



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Revisión sistemática: Evaluación de los métodos para la generación
de bioplásticos**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Lizarzaburu Castro, Jair Fabrizio (orcid.org/0000-0002-6540-0991)

Baca Mendez, Roberth Alexander (orcid.org/0000-0002-1327-2799)

ASESOR:

Dr. Quezada Alvarez, Medardo Alberto (orcid.org/0000-0002-0215-5175)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Tratamiento y Gestión de los Residuos

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo Sostenible y Adaptación al Cambio Climático

TRUJILLO – PERÚ

2022

Dedicatoria

Esta investigación la dedicamos a la comunidad vallejana para contribuir en futuros proyectos a favor del medio ambiente, así como crear nuevas tecnologías que permitan mejorar los hábitos de vida y permita reducir la contaminación que tanto se genera en nuestro planeta.

Una mención especial a nuestros amados padres y familiares por el apoyo constante en esta valiosa etapa universitaria que con su incondicional amor y aliento motivó el permanecer firmes y constantes en esta valiosa etapa universitaria.

Agradecimiento

A Dra. Magda Rubí Rodríguez Yupanqui, Directora de la Escuela Académico Profesional de Ing. Ambiental, UCV, quien, con su constante apoyo desde los primeros ciclos, perfiló fundamentales aspectos del estudio.

A Dr. Medardo A. Quezada Álvarez, Docente de Pregrado, UCV, quien, con su oportuno aporte metodológico, delimitó la presente investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de figuras.....	v
Índice de tablas	vi
Resumen.....	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	10
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	10
3.2. Categorías, Subcategorías y Matriz de categorización	11
3.3. Escenario de Estudio.....	11
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
3.6. Procedimientos.....	12
3.7. Rigor Científico	12
3.8. Método de análisis de la información	12
3.9. Aspectos éticos	13
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	14
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES.....	30
REFERENCIAS.....	31
ANEXOS	47

Índice de figuras

Figura 1. Procedimiento de la clasificación de datos

48

Índice de tablas

Tabla 1. Materias, fuentes y componentes de bioplásticos	14
Tabla 2. Materias, Ventajas y Desventajas.	19
Tabla 3. Matriz de Categorización Apriorística	47
Tabla 4. Recolección de los métodos y materias primas para la elaboración de bioplásticos	49

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo determinar los métodos para generar los bioplásticos, entre sus objetivos específicos: Identificar grupos de métodos de producción de bioplásticos según las materias primas usadas; así como, determinar las ventajas y desventajas. La investigación se realizó para formar una base científica que sirva de apoyo a futuras investigaciones. Se agrupó los métodos o las formas para producir, según características tomadas por nosotros y diversos autores, de los cuales lo que se encontró fueron: extracción de biomasa, producción a través de organismos naturales, bioplásticos a partir de copolímeros y biocompuestos, sintetizados a partir de monómeros de base biológica y sintetizado a partir de petroquímicos, después de ello se encontró diferentes materias primas como las frutas o vegetales como yuca, cáscara de papa, caña de azúcar; residuos de actividades industriales como los efluentes de aguas residuales municipales, los microorganismos, como la *Pseudoalcaligenes*, *E. Coli*, etc.; además de las ventajas y desventajas que tuvieron algunos componentes que fueron procesados, los costos son elevados para ser llevado a mayor escala. Finalmente, para la producción de bioplásticos, no es necesario una materia específica, puede ser extraído o tratado de uno o más productos para su generación.

Palabras claves

Extracción de biomasa, producción a través de organismos naturales, bioplásticos a partir de copolímeros y biocompuestos, bioplásticos sintetizados a partir de monómeros de base biológica, bioplásticos sintetizados a partir de petroquímicos.

Abstract

The objective of this research was to determine the methods to generate bioplastics, among its specific objectives: To identify groups of bioplastic production methods according to the raw materials used; as well as, to determine the advantages and disadvantages. This research was carried out to form a scientific basis to support future research. We grouped the methods or ways to produce, according to characteristics taken by us and various authors, of which what was found were: biomass extraction, production through natural organisms, bioplastics from copolymers and biocomposites, synthesized from bio-based monomers and synthesized from petrochemicals, after that we found different raw materials such as fruits or vegetables like cassava, potato peel, sugar cane; residues from industrial activities such as municipal wastewater effluents, microorganisms, such as *Pseudoalcaligenes*, *E. Coli*, etc.; in addition to the advantages and disadvantages that had some components that were processed, the costs are high to be taken to a larger scale. Finally, for the production of bioplastics, it is not necessary a specific material, it can be extracted or treated from one or more products for its generation.

Keywords

Biomass extraction, production through natural organisms, bioplastics from copolymers and biocomposites, bioplastics synthesized from bio-based monomers, bioplastics synthesized from petrochemicals.

I. INTRODUCCIÓN

La contaminación plástica es la principal preocupación en el mundo y los plásticos derivados del petróleo son causa de ello; se utilizan en muchas aplicaciones como instrumentos farmacéuticos, empaques, modelado 3D, automóviles, productos electrónicos, electrodomésticos. Los humanos dependen de plásticos debido a su versatilidad; no obstante, estos tardarán miles de años en degradarse y acumularse en el vertedero o en el entorno natural; por lo tanto, se recomiendan plásticos biodegradables hechos de recursos naturales sostenibles con múltiples beneficios: tardan menos en degradarse, no son tóxicos, ahorran energía en la fabricación, reducen residuos generados, reducen consumo de combustibles fósiles y reducen cantidad de GEI emitidos. Los bioplásticos son un enfoque prometedor para resolver problemas con el plástico que el mundo tiene ahora (Lim et al. 2021, p. 8).

En la actualidad, múltiples empresas, amplios sectores industriales e investigadores se orientan a la adquisición de productos novedosos con menor nivel de toxicidad para el medio ambiente con acelerada degradación y efectos que no alteran los ecosistemas, planteándose la propuesta de bioplásticos elaborados a través de residuos domésticos, residuos industriales, polímeros, entre otros (Meta et al., 2021, p. 23), desarrollando una propuesta viable y ecológica con el bioplástico para reemplazar los plásticos que generan alta contaminación; a su vez, se reduzcan y se reutilicen los residuos que acaban en rellenos sanitarios o botaderos. Con el pasar del tiempo, la producción de plásticos de origen biológico fue aumentado, ya que la gran mayoría de empresas optaron por el empleo de vasos, bolsas, platos o cubiertos de materiales con degradación rápida. En el 2018, se generó 7,5 millones de toneladas que representan 2% del volumen de producción de plásticos de origen fósil, se espera que para el 2023 la tasa anual esperada crezca alrededor del 4% (Jahr, 2019, p. 13). Debido a ello, para los años posteriores, las proyecciones estiman que, si no se modifican las formas de producción de materiales biodegradables, la tierra se verá repleta de plásticos, a menos que adoptemos un compromiso con el cuidado del medio ambiente empezando por la identificación de factores contaminantes.

Actualmente, los métodos o técnicas que se utilizan para fabricar bioplásticos a una escala industrial más avanzada, todavía se encuentran en sus inicios, según

Scherer, Klein y Menrad (2017, p. 2), la demanda de los plásticos de origen biológico, hoy en día es limitada debido a que los consumidores no están familiarizados con estos materiales debido a que solo hay una pequeña gama de productos en el mercado, manteniendo la producción de plásticos a partir de petroquímicos como mayor generador de estos. Por otra parte, en Lettner, Schöggli y Stern (2017, p. 289-290), hallan que los bioplásticos han estado disponibles por más de un siglo, en los que los principales inconvenientes, relacionados con la difusión en el mercado de biopolímeros, se vinculan al rendimiento, los costos excesivos en comparación con sus contrapartes convencionales; aunque, aún nos falte ver el valor o el rendimiento que pueden estar interrelacionados o sobre las estrategias tecnológicas u organizativas que ayudarían a superar las limitaciones. Una opción sería el explorar las microalgas o microorganismos que son una parte fundamental en los métodos para la generación de bioplásticos, ya que pueden ser usadas para extraer el biopolímero o también en la conversión de una materia prima o desecho en un bioplástico, además que pueden degradar materiales plásticos a través de toxinas o enzimas sintetizadas por las propias microalgas, mientras usan polímeros plásticos como fuentes de carbono; no obstante, aún es muy costoso el implementar esta metodología para crear bioplásticos, debido a los fotobiorreactores para cultivar o generar gran cantidad de bacterias, por lo que solamente se mantienen en investigaciones piloto a nivel de laboratorio (Yi, 2020, p.15).

Existen métodos que son basados en la combinación de ciertos componentes, así como otros que pueden extraídos de una sola variable, como es el caso de la lignina, según Kumar et al. (2019, p. 12-14) la lignina viene a ser una macromolécula que tiene múltiples sitios de reacción y que además es idónea para ser utilizada como macromonomero para el embellecimiento de biopolímeros que están basados en lignina o derivados. El biopolímero (lineal, ramificado o reticulado) puede ser sintetizado en función de la proporción de sitios de reacción de lignina a monómero, debido a ello, los monómeros reticulados se consideran la mejor opción en los últimos años; además, muchos de los biopolímeros que son a base de la lignina, contienen o incluyen poliéster, ácido poliláctico, polihidroxialcanoatos (PHA), poliuretano y polioles, etc. Por otra parte, los plásticos que vienen a ser polímeros a base del petróleo en combinación con otros aditivos, estos, los hacen químicamente más complejos. Entre ellos, los más utilizados son el polietileno de densidad alta,

polietileno de densidad baja, policloruro de vinilo, poliestireno, polipropileno y polietileno tereftalato. El medio ambiente generalmente reúne todas las condiciones para la fragmentación de los plásticos, pero esto no afecta la composición química transformándose así en microplásticos que finalmente terminan en todo tipo de cadena trófica, ambiente y ser vivo (Rojo y Montoto, 2017, p. 8).

Esta revisión literaria se justifica porque hoy existen diversos métodos de producción de bioplásticos los cuales son utilizados para proyectos de investigación con la finalidad de reemplazar a los plásticos comunes. Cabe señalar que el excesivo uso de plásticos causará impactos ambientales negativos y daños muy significativos a todo ser vivo ya que se tiene estimado que en menos de 27 años el océano tendrá más polímeros que criaturas acuáticas (Meta et al., 2021, p. 18). Por esa razón, la búsqueda de un método de producción de bioplásticos óptimo es lo que se necesita para reemplazarlo en su totalidad, el cual debe mantener características físicas comunes, niveles de contaminación, tiempo de degradación y costos de producción.

Debido a que hoy en día seguimos con la producción de plásticos de base petroquímica a escala industrial y apenas empezamos con la introducción de bioplásticos en el mercado de consumo de comidas, aún nos queda mucho por recorrer si queremos dejar de usar por completo los plásticos no biodegradables, por esa razón planteamos el siguiente problema general ¿Cuáles son los métodos utilizados para la producción de bioplásticos en la reducción de la contaminación ambiental? Los problemas específicos tenemos P1: ¿Cuáles son los grupos de métodos de producción de bioplásticos según las materias primas usadas? P2: ¿Cuáles son las ventajas y desventajas de producir diferentes bioplásticos? Asimismo, para la presente revisión literaria nos proponemos como objetivo general determinar los métodos para generar los bioplásticos, en base a este objetivo general consideramos los siguientes objetivos específicos: Identificar grupos de métodos de producción de bioplásticos según las materias primas usadas, determinar las ventajas y desventajas de los métodos de producción de bioplásticos. Este estudio de revisión proporciona una descripción general de bioplásticos con métodos de producción y posibilidades de valorización de desechos alimentarios industriales para producción de bioplásticos.

II. MARCO TEÓRICO

Los bioplásticos son una familia de materiales con diferentes propiedades y aplicaciones. El plástico se denomina bioplástico si es de base biológica, biodegradable o tiene ambas propiedades; si proviene de fuente biológica; puede ser biodegradable o no. Biodegradación es el proceso irreversible con cambio significativo en estructura plástica, se pierden propiedades, dando lugar a fragmentación causada por actividad biológica como acción enzimática que cambia la estructura química del plástico. Biodegradabilidad: que estima la conversión metabólica real de materiales compostables en dióxido de carbono, nivel de aceptación: 90% en 6 meses a 58°C y 50% humedad controlada. Requiere circulación de aire para mantener la concentración de oxígeno de 6% (Manabu et al. 2022, p. 7).

Los bioplásticos se clasifican según propiedades del material como resistencia y dureza. Los métodos de producción de bioplásticos abarcan cinco grupos por origen de materia prima y tecnología de producción de polímeros correspondiente: 1) Extraído de biomasa (almidón, celulosa y proteínas); 2) Productos de organismos naturales o genéticamente modificados; 3) Sintetizado de monómeros, base biológica; 4) Sintetizado de productos petroquímicos; 5) Por combinación de tecnologías y polímeros derivados (Jogi y Bhat, 2020, p. 9).

Nuevos materiales renovables y biodegradables son recurrentes por impactos ambientales de grandes volúmenes de desechos plásticos producidos ante el petróleo de las últimas décadas. El generar bioplásticos a partir de una mezcla de almidón y xilano en proporciones variables, agregando al proceso combinado de α -celulosa y holocelulosa extraídas del bagazo de caña de azúcar. Se evaluó desintegración de bioplásticos en suelo y compostaje, resultando que formulaciones bioplásticas se desintegran en 3 días, 25/75% (xilano/almidón, p/p) desapareció del suelo en 13 días. Data de ecotoxicidad no mostró inhibición del crecimiento microbiano después de biodegradación, lo que produjo el 100% de germinación de la semilla. La influencia positiva de degradación del bioplástico en crecimiento de raíz e hipocótilo, 10 días de desintegración. Así, los bioplásticos de xilano/almidón dan como resultados materiales biodegradables no ecotóxicos (Manabu et al., 2022, p. 9).

