UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERADE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ANÁLISIS DOCUMENTAL DE LA OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE ALMIDÓN PARA EL USO EN ALIMENTOS.

AUTOR(ES):
Cristhian Andrés Rodríguez López
Morayna Tristeza Gómez Moscoso

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Franklin Rolando Villafuerte Carrillo

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.

Criterios	Puntaje	Argumentos de la calificación
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	El título es conciso e informa de manera clara que se persigue con la investigación
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	El resumen del trabaja es correcto y cumple lo requerimientos
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	La información es adecuada y engloba correctamente tanto los antecedentes como lo que se persigue con el estudio. La redacción es clara y concisa
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	El Marco teórico es coherente y está bien estructurado, los conceptos plasmados en el guardan relación con la temática tratada.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	La metodología es clara y describe cual es el mecanismo que se utilizó en el estudio
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		

Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	Los resultados son claros, ofrecen comparación entre distintos autores y permiten analizar el objetivo propuesto
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	La conclusión es clara, obedece al objetivo de la investigación, y está basada en los resultados obtenidos
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Las referencias están de acuerdo a la normativa
VALORACIÓN TOTAL	100/100	Se recomienda aprobar el trabajo investigativo

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	Cien puntos (100)

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
VICENTE FABRICIO DOMINGUEZ NARVAEZ

Ing. Vicente Fabricio Domínguez Narváez MSC.
DOCENTE PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 8 días del mes de Agosto de 2022

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en los cuadros y figuras.	25/25	
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	
VALORACIÓN TOTAL	100/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100/100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
ARMANDO VINICIO PAREDES PERALTA

PAREDES PERALTA ARMANDO VINICIO

DOCENTE UEA

Dado en la ciudad de Puyo, a los 08 días del mes de agosto de 2022

Ouriginal

Document Information

Analyzed document	Análisis documental de la obtención de bioplásticos a partir de almidón para el uso en alimentos_v2.pdf (D142605157)
Submitted	6/2/2022 2:19:00 PM
Submitted by	VILLAFUERTE CARRILLO FRANKLIN ROLANDO
Submitter email	fvillafuerte@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	fvillafuerte.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W URL: https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/28699/Mongu%C3%AOTorresLinaMarcela2021.pdf?sequence=16isAllowed=y
Fetched: 6/17/2022 12:01:08 AM — 1

