

Bioplásticos - Una alternativa para reducir la contaminación: RSL

Bioplastics - An alternative to reduce pollution: RSL

 Gabriela Picho Asto¹,  Deyssi July Gutiérrez Barreto¹,  Daniel Edgar Alvarado León² y  Christian Omar Larrea Cerna¹,

¹ Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, Perú

² Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú

Contacto: ¹73216992@unat.edu.pe

RESUMEN

En el presente estudio se aborda una revisión sistemática de literatura (RSL) sobre el desarrollo actual de bioplásticos como alternativa sostenible debido a su degradabilidad. La metodología consistió en una búsqueda exhaustiva en la base de datos Scopus utilizando palabras clave sobre bioplásticos, biodegradables, almidón, entre otros. Se aplicaron criterios de inclusión y exclusión, obteniendo finalmente 30 artículos relevantes publicados en los últimos 5 años (2018 - 2023). Los resultados muestran que los principales tipos de bioplásticos en desarrollo son los plásticos biodegradables de recursos fósiles, compostables y de base biológica. El tiempo de degradabilidad varía entre 6 meses a 10 años dependiendo de los materiales, aunque pocos estudios especifican este dato. Los aditivos más utilizados en la producción de bioplásticos son plastificantes, espesantes y emulsionantes. Los materiales y productos biodegradables que más se emplean incluyen almidón de maíz, papa, yuca. En cuanto a la importancia del desarrollo de bioplásticos, la mayoría de estudios resaltan su contribución a la reducción de la contaminación ambiental y el manejo de residuos. En conclusión, el desarrollo de bioplásticos a partir de fuentes renovables es una alternativa sostenible y amigable que garantice su correcta degradación.

Palabras clave: Bioplásticos, degradabilidad, aditivos, almidón.

ABSTRACT

The present study addresses a systematic literature review (RSL) on the current development of bioplastics as a sustainable alternative due to their degradability. The methodology consisted of an exhaustive search in the Scopus database using keywords about bioplastics, biodegradables, starch, among others. Inclusion and exclusion criteria were applied, finally obtaining 30 relevant articles published in the last 5 years (2018 - 2023). The results show that the main types of bioplastics in development are biodegradable plastics from fossil resources, compostable and bio-based. The degradability time varies between 6 months to 10 years depending on the materials, although few studies specify this information. The most used additives in the production of bioplastics are plasticizers, thickeners and emulsifiers. The most commonly used biodegradable materials and products include corn, potato, and cassava starch. Regarding the importance of the development of bioplastics, most studies highlight their contribution to the reduction of environmental pollution and waste management. In conclusion, the development of bioplastics from renewable sources is a sustainable and friendly alternative that guarantees their correct degradation.

Keywords: Bioplastics, degradability, additives, starch.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial se desechan 52 kg de plásticos por cada persona entre botellas, envases de alimentos, bolsas plásticas y otros (Da Silva et al., 2023). A nivel nacional se desechan alrededor de 8.5 Mt de plásticos y estos tardan cientos o miles de años en degradarse, contaminando al medio ambiente y causando daños a la salud humana (Wan et al., 2023). Por lo tanto, se ha fomentado la producción de plásticos de fuentes renovables para detener el impacto ambiental. En el 2020, la producción mundial de bioplásticos alcanzó 2, 11 Mt esperando que aumente a 6,30 Mt/ año en los próximos años (Bracciale et al, 2023). Los bioplásticos son bastante fáciles de descomponerse en el entorno natural, al comparar con los plásticos elaborados de petróleo (Merlo, 2022). Con respecto a los bioplásticos reducirán las emanaciones de los gases de efecto invernadero y así reducir la contaminación ambiental, también estos se deterioran gradualmente dependiendo de la calidad del suelo del medio ambiente (Navasingh et al., 2023).

Actualmente, existen numerosas investigaciones para el incremento y el desarrollo de los biodegradables (Cristobal et al, 2023). Asimismo, la ciencia y tecnología fueron desarrollando bioplásticos a partir de polímeros compostables y biodegradables, de fuentes naturales como el almidón de maíz, almidón de papa, restos de comida, celulosa o subproductos agrícolas y entre otros. El almidón es una excelente materia prima por su biodegradabilidad; asimismo por su fácil proceso en presencia de un plastificante. Como una mejora de las propiedades tecnológicas de los bioplásticos, es de vital importancia la modificación química agregando otros polímeros biodegradables juntamente con el almidón (Da Silva et al., 2023). El almidón termoplástico es su uso primordial. La amilosa y la amilopectina de la molécula de glucosa forman el almidón y diferentes tipos de almidones debido a que poseen diferente cantidad variables de amilopectina y amilosa (Navasingh et al., 2023).

En la actualidad se están evaluando diferentes compuestos biodegradables a base de almidón de maíz, de papa y de arroz utilizando normas ASTM. Empezando con pruebas de enterramiento en el suelo, calculando la biodegradación, también evaluando la pérdida de masa de los polímeros. Las pruebas de enterramiento se están realizando según las normas ISO 17556 ASTM D5988-18. En las pruebas, se encontraron diferentes parámetros como retención de humedad, el nivel de pH, contenido de cenizas, entre otros (Gargi & Deepak, 2023). Sin embargo, los bioplásticos a partir de fuentes renovables como el almidón de alimentos, subproductos industriales, desechos agrícolas y entre otros recibieron un impacto de atención debido a las ventajas que presentan por su fácil degradación, su disponibilidad, respeto con el

medio ambiente a comparación de los plásticos (Wan et al., 2023).

La elaboración de bioplásticos inicia con la preparación de una solución filmógena, constituida por tres elementos: agente filmógeno (proteína, polisacárido o lípido), un plastificante y un disolvente. En diferentes combinaciones se utiliza cada uno de estos componentes, buscando ofrecer diferentes características. El bioplástico puede utilizarse como envase para alimentos sin causar daños a la salud (Silva et al., 2020).

Asimismo, se siguen desarrollando estudios e investigaciones a partir de productos innovadores alimenticios o fuentes renovables para el desarrollo de bioplásticos (biobasado y compost) con la finalidad que se degraden en menor tiempo, con el único objetivo de concientizar a la sociedad y reducir la contaminación ambiental. Existen otros estudios donde se desarrollan bioplásticos a partir de cáscaras de maracuyá, también se desarrollaron a partir de almidón de aguacate y yuca (Lubis et al., 2018).