El extracto de semilla de pomelo (*Citrus Paradise Macf. Rutaceae*) es una sustancia funcional a base de extracto de plantas naturales que aplica en envasado

de alimentos por su alto poder antioxidante y su amplia actividad antimicrobiana. Un elemento natural, la curcumina, compuesto bioactivo esencial de la cúrcuma, utilizado en varias aplicaciones debido a su no toxicidad y funcionalidades versátiles como antiinflamatorio, anticancerígeno, anticoagulante, antidiabético, antioxidante y antimicrobianas. La curcumina proporciona funciones antimicrobianas y antioxidantes a varios polímeros (Roy y Rhim, 2021, p. 16).

La soja, una planta abundante, se ha cultivado en el mundo como cultivo familiar para obtener aceite, que desgrasada, contiene suma proteína y se utiliza en consumo humano y alimentación para ganado que se desecha en mayor parte del mundo; por tanto, la preparación de bioplásticos de proteína de soya sin reacción de reticulación por formaldehído (HCHO) colapsó en agua, bioplásticos, manteniéndose estable. Su resistencia a la flexión aumentó con concentración de HCHO y mostró valor 35 MPa del 1%, valor similar al polietileno; espectros infrarrojos indicaron formación de enlaces de metileno entre aminoácidos básicos como lisina y arginina. Propiedad biodegradable de bioplástico en Pronasa, una enzima proteolítica mostró pérdida de peso 30% después de 6 días. Resultados sugirieron que bioplástica proteína de soya posee propiedad biodegradable y puede tener potenciales materiales agrícolas, piezas industriales y artículos desechables (Yamada et al., 2020, p. 14).

Los bioplásticos superan a los plásticos convencionales a base de petróleo. Polímeros procesados con fuentes renovables y biodegradable. El bioprocesamiento de desechos agrícolas en bioplásticos en comparación con petroplásticos se produjeron a partir de cáscaras de patata en laboratorio. En reacción bioquímica, calentamiento, se extrajo almidón de cáscaras y se añadió glicerina, vinagre y agua en proporción diferente, resultando muestras plásticas de base biológica. En análisis del ciclo de vida, los petroplásticos exponen potencial calentamiento global, acidificación, eutrofización, ecotoxicidad agua dulce, toxicidad humana y agotamiento de la capa de ozono. La producción de bioplásticos muestra emisiones de gases de efecto invernadero, experimentos para producir bioplásticos entre 0,354 y 0,623 kg CO₂ equivale por kg de bioplástico en comparación con 2,37 kg de CO₂, por kg de polipropileno como petroplástico. Resultando que no presentan efectos potenciales bioplásticos a partir de cáscaras de patata en diferentes impactos ambientales a comparación con ácido poli-β-hidroxibutírico y polipropileno. Los bioplásticos de desechos agrícolas se pueden fabricar a escala industrial para reducir dependencia

de plásticos derivados del petróleo. Mitigando emisiones de GEI y reduciendo impactos en cambio climático (Samer et al., 2021, p.1).

La explotación de combustibles fósiles y aumento de plásticos no biodegradables en modo incontrolable instan a desarrollar eficientes métodos para biodegradar plásticos y materiales alternativos, sustituirlos y mitigar contaminación plástica marina, dado que afecta la vida marina y hábitats, provoca extinción de especies acuáticas. Las algas pueden colonizar superficies de plástico y secretan enzimas para descomponerlos, usando plástico como fuente de carbono para energía. El empleo de microalgas en biodegradación de plástico otorga ventajas ante sistemas bacterianos, siendo una solución potencial. Los bioplásticos producto de microalgas son baratos y seguros para el medio ambiente; aún están en etapa experimental y no son factibles de ser comercializados a escala industrial (Yi et al., 2020, p.8).

Los bioplásticos otorgan el beneficio de retirar los desechos biodegradables del vertedero o incineración a flujos "más ecológicos", a través de digestión anaeróbica y compostaje, ya que retribuye a una economía circular. Fomentar bioplásticos biodegradables requiere enfocarse en envases de plástico con opción a reciclaje eficaz, aunque presente fallas por desafíos al tratar y reciclar materiales hechos de múltiples capas altamente contaminadas con alimentos. (Kakadellis y Harris, 2020, p.1).

Los plásticos de base biológica, que derivan de recursos renovables como caña de azúcar, azúcar de remolacha, ricino, maíz, etc., con 6% de presencia en el mercado mundial de plásticos, han visto un crecimiento creciente y se prevé que aumente su producción en las próximas dos décadas. Los bioplásticos podrían ser una alternativa sostenible a los convencionales de origen fósil a largo plazo, ya que los plásticos de base biológica tienen su propia cuota de desafíos como el abastecimiento de materias primas, uso de la tierra, métodos de cultivo de la biomasa, uso y eliminación de los bioplásticos. Se debe analizar la cadena de valor completa de un producto hecho de bioplásticos antes de fabricar comparaciones con sus contrapartes convencionales (Venkatachalam et al., 2018. p.579).

El poli (3-hidroxi butirato) (P(3HB)), uno de la familia de los polihidroxi alcanoatos (PHA), se produce utilizando varias cepas bacterianas como *Ralstonia eutrophus*, *Bacillus megaterium* y *Alcaligenes eutrophus*. Las propiedades mecánicas de los

productos de P(3HB) son similares a las de los termoplásticos tradicionales, hechos de polipropileno, pueden degradarse completamente, natural por la actividad bacteriana en condiciones aeróbicas o anaeróbicas, o en ambas, lo que da como resultado la descarga de agua y dióxido de carbono, y metano y dióxido de carbono, respectivamente. Estas ventajas implican que el P(3HB) podría ser usado como plástico biodegradable para sustituir plásticos de petroquímicos por su limitado efecto tóxico al medio ambiente, así como el agua y el dióxido de carbono derivados del proceso de degradación de P(3HB); aún implica alto costo de fabricación ante materiales plásticos de origen petroquímico (Marudkla et al., 2018. p. 266).

Los andamios a base de polisacáridos tienen aplicaciones como biomateriales con propiedades bioactivas, biocompatibles y biodegradables; biopolímeros a base de polisacáridos con propiedades materiales relevantes para usos industriales y médicos, en administración de fármacos, adhesivos para la cicatrización de heridas, aditivos y estabilizadores alimentarios. Los polisacáridos se obtienen de fuentes naturales. La síntesis microbiana ofrece una alternativa atractiva para la producción sostenible de biopolímeros personalizados. Aquí, revisamos las estrategias de biología sintética para biopolímeros "verdes" seleccionados: celulosa, alginato, quitina, quitosano y hialuronano. Se analizan las vías de producción microbiana, las oportunidades para mejorar el rendimiento de la vía y los avances en la ingeniería microbiana de biopolímeros en varios huéspedes. En conjunto, la ingeniería microbiana ha ampliado el repertorio de la química biológica ecológica al aumentar la diversidad de materiales de base biológica (Anderson, Islam y Prather, 2018. p.1).

Se espera que los plásticos recuperados del crudo tengan características similares a los obtenidos de materias primas, obtenidas de material orgánico que crea el crudo. Materiales de base biológica son biodegradables, obtenidos de producción directa de polímeros o por producción de monómeros en polimerización bioquímica. El bioplástico puede ser de alta, media o baja densidad y puede fabricarse de acuerdo con métodos comúnmente conocidos en la técnica y ser sustrato de polímeros sintéticos tradicionales; sin embargo, aquellos que se originaron de algas marinas, fueron más amigables con medio ambiente por biodegradabilidad y capacidad de renovación del biopolímero. El desvío de problemas de toxicidad asociados a plásticos tradicionales (PVC, BPA) hace bioplásticos útiles a alimentación humana:

envasado de alimentos y aplicaciones agrícolas; debido a su biocompatibilidad, biodegradación, no citotoxicidad y antimicrobiano propiedades, los biopolímeros de algas marinas también son un excelente material para su uso en materiales implantables, herida apósitos, desintegradores de pastillas, ingeniería de tejidos de ligamentos y tendones, para preparar moldes en odontología o fijación de partes óseas (Ditchburn y Carballeira, 2019. p. 91).

La materia prima *Azotobacter vinelandii* es una bacteria fijadora de nitrógeno del suelo que sintetiza poli- β -hidroxibutirato (PHB), un polímero de importancia industrial para producir bioplástico. Esta bacteria es capaz de sufrir un proceso de diferenciación para formar quistes resistentes a desecación y en el enquistamiento. Esta bacteria sintetiza lípidos fenólicos alquilresorcinoles (AR) que reemplaza a fosfolípidos de membrana en la capa externa del quiste (Bedoya-Pérez et al., 2018. p. 91).

Los polihidroxicanoatos son poliésteres termoplásticos biodegradables que se pueden producir a partir de fuentes renovables. La producción de PHA a partir de cultivos microbianos mixtos (MMC) reducirá significativamente el costo de PHA. La producción de PHA a partir de flujos de desechos que utilizan MMC normalmente implica los siguientes pasos: (1) fermentación acidogénica para obtener AGV; (2) Enriquecimiento de PHA que acumula MMC, es decir, producción de biomasa que produce MMC con potencial de acumulación de PHA (3) acumulación de PHA en la biomasa (4) recuperación de biopolímero. En una demostración a escala piloto se observó que la biomasa era capaz de acumular hasta un 49% de PHA de sólidos volátiles en suspensión con AGV de residuos orgánicos fermentados como sustratos (Atasoy et al., 2018. p. 782).

Los materiales poliméricos etiquetados como biopolímeros (o bioplásticos) cumplen criterios: Polímeros base biológica, polímeros unidades constitucionales que son de origen biomasa. Polímeros naturales (sintetizados por organismos vivos) como sintéticos de base biológica (cuyos monómeros se derivan de recursos renovables) forman parte. Polímeros biodegradables, un elemento polimérico que puede biodegradarse, ligado a la estructura de la cadena polimérica; no depende del origen de materias primas. Polímeros biocompatibles: Polímeros que son compatibles con tejidos humanos o animales y adecuados para terapia médica. El polímero no daña

el cuerpo ni su metabolismo de ninguna manera mientras cumple la función esperada. (Imre et al., 2019. p. 21-22)

El bioplástico comprende almidón, ácido poliláctico y alcohol polivinílico. En Indonesia, el almidón, especialmente el de bengkuang (*Pachyrhizus erosus*), es abundante y económico. Su producción total alcanzó los 191,5 quintales/ha por año, lo que aumentó indirectamente el valor del almidón en función de su capacidad para mezclarse con almidón a base de bioplástico. El almidón Bengkuang tiene ventajas: disponibilidad, bajo costo y respeto al medio ambiente. Este almidón tiene alto contenido de amilosa de aproximadamente 30% a 40%; sus desventajas: baja estabilidad térmica y alta absorción de humedad; la adición de fibra de celulosa del jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) es candidata para refuerzo debido a su alto contenido de celulosa y abundancia en la naturaleza. El jacinto de agua es una macrófita que flota libremente y exhibe tasa de crecimiento rápida, adaptabilidad a una amplia gama de condiciones ambientales y una alta capacidad de absorción de nutrientes (Syafri et al., 2019. p. 6224).

Los polihidroxicanoatos (PHA) poseen las características únicas de ser biodegradable en el medio ambiente, lo que ayuda a aliviar el problema del flujo de desechos plásticos, como lo demuestra, por ejemplo, la basura plástica en el océano (Russo et al., 2019. p. 967).

Además de ser producido por una fuente no renovable y recurso ambientalmente oneroso, el uso de plásticos a base de petróleo ha llevado a problemas en la gestión de sólidos desperdiciados. Plásticos de base biológica y biodegradables como los polihidroxicanoatos (PHAs) proporcionan una interesante alternativa. Sin embargo, los sustratos utilizados en la establecida producción industrial de PHA son compuestos a base de azúcar con un alto valor de mercado. Esto hace que el uso de sustratos de bajo valor como la fracción orgánica de los residuos sólidos municipales OFMSW interesante (Vea, Romeo y Thomsen, 2018. p. 593).

La modificación con ácido cítrico de los biopolímeros de almidón da un citrato de almidón termodinámicamente más estable, las propiedades de barrera del producto son relativamente malas. Este documento informa sobre un nuevo proceso de modificación que mejoró significativamente las propiedades de barrera del citrato de

almidón al tratarlo con un complejo formado por acetato de amonio y tiourea en presencia de un catalizador de polisorbato. Las características de la barrera que se investigaron incluyen el porcentaje de absorción de humedad, el porcentaje de reflectancia y el estudio de liberación de vapor de agua. Se emplearon FTIR, SEM y TGA para caracterizar las biopelículas de citrato de almidón antes y después de las modificaciones del complejo amonio-tiourea. (Saliu et al., 2019. p.141).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación fue básica, dado que estuvo dirigida a un conocimiento más completo a través de la comprensión de aspectos fundamentales de los fenómenos, de hechos observables o de relaciones que establecen los entes (Concytec, 2018). Ello permitió identificar y sintetizar investigaciones existentes de artículos científicos en forma descriptiva, basándose en una recopilación de experimentos e investigaciones ejecutadas que han sido encontradas y además con la definición que nos proporcionó; así, (Tacillo, 2016, p.89) sustentó que la investigación teórica fue caracterizada por los fundamentos en la posibilidad de desarrollar la teoría y ley científica o también de las informaciones o aplicaciones que son explicadas y usadas en la realidad, por otra parte, sometió a confirmar las teorías, incluyendo la práctica nuevos problemas que requieren soluciones y se llegue a una explicación teórica.