Entire Document

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA. Trabajo de Integración Curricular (1 Análisis documental de la obtención de bioplásticos a partir de almidón para el uso en alimentos 1 1 @uea.edu.ec 2 1 @uea.edu.ec , M.Sc 3 1 @uea.edu.ec Universidad Estatal Amazónica. Facultad de Ciencias de la Tierra. Carrera de Ingeniería Agroindustrial (1) Resumen El plástico tradicional se originó en Estados Unidos siendo empleado en el empaquetado y envasado de productos, su tiempo de degradación es de 100–1000 años aspecto por el cual representan preocupaciones ambientales. Esta problemática ambiental ha originado la creación de los bioplásticos, los cuales presentan un menor tiempo de degradación en comparación con los plásticos tradicionales, por ende, el objetivo de la investigación fue analizar documentalmente las tecnologías para la obtención de bioplásticos a partir de almidón para uso en alimentos. La investigación se realizó mediante la metodología SALSA, la cual consiste en buscar, evaluar, sintetizar y analizar la información. Los polímeros biodegradables se pueden obtener de diferentes fuentes como son la biomasa, microorganismo y biotecnología. Siendo los bioplástico a partir de almidón lo más empleados. Los principales bioplásticos obtenidos a base de almidón son: almidón termoplástico (TPS), ácido poliláctico (PLA) y biopolímeros a base de almidón. Durante la producción de TPS se emplea el TPO (óxido de 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina) o sorbato de potasio (C 6 H 7 KO 2) como agente termoplástico, mientras para la obtención de PLA se distingue por una etapa de fermentación y por último los biopolímeros a base de almidón se diferencia en su proceso por la aplicación únicamente de almidón y glicerol. Por ende, los factores que afectan las propiedades de estos biopolímeros son el tamaño de las partículas de almidón, la relación amilosa/amilopectina, plastificante utilizado y condiciones de procesamiento. Se estima una participación entre el 10–15 % de los bioplásticos en el mercado total de plásticos para el año 2025. Los bioplásticos se utilizan en el envasado, recubrimiento, embalaje y empaque de productos alimentarios. El tiempo de degradación de los bioplásticos está vinculado con el porcentaje del almidón del biopolímero elaborado.
Palabras Clave: Biodegradacion, metodología SALSA, termoplásticos. Abstract Traditional plastic originated in the United States being used in the packaging of products, its degradation time is 100–1000 years, an aspect for which they represent environmental concerns. This environmental problem has led to the creation of bioplastics, which have a shorter degradation time compared to traditional plastics, therefore, the objective of the research was to document the technologies for obtaining bioplastics from starch for use in food. The research was carried out using the SALSA methodology, which consists of searching, evaluating, synthesizing and analyzing information. Biodegradable polymers can be obtained from diverse sources such as biomass, microorganisms and biotechnology. Being the bioplastic from starch the most used. The main bioplastics obtained from starch are: thermoplastic starch (TPS), polylactic acid (PLA) and starch-based biopolymers. During the production of TPS, TPO (2,4,6- trimethylbenzoyldiphenylphosphine oxide) or potassium sorbate (C 6 H 7 KO 2) is used as a thermoplastic agent, while to obtain PLA it is distinguished by a fermentation stage and finally the biopolymers to Starch base differs in its process by the application of only starch and glycerol. Therefore, the factors that affect the properties of these biopolymers are the size of the starch particles, the amylose/amylopectin ratio, the plasticizer used, and the processing conditions. A share between 10–15% of bioplastics in the total plastics market is estimated for the year 2025. Bioplastics are used in the packaging, coating, packaging and packaging of food products. The degradation time of bioplastics is linked to the percentage of starch in the biopolymer produced. Keywords: Biodegradation, SALSA methodology, thermoplastic. 1 INTRODUCCIÓN Según Cristán Frías et al. (2003), se refieren al plástico como un elemento de alto peso molecular que se reduce comunmente por mixtura de compuestos de bajo peso molecular. Según García-Díez (2009), el plástico surgió en Estados Unidos en el año 1909 respondiendo al nombre de baquelita como polímero completamente sintético, formada por

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Puyo, 02 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Rodríguez López Cristhian Andrés, con C.I. 160081627-4, con el Tema: "**Análisis documental de la obtención de bioplásticos a partir de almidón para el uso en alimentos**", de la carrerade Agroindustria.

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Franklin Rolando Villafuerte Carrillo, ha revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%, Informe generado con fecha 02 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines

pertinentes Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
FRANKLIN ROLANDO VILLAFUERTE CARRILLO

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal

Document Information

Analyzed document	Análisis documental de la obtención de bioplásticos a partir de almidón para el uso en alimentos_v2.pdf (D142605157)
Submitted	6/2/2022 2:19:00 PM
Submitted by	VILLAFUERTE CARRILLO FRANKLIN ROLANDO
Submitter email	fvillafuerte@uea.edu.ec
Similarity	0%
Analysis address	fvillafuerte.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

W URL: https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/28699/Mongui%C3%ADTorresLinaMarcela2021.pdf?sequence=16isAllowed=y
Fetched: 6/17/2022 12:01:08 AM — 1