Con respecto a los bioplásticos, realizaron pruebas de enterramiento en el suelo. Se colocaron bioplásticos para la determinación de su persistencia, bajo diferentes condiciones de pruebas aplicadas, donde el material se desintegra aproximadamente en un año y desapareció por completo en 500 días. Este resultado mostró potencialidad el producto para su desintegración al exponerse a un ambiente microbiológico activo (Barbale et al., 2021). El objetivo de esta Revisión Sistemática Literaria (RSL) es recopilar información de los últimos estudios e investigaciones de la producción y uso de bioplásticos a partir de diferentes materias orgánicas, con el fin de reducir la contaminación del medio ambiente.

METODOLOGÍA

En el presente trabajo se realizó una revisión sistemática con un enfoque RSL que tiene como objetivo recopilar, analizar y realizar una búsqueda rigurosa sobre toda información existente de acuerdo al tema de estudio.

Para realizar una Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) se necesita de tener la capacidad y el dominio de búsqueda en las diversas bases de datos existentes como SCOPUS una fuente confiable que garantice que la información adquirida sea veraz y relevante (Halba et al 2023).

Por tanto, en esta revisión se pretende enfocar en la búsqueda de información del uso y la producción de bioplásticos en la actualidad. Para ello se realizan determinadas preguntas que nos ayudarán a la revisión de la literatura para después plantear palabras claves y continuar con la formulación de una ecuación para mejorar la búsqueda.

Formulación de preguntas de investigación:

De acuerdo a la literatura nos menciona que los criterios PICOC (población, intervención, comparación, resultado y contexto) es una herramienta propuesta por Kitchenham & Charters que es utilizada ampliamente por diversos campos de la investigación su uso es fundamental y eficaz ya que define el alcance la investigación, se deben definir las preguntas generales y específicas en base a los criterios PICOC que son definidas al propósito de estudio que van a ayudar a establecer un enfoque de la identificación del problema y estudio así como la recolección de datos (Carrera et al., 202 ; Pinho et al., 2023; Ochoa el al., 2023; Kamaly & Streimikiene, 2023; de Barcelos et al ., 2020)

El estudio de esta RSL se basa en el uso y la producción de bioplásticos biodegradables para incentivar el uso de este recurso que se produce en la actualidad con diferentes técnicas industriales. o en otras palabras ¿Qué tipo de bioplásticos se están desarrollando actualmente? Así mismo, debido al gran número de artículos basados en este tema de selección y como resolución al cuestionamiento anterior, es que se establecerá una serie de preguntas alternas, de lo que se menciona a continuación:

Pregunta General:

Q1: ¿Qué tipo de bioplásticos se están desarrollando actualmente?

Preguntas Específicas:

EQ1: ¿Cuánto tiempo de degradabilidad tienen los productos bioplásticos?

EQ2: ¿Qué aditivos se utilizan para la producción de bioplásticos?

EQ3: ¿Qué materiales o productos biodegradables se están utilizando para la producción de bioplásticos?

Especificaciones de palabras clave:

En la búsqueda sistemática realizada se empleó una variedad de palabras claves con semejante significado en español y en inglés, con el único propósito de adaptarse al asunto de investigación elegido; con algunos ejemplos como: bioplásticos, contaminación ambiental, biodegradables, almidón de maíz, biomaterial y degradación. Se debe destacar que, para alcanzar obtener buenos resultados en la búsqueda, se tiene que utilizar el uso de conjugaciones de las palabras claves con operadores booleanos con la comilla (“”). En este contexto, se pudo anular resultados que no tengan ninguna relación con la investigación desarrollada. Verificando el estudio de forma rápida de cada una de las palabras se escogió las más sobresalientes para cada elección de la matriz PICOC.

Tabla 1

Matriz PICOC de la investigación

		Palabras claves en español	Palabras claves en inglés
P Problema	En la actualidad se ha promovido la producción mundial de bioplásticos como una alternativa sostenible para reducir la contaminación ambiental, sin embargo, la producción de esta medida no se da de manera masiva debido al desconocimiento y la falta de conciencia ambiental de la sociedad por ende el uso de los bioplásticos es de manera reducida.	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplásticos • Medio ambiente • Contaminación ambiental • Plásticos • Producción • Usos de bioplásticos • Conciencia ambiental 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplastics • Environment • Environment pollution • Plastics • Production • Bioplastics use • Awareness of the environment
I Intervención	Promover el uso de los bioplásticos a partir de fuentes biodegradables, mediante técnicas industriales, para incrementar la producción y el uso de productos a base de bioplásticos.	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplásticos • Biodegradables • Técnicas industriales • Reciclaje 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplastics • Biodegradable • Industrial techniques • Recycling
C Comparación	Bioplásticos elaborados de fuentes biodegradables de almidón de maíz, yuca, arroz, papa y caña de azúcar, biomateriales, compostables y biobasado que son una medida para una fácil degradación.	<ul style="list-style-type: none"> • Biodegradable • Sostenible • Almidón de papa • Almidón de yuca • Almidón de maíz • Microorganismos 	<ul style="list-style-type: none"> • Biodegradable • Sustainable • Cassava starch • Potato starch • Maize starch • Micro-organism



		<ul style="list-style-type: none"> • Biomaterial • Plástico biobasado • Plástico compostable • Degradación • Plastificantes • Biopolímeros 	<ul style="list-style-type: none"> • Biobased plastic • Compostable • Degradation • Plasticizers • Compostable plastic • Biopolymers
O Resultado	Técnicas industriales, producción de bioplásticos, incremento del uso de bioplásticos	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas industriales • Producción • Uso de Bioplásticos • Sostenibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Industrial techniques • Production • Bioplastics use • Sustainability
C Contexto	Industrias de bioplásticos, desarrollo de productos bioplásticos.	<ul style="list-style-type: none"> • Industria de plásticos • Bioplásticos • Desarrollo. 	<ul style="list-style-type: none"> • Plastics industry • Bioplastics • Development

Formulación / selección de ecuaciones y motores de búsqueda:

Con el fin de obtener una búsqueda específica y adecuada, se tiene que plantear una ecuación que son las combinaciones entre las palabras claves que se obtuvieron mediante enlaces, para ello se utilizó los operadores booleanos (“”) con la palabra OR se separan cada palabra clave y el AND nos permite separar cada

campo de búsqueda. Para evitar obtener artículos de menor importancia y/o relevancia y ofrecer una búsqueda detallada y minuciosa. El mecanismo de búsqueda fue mediante SCOPUS.

