producción de Bioplásticos, que actualmente es una problemática latente no solo en la producción sino también en la comercialización de bioplásticos.

OE2: Analizar el diseño de mezcla para bioplásticos

Existen diferentes metodologías para realizar las mezclas para la producción de Bioplásticos a base microalgas en el siguiente cuadro se describe los métodos desde el mas complejo para el mas optimo y el más utilizado en la industria y a nivel de laboratorios.

Tabla 7. Diseño de mezcla para bioplásticos

Métodos de Producción	Usos	Metodología	Autor



Mezcla derretida	Utilizado para microextrusión	Temperaturas de 130 a 160 °C Y 20 kPa a 10 MP – en un tiempo de 3 a 20 min.	FABRA et al (2018)
Moldeo por Compresión	Utilizada para películas	Disolución en un solvente, aditivos más polímeros y secar.	SABANTHINI et al (2018)
Moldeo por inyección	Utilizados para optimizar la concentración de los componentes	A 30°C de Temperatura Durante 4 min	CIAPPONI et al (2019)
Extrusión de doble tornillo	Utilización de Métodos mas escalables a nivel laboratorio.	A 160° C de temperatura a 7,5 min	DIANURSANTI et al (2018)
Proceso de Presurización por Calor	Para mejor moldeamiento de bioplásticos.	Anhidrido Maleico + PE + Chlorella sp.	SHI, CHIA, YING TANG et al 2020
Fundición solvente	Utilizada para películas	Disolución en un solvente, aditivos más polímeros y secar.	SABANTHINI et al (2018)

Síntesis de Biocompuestos	Plastificación directa de Glicerol	10 cepas de microalgas + almidón	JANG et al (2020)
Técnica de Filtración	Sustituir el uso de Glicerol como plastificante	Mezclar de por separado: latex de Artocarpus altilis y calotropis gigante	MACHMUD et al (2020)
Ultrasonificación	Extraer almidón	Mezcla de agua de Scenedesmus almeriensis + Neochloris scytonemicola	JOHNSON Y STEUER et al (2018)

Fuente: Elaboración propia

Según los métodos descritos se puede determinar que el procedimiento mas utilizado para la mezcla de microalgas y polímeros es a mediante el método por compresión, donde la biomasa, polímeros y aditivos se colocan en un molde y se comprimen a presión y temperatura elevadas en un período breve para formar biocompuestos, ya que la metodología no requiere formulación estandarizada los resultados obtenidos se evalúan en función al rendimiento y resistencia de tracción y alargamiento a la rotura, teniendo los mejores resultados con ensayos mecánicos según la normas ASTM, según las publicaciones mas relevantes. CIAPPPONI et al (2019)

Los niveles más altos de resistencia a la tracción y la plasticidad del bioplástico, fueron logrados mezclando por proceso de presurización en calor a la biomasa de microalgas de tipo Chlorella + PE (plástico de base biológica pero no comfortable)

modificado con anhídrido maleico, nos demuestra que si se puede modificar los materiales iniciales para mejorar la interacción y afinidad de los mismos, lograr el producto final deseado. SHI, CHIA, YING TANG et al 2020.

Se han realizado ensayos con 10 cepas de microalgas entre ellas *C. reinhardtii* 11 a 32 A en proceso de síntesis de Biocompuestos, con plastificación directa de glicerol, encontrando como resultado que los bioplásticos a base de almidón tienen una mayor capacidad de plastificación. JANG et al (2020)

Se ha logrado determinar que el uso de glicerol reduce el espesor y la densidad de los bioplásticos, las pruebas de tracción realizadas a los bioplásticos obtenidos del proceso de filtración con algas rojas, utilizando un sustituyente de látex de plantas tropicales, logró aumentar la ductilidad, la resistencia a la tracción y la adsorción de energía de los bioplásticos. MACHMUD et al (2020)

Resultan contradictorios los buenos resultados obtenidos de los Bioplásticos a base de algas a escala de laboratorio, como primera instancia se dificulta la identificación del tipo de alga para determinar sus cualidades y aplicar el método de mezcla que más se adecue a su composición de la biomasa, la extracción de almidón usando Ultrasonificación ha logrado resultados prometedores, después de muchas pruebas fallidas, donde no se lograban identificar con presión la extracción de almidón. JOHNSON Y STEUER et al (2018)