Entire Document

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA Trabajo de Integración Curricular (1 Análisis documental de la obtención de bioplásticos a partir de almidón para el uso en alimentos 1 1 @uea.edu.ec 2 1 @uea.edu.ec , M.Sc 3 1 @uea.edu.ec Universidad Estatal Amazónica. Facultad de Ciencias de la Tierra. Carrera de Ingeniería Agroindustrial (1). Resumen El plástico tradicional se originó en Estados Unidos siendo empleado en el empaquetado y envasado de productos, su tiempo de degradación es de 100–1000 años aspecto por el cual representan preocupaciones ambientales. Esta problemática ambiental ha originado la creación de los bioplásticos, los cuales presentan un menor tiempo de degradación en comparación con los plásticos tradicionales, por ende, el objetivo de la investigación fue analizar documentalmente las tecnologías para la obtención de bioplásticos a partir de almidón para uso en alimentos. La investigación se realizó mediante la metodología SALSA, la cual consiste en buscar, evaluar, sintetizar y analizar la información. Los polímeros biodegradables se pueden obtener de diferentes fuentes como son la biomasa, microorganismo y biotecnología. Siendo los bioplástico a partir de almidón lo más empleados. Los principales bioplásticos obtenidos a base de almidón son: almidón termoplástico (TPS), ácido poliláctico (PLA) y biopolímeros a base de almidón. Durante la producción de TPS se emplea el TPO (óxido de 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina) o sorbato de potasio (C 6 H 7 KO 2) como agente termoplástico, mientras para la obtención de PLA se distingue por una etapa de fermentación y por último los biopolímeros a base de almidón se diferencia en su proceso por la aplicación únicamente de almidón y glicerol. Por ende, los factores que afectan las propiedades de estos biopolímeros son el tamaño de las partículas de almidón, la relación amilosa/amilopectina, plastificante utilizado y condiciones de procesamiento. Se estima una participación entre el 10–15 % de los bioplásticos en el mercado total de plásticos para el año 2025. Los bioplásticos se utilizan en el envasado, recubrimiento, embalaje y empaque de productos alimentarios. El tiempo de degradación de los bioplásticos está vinculado con el porcentaje del almidón del biopolímero elaborado.
Palabras Clave: Biodegradación, metodología SALSA, termoplástico. Abstract Traditional plastic originated in the United States being used in the packaging of products, its degradation time is 100–1000 years, an aspect for which they represent environmental concerns. This environmental problem has led to the creation of bioplastics, which have a shorter degradation time compared to traditional plastics, therefore, the objective of the research was to document the technologies for obtaining bioplastics from starch for use in food. The research was carried out using the SALSA methodology, which consists of searching, evaluating, synthesizing and analyzing information. Biodegradable polymers can be obtained from diverse sources such as biomass, microorganisms and biotechnology. Being the bioplastic from starch the most used. The main bioplastics obtained from starch are: thermoplastic starch (TPS), polylactic acid (PLA) and starch-based biopolymers. During the production of TPS, TPO (2,4,6- trimethylbenzoyldiphenylphosphine oxide) or potassium sorbate (C 6 H 7 KO 2) is used as a thermoplastic agent, while to obtain PLA it is distinguished by a fermentation stage and finally the biopolymers to Starch base differs in its process by the application of only starch and glycerol. Therefore, the factors that affect the properties of these biopolymers are the size of the starch particles, the amylose/amylopectin ratio, the plasticizer used, and the processing conditions. A share between 10–15% of bioplastics in the total plastics market is estimated for the year 2025. Bioplastics are used in the packaging, coating, packaging and packaging of food products. The degradation time of bioplastics is linked to the percentage of starch in the biopolymer produced. Keywords: Biodegradation, SALSA methodology, thermoplastic. 1 INTRODUCCIÓN Según Cristán Fries et al (2003), se refieren al plástico como un elemento de alto peso molecular que se reduce comunmente por mixtura de compuestos de bajo peso molecular. Según García-Díez (2009), el plástico surgió en Estados Unidos en el año 1909 respondiendo al nombre de baquelita como polímero completamente sintético, formada por

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA TIERRA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

Puyo, 02 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Morayna Tristeza Gómez Moscoso, con C.I. 160082483-1, con el Tema: "**Análisis documental de la obtención de bioplásticos a partir de almidón para el uso en alimentos**", de la carrerade Agroindustria.

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular, Franklin Rolando Villafuerte Carrillo, ha revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 0%, Informe generado con fecha 02 de agosto de 2022 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines

pertinentes Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
FRANKLIN ROLANDO VILLAFUERTE CARRILLO

Docente-tutor del Trabajo de Integración Curricular

Análisis documental de la obtención de bioplásticos a partir de almidón para el uso en alimentos

Rodríguez Lopez Cristhian Andres 1[1]
agi2017110@uea.edu.ec

Gómez Moscoso Morayna Tristeza 2[1]
agi2017163@uea.edu.ec

Villafuerte Carrillo Franklin Rolando, M.Sc 3[1]
fvillafuerte@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra,
Carrera de Ingeniería Agroindustrial (1)