En la siguiente tabla se muestra los resultados de los artículos y publicaciones de investigación obtenidos conforme a las ecuaciones y mecanismo de búsqueda elegido:

Tabla 2

Ecuaciones de búsqueda

BASE DE DATOS	PALABRAS /ECUACIÓN DE BÚSQUEDA	RESULTADOS
SCOPUS	("Bioplastics" OR "Environment" OR "*Environment pollution" OR "Plastics" OR "Production" OR "Bioplastics use" OR "Awareness of the environment") AND ("Bioplastics" OR "Biodegradable" OR "Industrial techniques" OR "Recycling") AND ("Biodegradable" OR "Sustainable" OR "Cassava starch" OR "Potato starch" OR "Maize starch" "micro-organism" OR "Biobased plastic" OR "Compostable" OR "Degradation" OR "Plasticizers" OR "Compostable plastic" OR "Biopolymers") AND ("Industrial techniques" OR "Production" OR "Sustainability") AND ("Plastics industry" OR "Bioplastics" OR "Development")	1885

Una vez establecidas las ecuaciones de búsquedas, se logró obtener 1885 artículos de investigación.

Criterios de inclusión y exclusión:

Una vez realizada la búsqueda de bibliográfica se hizo una búsqueda intuitiva en la que no se consideró ningún filtro o exclusión ya sea en el año, área temáticas, libre acceso entre otros por lo que para ello se realizó la metodología del diagrama PRISMA para el uso de

revisión sistemáticas y metaanálisis que garantiza su uniformidad y la minuciosidad del estudio de investigación este diagrama llega a componer 27 elementos y consta de 4 fases que incluye identificación, selección, elegibilidad y documentos incluidos (Kamaly & Streimikiene, 2023)

En la presente investigación, como primer criterio de inclusión aborda la búsqueda de artículos de investigación en los últimos cinco años que aborda



desde (2018 -2023), ya que este filtro nos permitirá obtener una información actualizada y clara. Se han limitado documentos que estén en la etapa de publicación ya que todavía no se tiene mucha veracidad o posibles resultados con el fin de no dañar o interferir en la investigación. Asimismo, es importante mencionar que no se está limitando los idiomas y los países de donde proviene la investigación. Por ello para filtrar los estudios se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión adicionales:

Criterios de inclusión:

- CI1: Artículos de los últimos 5 años (2018 - 2023)
- CI2: Tipo de documentos, artículos, revisión.
- CI3: Idioma todos
- CI4: Países Unión Europea, Rusia, España, EE. UU. u otros.
- CI5: Autores todos
- CI6: Área temática: Ciencia medioambiental, Ingeniería, Ciencia de los Materiales, Química, Ingeniería Química, Ciencias Agrícolas y Biológicas.
- CI7: Acceso directo

Criterios de exclusión:

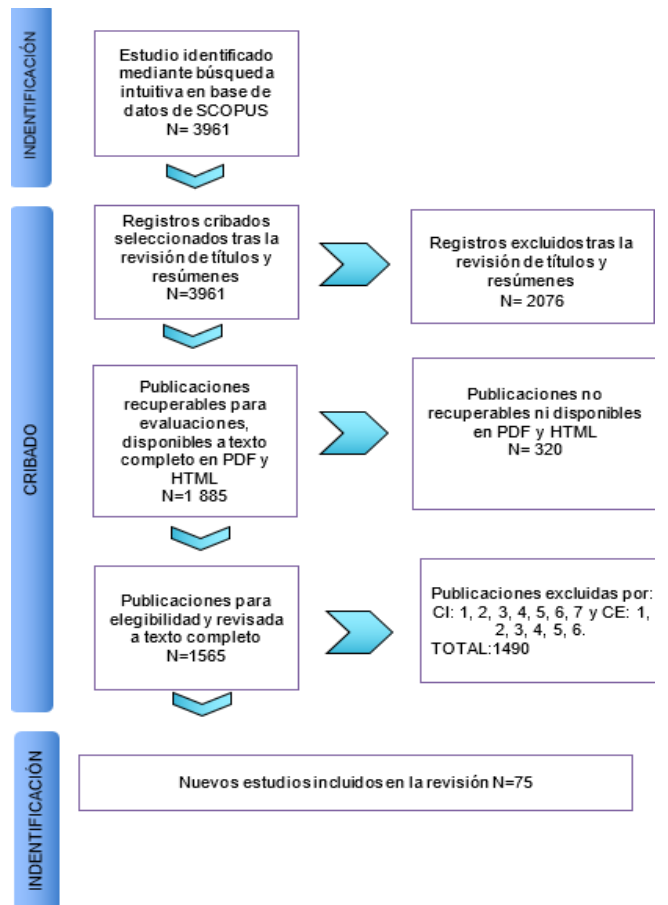
- CE1: Artículos de prácticas y educativas colegial.
- CE2: Etapa de la publicación en proceso
- CE3: Publicaciones duplicadas
- CE4: Artículo de prensa
- CE5: Título de fuente: Nanomateriales, Ciencia Agropecuaria, Diario global del nido, Revista internacional de investigación de tecnovación multidisciplinaria, cuentas de la investigación química, orbital electrónica Flexible Npj, Nanotecnologías en la construcción, nanotecnologías en la construcción, revista de ciencia e ingeniería del cuero, revista de ingeniería de la construcción, revista de investigación avanzada en mecánica de fluidos y ciencias térmicas.
- CE6: Palabras clave: Aspecto Económico, Costos, Películas de biopolímero, Catálisis, Catálisis, Derivados de celulosa, Películas de celulosa, Aditivos biodegradables, Películas biodegradables, Madera, Ciclo vital, Droga no clasificada, Rentabilidad, Aplicaciones médicas, mecánico, Impresoras 3D, Entrega de medicamentos, animal.

Después de un riguroso proceso de búsqueda bibliográfica y luego de aplicar el diagrama PRISMA, la investigación dio como resultado 3961 artículos en su etapa inicial sin ningún filtro. Después de ello se pasó mediante la serie de ecuaciones en cada campo de búsqueda y se obtuvo un registro de artículos cribados de 1885, el cual se revisó de manera minuciosa los

títulos y resúmenes, de lo cual se excluyó 320 de estos. Las revisiones obtenidas a texto completos son de 1565 artículos y de los cuales aplicando los criterios de inclusión: CI1, CI2, CI3, CI4, CI5, CI6 y CI7, así como también lo criterios de exclusión: CE1, CE2, CE3, CE4, CE5 y CE7 obteniendo un total de 1438 artículos excluidos de la SRL. Los nuevos estudios incluidos en la revisión son de 127 artículos de revisión.