3.1.2. Diseño de investigación

En esta investigación, el tipo de diseño fue no experimental descriptivo comparativo, ya que según (Tacillo, 2016, p.87) "A través de este diseño se recolectaron datos o informaciones en diferentes muestras acerca de un mismo hecho", por lo tanto, se recopilaron diferentes investigaciones vinculadas al mismo tema de investigación y cada una con sus respectivos resultados y variaciones.

3.2. Categorías, Subcategorías y Matriz de categorización

La matriz apriorística tuvo como categorías (Extracción de biomasa; Producción a través de organismos naturales; Bioplásticos a partir de copolímeros y biocompuestos; Bioplásticos sintetizados a partir de monómeros de base biológica; Sintetizado a partir de petroquímicos) junto con las subcategorías (Ventajas y Desventajas) en relación a los objetivos delimitados en base a los problemas identificados en la investigación según los criterios que se emplearon para analizar los bioplásticos lo cual se muestra en la Tabla 3.

3.3. Escenario de Estudio

El escenario de investigación fue el conocimiento e investigación de las aplicaciones de los diferentes métodos de producción para obtener bioplásticos, por otra parte, ya que fue una investigación de revisión sistemática, no presentó un escenario de estudio específico.

3.4. Participantes

En el presente estudio los participantes fueron los artículos, investigaciones e informaciones de bases de datos, bibliotecas virtuales o directorios de revistas científicas tales como: Elsevier que fueron 134 artículos, EBSCO fueron 11 y PubMed fue 9 artículos. De aquellos, se realizó la búsqueda con las palabras claves: Extracción de biomasa; Producción a través de organismos naturales; Bioplásticos a partir de copolímeros y biocompuestos; Bioplásticos sintetizados a partir de monómeros de base biológica; Sintetizado a partir de petroquímicos.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos se dio en la aplicación de instrumentos que han sido utilizados en la metodología para desarrollar o guiar la información analizada, para ver los sistemas de datos, como test, entrevistas, diagramas de flujo, etc. (Gallardo, 2017, p.72).

Las técnicas que se usaron en las investigaciones cualitativas vienen de la observación, entrevistas y revisión de documentos o lectura de textos (Gallardo, 2017, p.72); por lo tanto, nuestra investigación tiene la técnica de revisión de documentos, ya que se buscó información a base de artículos de revistas indexadas confiables, debido a ello se presenta los datos (Tabla 4).

3.6. Procedimientos

El procedimiento de la investigación se inició desde la búsqueda de artículos según las palabras clave que se han delimitado, seguido de fuentes de información confiables como Elsevier, PubMed y Ebsco, además de ver el tiempo de publicación que no exceda entre los últimos 6 años y, finalmente, que estén acordes a nuestros requisitos de búsqueda en base a los objetivos que se observa en la Figura 1.

3.7. Rigor Científico

El estudio estuvo basado en los cuatro criterios encontrados que comúnmente fueron usados en investigaciones cualitativas, como lo fue la dependencia por haber buscado informaciones semejantes a lo que nosotros necesitábamos en base a nuestros requerimientos u objetivos; otro fue la credibilidad que requeríamos sobre los datos habiendo reforzado nuestro trabajo con revistas o artículos que se encontraban acreditadas y de esa forma haber elevado el nivel de confianza y calidad; también lo fue con la auditabilidad, debido a que la relación que tuvo la investigación con la realidad fue muy acertada por los problemas que observábamos mientras buscábamos la información; finalmente fue la transferibilidad que complementaba los resultados por haber desarrollado y sistematizado el contenido de los trabajos y de haber visto posibilidades de ampliarlos, habiendo descrito o modificando el lenguaje según la población lectora (Bravo y Osorio, 2017, p.6-8).

3.8. Método de análisis de la información

El método de análisis se realizó basándose en el análisis descriptivo y exploratorio en las investigaciones científicas que encontramos, analizando principalmente los resúmenes de los artículos, además en relación a nuestros criterios, deben ser en inglés, si contienen materias primas al alcance de cualquier industria, revisando las condiciones que requieren para poder fabricarlo a nivel de laboratorio, tiempo de degradación, limitaciones, fortalezas; tuvimos en cuenta que la información esté en el rango de los últimos 5 años, que sean accesibles y no tan complejos de estudiar, también el análisis nos permitió

identificar cuáles no eran del todo factibles o que contaban con muy poca información para poder trabajarlo a futuro.

3.9. Aspectos éticos

Este proyecto de investigación se basó en la recopilación de artículos en revistas indexadas, haciendo una revisión sistemática, respetando la autoría de los diferentes investigadores de los cuáles hacemos uso los datos que nos proporcionan, no realizando copia total de lo examinado, sino realizando las citas correspondientes según la norma ISO 690, además de cumplir con los lineamientos de Universidad César Vallejo para demostrar este trabajo ante la comunidad para difundir los hallazgos que han realizado dichos autores y poder guiarse para mejorar esas investigaciones.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, con la investigación, se presenta los resultados obtenidos mediante el previo análisis sobre el tipo de materia prima que se usa para producir el bioplástico, del cual se extrae el componente esencial para empezar el tratamiento para su fabricación.

Tabla 1: Materias, fuentes y componentes de bioplásticos.

Medio Productor	Componente o nombre del Bioplástico	Autores
Efluentes agroindustriales tratado con <i>Halomonas</i> sp. SF2003	poli(3-hidroxi-butirato-co-3-hidroxi-valerato), PHB, PHA	Lemechko, Le Fellic, Bruzard (2019)
Los subproductos (recortes del fileteado) del procesamiento del bagre dorado (<i>Brachyplatystoma rousseauxii</i>)	Proteínas miofibrilares más glicerina	Araújo et al. (2018)
Plumas de Pollo	Keratina	Sharma et al. (2018)
El peróxido de calcio (CaO_2) lodo de sedimentación primaria mejorada químicamente (CEPS)	PHAs	Xu et al. (2018)
Papel de Oficina desecho	poli-3-hidroxi-butirato	Sivakumar et al. (2018)

Los lodos de aguas residuales secundarias municipales	PHA	Kumar et al. (2018)
Biomasa Forestal (Material Lignocelulósico)	PHA, PLA, Acetato de celulosa	Vallejos et al. (2017)
Lodos Microbianos o Biomasa seca	PHB	Righi et al. (2017)
Microorganismos <i>Bacillus</i>	PHA	Dash et al. (2017)
Microalgas	PHA, PHB, PLA, Celulosa	Chong et al. (2022)
Yuca y maíz	Almidón	Zounggran et al. (2020)
Algas	PHA, PLA, Carragenina, Proteínas Vegetales	Zhang et al. (2019)
Bacterias y Arqueas	PHA, PHA sintasa (PhaC)	Foong et al. (2019)
<i>Escherichia coli</i>	PLA	Goto et al. (2019)
Microalgas	PHA	Costa et al. (2019)
<i>Rhodopseudomonas</i> sp. S16-VOGS3	Poli-3-hidroxitirato	Carlozzi et al. (2019)
E. Coli	Aminoácido de cadena lineal no natural (NNSCAA)	Cheng et al. (2019)

<i>Pseudomonas putida</i> KT2440	PHA	Xu et al. (2019)
<i>Cupriavidus</i> sp. HPC(L) del suelo del desierto de Kutch	PHB	Agarwal, Prakash y Purohit (2019)
Cepa Te de <i>P. Pseudoalcaligenes</i>	PHA	Zihayat et al. (2019)
Lignina	PHA, PHB, PLA – PU, PL, PA, PO, PE	Rajesh et al. (2019)
Arbustos <i>Astragalus</i>	Goma de tragacanto (TG)	Zare, Makvandi, Tay (2019)
Carbohidratos, mono, di o polisacáridos como glucosa, sacarosa, lactosa, almidón y lignocelulosa; triglicéridos, ácidos grasos, glicerol, grasa animal, aceites vegetales, aceites para freír y residuos de metanol de la industria del biodiesel; e hidrocarburos tales como metano e hidrocarburos derivados de desechos plásticos	PHA	Albuquerque y Malafaia (2018)
<i>Rhodopseudomonas</i> sp. S16-VOGS3	P3HB	Padovani et al. (2018)
CO ₂ , O ₂ y H ₂	Poli(3-hidroxi-butirato-co-3-hidroxi-valerato) (PHBV)	Ghysels et al. (2018)
Semillas oleaginosas, La colza (<i>Brassica napus</i>)	Proteína de Colza más Glicerol	Delgado, Félix y Bengoechea (2018)

CO ₂ , Proceso biológico de dos etapas que transfiere gas a líquido (Bio-GTL). Las cepas <i>A. woodii</i> (DSM 1030) y <i>R. eutropha</i> H16 (DSM 428)	PHB	Rowaihi et al. (2018)
Soja	Proteína más Glicerol	Castillo et al. (2018) Jiménez et al. (2018)
Cultivo Mixto de Cianobacterias, <i>Aphanocapsa</i> sp. y cf. <i>Chroococciopsis</i> sp.	PHB	Arias et al. (2018)
La arquea halófila, <i>Natrinema ajinwuensis</i> RM-G10	PHA	Dhara et al. (2018)
Jugo de remolacha azucarera, Aceite de canola, Dextrosa de maíz y yuca, Sacarosa purificada	PHA	Dietrich et al. (2017)
La cianobacteria <i>Oscillatoria okeni</i> TISTR 8549	poli(3-hidroxitirato-co-3-hidroxitirato) (PHBV)	Taepucharoen et al. (2017)
Las aguas residuales de almazara que surge de la producción y refinación del aceite de oliva	poli-3-hidroxitirato (PHB)	Carofiglio et al. (2017)
Biomasa seca utilizando el método de digestión con hipoclorito de sodio	PHA	Tufail, Munir y Jamil (2017)

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°1 se muestra la cantidad de artículos revisados, primero mostramos unas 34 investigaciones de las que hemos seleccionado para discutir sobre el tipo de materias primas que se utilizan para poder generar o producir los bioplásticos, tenemos a Lemechko, Le Fellic y Bruzard (2019) que utilizaron efluentes agroindustriales tratado con *Halomonas* para producir PHB y PHA; así como Araújo et al. (2018) que nos lleva a los recursos marinos con los subproductos (recortes del fileteado) del procesamiento del bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) que pudo crear fibras microfibrilares; ahora tenemos otra variedad que viene de los recursos terrestres junto con Vallejos et al. (2017) que usó la biomasa forestal (Material Lignocelulósico) para producir diferente bioplásticos como PHA, PLA y Acetato de celulosa; además tenemos a Padovani et al. (2018), Dash et al. (2017) que utilizan microorganismo como *Rhodopseudomonas* sp. S16-VOGS3 y *Bacillus*, así como otros autores donde los tratamientos descritos en las investigaciones, requieren el uso de bacterias, algas o microorganismos para poder crear o extraer bioplásticos; entonces, vemos que hay una gran variedad y selección de los componentes del cuál analizamos puede ser factible en generar los bioplásticos, que muestran como efluentes de las industrias, restos o residuos sólidos de actividades como la parte agrícola o la industrial, microorganismos, microalgas, frutos, vegetales, etc. Comprobamos que no hay límite en el que podamos analizar o investigar para que, de ciertos componentes, se pueda producir un bioplástico, ya que en su mayoría presentan ciertos polímeros o componentes químicos del cual se puede combinar, modificar o extraer un bioplástico, en este caso el polímero que actualmente si es comercializado a nivel mundial y encontramos en la mayoría de investigaciones, resulta ser los polihidroxicanoatos (PHA).

En cuanto a aspectos ambientales teniendo en cuenta a Vallejos et al. (2017) podemos afirmar que las materias primas de origen forestal presentan una mayor ventaja sobre las materias primas de orígenes fósiles por lo que su ciclo de carbono es mucho más corto, mostrando un equilibrio entre el carbono atmosférico (dióxido de carbono) y el carbono unido a la materia orgánica. Otro punto de visto, tenemos a Dash et al. (2017) ya que observamos como el utilizar de materias primas baratas como fuentes de carbono implica una reducción simultánea con el costo de fabricación de productos de valor agregado, dependiendo de las fuentes de carbono

de bajo costo, por ejemplo: la melaza de caña de azúcar, la melaza de remolacha, el jarabe de dátiles, el suero y los lodos activados, se usan más comúnmente para la producción de PHA.

Por otra parte, tenemos las ventajas y desventajas de los métodos de producción de los bioplásticos a partir de las materias primas investigadas presentadas a continuación en la tabla 2:

Tabla 2: Materias, Ventajas y Desventajas.