Durante el proceso elaboración de bioplástico, la selección adecuada de polímeros extraídos de algas también es uno de los retos más grandes a los que se ven sometidos los investigadores, debido a la poca data que se tiene en los centros de investigación y al alto número de algas existentes en la naturaleza muchas de estas en estado natural, se cae en errores por una mala selección de materiales para realizar las mezclas, no resulta sencillo determinar el tipo de metodología para la producción de bioplásticos. S TAKUR, J.CHAUDHARY, B

SHARMA et al (2018)

Durante los procesos de elaboración de bioplásticos, es fundamental tomar en cuenta los impactos en el medio ambiente, debido que cuando los bioplásticos se

degradan lentamente, se genera la liberación de metano otros gases nocivos, es por eso que se debe terminar con precisión los materiales para la mezcla y el tipo de metodología para la mismo ya que debe sintetizarse completamente para no liberar ningún gas nocivo al medio ambiente, siendo la compresión una de las mejores alternativas por utilizar presión y temperatura elevadas, lo que si entra en discusión con cada investigador son los tiempos que van desde 2 minutos a 20 considerando las la cantidad de la mezcla a gran o pequeña escala. RASUL,

F. AZAEEN, SIDDIQUE, SMUZAMMIL, M.AFZAL et al (2018)

Un estudio de Beckstrom, descubrió la presencia de olores desagradables en los bioplásticos elaborados a base de almidón y lípidos de microalgas, provocados por los carbohidratos bajo estrés de salinidad provenientes de la biomasa de algas, este problema en un estudio de Wang at al (2020) cuando modificaron microalgas con altos niveles de ácidos grasos. Ambos estudios emplearon mezcla de compresión con Temperatura considerables para un proceso correcto, y como una tercera opción de estudio se evaluaron los mismos procesos con el método de mezcla derretida. pero se deja en tela de juicio los materiales y el tiempo utilizados. BECKSTROM et al (2019)

OE3: Analizar las características de bioplásticos

Tabla 8. Características de bioplásticos

Bioplásticos	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Autor
Dimensión de la muestra 20 cm x 10 cm					
Resistencia a la tracción y el alargamiento	30,8 kgf/cm <sup>2</sup>	29,6 kgf/cm <sup>2</sup>	28,3 kgf/cm <sup>2</sup>	27,7 kgf/cm <sup>2</sup>	Dianursanti et al (2018)

KGF / CM					
Alargamiento %	15 % en peso	20% en peso	25 % en peso	30 % en peso	Misri Gozán, et al (2018)

Fuente: elaboración propia

Con los análisis de pruebas de propiedades mecánica que se han logrado sintetizar según según la Norma ATS D882, para el control de la calidad estandarizado de los plásticos, se ha logrado determinar que la concentración de plastificante es inversamente proporcional a la resistencia a la tracción de la película bioplástica.

El aumento del 5% del contenido de plastificante disminuyo la resistencia a la tracción de la película bioplástica y disminuyo 2,5 kgf/cm<sup>2</sup>, al agregar un 15% de plastificante la resistencia a la tracción disminuyó 3,1 kgf/cm<sup>2</sup>.

Es decir, que el uso de glicerol, ha reaccionado en la disminución de la resistencia de tracción de los bioplásticos testeados.

Así mismo se puede determinar que el alargamiento si aumento su % inicial con un 5 % de contenido en la muestra, debido a los enlaces intermoleculares entre PVA y Glicerol.

El bioplástico producido de la mezcla de Polietileno/Spirulina Platensis/glicerol tiene la mayor carga de tracción con una concentración de 0 – 50%, la incorporación de glicerol en la mezcla no reduce la fuerza de la película del bioplástico, pero si logro mejorar la flexibilidad. MISRI GOZAN et al (2018)

Los Bioplásticos presentan una cualidad importante de rigidez y aumento de flexibilidad, lo que lo hacer una moldura con propiedades para adecuarse a su utilidad según sea el requerimiento del mercado. DIANURSANTI et al (2018)