Figura 1

Diagrama de flujo PRISMA



Fuente: Elaboración de la autoría adaptado de Landa Maymó, M. y Monreal Guerrero, I. M. (2022)

RESULTADOS

Se recopiló información de los últimos estudios e Después de realizar una exhaustiva búsqueda de investigaciones, se identificaron 75 artículos en total, de los cuales únicamente se consideraron 30 artículos de literatura. De los cuales fueron seleccionados minuciosamente asegurándose de que cumplieran con los criterios de selección y de calidad, con el objetivo de garantizar la relevancia del contenido en esta revisión sistemática. A continuación, se presenta en detalle la lista de trabajos seleccionados:

A Continuación, se muestran las preguntas planteadas de la matriz PICOC.

Q1: ¿Qué tipo de bioplásticos se están desarrollando actualmente?



Tabla 3

Número de artículos relacionados a la respuesta los tipos de bioplástico

Descripción	Lista de artículos
2 tipos de Bioplástico	A1, A2, A5, A14, A15 A21, A22, A27, A29, A30
1 tipo de Bioplástico	A3, A4, A6, A7, A8, A9, A10, A11, A12, A13, A15, A16, A17, A18, A19, A20, A23, A24, A25, A28.
0 tipo de Bioplástico	A26.

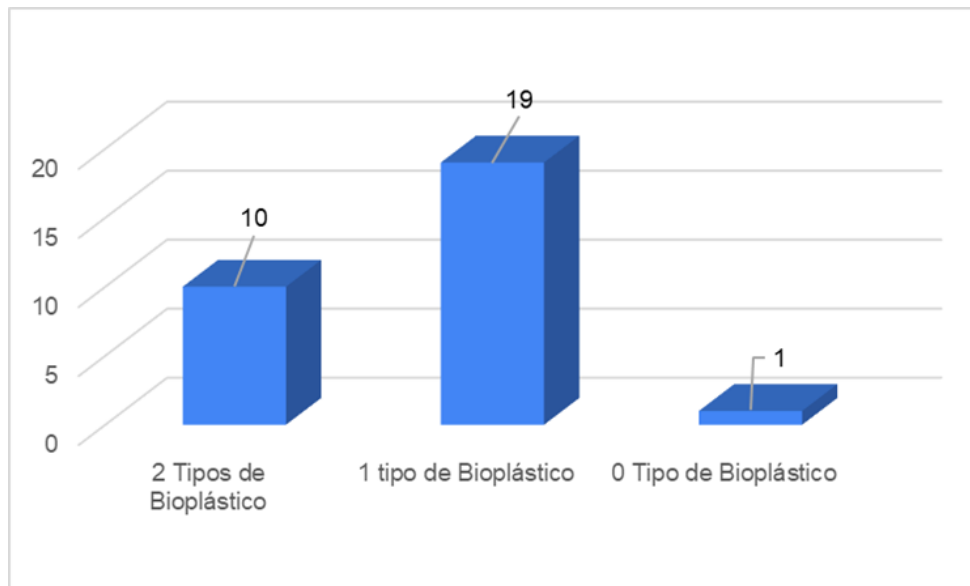
En la tabla 3 se puede observar la lista de artículos los cuales están relacionados a una pregunta general respecto a los tipos de bioplásticos que se está desarrollando actualmente.

Por otro lado, en la Figura 2 donde se presenta un gráfico de barras de 30 artículos trabajados en la

revisión literaria de los cuales 19 artículos mencionan al menos 1 un tipo de Bioplástico, que puede ser plásticos biodegradables a partir de recursos fósiles, compostable o de base biológica y biodegradable, 10 artículos mencionan al menos 2 tipos de bioplásticos y 1 artículo no menciona ningún tipo de bioplástico en su contenido.

Figura 2

Tipo de bioplásticos que se están desarrollando actualmente



EQ1: ¿Cuánto tiempo de degradabilidad tienen los productos bioplásticos?

Tabla 4

Número de artículos relacionados a la respuesta al tiempo de degradabilidad de los bioplásticos

Descripción	Lista de artículos
Los bioplásticos tienen Degradabilidad	A2, A5, A7, A8, A15, A16, A17, A22, A23
No especifica	A1, A3, A4, A6, A9, A10, A11, A12, A13, A14, A18, A19, A20, A21, A24, A25, 26, A27, A28, A29, A30.

En la tabla 4 se puede observar la lista de artículos los cuales están relacionados a una pregunta específica respecto al tiempo de degradabilidad de los bioplásticos.

el tiempo de degradabilidad con respecto a los bioplásticos y 21 artículos no especifican ese dato.

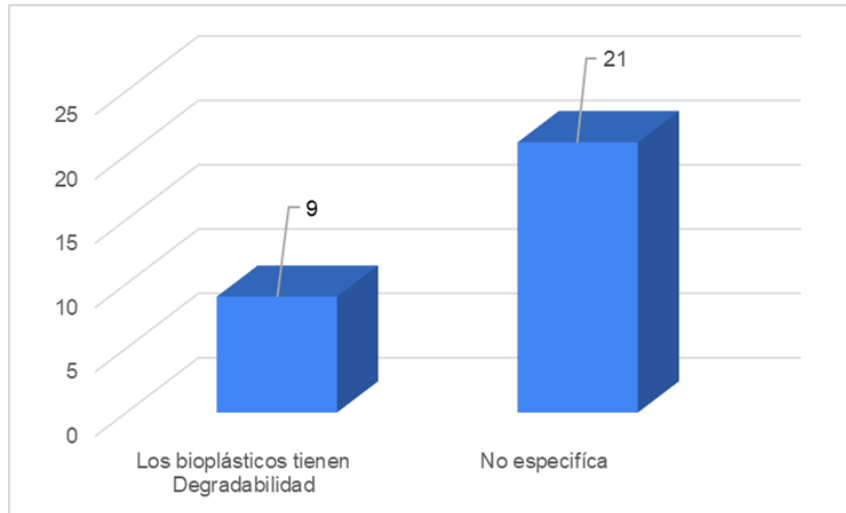
Por otro lado, en la Figura 3 donde se presenta un gráfico de barras de 30 artículos trabajados en la revisión literaria de los cuales solo 9 artículos precisan

Artículo científico: pág. 25



Figura 3

Cantidad total de artículos relacionadas al tiempo de degradabilidad planteadas en la pregunta EQ1



EQ2: ¿Qué aditivos se utilizan para la producción de bioplásticos?