METODO	AGENTE O MATERIA PRIMA	TIEMPO DE DEGRADACIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	CITA
Extracción de biomasa	Alginato extraído de algas pardas	Degradación en el día 4	Sirve como suplente de los polímeros convencionales. El tiempo de degradación es veloz, mejoran su elasticidad cuando las algas se mezclan con IS (Azúcar invertido) frente a la ausencia de esta ya que se vuelven más quebradizos.	Se necesita mucho cuidado en la extracción de materiales para bioplásticos. Cuanto más IS (azúcar invertido) se agregaba, más pegajoso era el bioplástico.	(Karthiani K, 2022, pag.3).
	<i>Gracilaria vermiculophylla</i> contiene agar con alta fuerza de gell	Degradación en la primera semana de la prueba de enterramiento o en el suelo.	Proceso y resultados en corto tiempo, alto rendimiento, bajo consumo de solvente, escalable. Pueden crecer muy rápido, su acceso de cosechar es accesible y económico. Estos microorganismos también se pueden mezclar con otras especies o insumos	Alto costo de equipo, alto riesgo de explosión, el solvente debe ser polar y no volátil. Es necesario asociarlas con otros insumos para mejorar su fortalecimiento.	(Lim, C. y Col, 2021, pag.4).

			producidos con el objetivo de potenciar sus características y propiedades.		
	Paja de arroz	105 días	Las propiedades mecánicas de los bioplásticos en producción cuando está seco, son semejantes a las del poliestireno, mientras que el bioplástico fundido en estado húmedo es similar al poli (cloruro de vinilo) plastificado. Todo ello sirve para comprobar el alto rendimiento mecánico del biopolímero recién obtenido cuando está seco y húmedo.	Se requiere de mayores investigaciones para poder realizar experimentos y mejorar los mecanismos de producción del biopolímero. En este estudio, solo se hizo una prueba impulsada por agua para determinar el efecto de la forma, Sin embargo, no se han explorado otros estímulos externos, como el cambio de temperatura.	(Bilo, Fabiola, et al. 2018, pag.6)
Producción a través de organismos naturales	Sacáridos, junto con n- alcanos, ácidos n- alcanicos, n-alcoholes, gases y ácido	-	La gran mayoría utiliza cultivos de la industria alimentaria para la producción de PHA. El gasto industrial actual para la producción de PHA es mayor que el de los polímeros convencionales, pero vale la pena ya que el impacto que se genera en el medio ambiente es menor.	Las principales desventajas para la fabricación de PHA y la utilización en la vida cotidiana es muy costoso, además del alto consumo de energía eléctrica para la esterilización de los fermentadores. Si bien es cierto los residuos se encuentran al final de su ciclo de vida, al reutilizarlos el costo de inversión es mayor.	(Jogi; Bhat, 2020, pag.5)

	<i>Bacillus cereus</i>	-	Este estudio demostró que el contenido de PHB se incrementó en 1,4 veces cuando se utiliza el medio optimizado RSM en comparación con otros procesos de optimización comunes y/o convencionales.	<i>Los procesos para la determinación de la materia prima, así como también las condiciones necesarias para la formación del biopolímero requiere de distintos factores, tales como: tiempo, temperatura, viscosidad, etc.</i>	(Shereen M. 2022, pag.5).
	Microalgas	-	Las pruebas realizadas para medir la calidad del producto demostraron que se puede obtener una mejor calidad de bioplástico con <i>Chlorella vulgaris</i> que con la <i>Spirulina</i> .	La utilización de microalgas ha sido estudiada para producir bioplásticos, sin embargo, estos productos actualmente no son viables en cuanto a economía, debido al costo de producción y la necesidad del constante monitoreo para el mismo.	(Alí, S. 2022, p.3).
Bioplásticos a partir de copolímeros y biocompuestos	Fibra natural de aserrín (harina) con tallos de cannabis	Degradación en 4 meses	Las pruebas que fueron enterradas en suelo arcilloso deterioraron su morfología superficial y estructura química, disminuyeron sus propiedades y su peso. Por lo que es recomendable ya que se observó la degradación en 10%	Se necesitan de incorporación de agentes de acoplamiento y tratamientos superficiales para perfeccionar la compatibilidad entre las fibras naturales de aserrín y los bioplásticos.	(Buitrago, C, et al. 2018, pag.1).
Bioplásticos sintetizados a partir de	PGA y poli(L-lactida) (PLLA) y	-	Estos incluyen propiedades como alta barrera a los gases, alta durabilidad, alta resistencia a los solventes	Este polímero no se ha utilizado a gran escala porque el costo de	(Magazzini L, et al, 2021)

monómeros de base biológica	policaprolactona (PCL)		orgánicos comunes, alta resistencia al calor, alta dureza y descomposición rápida, y compostabilidad.	producción es muy alto, por lo que a las latas empresas no les conviene invertir en la compra de materia prima, materiales y equipos.	
Sintetizado a partir de petroquímicos	Plástico a base de petróleo	22 semanas	El contacto de la superficie y el tipo de la misma influye en cuanto el tiempo de degradación ya que El biopolímero PBS (succinato de polibutileno) que estaba en la superficie del agua de mar se degradado después de 22 semanas, mientras que el de PBS el cual fue enterrado en la arena bajo el agua de mar tomó más tiempo, alrededor de 4 a 8 semanas adicionales.	A mayor exposición estas se partirán en pequeños pedazos después de 56 y 66 semanas, esto debido a que las características del petróleo no fueron identificadas antes de realizar los experimentos.	(Santi P, 2022, p.5).
Bioplásticos por Extracción directa de biomasa	Cáscaras de Mangifera indica y Musa paradisiaca	4 semanas	El uso de glicerina ayuda en el aumento la degradabilidad de las láminas de biopolímeros. Esto se debe a que el producto disminuye las resistencias intermoleculares del almidón, por otro lado, el efecto suavizante del glicerol se debe a su capacidad para reducir los enlaces de hidrógeno internos.	El biopolímero expuesto a una cantidad mínima de glicerol demoró más tiempo en degradarse, esto puede deberse a la alta resistencia y fuerte unión entre plastificante y almidón dentro de la lámina.	(Sernaqué F, 2020, pag.2).
	Almidón de cáscara de plátano quitosano-kepok	-	Debido a su rápida biodegradación y actividad antimicrobiana estas pueden inhibir el crecimiento de bacterias para mejorar la seguridad de los alimentos,	Al incremental el producto glicerol en el experimento podría actuar como plastificante lo que aumentará el proceso de	(Agustín, Y, 2017, pag.4).

			pueden tener aplicaciones potenciales para el empaque antimicrobiano.	biodegradación, pero al mismo tiempo disminuirá la actividad antimicrobiana.	
	Proteína de Soja	144 horas	Una de las ventajas es tener en cuenta la concentración de HCHO ya que en este estudio se tomó al 1% y tuvieron como resultado que existe una afectación entre la reacción con la proteína de soja y la preparación del bioplástico de forma positiva ya que sin esta la viscosidad se vuelve más blanda y no se desmorona cuando se pinzaron con pinzas.	Sin embargo, una de sus desventajas es que, esta materia prima en forma de pellets podía quebrarse de manera fácil con solo el tacto de la mano y por lo que se pudo observar que poseía una propiedad frágil. Así mismo, cuando los pellets de proteína de soja fueron mejorados, estas colapsaron sumergidas en agua y no se pudieron sostener por pinzas. Lo que refleja que sin los tratamientos químicos previos estas no pueden ser utilizadas como sustituto del material convencional.	(Masonari, Y, 2019, pag.3).

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N°2 observamos los diferentes métodos y con ello las ventajas y desventajas, en algunas revisiones se pudo encontrar el tiempo de degradación como también la materia prima utilizada. En ese sentido, se detallará a continuación los resultados obtenidos. Según (Karthiani, 2022, pag.3) quien utilizó el método de extracción por biomasa con Alginato

Ebeherac extraído de algas pardas y con un tiempo de degradación de 4 días, explica que una de los beneficios es que sirve como suplente de los polímeros o convencionales. Además, de que el tiempo de degradación es veloz; por último, mejoran su elasticidad cuando las algas se mezclan con IS (Azúcar invertido) frente a la ausencia de esta ya que se vuelven más quebradizos. Sin embargo, las desventajas encontradas en este tipo de procedimiento fueron de que se necesita mucho cuidado en la extracción de materiales para bioplásticos. Cuanto más IS (azúcar invertido) se agregaba, más pegajoso era el bioplástico. Ante esto se puede apreciar que el biopolímero extraído puede ser mejorado con azúcar invertido, si determinamos que existen otras mezclas o gelatinas que mejoran ciertas características del bioplástico, le daremos un valor agregado mayor, haciendo que su utilidad sea más amplia y se vea más cotizable para el mercado.

Así mismo, (LIM, C. y col, 2021, pag.4) aplicaron el mismo método, pero con diferente agente el cual fue *Gracilaria vermiculophylla* contiene agar con alta fuerza de gel, este biomaterial se degradó en la primera semana de la prueba de enterramiento en el suelo, su ventaja de este es que se obtienen resultados en corto tiempo, alto rendimiento, bajo consumo de solvente, escalable. Pueden crecer muy rápido, su acceso de cosechar es accesible y económico. No obstante, estos microorganismos también se pueden mezclar con otras especies o insumos producidos con el objetivo de potenciar sus características y propiedades. Alto costo de equipo, alto riesgo de explosión, el solvente debe ser polar y no volátil. Es necesario asociarlas con otros insumos para mejorar su fortalecimiento. Finalmente, (BILLO, Fabjola, et al. 2018, pag.6) empleó paja de arroz y en 105 días se observó la biodegradación, por otro lado, los beneficios encontrados fueron que las propiedades mecánicas de los bioplásticos en producción cuando está seco son semejantes a las del poliestireno, mientras que el bioplástico fundido en estado húmedo es similar al poli (cloruro de vinilo) plastificado. Todo ello sirve para comprobar el alto rendimiento mecánico del biopolímero recién obtenido cuando está seco y húmedo.

Uno de los problemas o interferencias en este proceso es que se requiere de mayores investigaciones para poder realizar experimentos y mejorar los mecanismos de producción del biopolímero. En este estudio, solo se hizo una

prueba utilizando agua para determinar el efecto de la forma, Sin embargo, no se han explorado otros estímulos externos, como el cambio de temperatura.

Seguidamente, se expone otro método el cual es la producción de biopolímeros a través de organismos naturales; por ejemplo, (Jõgi; Bhat, 2020, pag.5) utilizó Sacáridos, junto con n-alcanos, ácidos n-alcanoicos, n-alcoholes, gases y ácido en este estudio, en el cual describe que la gran mayoría utiliza cultivos de la industria alimentaria para la producción de PHA. El gasto industrial actual para la producción de PHA es mayor que el de los polímeros convencionales, pero vale la pena ya que el impacto que se genera en el medio ambiente es menor; las principales desventajas para la fabricación de PHA y la utilización en la vida cotidiana es muy costoso, además del alto consumo de energía eléctrica para la esterilización de los fermentadores. Si bien es cierto los residuos se encuentran al final del ciclo de vida del producto, pero al reutilizarlos el costo de inversión es mayor. Por otra parte, se usó la bacteria *Bacillus Cereus* y se demostró que el contenido de PHB se incrementó en 1,4 veces cuando se utiliza el medio optimizado RSM en comparación con otros procesos de optimización comunes y/o convencionales. De igual forma, los procesos para la determinación de la materia prima, así como también las condiciones necesarias para la formación del biopolímero requiere de distintos factores, tales como: tiempo, temperatura, viscosidad, etc. (Shereen M. 2022, pag.5). Finalmente, (Alí, S. 2022, p.3) utilizó como agente microbiológico las microalgas y realizaron pruebas para medir la calidad del producto en donde se demostró como una de los beneficios se puede obtener una mejor calidad de bioplástico con *Chlorella vulgaris* que con la *Spirulina*. La utilización de microalgas ha sido estudiada para producir bioplásticos, sin embargo, estos productos actualmente no son viables en cuanto a economía, debido al costo de producción y la necesidad del constante monitoreo para el mismo (Alí, S. 2022, p.3). La producción por organismos naturales es la que genera un mayor índice de producto (biopolímero), sin tener en cuenta que existen miles de medios de cultivo para estos los cuales pueden ser extraídos de residuos de actividades agrícolas o residuos domiciliarios, haciendo que el costo sea 0; además, mantienen distintos índices de producción de biopolímeros según el medio de cultivo y el agente productor haciéndolo un punto que debe ser explorado a fondo con la búsqueda de mayor

eficiencia posible. Sin contar los costos, los cuales llegan a ser altos, el uso de estos llegaría a ser una buena alternativa para generar biopolímeros productores de bioplásticos.

Por otro lado, el siguiente método es la de producir bioplásticos a partir de copolímeros y biocompuestos, se utilizó como fibra natural de aserrín (harina) con tallos de cannabis, el tiempo de degradación fue en 4 meses. Se obtuvieron como ventajas en cuanto a las pruebas de superficie con el contacto del biomaterial, las cuales fueron enterradas en suelo arcilloso deterioraron su morfología superficial y estructura química, disminuyeron sus propiedades y su peso. Por lo que es recomendable ya que se observó la degradación en 10%. Pero, una de los inconvenientes es que se necesitan de incorporación de agentes de acoplamiento y tratamientos superficiales para perfeccionar la compatibilidad entre las fibras naturales de aserrín y los bioplástico (BUIRAGO, C. 2018, pag.1). En otro estudio produjeron bioplásticos sintetizados a partir de monómeros de base biológica con PGA y poli(L-lactida) (PLLA) y policaprolactona (PCL), como aprovechamiento para el medio ambiente se refleja en que estos incluyen propiedades como alta barrera a los gases, alta durabilidad, alta resistencia a los solventes orgánicos comunes, alta resistencia al calor, alta dureza y descomposición rápida, y compostabilidad. El lado negativo que este presenta es que no se ha utilizado a gran escala porque el costo de producción es muy alto, por lo que a las latas empresas no les conviene invertir en la compra de materia prima, materiales y equipos (MAGAZZINI L, et al, 2021).