Resumen

El plástico tradicional se originó en Estados Unidos siendo empleado en el empaquetado y envasado de productos, su tiempo de degradación es de 100-1000 años aspecto por el cual representan preocupaciones ambientales. Esta problemática ambiental ha originado la creación de los bioplásticos, los cuales presentan un menor tiempo de degradación en comparación con los plásticos tradicionales, por ende, el objetivo de la investigación fue analizar documentalmente las tecnologías para la obtención de bioplásticos a partir de almidón para uso en alimentos. La investigación se realizó mediante la metodología SALSA, la cual consiste en buscar, evaluar, sintetizar y analizar la información. Los polímeros biodegradables se pueden obtener de diferentes fuentes como son la biomasa, microorganismo y biotecnología. Siendo los bioplástico a partir de almidón lo más empleados. Los principales bioplásticos obtenidos a base de almidón son: almidón termoplástico (TPS), ácido poliláctico (PLA) y biopolímeros a base de almidón. Durante la producción de TPS se emplea el TPO (óxido de 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina) o sorbato de potasio ($C_6H_7KO_2$) como agente termoplástico, mientras para la obtención de PLA se distingue por una etapa de fermentación y por ultimo los biopolímeros a base de almidón se diferencia en su proceso por la aplicación únicamente de almidón y glicerol. Por ende, los factores que afectan las propiedades de estos biopolímeros son el tamaño de las partículas de almidón, la relación amilosa/amilopectina, plastificante utilizado y condiciones de procesamiento. Se estima una participación entre el 10-15 % de los bioplásticos en el mercado total de plásticos para el año 2025. Los bioplásticos se utilizan en el envasado, recubrimiento, embalaje y empaque de productos alimentarios. El tiempo de degradación de los bioplásticos está vinculado con el porcentaje del almidón del biopolímero elaborado.

Palabras Clave: Biodegradación, metodología SALSA, termoplástico.

Abstract

Traditional plastic originated in the United States being used in the packaging of products, its degradation time is 100-1000 years, an aspect for which they represent environmental concerns. This environmental problem has led to the creation of bioplastics, which have a shorter degradation time compared to traditional plastics, therefore, the objective of the research was to document the technologies for obtaining bioplastics from starch for use. in food. The research was carried out using the SALSA methodology, which consists of searching, evaluating, synthesizing and analyzing information. Biodegradable polymers can be obtained from diverse sources such as biomass, microorganisms and biotechnology. Being the bioplastic from starch the most used. The main bioplastics obtained from starch are: thermoplastic starch (TPS), polylactic acid (PLA) and starch-based biopolymers. During the production of TPS, TPO (2,4,6-trimethylbenzoyldiphenylphosphine oxide) or potassium sorbate ($C_6H_7KO_2$) is used as a thermoplastic agent, while to obtain PLA it is distinguished by a fermentation stage and finally the biopolymers to Starch base differs in its process by the application of only starch and glycerol. Therefore, the factors that affect the properties of these biopolymers are the size of the starch particles, the amylose/amylopectin ratio, the plasticizer used, and the processing conditions. A share between 10-15% of bioplastics in the total plastics market is estimated for the year 2025. Bioplastics are used in the packaging, coating, packaging and packaging of food products. The degradation time of bioplastics is linked to the percentage of starch in the biopolymer produced.

Keywords: Biodegradation, SALSA methodology, thermoplastic.

1 INTRODUCCIÓN

Según Cristán Frías et al (2003), se refieren al plástico como un elemento de alto peso molecular que se reduce comúnmente por mixtura de compuestos de bajo peso molecular. Según García-Díez (2009), el plástico surgió en Estados Unidos en el año 1909 respondiendo al nombre de baquelita como polímero completamente sintético, formada por una resina de fenol-formaldehido obtenido de la combinación del fenol (ácido fenico) y gas formaldehido en presencia de un catalizador. El principal uso del pastico es el empaquetado, se emplea cantidades considerables de rollos de polietileno para envoltorios, incluyendo el poli-propileno, poli-estireno y poli-cloruro de vinilo (Cristán Frías et al., 2003).