Tabla 5

Número de artículos relacionados a la respuesta de tipos de aditivos para la producción de bioplásticos

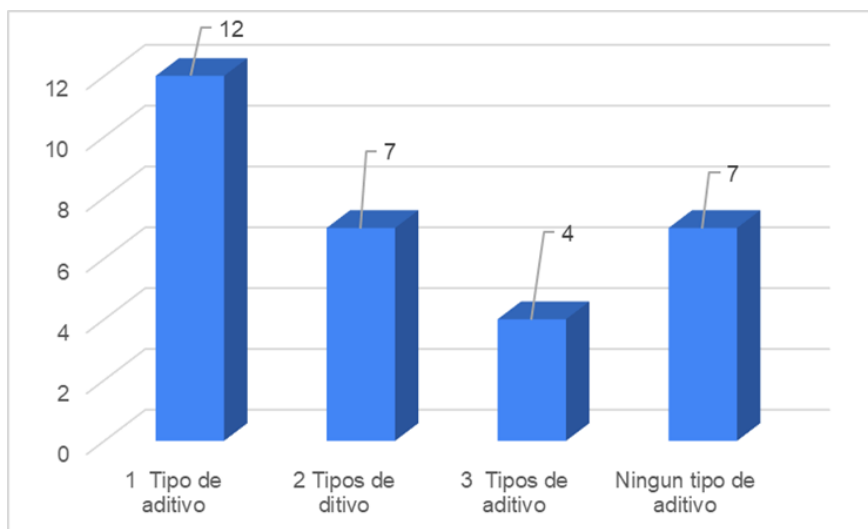
Descripción	Lista de artículos
1 tipo de aditivo	A1, A2, A3, A4, A6, A8, A9, A10, A13, A16, A21, A24
2 tipos de aditivo	A12, A18, A19, A23, A27, A28, A30
3 tipos de aditivo	A11, A17, A25, A26
Ningún tipo de aditivo	A5, A7, A14, A15, A20, A22, A29

En la tabla 5 se puede observar la lista de artículos los cuales están relacionados a una pregunta específica respecto a los tipos de aditivos en la producción de los bioplásticos. Por otro lado en la Figura 4 donde se presenta un gráfico de barras de 30 artículos trabajados en la revisión literaria de los cuales 12 artículos

mencionan al menos 1 un tipo de aditivo, que son espesante, plastificantes y emulsionante, 7 artículos mencionan al menos 2 tipos de aditivos, 4 artículos mencionan que se encuentran información los 3 aditivos y 7 artículos no mencionan ninguno de los 3 tipos de aditivos.

Figura 4

Artículos relacionados a los tipos de aditivos que se utilizan para la producción de bioplásticos que está planteada de la pregunta EQ2



EQ3: ¿Cuál es la importancia de los bioplásticos?

Tabla 6

Número de artículos relacionados a la respuesta a la importancia de los bioplásticos

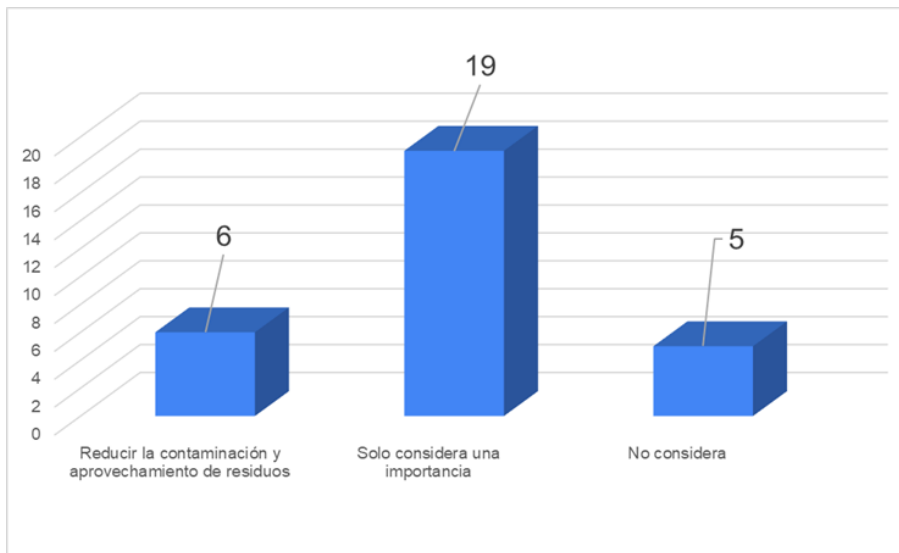
Descripción	Lista de artículos
Reducir la contaminación y aprovechamiento de residuos	A1, A9, A11, A17, A23, A26.
Solo considera una importancia	A2, A3, A5, A7, A10, A12, A13, A14, A16, A18, A19, A20, A21, A22, A23, A24, A25, A28, A29, A30
No considera	A4, A6, A8, A15, A27

En la tabla 56 se puede observar la lista de artículos los cuales están relacionados a una pregunta específica respecto a la importancia de los bioplásticos. Por otro lado, en la Figura 5 donde se presenta un gráfico de barras de 30 artículos trabajados en la revisión literaria

teniendo así al menos 6 artículos donde consideran que la importancia es reducir la contaminación y aprovechamiento de residuos, 19 artículos que consideran solo 1 importancia y 5 artículos no consideran la importancia de uso de bioplásticos.

Figura 5

Cantidad total de artículos relacionadas a importancia de los bioplásticos en la pregunta EQ3



DISCUSIÓN

En este apartado se pretende dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas.

Sobre las preguntas de investigación

Q1 ¿Qué tipo de bioplásticos se están desarrollando actualmente?

En la actualidad se están realizando investigaciones sobre el desarrollo y producción de diferentes tipos de bioplásticos. Según Melchor et al. (2022), existen 60 000 formulaciones para la elaboración de bioplásticos diferentes, tan solo seis polímeros representan el 90% de la producción en general siendo: Poliuretano (PU), polietileno de baja densidad (LDPE), polipropileno (PP), Poli (ácido láctico) (PLA), cloruro de polivinilo (PVC), poliestireno (PS), polietileno de alta densidad (HDPE), poli (tereftalato de etileno) (PET).

Por otro lado, los plásticos biodegradables son derivados de la biomasa renovable se convirtieron más populares y en la actualidad se producen hasta 4

millones de toneladas al año. No todos los polímeros, que son derivados de fuentes biológicas son biodegradables, asimismo no todos los polímeros que son derivados de las fuentes biológicas son biodegradables. Los componentes principales de los bioplásticos son el almidón, la celulosa, el azúcar, entre otros. También, el almidón termoplástico, los polímeros de origen vegetal, el ácido poliláctico o polilactida (PLA) y los polihidroxialcanoatos (PHA) son considerados biopolímeros (Aitizas, et el 2023). En comparación con Asrsha et al., (2022), menciona que los bioplásticos tiene la capacidad de reemplazar los plásticos convencionales a través de la diversificación de producción como el poli (ácido láctico) (PLA), poli (tereftalato de adipato de butileno) (PBAT), el biopolipropileno, los polihidroxialcanoatos (PHA) y el biopolietileno, entre otros.