Seguidamente, se detalla el método en el cual producen bioplástico sintetizado a partir de petroquímicos, la materia prima que utilizaron fue de plásticos a base de petróleo, tardó en descomponerse en 22 semanas. Su beneficio es que el contacto de la superficie y el tipo de la misma influye en cuanto el tiempo de degradación ya que El biopolímero PBS (succinato de polibutileno) que estaba en la superficie del agua de mar se degradado después de 22 semanas, mientras que el de PBS el cual fue enterrado en la arena bajo el agua de mar tomó más tiempo, alrededor de 4 a 8 semanas adicionales. Sin embargo, A mayor exposición estas se partirán en pequeños pedazos después de 56 y 66 semanas, esto debido a que las

características del petróleo no fueron identificadas antes de realizar los experimentos (SANTI P, 2022, p.5).

Finalmente, se discute el último método encontrado durante la revisión bibliográfica el cual es producir Bioplásticos por Extracción directa de biomasa, según (Sernaqué F, 2020) consideró como materia prima a las *cáscaras de Mangifera indica y Musa paradisiaca*, el tiempo de degradación fue en 4 semanas. Se determinó como ventaja del proceso el uso de glicerina ya que ayuda en el aumento la degradabilidad de las láminas de biopolímeros. Esto se debe a que el producto disminuye las resistencias intermoleculares del almidón, por otro lado, el efecto suavizante del glicerol se debe a su capacidad para reducir los enlaces de hidrógeno internos. Se pudo determinar también que el biopolímero expuesto a una cantidad mínima de glicerol demoró más tiempo en degradarse, esto puede deberse a la alta resistencia y fuerte unión entre plastificante y almidón dentro de la lámina (pag.2).

Así mismo, (AGUSTIN Y, 2017) empleó el mismo mecanismo, así como también el insumo adicional, pero con un agente diferente el cual fue Almidón de cáscara de plátano quitosano-kepok, la ventaja que representa es que debido a su rápida biodegradación y actividad antimicrobiana estas pueden inhibir el crecimiento de bacterias para mejorar la seguridad de los alimentos, pueden tener aplicaciones potenciales para el empaque antimicrobiano. Sin embargo, al incrementar el producto glicerol en el experimento podría actuar como plastificante lo que aumentará el proceso de biodegradación, pero al mismo tiempo disminuirá la actividad antimicrobiana (pag.4). Para culminar con este proceso, Según (MASONARI, Y, 2019) quien usó la proteína de Soja como agente obtuvo en 144 horas un porcentaje de biodegradación considerable. Por lo que, una de las ventajas es tener en cuenta la concentración de HCHO (Formaldehído) ya que en este estudio se tomó al 1% y tuvieron como resultado que existe una afectación entre la reacción con la proteína de soya y la preparación del bioplástico de forma positiva porque sin esta la viscosidad se vuelve más blanda y no se desmorona cuando se pinzaron con pinzas. Sin embargo, una de sus desventajas es que, esta materia prima en forma de pellets podía quebrarse de manera fácil con solo el tacto de la mano, esto significa que poseía una propiedad frágil. Así mismo, cuando los

pellets de proteína de soja fueron mejorados, estas colapsaron sumergidas en agua y no se pudieron sostener por pinzas. Lo que refleja que sin los tratamientos químicos previos estas no pueden ser utilizadas como sustituto del material convencional (pag.3).

Analizando toda la información respecto a las desventajas sobre la producción de bioplásticos, vemos que tanto los polímeros tradicionales aún son difíciles de sustituir a escala industrial, debido a la diversidad de aditivos que necesitan los bioplásticos para reforzar su estructura o sus parámetros fisicoquímicos para ser llevada a nivel industrial, por otra parte en cuanto a la cantidad de inversión para desarrollar los procesos de producción de bioplásticos de origen microbiano por ejemplo, resulta ser en elevados costos que no son rentables para las empresas, en cuanto a los beneficios que traería si todo ello se superase tenemos la parte de biodegradación y su gran aporte a la reducción de contaminación por plásticos tradicionales, además de los bajos niveles de actividad microbiana en los bioplásticos, ya que no alteraría las propiedades de lo que pueda entrar en contacto con ella. Para que un bioplástico sea sostenible resulta ser dependiente de varios factores, incluida la reciclabilidad, la reutilización, la biodegradabilidad, la aplicación, la infraestructura local, etc.

V. CONCLUSIONES

Los métodos o las formas para producir se agruparon según ciertas características tomadas por nosotros y un autor como antecedente, los cuales dependen del componente a extraer, además de la materia prima y sus propiedades fisicoquímicas, encontramos que en muchos artículos se detalla el proceso por el cual se extrae el bioplástico requerido, sin embargo, no mostraban un nombre técnico general por el cual se defina todo el procedimiento realizado, salvo unos pocos artículos que detallan cierta clasificación del cual nos basamos, pero aún quedaría por investigar más. Los métodos como resultante fueron: Extracción de biomasa, producción a través de organismos naturales, bioplásticos a partir de copolímeros y biocompuestos, bioplásticos sintetizados a partir de monómeros de base biológica y sintetizado a partir de petroquímicos.

Asimismo, las materias primas que pueden ser utilizadas para desarrollar bioplásticos son: frutas o vegetales como yuca, maíz, soja, cáscara de papa, caña de azúcar; residuos de actividades industriales como los efluentes de aguas residuales municipales, los lodos activados, residuos lácteos, aceite de canola o residuos sólidos como las plumas de pollo, papel de oficina; por otra parte, tenemos los microorganismos, como la *Pseudoalcaligenes*, *Rhodopseudomonas* sp. S16-VOGS3, *E. Coli*, además de las algas marinas o microalgas; por otro lado, tenemos los recursos terrestres como la biomasa forestal que contiene materiales lignocelulósicos, arbustos *Astragalus*, etc.

Finalmente, las ventajas de los métodos para producir bioplásticos, son el tiempo de degradación, la capacidad de reemplazar a los polímeros convencionales a base de petróleo o la simbiosis que tienen algunos microorganismos para adaptarse con otros componentes, que en su mayoría pueden aplicarse, las propiedades mecánicas o estructurales que ciertas especies como la paja de arroz que se compara con los plásticos tradicionales, sin mencionar la disminución de huella de carbono, el ahorro energético, reducción de residuos no biodegradables, sin embargo, es ahí donde entra la desventaja que observamos, se debe por la demanda de inversión en investigaciones que incluye el uso de microorganismos lo que delimita para poder avanzar a la parte industrial, pese a

que las alternativas son muy tentativas, pero también ciertas estructuras necesitan ser reforzadas con otros aditivos y por ello el impedimento de continuar con los proyectos a gran escala.

En relación a las conclusiones anteriores, se observó que la aplicación de bioplásticos producidos a través de organismos naturales como bacterias, está siendo aplicada en el mercado industrial de empresas europeas, las cuales apostaron por este método para sintetizar residuos orgánicos de muchas empresas y producir bioplásticos para su venta, a través de una red de economía circular, la cual busca aprovechar estos residuos para disminuir la huella de carbono que produce cada empresa y por otra parte, también están los residuos agrícolas, celulosa o almidón de papa o maíz como los materiales para extraer polímeros naturales más usados en la industria a gran escala, en este caso, los polihidroxialcanoatos (PHA).

VI. RECOMENDACIONES

Promover diversos estudios experimentales para seguir en la búsqueda de artículos o libros para la ampliación sobre el panorama de los bioplásticos, en cuanto a su nombre técnico para poder definir métodos que puedan generalizar y poder englobar a los diversos grupos de investigaciones sobre como producir los bioplásticos.

Si quieren seguir un enfoque tentativo sobre un tipo de bioplástico o materia prima correspondiente para analizar, las opciones son infinitas, solamente deben continuar con la búsqueda de información sobre análisis a nivel de laboratorio y así ver un panorama distinto para poder llevarlo a la parte industrial.

REFERENCIAS

Anderson, Lisa A.; Islam, M. Ahsanul; Prather, Kristala LJ. Synthetic biology strategies for improving microbial synthesis of “green” biopolymers. *Journal of biological chemistry* [en línea]. Febrero 2018, vol. 293, no 14, p. 5053-5061. [Fecha de consulta: 6 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343720310435#fig0005>

Atasoy, Merve, Isaac Owusu-Agyeman, Elzbieta Plaza, y Zeynep Cetecioglu. Bio-based volatile fatty acid production and recovery from waste streams: Current status and future challenges. *Bioresource Technology* [en línea]. Noviembre 2018, vol. 268, p. 773-786. [Fecha de consulta: 10 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852418309398>

Abe, Mateus Manabu [et al]. Production and assessment of the biodegradation and ecotoxicity of xylan-and starch-based bioplastics. *Chemosphere* [en línea]. 2022, vol. 287, p. 132290. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521027624>

Alonso-González, M., Felix, M., & Romero, A. (2022). Rice bran-based bioplastics: Effects of biopolymer fractions on their mechanical, functional and microstructural properties. *Polymers*, 14(1) doi:10.3390/polym14010100

Amiri, S., Mohammadi Zeydi, M., & Amiri, N. (2021). *Bacillus cereus* saba.zh, a novel bacterial strain for the production of bioplastic (polyhydroxybutyrate). *Brazilian Journal of Microbiology*, 52(4), 2117-2128. doi:10.1007/s42770-021-00599-9

Antonieta Riera, M.; Maldonado, S.; Palma, R. R. Residuos Agroindustriales Generados en Ecuador Para La Elaboración De Bioplásticos. *Revista Ingeniería Industrial* [en línea]. v. 17, n. 3, p. 227–246, 2018. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=140352897&lang=es&site=eds-live>.

Alí, S. [et al]. Microalgae as a renewable resource for bioplastic production. Junio 2022. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?origin=recordpage&zone=relatedDocuments&eid=2-s2.0-85137242338&noHighlight=false&sort=plf->

[f&src=s&sid=824fc4239ba031ae93a69b2f82fbd1ba&sot=b&sdt=b&sl=56&s=TITLE-ABS-KEY%28Production+and+application+of+bioplastics%29&relpos=2](https://www.researchgate.net/publication/318923119_Effect_of_glycerol_and_zinc_oxide_addition_on_antibacterial_activity_of_biodegradable_bioplastics_from_chitosan-kepok_banana_peel_starch)

Agustin, Y. [et al]. Effect of glycerol and zinc oxide addition on antibacterial activity of biodegradable bioplastics from chitosan-kepok banana peel starch. 2017. Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/318923119_Effect_of_glycerol_and_zinc_oxide_addition_on_antibacterial_activity_of_biodegradable_bioplastics_from_chitosan-kepok_banana_peel_starch.](https://www.researchgate.net/publication/318923119_Effect_of_glycerol_and_zinc_oxide_addition_on_antibacterial_activity_of_biodegradable_bioplastics_from_chitosan-kepok_banana_peel_starch)

Bahare Zihayat, Mojtaba Shakibaie, Saleheh Sabouri-Shahrbabak, Mohsen Doostmohammadi, Atefeh Ameri, Mahboubeh Adeli-Sardou, Hamid Forootanfar. Medium optimization for polyhydroxyalkanoate production by *Pseudomonas pseudoalcaligenes* strain Te using D-optimal design. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* [en línea]. Marzo 2019, vol. 18. [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1878818118306054>

Behera, S., Priyadarshane, M., Vandana, & Das, S. Polyhydroxyalkanoates, the bioplastics of microbial origin: Properties, biochemical synthesis, and their applications. *Chemosphere* (2022), 294 doi: 10.1016/j.chemosphere.2022.133723

Bedoya-Pérez, Leidy Patricia, Luis Felipe Muriel-Millán, Soledad Moreno, Elva Quiroz-Rocha, Nancy Rivera-Gómez, y Guadalupe Espín. The pyrophosphohydrolase RppH is involved in the control of RsmA/CsrA expression in *Azotobacter vinelandii* and *Escherichia coli*. *Microbiological research* [en línea]. Septiembre 2018, vol. 214, p. 91-100. [Fecha de consulta: 15 de abril de 2022]. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0944501317310558>

Bharmoria P [et al]. Photon upconverting bioplastics with high efficiency and in-air durability. *Journal of Materials Chemistry C* [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2022]. Disponible en: [https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85111585679&origin=resultslist&sort=plf-)

[f&src=s&sid=824fc4239ba031ae93a69b2f82fbd1ba&sot=b&sdt=b&sl=56&s=TITLE-ABS-KEY%28Production+and+application+of+bioplastics%29&relpos=16&citeCnt=2&searchTerm=](https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85111585679&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=824fc4239ba031ae93a69b2f82fbd1ba&sot=b&sdt=b&sl=56&s=TITLE-ABS-KEY%28Production+and+application+of+bioplastics%29&relpos=16&citeCnt=2&searchTerm=)

BILO, Fabjola [et al]. A sustainable bioplastic obtained from rice straw. *Journal of cleaner production* [en línea]. 2018, vol. 200, p. 357-368. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652618322418>

Buitrago C, Rodriguez P y Monroy J. Biocompuestos Elaborados con Poli-3-hidroxbutirato, Policaprolactona y Aserrín de Cannabis Indica-Rusia Blanca [en línea]. 2018. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642018000600103&script=sci_arttext_plus&tlng=es

Bravo, Xiomara Rojas; Osorio, Belkis. Criterios de Calidad y Rigor en la metodología Cualitativa. *Gac Pedagog* [en línea]. 2017, vol. 36, p. 62-74. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2022] Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Belkys-Osorio/publication/337428163_Criterios_de_Calidad_y_Rigor_en_la_Metodologia_Cualitativa/links/5dd6e56f299bf10c5a26bb14/Criterios-de-Calidad-y-Rigor-en-la-Metodologia-Cualitativa.pdf

Briassoulis, Demetres; Tserotas, Philippos; Athanasoulia, Ioanna-Georgia. Alternative optimization routes for improving the performance of poly (3-hydroxybutyrate)(PHB) based plastics. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2021, p. 128555. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621027633>

Briones Muñoz, S.; Riera, M. A. Shell cassava and beeswax residues were characterized as potential starting materials in the production of bioplastics ; Residuos de la cáscara de yuca y cera de abejas como potenciales materiales de partida para la producción de bioplásticos. *Avances en Química* [en línea]. Vol. 15, Enero - Abril 2020. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.4E03F5A6&lang=es&site=eds-live>.