Los resultados de evaluación de bioplásticos, que se obtuvieron utilizando Universal Tester, generaron un diagrama de tensión – deformación con métricas muy por debajo de las características de los plásticos comerciales. CITRA NOVIASARI et al (2018)

## V. CONCLUSIONES

OE 1: Actualmente las diferentes especies de microalgas están siendo utilizadas para diferentes fines ya sea alimenticio, farmacéutico, cosmético, según sus propiedades celulares, cuando se le procesa para un determinado objetivo de uso, se obtienen excelentes resultados para la salud humana y para el medio ambiente ya que es un descontaminante natural ya sea para aguas residuales como para plásticos derivados de petróleo que representan el % más alto de contaminación en el mundo entero, así mismo la biomasa de algas contribuye al reducir los gases de efecto invernadero, este sería uno de sus más grandes logros naturales de la naturaleza.

El uso de microalgas proporciona una alternativa de solución para la contaminación por plásticos derivados de petróleo ya que su composición gelificante y su alto valor proteico nos permite utilizarla como materia prima para disminuir la sobredemanda mundial de estos materiales. Las microalgas más utilizadas para este procedimiento son las algas verdes Spirulina Platensis.

OE 2: Se necesitan más estudios para optimizar el proceso de mezcla y convertir las deficiencias mecánicas en un potencial biológico con coayuda de organismos biológicos, de esta manera la producción de bioplásticos se puede industrializar a gran escala para poder estar a la par con la sobredemanda que existe en el mundo de plásticos de polietileno, actualmente las pruebas escalonadas de laboratorio y empresas innovadoras que apuestan por esta alternativa que resulta viable económica y sostenibles, necesita ampliar la producción a diferentes partes del mundo estandarizando proceso y la empleabilidad de maquinarias y soluciones estandarizadas.

OE 3: Las Características de los bioplásticos, aún no han alcanzado los niveles de los plásticos comerciales, en cuanto a las propiedades mecánicas que se requieren según las normas de calidad de los mercados internacionales, sin embargo, se puede utilizar como envases para alimento, farmacias y cosméticas, ya que estos no necesitan una alta elongación que ronda el 20 % .

## **VI. RECOMENDACIONES**

OE 1: Se recomiendan para futuras investigaciones que se enfoque en las microalgas como el material prima renovable y más prometedora que nos está ofreciendo la naturaleza y se desarrollen tecnologías limpias y sostenibles en búsqueda de una economía circular pero sobre todo que se busque estudiar y analizar el gran potencial que podemos encontrar en las microalgas para la producción de bioplásticos.

OE 2: Se recomienda desarrollar procesos de Biotecnología limpia y amigable con el medio ambiente para optimizar los procesos de producción de bioplásticos a gran escala, encontrando un proceso de mezcla más innovador y estandarizado para la producción de los mismo.

OE 3: Se recomienda continuar con la producción de bioplásticos para las industrias de alimentos, farmacéuticas y cosmética, a fin de ir ganando terreno y concientizando a las personas en el uso de plásticos biodegradables que impacten menos en el medio ambiente, y a la par ir avanzando con las investigaciones de como fortalecer los procesos de producción de microalgas para obtener el resultado de propiedades mecánicas que se requieren para competir con los plásticos convencionales, que tanto daño están haciendo a los mares y al medio ambiente en general.



## REFERENCIAS

A review on the use of microalgal consortia for wastewater treatment. Gonçalves, A. P. (2017). *Algal Res*, 403-415.

A sustainable solution to plastics pollution: An eco-friendly bioplastic film production from high-salt contained *Spirulina* sp. residues. Zhang, C., Wang, C., Cao, G., & Wang, D. (2020). *Journal of Hazardous Materials*, 1-17.

Abdo, S., & Ali, G. (2019) *Bull. Natl. Res. Cent*, 43-207.

Advanced highly polluted rainwater treatment process. Aljerf, L. (2018). *Urban Environ*, 50-58.

Advances in the technologies for studying consortia of bacteria and cyanobacteria/microalgae in wastewaters. Perera, I. A. (2019). *Biotechnol*, 709-731.

*Alerg Mex*, 397-407.

Analysis of polyhydroxybutrate and bioplastic production from microalga.