Asimismo, encontramos a los polímeros de base biológica que son de materiales más prometedores completamente biodegradables, que se sintetizan a partir los microorganismos o plantas mediante el proceso de bioquímica. Los polímeros de base



biológica, se clasifican en 3 tipos: Primero, son extraídos de la biomasa; a) Los polisacáridos) pectina, almidón, quitosano, celulosa, carragenano); b) Proteínas (colágeno, queratina, gelatina); c) y lípidos. Segundo son sintetizados a partir de monómeros (PLA y poliésteres). Y tercero son obtenidos de los microorganismos (PHA 25 y celulosa bacteriana). Los polisacáridos son de material de base biológica es aprobado para los recubrimientos y las películas, ampliamente proporcionan barreras penetrantes de oxígeno y dióxido de carbono.

EQ1: ¿Cuánto tiempo de degradabilidad tienen los productos bioplásticos?

Con respecto al tiempo de degradabilidad de los bioplásticos, se encontró diferentes tiempos de degradación, esto depende de los estudios realizados. Según, Ahsan et al., (2023), menciona que la degradación del Poli (ácido láctico) (PLA) en el suelo es lenta a comparación del medio compost, porque contiene mayor humedad y temperatura adecuada que fomenta hidrólisis y asimilación del PLA por los microorganismos termófilo, la tasa promedio de biodegradación fue 96,8%.

Por otro lado, Polman et al., (2021), menciona que los bioplásticos a base de fuentes renovables como el almidón, tienen una buena resistencia a temperatura de 50°C durante meses y se utilizan para la elaboración de bioplásticos o biocompost biodegradables y en la agricultura para el abono. Con respecto al tiempo de degradación de los biodegradables es de un 1 año y 4 meses, convirtiéndose finalmente en abono orgánico. En comparación con Cucina et al. (2021), menciona que la degradación de los plásticos se encuentra en un rango de 6 y 36 meses. Asimismo, las moléculas de cloruro de polivinilo (PVC) sufren degradación, en menor medida y mayor tiempo. Las cadenas largas de PVC empiezan a descomponerse en fragmentos cortos, y estos son destruidos por los microorganismos del suelo. Asimismo, Neto et al. (2018), menciona que en condición bioquímica y de suelo, el PLA se degrada de forma rápida, aproximadamente entre 18 semanas, a través de pruebas cx de entierro en el suelo se observó la pérdida de más en un 85%, ya que los bioplásticos poseen características mecánicas deficientes que son compuestos elaborados con polímeros naturales.

EQ2: ¿Qué aditivos se utilizan para la producción de bioplásticos?

Silva et al (2020) señala que los aditivos que se utilizan en la producción de bioplásticos los cumplen un rol importante ya que le confieren mejores propiedades, los aditivos que se usa en industria son los plastificantes, espesantes y disolventes. Asimismo, menciona Anialv et al (2023) el uso de aditivos mas frecuentes son los plastificantes como los espesantes. Sin embargo, Kasra et al (2021) menciona que un aditivo importante dentro de la industria es el

disolvente que al sumergir la biomasa que contiene el PHA, el más utilizado es el cloroformo, cloruro de metileno y la acetona sin embargo estos disolventes no son amigables con el medio ambiente por lo que debería proponer otras alternativas como el anisol, ciclohexanona que cumpla con el propósito de proteger el ambiente, hasta el momento no existen muchos estudios con esos disolventes.

Las propiedades que confiere los aditivos en los bioplásticos son de gran ventaja como ese el caso del almidón que es un excelente plastificante con una mezcla de poli (ϵ -caprolactona) debido a que le da mayor elasticidad y estabilidad. Piñeros et al (2019). A lo que Anjaly et al (2023) menciona que los bioplásticos a bases de acetato de células en conjunto del polietilenglicol como aditivo plastificante le da propiedades mecánicas, así como estructurales. Asimismo Hynes et al ., (2023) afirma que el glicerol es un plastificante ampliamente usado, ya que presenta una solubilidad limitada, por lo que tiene grandes propiedades mecánicas así como de resistencia, haciendo de los plastificantes una alternativa útil para la producción de bioplásticos.

EQ3: ¿Cuál es la importancia de los bioplásticos?

En lo que corresponde a la importancia que tiene la producción de los bioplásticos, Anjali et al .(2023) destaca que es importante la sustitución de los plásticos no biodegradables por lo bioplásticos ya que estos si cuentan con una ventaja de poder ser biodegradables la cual es una buena alternativa para reducir el exceso de acumulación de por plásticos que afectan al ambiente acumulándose en los océanos, gracias a los avances de la investigación existe un mayor desarrollo de materiales con excelente propiedades para la producción de bioplásticos ya sea de origen natural o artificial. De la misma manera Hynes et al.(2023), aborda que los bioplásticos contribuyen en la reducción de emisiones del efecto invernadero asegurando la calidad del ambiente. Si bien es cierto los bioplásticos están compuestos de recursos renovables, como es la celulosa, almidón de yuca, maíz, papa, azúcar. De hecho, las tasas de biodegradación difieren entre los bioplásticos y las propiedades de los biopolímeros dependen de factores ambientales externos, las propiedades intrínsecas del biopolímero. De modo que cada autor destaca la importancia que trae la producción de bioplásticos que en general muestran aspectos positivos sin embargo muchos artículos destacan algunos aspectos negativos por lo que sería importante realizar un estudio de ello.