Carnovale, G., Rosa, F., Shapaval, V., Dzurendova, S., Kohler, A., Wicklund, T. Skjånes, K. Starch rich chlorella vulgaris: High-throughput screening and up-scale for tailored biomass production. *Applied Sciences (Switzerland)* (2021). 11(19) doi:10.3390/app11199025

Concytec. Guía práctica para la formulación y ejecución de proyectos de investigación y desarrollo. [en línea]. 2020. [Fecha de consulta: 20 de julio de 2022]. Disponible en: http://www.untels.edu.pe/documentos/2020_09/2020.09.22_formuacionProyectos.pdf

Cecchini, C. Bioplastics made from upcycled food waste. prospects for their use in the field of design. *Design Journal* (2017), 20(sup1), S1596-S1610. doi:10.1080/14606925.2017.1352684

Chaofan Zhang, Pau-Loke Show, Shih-Hsin Ho. Progress and perspective on algal plastics – A critical review. *Bioresource Technology* [en línea]. Octubre 2019, vol. 289. [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852419309307>

Chalermthai B [et al]. “Life cycle assessment of bioplastic production from whey protein obtained from dairy residues”. *Bioresource Technology Reports* [en línea]. 2021. [Fecha de consulta: 23 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85107833864&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=24ee621bb82a3c00debd5336ec32c93&sot=b&sdt=b&sl=45&s=TITLE-ABS-KEY%28bioplastics+production+methods%29&relpos=8&citeCnt=0&searchTerm=>

Chavan S [et al]. A review on production of polyhydroxyalkanoate (PHA) biopolyesters by thermophilic microbes using waste feedstocks. *Bioresource Technology* [en línea]. 2021 [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2022] Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85114926967&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=24ee621bb82a3c00debd5336ec32c93&sot=b&sdt=b&sl=45&s=TITLE-ABS-KEY%28bioplastics+production+methods%29&relpos=1&citeCnt=0&searchTerm=>

Cinar SO [et al]. Bioplastic production from microalgae: A review. 2021 [Fecha de consulta: 16 de mayo de 2022] Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85085870045&origin=reflist&sort=plf-f&src=s&sid=824fc4239ba031ae93a69b2f82fbd1ba&sot=b&sdt=b&sl=56&s=TITLE-ABS-KEY%28Production+and+application+of+bioplastics%29>

C.S. Araújo, A.M.C. Rodríguez, M.R.S. Peixoto Joele, E.A.F. Araújo, L.F.H. Lourenço. Optimizing process parameters to obtain a bioplastic using proteins from fish byproducts through the response surface methodology [en línea]. Junio 2018, vol. 16, p. 23-30. [Fecha de consulta: 23 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214289417301163>

Ditchburn, Jae-Llane; Carballeira, Carlos Brais. Versatility of the humble seaweed in biomanufacturing. *Procedia Manufacturing* [en línea]. 2019, vol. 32, p. 87-94. [Fecha de consulta: 20 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978919302215>

DIANA K., B.-A [et al]. Bio-plastic polymers from renewable sources. *Innotec*, n. 19, p. 97–108, 2020 [Fecha de consulta: 09 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=141163891&lang=es&site=eds-live>.

Dulce María Arias, Enrica Uggetti, María Jesús García Galán, Joan García. Production of polyhydroxybutyrates and carbohydrates in a mixed cyanobacterial culture: Effect of nutrients limitation and photoperiods [en línea]. Mayo 2018, vol. 42, p. 1-11. [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1871678417303321>

Ehsan Nazarzadeh Zare, Pooyan Makvandi, Franklin R.Tay. Recent progress in the industrial and biomedical applications of tragacanth gum: A review [en línea]. Mayo 2019, vol. 212, p. 450-467. [Fecha de consulta: 05 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861719302188>

Ebrahimian, Farinaz [et al]. “Sustainable biofuels and bioplastic production from the organic fraction of municipal solid waste.” *Waste management (New York, N.Y.)* [en línea]. Vol. 116 (2020): 40-48. [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2022] Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32784120/>

Elen Marckatur. The new Plastic Economy: Rethinking the future of plastics & catalysing action. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022] Disponible en: <https://ellenmacarthurfoundation.org/the-new-plastics-economy-rethinking-the-future-of-plastics-and-catalysing>.

Estefanía Álvarez Castillo, Alejandro Del Toro, José Manuel Aguilar, Antonio Guerrero, Carlos Bengoechea. Optimization of a thermal process for the production of superabsorbent materials based on a soy protein isolate [en línea]. Diciembre 2018, vol. 125, p. 573-581. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669018308562>

Emadian, S Mehdi [et al]. "Biodegradation of bioplastics in natural environments." Waste management (New York, N.Y.) [en línea]. Vol. 59. 2017 [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2022] Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27742230/>

Fabien D [et al]. "The use of co2 in the production of bioplastics for an even greener chemistry". 2021 [Fecha de consulta: 18 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85117208623&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=824fc4239ba031ae93a69b2f82fbd1ba&sot=b&sdt=b&sl=56&s=TITLE-ABS-KEY%28Production+and+application+of+bioplastics%29&relpos=10&citeCnt=0&searchTerm=>

Gallardo Echenique, Eliana Esther, et al. Metodología de Investigación: manuales autoformativos interactivo. 2017 [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2022] Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12394/4278>

Giulia Padovani, Giovanni Emiliani, Alessio Giovanelli, Maria Laura Traversi, Pietro Carozzi. Assessment of glycerol usage by five different purple non-sulfur bacterial strains for bioplastic production [en línea]. Febrero 2018, vol. 6, p. 616-622. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343717306899>

Ghysels, Stef [et al]. "Targeted poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) bioplastic production from carbon dioxide." Bioresource technology [en línea]. Vol. 249 (2018): 858-868. [Fecha de consulta: 29 de mayo de 2022] Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29136942/>

Guzmán, C. [et al]. Producción de polihidroxialcanoatos por bacterias halófilas nativas utilizando almidón de cáscaras de Solanum tuberosum L / Production of polyhydroxyalkanoates by native halophilic bacteria using Solanum tuberosum L. shell starch. Scientia Agropecuaria [en línea]. Vol. 8, n. 2, p. 109–118, 2017 [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2022] Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edssci&AN=edssci.S2077.99172017000200003&lang=es&site=eds-live>.

Hasan M. [et al]. Evaluation of the thermomechanical properties and biodegradation of brown rice starch-based chitosan biodegradable composite films. 2020 [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0->

[85084031729&origin=reflist&sort=plf-f&src=s&sid=824fc4239ba031ae93a69b2f82fbd1ba&sot=b&sdt=b&sl=56&s=TITLE-ABS-KEY%28Production+and+application+of+bioplastics%29](https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=152369936&lang=es&site=eds-live)

HENAO-DÍAZ, L. S. [et al]. Obtaining and characterizing bioplastic films obtained from passion fruit (*Passiflora edulis Sims*) waste. *Agroproductividad* [en línea]. Vol. 14, n. 7, p. 87–95, 2021 [Fecha de consulta: 30 de mayo de 2022] Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=152369936&lang=es&site=eds-live>.

Israa S.Al Rowaihi, Benjamin Kick, Stefan W.Grötzinger, Christian Burger, Ram Karan, Dirk Weuster-Botz, Jörg Eppinger, Stefan T.Arold. A two-stage biological gas to liquid transfer process to convert carbon dioxide into bioplastic [en línea]. *Marzo 2019*, vol. 1, p. 61-68. [Fecha de consulta: 06 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X18300148>

Jogi, Katrin; Bhat, Rajeev. Valorization of food processing wastes and by-products for bioplastic production. *Sustainable Chemistry and Pharmacy* [en línea]. 2020, vol. 18, p. 100326. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352554120305659>

Jie Cheng, Ge Hu, Yanqin Xu, Michael P.Torrens-Spence, Xiaohua Zhou, Dan Wang, Jing-Ke Weng, Qinhong Wang. Production of nonnatural straight-chain amino acid 6-aminocaproate via an artificial iterative carbon-chain-extension cycle [en línea]. *Septiembre 2019*, vol. 55, p. 23-32. [Fecha de consulta: 16 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1096717619300412>

Juan Xu, Xiuyan Li, Lihong Gan, Xiaoyan Li. Fermentation liquor of CaO₂ treated chemically enhanced primary sedimentation (CEPS) sludge for bioplastic biosynthesis [en línea]. *Diciembre 2018*, vol. 644, p. 547-555. [Fecha de consulta: 30 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969718324689>

Jun Wei Roy Chong, Xuefei Tan, Kuan Shiong Khoo, Hui Suan Ng, Woranart Jonglertjanya, Guo Yong Yew, Pau Loke Show. Microalgae-based bioplastics: Future solution towards mitigation of plastic wastes [en línea]. *Abril 2022*, vol. 206. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935121019216?via%3Dihub>

J.Rajesh Banu, S.Kavitha, R.Yukesh Kannah, T.Poornima Devi, M.Gunasekaran, Sang-Hyoun Kim, Gopalakrishnan Kumar. A review on biopolymer production via lignin valorization. *Bioresource Technology* [en línea]. Octubre 2019, vol. 290. [Fecha de consulta: 30 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085241931020X>

Karthiani Kanagesan, Rahmath Abdulla,entre otros.A sustainable approach to green algal bioplastics production from brown seaweeds of Sabah, Malaysia, *Journal of King Saud University - Science*,Volume 34, Issue 7,2022,102268, ISSN 1018-3647, Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1018364722004499>

Kakadellis, Sarah; Harris, Zoe M. Don't scrap the waste: The need for broader system boundaries in bioplastic food packaging life-cycle assessment—A critical review. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2020, vol. 274, p. 122831. [Fecha de consulta: 30 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620328766>

Karolin Dietrich, Marie Josée Dumont, Luis F. Del Rio, Valérie Orsat. Producing PHAs in the bioeconomy - Towards a sustainable bioplastic [en línea]. Enero 2018, vol. 9, p. 58-70. [Fecha de consulta: 03 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550916300203>

Keerati Taepucharoen, Somchai Tarawat, Monthira Puangcharoen, Aran Incharoensakdi, Tanakarn Monshupanee. Production of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) under photoautotrophy and heterotrophy by non-heterocystous N₂-fixing cyanobacterium [en línea]. Septiembre 2018, vol. 239, p. 523-527. [Fecha de consulta: 17 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852417306685>

Khalil, HPS Abdul [et al]. A review on nanocellulosic fibres as new material for sustainable packaging: Process and applications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [en línea]. 2016, vol. 64, p. 823-836. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-84978374837&origin=reflist&sort=plf-f&src=s&sid=824fc4239ba031ae93a69b2f82fbd1ba&sot=b&sdt=b&sl=56&s=TITLE-ABS-KEY%28Production+and+application+of+bioplastics%29>

Katayama, Noriaki [et al]. "Production of Bioplastic Compounds by Genetically Manipulated and Metabolic Engineered Cyanobacteria." *Advances in experimental medicine and biology* [en línea]. vol. 1080 (2018): 155-169. [Fecha de consulta: 31 de mayo de 2022] Disponible en : <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30091095/>

Kongkaoroptham, Parichart; Piroonpan, Thananchai; Pasanphan, Wanvimol. Chitosan nanoparticles based on their derivatives as antioxidant and antibacterial additives for active bioplastic packaging. *Carbohydrate Polymers* [en línea]. 2021, vol. 257, p. 117610. [Fecha de consulta: 31 de mayo de 2022] Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0144861720317835>

Kumar Thakur V. *Soy-Based Bioplastics*. Smithers Rapra; 2017. ISBN: 9781910242223. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1454598&lang=es&site=eds-live>

Liu F. [et al]. Bioplastic production from wastewater sludge and application [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 31 de marzo de 2022] Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/344/1/012071>

Lettner Miriam, Schöggel Josef Peter, Stern Tobias. Factors influencing the market diffusion of bio-based plastics: Results of four comparative scenario analyses. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. Julio 2017, vol. 157, p. 289-298 [Fecha de consulta: 10 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S095965261730793X>

Leena Agarwal, Anil Prakash, Hemant J.Purohit. Expression of autotrophic genes under CO₂ environment and genome mining of desert bacterium *Cupriavidus* sp. HPC(L) [en línea]. Septiembre 2019, vol. 7. [Fecha de consulta: 26 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589014X19301483>

Lim, C., S. Yusoff, C.G. Ng, P.E. Lim, Y.C. ching. Bioplastic made from seaweed polysaccharides with green production methods. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea]. 2021, vol. 9, no 5, p. 105895. [Fecha de consulta: 2 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343721008721>