El pastico tradicional tarda entre 100 y 1000 años en desintegrarse, mientras se descompone afecta de manera significativa la biota del suelo volviéndolo muy peligroso para los microorganismos, animales y plantas. La contaminación del suelo conlleva la destrucción de la propiedad natural y se convierte en la impulsadora del cambio ambiental (Awoyera & Adesina, 2020). Los principales países generadores de desechos plásticos corresponde a E.E.U.U con 50% y China con Europa se reparten por igual (Lebreton et al., 2017). En el

ser humano entre las enfermedades están las afecciones cardiacas, erupciones cutáneas, náuseas, dolores de cabeza etc. (Marnn et al., 2021).

Se generan más de 67 millones de toneladas de residuos de envases lo cual genera preocupaciones ambientales. Los desafíos ambientales, económicos y de seguridad han hecho que muchos científicos inventen polímeros biodegradables como sustitutos de los polímeros petroquímicos (Maulida et al., 2016). Estos polímeros biodegradables o bioplásticos indican un entorno más ecológico que los plásticos convencionales, lo que genera problemas ambientales (Accinelli et al., 2012). Pero todavía hay una carencia en el desarrollo de bioplásticos ya que su alto costo de producción conlleva ciertas limitaciones. Se han propuesto una alternativa de sustrato renovable y de bajo costo mediante el uso de residuos agrícolas (RA) (Shlush & Davidovich-Pinhas, 2022) . Además del rendimiento y las fuentes abundantes, el almidón de los desechos agrícolas es la solución para una alternativa. El almidón como polímero biodegradable se convierte en un material razonable para la producción de bioplásticos debido a su bajo costo (Cachupud, 2021). Por lo tanto, la producción de bioplásticos es la innovación revolucionaria para resolver los problemas ambientales mediante el uso de recursos naturales renovables y degradables y para proporcionar bioplásticos más rentables.

La principal característica del bioplástico a partir de materias primas renovables es el limitado tiempo de biodegradación contribuyendo a disminuir los efectos ambientales, a diferencia de los polímeros plásticos tradicionales que para su eliminación es necesario un número elevado de años (Cerdán Martínez et al., 2019). Los biopolímeros termoplásticos que se utilizan en la actualidad para la fabricación de productos industriales y uso diario son los polihidroxialcanoatos (PHA), ácido poliláctico y una diversidad de biopolímeros a base de almidón ya que este es un polímero totalmente natural y biodegradable con propiedades termoplásticas totalmente útiles (Accinelli & Abbas, 2011). En la actualidad los bioplásticos se están convirtiendo en una tendencia adoptada por países y empresas interesadas en la conservación de la flora y fauna, además de los océanos y ríos, por ello también a la prevención de enfermedades que pueden contraer los seres humanos consumidores de alimentos provenientes de la agricultura y pesca, por ello es importante conocer los beneficios que conlleva la producción de bioplásticos. Es por esto que el siguiente proyecto tiene como objetivo el análisis documental de las tecnologías para la obtención de bioplásticos a partir de almidón para uso en alimentos, mientras que los objetivos específicos son:

- Investigar la proyección del mercado industrial de bioplásticos.
- Identificar materias primas utilizadas en la obtención de diferentes bioplásticos.
- Analizar materias primas ricas en almidón utilizadas en la obtención de diferentes bioplásticos.
- Analizar los procesos de obtención de bioplásticos.
- Identificar el uso y ventajas de la utilización de bioplástico de almidón en la industria alimentaria.

- Evaluar bibliográficamente el ciclo de vida de biopolímeros.

2 MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

El método elegido que se utilizó para realizar la revisión sistemática bibliográfica de la obtención de bioplásticos a partir de almidón para el uso en alimentos fue el método SALSA (por las siglas en inglés: Search, Appraisal, Synthesis, Analysis) que consiste en la búsqueda, evaluación, síntesis y análisis de la información (Gunnarsdóttir et al., 2020). En la figura 1 se muestra la metodología secuencial del análisis sistemático SALSA.

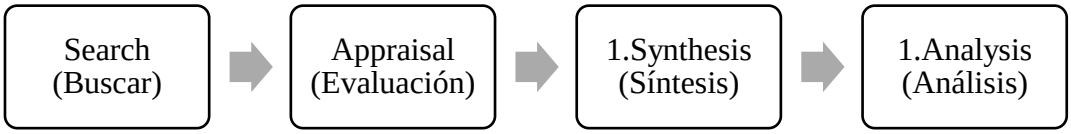


Figura 1 Metodología SALSA.