CONCLUSIONES

Se recopiló información de los últimos estudios e investigaciones de la producción y uso de bioplásticos a partir de diferentes materias orgánicas, con el fin de reducir la contaminación del medio ambiente. Se vienen desarrollando investigaciones de posibles soluciones al problema de contaminación, como la elaboración y producción de materiales de base biológica y biodegradables. Los métodos más recientes, se están desarrollando bioplásticos alternativos, que se caracterizan por respeto al medio ambiente, ya que los bioplásticos constituyen una alternativa prometedora frente a los problemas ambientales causados por los plásticos convencionales. Sin embargo, aún es necesario mejorar sus propiedades y tiempos de degradación. También es fundamental crear conciencia en la sociedad sobre los beneficios ambientales de los bioplásticos para incrementar su producción y uso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Sandoval-Mauricio, E., Espinoza-Espinoza, L., Ruiz-Flores, L., Valdiviezo-Marcelo, J., Moreno- Quispe, L., et al. (2023). Influence of the pulp of *Mangifera indica* and *Myrciaria dubia* on the bioactive and sensory properties of ice cream. *Frente. Sostener. Food Syst.* <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1126448>
- Cristóbal, J., Federica, P, Giavini, M., Caro, D., Manfredi, S., Tonini, D. (2023). Management practices for compostable plastic packaging waste: Impacts, challenges and recommendations. *Gestión de residuos.* <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2023.08.010>
- Da Silva, F.A., Serra, J.C. De Olivera, D.D. Martin. C.A. (2023). Production of Biodegradable Polymeric Composites with the Addition of waste. *Materials.* <https://doi.org/10.3390/ma16186305>
- De Barcelos, A., Gomes, M., da Costa, C., da Rosa, R., Victoria, J., Geert, G., Federizzib, G. (2020). Intelligent personal assistants: A systematic literature review. *Expert Systems with Applications.* <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.113193>
- Gargi, P, Deepak, R. (2023). Bioplastics as polymeric building blocks: Paving the way for greener and cleaner environment. *Revista Europea de Polímeros*, 199, 112453. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2023.112453>
- Halba, K., Griffin, R., Lbath, A., Dahbura, A. (2023). IoT Capabilities Composition and Decomposition: A Systematic Review. *IEEE Xplore.* 10.1109/ACCESS.2023.3260182
- Kamali, M & Streimikiene, D. (2023). (Challenges to the low carbon energy transition: A systematic literature review and research agenda. *Energy Strategy Reviews.* <https://doi.org/10.1016/j.esr.2023.101163>
- Lubis, M., Harahap, M. B., Ginting, M. H. S., Sartika, M., & Azmi, H. (2018). Producción de bioplástico a partir de almidón de semilla de aguacate reforzado con celulosa microcristalina de fibras de palma de azúcar. *Revista de ciencia y tecnología de la ingeniería.*
- Merlo, O., Guerrero, M., Vivero, A. (2022). The production biodegradable products as an alternative to reduce plastic pollution in the canton of san lorenzo. *Universidad y Sociedad.*
- Navasingh, R.J., Gurunathan, M.K., Krolczyk, J.B. (2023). Sustainable Bioplastics for Food Packaging Produced from Renewable Natural Sources. *Polímeros.* <https://doi.org/10.3390/polym15183760>
- Carrera, A., Ochoa, G., Larrinaga, F., Lasa, G. (2022). How to conduct a systematic literature review: A quick guide for computer science research. *MethodsX.* <https://doi.org/10.1016/j.mex.2022.101895>
- Ochoa, W., Larrinaga, F., Perez, A. (2023) Context-aware workflow management for smart manufacturing: A literature review of semantic web-based approaches. *Future Generation Computer Systems.* <https://doi.org/10.1016/j.future.2023.03.017>
- Pinho, D., Aguilar, A., Amaral, V. (2023). What about the usability in low-code platforms? A systematic literature reviews. *Journal of Computer Languages.* <https://doi.org/10.1016/j.cola.2022.101185>
- Silva, L., Brinques, B., Gurak, D. (2020). Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos de amido de milho contendo farinha de subproduto de broto. *Brazilian Journal of Food Technology,* <https://doi.org/10.1590/1981-6723.32618>
- Wan Yahaya, W.A., Azman, N.A., Fatmawati, A., Abd Hamid, K.H., Almajano, M.P. (2023). Exploring the Potential of Seaweed Derivatives for the Development of Biodegradable Plastics: A Comparative Study. *Polymers.* <https://doi.org/10.3390/polym15132884>
- Melchor-Martínez, EM, Macías-Garbett, R., Alvarado-Ramírez, L., Araújo, RG, Sosa-Hernández, JE, Ramírez-Gamboa, D., Parra-Arroyo, L., Alvarez, AG, Monteverde, RPB, Cazares, K. a. S., Reyes-Mayer, A., Lino, MY, Iqbal, HM y Parra-Saldívar, R. (2022). Hacia una economía circular de los plásticos: una evaluación de la transición sistemática hacia una nueva generación de bioplásticos. *Polímeros*, 14 (6), 1203. <https://doi.org/10.3390/polym14061203>
- Jeremić, S., Milovanović, J., Mojićević, M., Bogojevic, SS y Nikodinovic-Runic, J. (2020). Comprensión de los materiales bioplásticos: estado actual y tendencias.