Ma, Hong [et al]. Rational flux-tuning of *Halomonas bluephagenesis* for co-production of bioplastic PHB and ectoine. *Nature communications* [en línea] vol. 11,1 3313. 2020. [Fecha de consulta: 31 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32620759/>

Manoj Lakshmanan, Choon Pin Foong, Hideki Abe, Kumar Sudesh. Biosynthesis and characterization of co and ter-polyesters of polyhydroxyalkanoates containing high monomeric fractions of 4-hydroxybutyrate and 5-hydroxyvalerate via a novel PHA synthase [en línea]. Mayo 2019, vol. 163, p. 122-135. [Fecha de consulta: 09 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014139101930093X>

Magazzini L [et al]. The blending of poly (Glycolic acid) with polycaprolactone and poly(L-lactide): Promising combinations. 2021 [Fecha de consulta: 30 de abril de 2022] Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85113716448&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&sid=24ee621bb82a3c00debd5336ec32c93&sot=b&sdt=b&sl=45&s=TITLE-ABS-KEY%28bioplastics+production+methods%29&relpos=11&citeCnt=0&searchTerm=>

Malin Brodin, María Vallejos, Mihaela Tanase Opedal, María Cristina Area, Gary Chinga Carrasco. Lignocellulosics as sustainable resources for production of bioplastics – A review [en línea]. Septiembre 2017, vol. 162, p. 646-664. [Fecha de consulta: 15 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617311617>

Manabu, Mateus, Marcia Cristina Branciforti, Renato Nallin Montagnolli, Maria Aparecida Marin, Ana Paula Jacobus, Michel Brienzo. Production and assessment of the biodegradation and ecotoxicity of xylan-and starch-based bioplastics. *Chemosphere* [en línea]. 2022, vol. 287, p. 132290. [Fecha de consulta: 3 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0045653521027624>

Marudkla, Jaruwat, Apiranut Patjawit, Chaniga Chuensangjun, Sarote Sirisansaneeyakul. Optimization of poly (3-hydroxybutyrate) extraction from *Cupriavidus necator* DSM 545 using sodium dodecyl sulfate and sodium hypochlorite. *Agriculture and Natural Resources* [en línea]. 2018, vol. 52, no 3, p. 266-273. [Fecha de consulta: 8 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2452316X17300121>

Manish Kumar, Pooja Ghosh, Khushboo Khosla, Indu Shekhar Thakur. Recovery of polyhydroxyalkanoates from municipal secondary wastewater sludge [en línea]. Mayo 2018, vol. 255, p. 111-115. [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852418300385>

Masonari, Y., Sakura M., Heiyi H., [et al.]. Preparation of bioplastic using soy protein. 2019. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0141813019398265?token=441259693B794F0275FCC715FE8463C77DBA0ECC0D7289C9462F9E36F132D886D73DDE232EB96D90E4C8A002E8DA0662&originRegion=us-east-1&originCreation=20221019161101>.

Ministerio del Ambiente. 2020. Disponible en: <https://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>

Ministerio del Ambiente. Fabiola Muñoz. 04 de septiembre del 2018. Disponible en: https://www.congreso.gob.pe/Docs/comisiones2018/PueblosAndinosEcologia/files/pt_ministra_del_ambiente_4-9-2018.pdf

M. Delgado, M. Félix, C. Bengoechea. Development of bioplastic materials: From rapeseed oil industry by products to added-value biodegradable biocomposite materials [en línea]. Diciembre 2018, vol. 125, p. 401-407. [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669018308112>

M. Jiménez Rosado, V. Pérez Puyana, F. Cordobés, A. Romero, A. Guerrero. Development of soy protein-based matrices containing zinc as micronutrient for horticulture [en línea]. Octubre 2018, vol. 121, p. 345-351. [Fecha de consulta: 19 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0926669018304588>

Navina Ramakrishnan, Swati Sharma, Arun Gupta, Basma Yahya Alashwal. Keratin based bioplastic film from chicken feathers and its characterization [en línea]. Mayo 2018, vol. 111, p. 352-358. [Fecha de consulta: 29 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813017344288>

Neelamegam Annamalai, Huda Al-Battashi, Saif Al-Bahry, Nallusamy Sivakumar. Biorefinery production of poly-3-hydroxybutyrate using waste office paper hydrolysate as feedstock for microbial fermentation [en línea]. Enero 2018, vol. 265, p. 25-30. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168165617317352>

Pierre Lemechko, Magali Le Fellic, Stéphane Bruzard. Production of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) using agro-industrial effluents with tunable proportion of 3-hydroxyvalerate monomer units [en línea]. Mayo 2019, vol. 128, p. 429-434. [Fecha de consulta: 15 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813018372192>

Priscilla B.S.Albuquerque, Carolina B.Malafaia. Perspectives on the production, structural characteristics and potential applications of bioplastics derived from polyhydroxyalkanoates [en línea]. Febrero 2018, vol. 107, p. 615-625. [Fecha de consulta: 30 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813017330453>

Pietro Carlozzi, Alessio Giovannelli, Maria Laura Traversi, Eleftherios Touloupakis, Tiziana Di Lorenzo. Poly-3-hydroxybutyrate and H₂ production by *Rhodospseudomonas* sp. S16-VOGS3 grown in a new generation photobioreactor under single or combined nutrient deficiency [en línea]. Agosto 2019, vol. 135, p. 821-828. [Fecha de consulta: 10 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813019325863>

Sernaqué Fernando; Huamán Lilian del Carmen, Pecho Hugo; Chacón Michiel. Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de *Mangifera indica* y *Musa paradisiaca*. Revista Centro Agrícola [en línea]. Octubre 2020. Disponible en: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=148617556&lang=es&site=eds-live>

Serena Righi, Filippo Baioli, Chiara Samorì, Paola Galletti, Emilio Tagliavini, Carlo Stramigioli, Alessandro Tugnoli, Peter Fantke. A life cycle assessment of polyhydroxybutyrate extraction from microbial biomass using dimethyl carbonate [en línea]. Diciembre 2017, vol 168, p. 692-707. [Fecha de consulta: 12 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652617319315>

Scherer Christoph , Emberger Klein Agnes , Menrad Klaus. Biogenic product alternatives for children: Consumer preferences for a set of sand toys made of bio-based plastic. *Sustainable Production and Consumption* [en línea]. Abril 2017, vol. 10, p. 1-14. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550916300240>

Swati Mohapatra, Sudipta Maity, HIRAK Ranjan Dash, Surajit Das, Swati Pattnaik, Chandi Charan Rath, Deviprasad Samantaray. *Bacillus* and biopolymer: Prospects and challenges [en línea]. Diciembre 2017, vol. 12, p. 206-213. [Fecha de consulta: 25 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2405580817301309>

Saki Goto, Ayaka Hokamura, Hideki Shiratsuchi, Seiichi Taguchi, Ken'ichiro Matsumoto, Hideki Abe, Kenji Tanaka, Hiromi Matsusaki. Biosynthesis of novel lactate-based polymers containing medium-chain-length 3-hydroxyalkanoates by recombinant *Escherichia coli* strains from glucosa [en línea]. Agosto 2019, vol. 128, p. 191-197. [Fecha de consulta: 20 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1389172318311708>

Samantha Serra Costa, Andréa Lobo Miranda, Michele Greque de Moraes, Jorge Alberto Vieira Costa, Janice Izabel Druzian. Microalgae as source of polyhydroxyalkanoates (PHAs) - A review [en línea]. Junio 2019, vol. 131, p. 536-547. [Fecha de consulta: 23 de agosto de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813019311869>

Stef Ghysels, Md. Salatul Islam Mozumder, Heleen De Wever, Eveline I.P.Volcke, Linsey Garcia-Gonzalez. Targeted poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) bioplastic production from carbon dioxide [en línea]. Febrero 2018, vol. 249, p. 858-868. [Fecha de consulta: 21 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852417319107>

Shereen M, et al. 2022. Producción y optimización de bioplástico (polihidroxibutirato) de la cepa SH-02 de *Bacillus cereus* utilizando la metodología de superficie de respuesta. Disponible en: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85134587471&origin=resultslist&sort=plf-f&src=s&st1=bacteria+and+bioplastic&sid=29c50dbcc57a1bd533a6effc4ae2c2d3&ot=b&sdt=b&sl=38&s=TITLE-ABS-KEY%28bacteria+and+bioplastic%29&relpos=0&citeCnt=0&searchTerm=>

Riddhi Mahansaria, Anusua Dhara, Amit Saha, Saubhik Haldar, Joydeep Mukherjee. Production enhancement and characterization of the polyhydroxyalkanoate produced by *Natrinema ajinwuensis* (as synonym) \equiv *Natrinema altunense* strain RM-G10 [en línea]. Febrero 2018, vol. 107, p. 1480-1490. [Fecha de consulta: 21 de septiembre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813017322778>

Imre, Balázs, Lidia García, Debora Puglia, Francisco Vilaplana. Reactive compatibilization of plant polysaccharides and biobased polymers: Review on current strategies, expectations and reality. *Carbohydrate polymers* [en línea]. 2019, vol. 209, p. 20-37. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0144861718315285>

Rahman, Md Hafizur; Bhoi, Prakashbhai R. An overview of non-biodegradable bioplastics. *Journal of cleaner production* [en línea]. 2021, vol. 294, p. 126218. [Fecha de consulta: 10 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652621004388>

Roy, Swarup; Rhim, Jong-Whan. Antioxidant and antimicrobial poly (vinyl alcohol)-based films incorporated with grapefruit seed extract and curcumin. *Journal of Environmental Chemical Engineering* [en línea]. 2021, vol. 9, no 1, p. 104694. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343720310435>

Russo, Ivan, Ilenia Confente, Daniele Scarpi, y Benjamin T.Hazen. From trash to treasure: The impact of consumer perception of bio-waste products in closed-loop supply chains. *Journal of Cleaner Production* [en línea]. 2019, vol. 218, p. 966-974. [Fecha de consulta: 12 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619304238>

Rojo-Nieto, Elisa, and Montoto Martínez, Tania. Basuras Marinas, Plásticos Y Microplásticos: Orígenes, Impactos Y Consecuencias de Una Amenaza Global [en línea]. 2017. [Fecha de consulta: 12 de agosto de 2022] Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/56275?mode=full>

ISBN: 978-84-946151-9-1

Saliu, O. D. [et al]. Barrier property enhancement of starch citrate bioplastic film by an ammonium-thiourea complex modification. *Journal of Saudi Chemical Society* [en línea]. 2019, vol. 23, no 2, p. 141-149. [Fecha de consulta: 13 de mayo de 2022].

Disponible

en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1319610318300656>

Samer, Mohamed [et al]. Environmental impact assessment of bioplastics production from agricultural crop residues. *Clean Technologies and Environmental Policy* [en línea]. 2021, vol. 24, no 3, p. 815-827. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10098-021-02145-5>

Shafqat, Arifa [et al]. A review on environmental significance carbon foot prints of starch based bio-plastic: A substitute of conventional plastics. *Biocatalysis and agricultural biotechnology* [en línea]. 2020, vol. 27, p. 101540. [Fecha de consulta: 22 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1878818119306772>

Syafri, Edi [et al]. Effect of sonication time on the thermal stability, moisture absorption, and biodegradation of water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) nanocellulose-filled bengkuang (*Pachyrhizus erosus*) starch biocomposites. *Journal of Materials Research and Technology* [en línea]. 2019, vol. 8, no 6, p. 6223-6231. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2238785419306635>

Tacillo, Elvis. *Metodología de la investigación científica*. Universidad Jaime Bausate y Meza, 2016. Disponible en: <http://repositorio.bausate.edu.pe/handle/bausate/36>

Vito Emanuele Carofiglio, Paolo Stufano, Nadia Cancelli, Vincenzo Maria De Benedictis, Domenico Centrone, Egidio De Benedetto, Andrea Cataldo, Alessandro Sannino, Christian Demitri. Novel PHB/Olive mill wastewater residue composite based film: Thermal, mechanical and degradation properties [en línea]. Diciembre 2017, vol. 5, p. 6001-6007. [Fecha de consulta: 19 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343717305717>

Vea, Eldbjørg Blikra; Romeo, Daina; Thomsen, Marianne. Biowaste valorisation in a future circular bioeconomy. *Procedia Cirp* [en línea]. 2018, vol. 69, p. 591-596. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117308387>

Venkatachalam, Venkateshwaran, Sebastian Spierling, Rafael Horn, y Hans-Josef Endres. LCA and eco-design: consequential and attributional approaches for bio-

based plastics. *Procedia CIRP* [en línea]. 2018, vol. 69, p. 579-584. [Fecha de consulta: 15 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827117308624>

Yacouba Zoungranan, Ekou Lynda, Kouassi Kouadio Dobi-Brice, Ekou Tchirioua, Coulibaly Bakary, Dje Daniel Yannick. Influence of natural factors on the biodegradation of simple and composite bioplastics based on cassava starch and corn starch [en línea]. Octubre 2020, vol. 8. [Fecha de consulta: 08 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2213343720307454?via%3Dihub>

Yamada, Masanori, Sakura Morimitsu, Eiji Hosono, y Tetsuya Yamaday. Preparation of bioplastic using soy protein. *International journal of biological macromolecules* [en línea]. 2020, vol. 149, p. 1077-1083. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141813019398265>