Analysis of polyhydroxybutrate and bioplastic production from microalgae. Sayeda, M., & Gamila, H. (2019). *Abdo and Ali Bulletin of the National Research Centre*, 1-4.

Bioeconomía: el futuro sostenible. Jaramillo, E. (2018). *Ciencias Naturales*, 1-18.

Biomass, Biofuels. Fernández, A. (2019). *Biochemicals*, 551-566.

Bioplastic Production from Microalgae. Cinar. (2020). *Environmental Research and Public Health*, 1-21.

Bioplastic Production from Microalgae: A Review. Cinar. (2020).

Bioplastic production with cyanobacteria. Troschl, C. (2018). Ph.D. Thesis, Universität für Bodenkultur Wien, Wien, Austria.

*Biotechnol*, 635-646.

- Celulosa de algas, producción y uso potencial en plásticos: Desafíos y oportunidades. Zanchetta, E., Damergi, E., Patel, B., & Borgmeyer, T. (2021). Investigación de algas, 1-22.
- Cómo la biotecnología de microalgas puede ayudar con la ONU Sostenible Objetivos de desarrollo para la gestión de los recursos naturales. Sutherland, D., McCauley, J., Labeeuw, I., & Parijat, R. (2021). Investigación actual en sostenibilidad ambiental, 1-15.
- Development of green superabsorbent materials from a by-product of the meat industry. Alvarez-Castillo, E. B. (2019). Journal of Cleaner Production, 651-661.
- Downstream processing of microalgae for pigments, protein and carbohydrate in industrial application. Khanra, S., Mondal, M., Halder, G.,
- Effect of compatibilizer addition in Spirulina. Dianursanti. (2019). AIP Conference Proceedings, 1-7.
- Effect of nitrifiers community on fouling mitigation and nitrification efficiency in a membrane bioreactor. Sepehri, A. S. (2018). Chem. Eng. Process. - Process Intensif, 10-18.
- El análisis del ciclo de vida de AlgaPrime™ DHA de Corbion valida una menor huella de carbono. ÁMSTERDAM. (2021). PR Newswire, 1-3.
- El Instituto del Mar del Perú es un Organismo Técnico Especializado. IMARPE. (2022). 1-49.
- Environment Research and Public Health, 1-22.
- Estadística descriptiva. Rendón, M., Villasís, M., & Miranda, M. (2018).
- H. Life cycle assessment of microalgae product. Bussa, M., Eisen, A., Zollfrank, C., & Röder. (2019). State of the art and their potential for the production of polylactid acid, 1299-1312.

Hacia la producción industrial de microalgas sin control de temperatura. Barten, R., Djohan, Y., Evers, W., Wijffels, R., & Barbosa, M. (2021). El efecto de las fluctuaciones de la temperatura diaria en la fisiología de las microalgas. *Revista de Biotecnología*, 1-8.

Interaction between *Chlorella vulgaris* and nitrifying-enriched activated sludge in the treatment of wastewater. Sepehri, A. S.-H. (2019). *N. J. New Biol*, 68-73.

*Journal of Polymer Science*. D. T. Tran, H. R. (2018). Wiley. 525-533.

La lucha de la naturaleza contra la contaminación plástica: algas para la biodegradación de plásticos y la producción de bioplásticos. Chia, W.,

Life cycle assessment of microalgae products. Bussa, M., Eisen, A., Zollfrank, C., & Röder, H. (2019). State of the art and their potential for the production of polylactid acid, 1299-1312.

*Macromol*, 536-547.

*Metodología de la Investigación*. Hernandez, R. F. (2018). México: 4ta edición Mc Graw Hill.

Microalgae as a Source of Bioplastics, *Algal Green*. Rahman, A. M. (2017).

Microalgae as source o polyhydroxyalkanoates. Costa. (2019). *Int. J. Biol*.

Microalgae starch-based bioplastics. Charlie. (2019). Screening of ten strains and plasticization of unfractionated microalgae by extrusion, 142151.

Ministerio del Ambiente. Minam. (2020). 1-5.

Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental. OEFA. (2022). 1-6.

Organización de los Estados Americanos. OAS. (2019). 1-8.