- Revista de la Sociedad Química Serbia, 85 (12), 1507-1538. <https://doi.org/10.2298/jsc200720051j>
- Chávez, BA, Raghavan, V. y Tartakovsky, B. (2022). Un análisis comparativo de la producción de biopolímeros mediante tecnologías microbianas y bioelectroquímicas. *Avances de RSC*, 12 (25), 16105–16118. <https://doi.org/10.1039/d1ra08796g>
- Ballerstedt, H., Tiso, T., Wierckx, N., Wei, R., Avérous, L., Bornscheuer, UT, O'Connor, KE, Floehr, T., Jupke, A., Klankermayer, J., Liu, L., De Lorenzo, V., Narancic, T., Nogales, J., Perrin, R., Pollet, É., Prieto, A., Casey, WT, Haarmann, T. En blanco, LM (2021). Biodegradación de plásticos MIXTOS y reciclaje mediante comunidades microbianas: el proyecto MIX-UP de la UE Horizonte 2020 comenzó en enero de 2020. *Environmental Sciences Europe*, 33 (1). <https://doi.org/10.1186/s12302-021-00536-5>
- Ahsan, WA, Hussain, A., Lin, C. y Ky, NM (2023). Biodegradación de diferentes tipos de bioplásticos mediante compostaje: una tendencia reciente en el reciclaje ecológico. *Catalizadores*, 13 (2), 294. <https://doi.org/10.3390/catal13020294>
- Surendren, A., Mohanty, AK, Liu, Q. y Misra, M. (2022). Una revisión de los almidones termoplásticos biodegradables, sus mezclas y compuestos: desarrollos recientes y oportunidades para alternativas de envases de plástico de un solo uso. *Química Verde*, 24 (22), 8606–8636. <https://doi.org/10.1039/d2gc02169b>
- Price, S., Kuzhiumparambil, U., Pernice, M. y Ralph, PJ (2020b). Polihidroxibutirato de cianobacterias para la producción sostenible de bioplásticos: revisión crítica y perspectivas. *Revista de Ingeniería Química Ambiental*, 8 (4), 104007. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104007>
- Cabeo, T., Moura, I., Vilarinho, C. y Machado, AV (2018). Materiales Sostenibles a Base de Celulosa procedente de Agrorresiduos del Sector Alimentario. *Revista de materiales renovables*, 6 (7), 688–696. <https://doi.org/10.32604/jrm.2018.00006>
- Navasingh, RJH, Gurunathan, MK, Nikolova, MP y Królczyk, JB (2023). Bioplásticos sostenibles para envases de alimentos producidos a partir de fuentes naturales renovables. *Polímeros*, 15 (18), 3760. <https://doi.org/10.3390/polym15183760>
- Cai, Z., Haque, ANMA, Dhandapani, R. y Naebe, M. (2023). Bioplástico sostenible de residuos de desmotadora de algodón/policaprolactona con tasa de biodegradación ajustable: ampliación de la producción mediante moldeo por compresión. *Polímeros*, 15 (9), 1992. <https://doi.org/10.3390/polym15091992>
- Khamkong, T., Penkhrue, W. y Lumyong, S. (2022). Optimización de la producción de polihidroxialcanoatos (PHA) a partir de *Ensifer* sp. Ceba HD34 mediante Metodología de Superficie de Respuesta. *Procesos*, 10 (8), 1632. <https://doi.org/10.3390/pr10081632>
- Duruin, AA, Lalantacon, XF, Leysa, JG, Lll, RL, Obena, RA, Sapal, A., Leysa, M., Valdez, A., & Abusama, H. (2021). Potencial de producción de bioplástico a partir de jacinto de agua (*Eichornia crassipes*). *Revista de ciencia e ingeniería de la ASEAN*, 2 (2), 139–142. <https://doi.org/10.17509/ajse.v2i2.37801>
- Westlake, JR, Tran, MW, Jiang, Y., Zhang, X., Burrows, AD y Xie, M. (2023). Biopolímeros biodegradables para envases activos: demanda, desarrollo y direcciones. *Tecnología alimentaria sostenible*, 1 (1), 50–72. <https://doi.org/10.1039/d2fb00004k>
- Polman, EM, Gruter, GM, Parsons, JR y Tietema, A. (2021). Comparación de la biodegradación aeróbica de biopolímeros y los bioplásticos correspondientes: una revisión. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 753, 141953. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141953>
- Vikhareva, I., Buylova, EA, Yarmuhametova, GU, Aminova, G. y Мазитова, А. (2021). Una visión general de las principales tendencias en la creación de materiales poliméricos biodegradables. *Revista de Química*, 2021, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2021/5099705>
- Gómez-Gast, N., Del Rocío López-Cuellar, M., Vergara-Porras, B., & Vieyra, H. (2022). Bioenvases Posibles alternativas: compuestos bioplásticos de polihidroxialcanoatos y fibras vegetales. *Polímeros*, 14 (6), 1114. <https://doi.org/10.3390/polym14061114>
- De Melo Neto, BA, Fornari, CCM, Da Silva, EGP, Franco, M., Reis, NDS, Bonomo, RCF, De Almeida, PF, & Pontes, KV (2017). Almidón termoplástico biodegradable del fruto del peciolo (*Bactris gasipaeskunth*): Producción y caracterización. *Revista Internacional de Propiedades de los Alimentos*, 20 (sup3), S2429–S2440. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1372472>
- Shafqat, A., Al-Zaqri, N., Tahir, A. y Alsalmeh, A. (2021). Síntesis y caracterización de bioplásticos a base de almidón utilizando diversos ingredientes de origen vegetal, plastificantes y cargas naturales. *Revista Saudita de Ciencias Biológicas*, 28 (3), 1739–1749. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.12.015>
- Shafqat, A., Tahir, A., Khan, WU, Mahmood, A. y Abbasi, GH (2021). PRODUCCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPLÁSTICOS BIODEGRADABLES A BASE DE ALMIDÓN DE ARROZ Y ALMIDÓN DE MAÍZ UTILIZANDO DIVERSOS PLASTIFICANTES Y RELLENOS DE REFUERZO NATURALES. *Química y tecnología de la celulosa*, 55 (7–8), 867–881.

- <https://doi.org/10.35812/cellulosechemtechnol.2021.55.73>
- Maraveas, C., Kotzabasaki, M. y Bartzanas, T. (2023). Tecnologías inteligentes, degradación microbiana y enzimática de plásticos agrícolas. *AgriIngeniería*, 5 (1), 85–111. <https://doi.org/10.3390/agriengineering5010006>
- Abe, MM, Martins, JR, Sanvezzo, PB, Macedo, JV, Branciforti, MC, Halley, PJ, Botaro, VR y Brienza, M. (2021). Ventajas y desventajas de la producción de bioplásticos a partir de almidón y componentes lignocelulósicos. *Polímeros*, 13 (15), 2484. <https://doi.org/10.3390/polym13152484>
- Thomas, AP, Kasa, VP, Dubey, B., Sen, R. y Sarmah, AK (2023). Síntesis y comercialización de bioplásticos: residuos orgánicos como materia prima sostenible. *Ciencia del Medio Ambiente Total*, 904, 167243. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.167243>
- Khatami, K., Pérez-Zabaleta, M., Owusu-Agyeman, I. y Cetecioglu, Z. (2021). De residuos a bioplásticos: ¿Qué tan cerca estamos de una producción sostenible de polihidroxialcanoatos? *Gestión de residuos*, 119, 374–388. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.10.008>
- Cucina, M., De Nisi, P., Tambone, F. y Adani, F. (2021). El papel de la gestión de residuos en la reducción de la fuga de bioplásticos al medio ambiente: una revisión. *Tecnología de biorrecursos*, 337, 125459. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2021.125459>
- Piñeros-Guerrero, N., Sierra-Barahona, FD, Piñeros-Castro, Y., & Ortega-Toro, R. (2019). Propiedades Microestructurales y Ópticas de Películas Biodegradables a Base de Almidón Termoplástico y Poli (ϵ -Caprolactona) con Actividad Antioxidante. *Información Tecnológica*, 30 (4), 293–300. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642019000400293>
- Silva, MLT, Brinques, GB y Gurak, PD (2020). Desenvolvimento e caracterização de bioplásticos de amido de milho contendo farinha de subproduto de broto. *Revista Brasileira de Tecnologia de Alimentos*, 23 <https://doi.org/10.1590/1981-6723.32618>
- Navia, DP, Ayala, A. a. A., y Villada, HS (2014). Adsorción de Vapor de Agua de Bioplásticos Elaborados con Harina de dos Variedades de Yuca (Adsorción Manihot esculenta Crantz). *Información Tecnológica*, 25 (6), 23–32. <https://doi.org/10.4067/s0718-07642014000600004>
- Vargas-García, Y., Pazmiño-Sánchez, J., & Dávila-Rincón, J. (2021). Potencial de Biomasa en América del Sur para la Producción de Bioplásticos. Una revisión. *Revista Politécnica*, 48 (2), 7–20. <https://doi.org/10.33333/rp.vol48n2.01>