Yi, Wen, Doris Ying, Kuan Shiong, Andrew Ng, Kit Wayne. Nature's fight against plastic pollution: Algae for plastic biodegradation and bioplastics production. *Environmental Science and Ecotechnology* [en línea]. 2020, vol. 4, p. 100065. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666498420300570>

Zhang, Chaofan, Chengyu Wang, Guoliang Cao, Dawei Wang, Shih-Hsin Ho. A sustainable solution to plastics pollution: An eco-friendly bioplastic film production from high-salt contained *Spirulina* sp. residues. *Journal of hazardous materials* [en línea]. 2020, vol. 388, p. 121773. [Fecha de consulta: 20 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389419317273>

Zhangyang Xu, Xiaolu Li, Naijia Hao, Chunmei Pan, Luis de la torre, Aftab Ahamed, John H. Miller, Arthur J. Ragauskas, Joshua Yuan, Bin Yang. Kinetic understanding of nitrogen supply condition on biosynthesis of polyhydroxyalkanoate from benzoate by *Pseudomonas putida* KT2440 [en línea]. Febrero 2019, vol. 273, p. 538-544. [Fecha de consulta: 18 de octubre de 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852418315797>

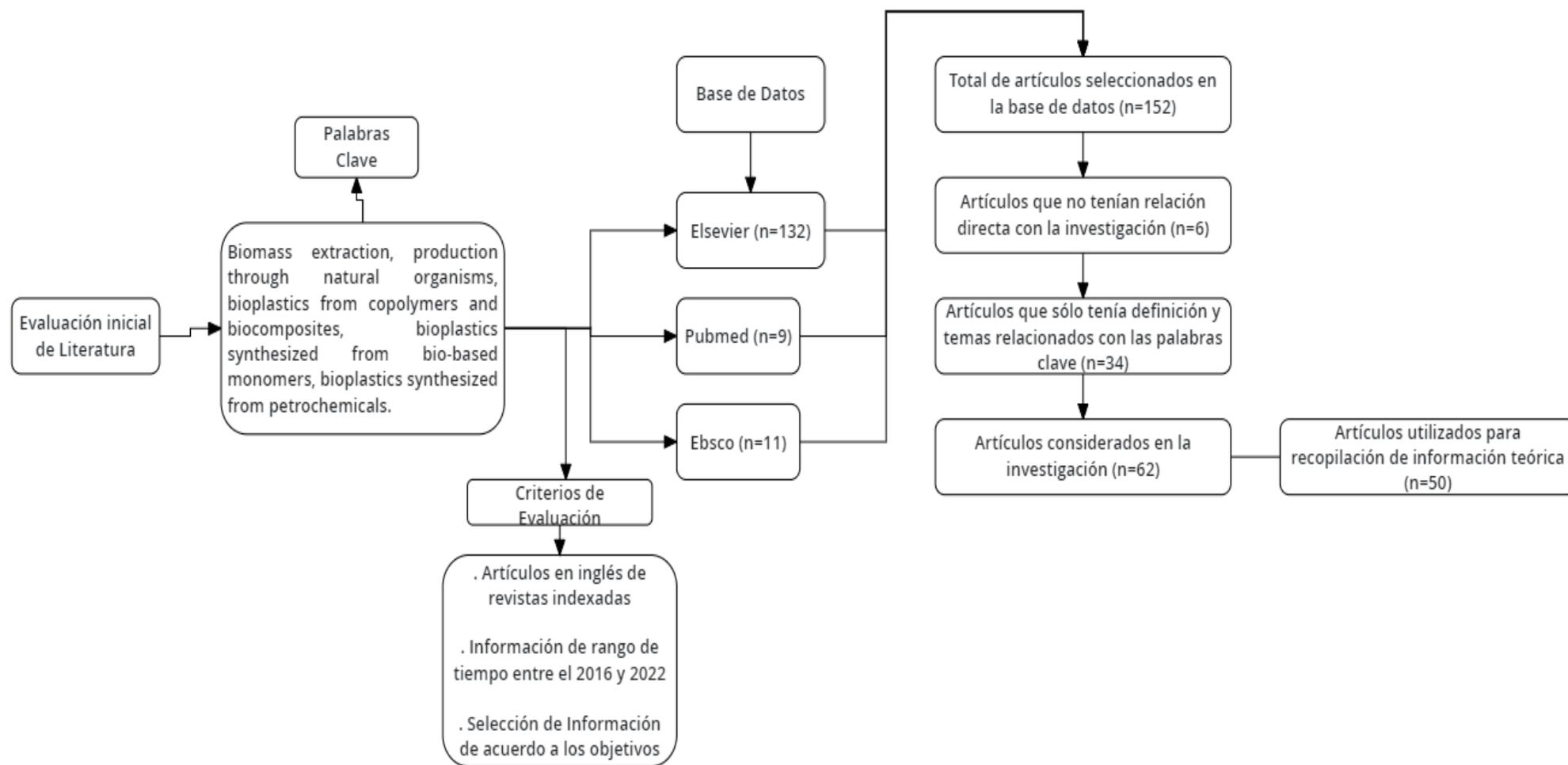
ANEXOS

Tabla 03: Matriz de Categorización Apriorística

Objetivo General	Objetivos Específicos	Problemas Específicos	Categorías	Subcategorías	Unidad de Análisis
Determinar los métodos para generar los bioplásticos	Identificar grupos de métodos de producción de bioplásticos según las materias primas usadas	¿Cuáles son los grupos de métodos de producción de bioplásticos según las materias primas usadas?	Extracción de biomasa	Efectividad	(Samer, et al., 2021) (Henao, et al., 2021) (Moorkoth, et al., 2016) (Jogi y Bhat, 2020) (Abdul, et al., 2016) (Sernaqué, Huamán, Pecho, Chacón, 2020) (Briones y Riera, 2020)
			Producción a través de organismos naturales		
			Bioplásticos a partir de copolímeros y biocompuestos	Limitaciones	
	Bioplásticos sintetizados a partir de monómeros de base biológica				
	Analizar las ventajas y desventajas de los métodos de producción de bioplásticos	¿Cuáles son las ventajas y desventajas de producir diferentes bioplásticos?	Sintetizado a partir de petroquímicos		

Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Procedimiento de la clasificación de datos



Fuente: Elaboración propia

Tabla 04. *Recolección de los métodos y materias primas para la elaboración de bioplásticos*

MÉTODO	TÉCNICAS DE OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS	MATERIA PRIMA Y/O ESPECIES	FACTORES DE ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A NIVEL DE LABORATORIO	REFERENCIA
Bioplásticos por extracción directa de biomasa	Reacción bioquímica bajo calentamiento (laboratorio)	Cáscaras de papa	Mantener la placa Petri engrasada con aceite con la mezcla en un horno a 65°C durante 1 a 2 h	(Samer, et al., 2021)
	Homogeneización a alta presión, Microfluidización, Micromolido y Ultrasonidos de alta intensidad	Nanofibras de celulosa (Abeto finlandés, Madera, Pino y abeto, Hojas de palmera datilera, Paja de trigo, Tallos de tabaco, Madera blanda, Eucalipto, Tallo de Kenaf, Bagazo, Paja de arroz, Bambú, Tallos de maíz, Kash, Manojó de fruta vacía de palma de aceite, Chips de abedul, Sisal, Madera dura, Algodón, Yute,	Requiere dimensiones en nanoescala (10^{-9} metros) Pretratamiento de las fibras lignocelulósicas Pretratamiento mecánico (refinado y crió triturado) Pretratamiento químico (acetilación carboximetilación, Oxidación TEMPO, hidrólisis ácida e hidrólisis enzimática)	(Abdul, et al., 2016)

		Cáscaras de arroz, Sisal, C
--	--	-----------------------------

	Hidrólisis, cepa bacteriana, reparación de inóculo y fermentación, extracción de PHA	Residuos sólidos urbanos	Solución de etanol-agua (85% v / v) que contiene 1% en peso de ácido acético, como catalizador, a diferentes temperaturas (120 y 160 ° C) y tiempos (30 y 60 min)	(Ebrahimian, et al., 2020)
	Compactación, adición de solución acuosa, secado y calentado.	Proteína de soja, formaldehído al 37% (HCHO), cloruro de sodio, tris- (hidroximetil) aminometano (Tris) y pronasa (EC 3.4.24.4)	La proteína de soja (200 mg) se compacta en gránulos con un diámetro de 13 mm con prensa manual a una presión de aproximadamente 600 MPa, durante 15 min. Estos gránulos se sumergieron en soluciones acuosas de HCHO al 0-37% durante 24 horas a temperatura ambiente, luego se retiraron de las soluciones de HCHO, se enjuagaron con agua ultrapura, se secaron a temperatura ambiente durante 12 h, y luego se calentó durante 2 h 80 ° C.	(Yamada, et al., 2020)
Bioplásticos producidos	Producción de quitosano,	Larvas de mosca soldado negra (<i>Hermetia illucens</i>),	Las soluciones de biopolímero (0,5%, 1% y 1,5%)	(Baigts, et al., 2019)

<p>por organismos naturales o modificados genéticamente</p>	<p>Producción de alginato de sodio, Producción de galactomanano para polímeros (agitación)</p>	<p>Algas pardas (<i>Macrocystis pyrifera</i>) semillas de guaje (<i>Leucaena leucocephala</i>) HCl, NaOH, ácido acético, CaCl₂, Na₂CO₃, etanol y glicerol</p>	<p>1% de glicerol agitación hasta que se homogenice dejar secar a temperatura ambiente (48 horas)</p>	
	<p>Método Natural y alcalino</p>	<p>Algas (verdes, marrones y rojas)</p>	<p>Secado =60 c°, Agar (polisacáridos de polisulfuro) de algas rojas, Agar Nativo, Agar modificado con álcali se ajustó el pH 6,4-6,8</p>	<p>(Abeer, Reabal, Hussam, 2019)</p>
	<p>Aislamiento, cribado y selección de bacterias productoras de PHB Identificación de un aislado bacteriano de alta producción de PHB utilizando el gen 16S rRNA y su filioanálisis</p>	<p>Bacteria marina <i>Pseudomonas xiamenensis</i></p>	<p>Concentración de sal, Uso de jarabe de dátil al 4% (p / v) Diferentes fuentes de nitrógeno orgánico e inorgánico Fuentes de carbono</p>	<p>(Urbanek, et al., 2018)</p>

	logenético, proceso de fermentación para la producción de PHB por <i>P. xiamenensis</i>			
	Aislamiento de bacterias marinas productoras de PHB, Detección por método de tinción por fluorescencia Extracción y estimación cuantitativa de PHB Identificación molecular de los aislados productores de PHB prometedores Optimización de la	Muestras marinas de las rizosferas de manglares	Lavadas con acetona y etanol, luego se suspendieron en 10 mL de NaClO al 4% y se incubaron durante 60 min a 37°C. Matraz Erlenmeyer de 250 mL que contenía 50 mL de caldo marino Zobell (pH = 7.5) en un agitador incubado (35 °C / 150 rpm) durante períodos variables (24 a 144 h). Se optimizó el efecto de varios factores en la producción de PHB; pH = 6.5-9.0, temperatura de incubación (25-45° C), concentración de NaCl (2 a 10% w/v), fuentes de carbono (glucosa, maltosa, sacarosa, arabinosa, fructosa y melaza de dátil), fuentes de nitrógeno (peptona, cloruro de amonio, glicina, nitrato de potasio, urea, extracto de levadura y sulfato de amonio) y C: N (w/w) proporciones de glucosa y	(Moorkoth, et al., 2016)

	<p>producción de PHB</p> <p>Caracterización de PHB extraído</p>		<p>peptona (4,7: 1, 9,2: 1, 18,4: 1 y 36,8: 1). El peso seco de las células (biomasa) se determinó mediante los sedimentos celulares recolectados por centrifugación (6000 rpm / 10 min), secados en un horno a 60°C, y luego se expresa como g /L</p>	
<p>Bioplásticos sintetizados a partir de monómeros de base biológica</p>	<p>Copolimerización con copolímero PEGMA y procesos de metacrilación, polimerización y secado</p>	<p>Proteína de suero obtenida de residuos lácteos</p>	<p>Solución con una concentración de proteína del 10% en peso y se agita en el reactor durante 2 h, agregar hidróxido de sodio y se agita durante 30 minutos para mantener el pH por encima de 7, adición de 49 kg de anhídrido metacrílico y agitar en el reactor durante 7 h, se agrega hidróxido de sodio para aumentar el pH a aproximadamente 10 u 11, copolimeriza luego con PEGMA (2288 kg), donde la reacción se inicia con persulfato de amonio (APS) y se cataliza con tetrametiletilendiamina (TEMED) y una proporción de masa proteína / PEGMA de 30:70 concentración ideal para la formación de láminas de plástico.</p>	<p>(Chalermthai, et al., 2021)</p>



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, QUEZADA ALVAREZ MEDARDO ALBERTO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - TRUJILLO, asesor de Tesis titulada: "Revisión Sistemática: Evaluación de los métodos para la generación de bioplásticos", cuyos autores son LIZARZABURU CASTRO JAIR FABRIZIO, BACA MENDEZ ROBERTH ALEXANDER, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 6.00%, 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.

TRUJILLO, 21 de Noviembre del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
QUEZADA ALVAREZ MEDARDO ALBERTO DNI: 18110481 ORCID: 0000000202155175	Firmado electrónicamente por: MAQUEZADAA el 21- 12-2022 19:30:55

Código documento Trilce: TRI - 0448997