Process Design and Economics for the Production of Algal Biomass. R. Davis, J. M. (2017). *Algal Biomass Production in Open Pond Systems and Processing*

- Through Dewatering for Downstream, 1-128.
- Production by Genetically Engineered Microalgae. Kaparapu, J. P. (2018).
- Production of Biofuel and Bioplastic from *Chlorella Pyrenoidosa*. MaterDas, S., Sathish, A., & Stanley, J. (2018). *Today*, 16774–16781.
- Production of crude bioplastic-beads with microalgae. Kato, N. (2019). Proof-of-concept. *Bioresour. Technol*, 81-84.
- Production, use, and fate of all plastics ever made. R. Geyer, J. J. (2017).
- Progress and challenges in producing polyhydroxyalkanoate biopolymers from cyanobacteria. Singh. (2017). *J. Appl. Phycol*, 1213-1232.
- Recent Progress in Biotechnology, 1-8.
- Reporte semestral de monitoreo del mercado de aguas peruanas. Osinergmin. (2019). 1-27.
- Sci Adv*, 19-24.
- Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Sernanp. (2022). 1-4.
- Start-up of a microalgae-based treatment system within the biorefinery concept. Uggetti, E., García, J., Álvarez, J., & García-Galán, M. (2018). From wastewater to bioproducts, 114-124.
- Sustainable production of bio-crude oil via hydrothermal liquefaction of symbiotically grown biomass of microalgae-bacteria coupled with effective wastewater treatment. Sci. Goswami, G. M. (2019). *Rep*, 1-12.
- Techno economic estimation of wastewater phycoremediation and environmental benefits using *Scenedesmus obliquus* microalgae. Ansari, F. R. (2019). *Journal of Environmental Management*, 293–302.
- Techno-economic assessment of open microalgae production system. J. Hoffman, R. P. (2017). *Algal Res*, 51-57.

Tiwari, O., Gayen, K., & Bhowmick, T. (2018). *Food Bioprod. Process.*, 60-

Una revisión sobre el tratamiento de aguas residuales con microalgas para Biorremediación y producción de biomasa: un nuevo desafío para Europa.

Geremia, E., Ripa, M., Catone, C., & Ulgiati, S. (2021). Production of bioplastics using microalgas, 1-25.

Wastewater-leachate treatment by microalgae: Biomass, carbohydrate and lipid production. Hernández, A. (2019). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 435-444.

Wiley Periodicals, Inc. M. A. Zeller, R. H. (2018). *New. Journal of Polymer Science*, 3263-3275.

Ying, D., & Kay, A. (2020). *Environmental Sciences and Biotechnologies*, 1-13.

## **ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE CATEGORIZACIÓN DE VARIABLES

PROBLEMAS	OBJETIVOS	CATEGORÍA	SUBCATEGORÍA	UNIDAD DE ANÁLISIS
¿Cuáles son las especies de microalgas?	Analizar las especies de microalgas	Especies de microalgas	Microalgas de agua dulce, microalgas marinas	Abdo et al. (2019)
¿Cuál es el diseño de mezcla para bioplásticos?	Analizar el diseño de mezcla para bioplásticos	Diseño de mezcla de bioplásticos	Mezcla derretida	Zhi Kai Chong et al (2020)
			Moldeo de compresión	
			Moldeo por inyección	
			Extrusión de doble tornillo	
Fundición solvente				

¿Cuáles son las características de bioplásticos?	Analizar las características de bioplásticos	Características de bioplásticos	Propiedades Mecánicas	Dianursanti, Misri Gozan, Citra Noviasari et al (2018)
			Alargamiento	
			Resistencia	

Matriz de Categorización: Aprovechamiento de Microalgas, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. Revisión Sistemática, 2022





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, CABELLO TORRES RITA JAQUELINE, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, asesor de Tesis titulada: "Aprovechamiento de Microalgas, como Materia Prima para la Producción de Materiales Plásticos Biodegradables. Revisión Sistemática, 2022", cuyo autor es LOPEZ PEÑA TATHIANA NATHALY, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y 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, 17 de Mayo del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
CABELLO TORRES RITA JAQUELINE <b>DNI:</b> 08947396 <b>ORCID</b> 0000-0002-9965-9678	Firmado digitalmente por: RCABELLOTO15 el 17- 05-2022 00:18:25

Código documento Trilce: TRI - 0301717