Fuente: (Gunnarsdóttir et al., 2020)

Según Bolzan de Rezende y Blackwell (2019), el análisis SALSA es una búsqueda y revisión sistemáticas que consiste en un proceso de búsqueda integral y una revisión crítica que da como resultado una síntesis de la mejor evidencia. Los pasos del método SALSA permiten un sólido análisis de la literatura existente mientras se minimiza el potencial de sesgo. La tabla 1 describe cada etapa y la aplicación realizada para la elaboración del presente estudio.

Tabla 1 Descripción y aplicación del método SALSA.

Etapa	Descripción	Aplicación
Buscar	Realizar una búsqueda en la literatura en bases de datos académicas y buscadores: Science Direct, Web of Science, Redalyc, Scielo, Google Scholar.	La estrategia de búsqueda planteada se elaboro a partir de los términos comunes: aalmidón, bioplástico y biodegradable. Se seleccionaron artículos entre el año 2000 y 2022.
Evaluación	Implica evaluar a fondo si los resultados de la búsqueda cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión anteriores.	Se leyeron los resúmenes de los artículos para determinar la validez del documento con respecto al tema, una vez determinada la validez se revisó la publicación.
Síntesis	Las publicaciones identificadas y evaluadas en la etapa anterior deben ser leídas con énfasis. Se debe identificar la metodología y resultados para reconocer y generar información.	Se identificó y relacionó los términos almidón, bioplástico y biodegradable para incorporar términos y conceptos al trabajo.
Análisis	Analizar la información sintetizada que	Se analizaron operaciones

	cumpla con el objetivo de la investigación. Es necesario determinar la evaluación de indicadores. Un indicador define el criterio, que nos permite realizar un juicio sobre el logro de un resultado, objetivo o propósito.	unitarias, procesos y materias primas involucradas en la obtención de bioplásticos a partir de almidón para el desarrollo de los resultados y discusión del trabajo actual.

Fuente: (Bolzan de Rezende & Blackwell, 2019)

3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Proyección del mercado industrial de bioplástico

Recientemente, la demanda de materiales biodegradables y renovables para aplicaciones de embalaje ha aumentado enormemente, mismo que está relacionada con la creciente preocupación medioambiental, por lo tanto, el problema que con lleva los plásticos convencionales ha originado la creación de los bioplásticos (Nasir & Othman, 2019).

Los bioplásticos se fabrican a partir de recursos naturales como aceites vegetales, proteínas y almidones, por ende se espera que el consumo de petróleo para la producción de plástico disminuya entre un 15 y un 20 % para el 2025 (Vargas *et* al., 2021). Es así que para el 2025, Asia y Europa tendrán la mayor parte del mercado de bioplásticos, donde Asia representará el 32 %, mientras que Europa representará el 31 % del mercado total, seguida de Estados Unidos con el 28 %. Actualmente, el crecimiento del mercado de bioplásticos es del 10 % anual y cubre aproximadamente entre el 10-15 % del mercado total de plásticos (Ashter, 2022).

3.2 Materias primas utilizadas en la obtención de diferentes bioplásticos

Según Zhong *et* al. (2020), los polímeros biodegradables de recursos renovables se pueden obtener de diferentes fuente como son la biomasa, microorganismo y biotecnología (figura 2). Según la biomasa son aquellos bioplásticos que se deriva de material orgánico, es decir, son fuente renovable que comprende biopolímeros de origen de polisacáridos y proteínas. La clasificación según el microrganismo está integrada por bioplásticos producido a través de un proceso bioquímico que combina la producción secretora fermentativa de monómeros y/u oligómeros y la síntesis química para generar un repertorio de biopolímeros. El principal microorganismo utilizada en la elaboración de polihidroxialcanoatos (PHA) y polihidroxibutirato (PHB) es la bacteria *Bacillus megaterium* (Nduko & Taguchi, 2021). Por último, los biopolímeros según la biotecnología son bioplástico producido por fermentación microbiana a partir de recursos renovables como los azúcares obtenidos del maíz, la caña de azúcar y la remolacha azucarera (Van Wouwe *et* al., 2016).

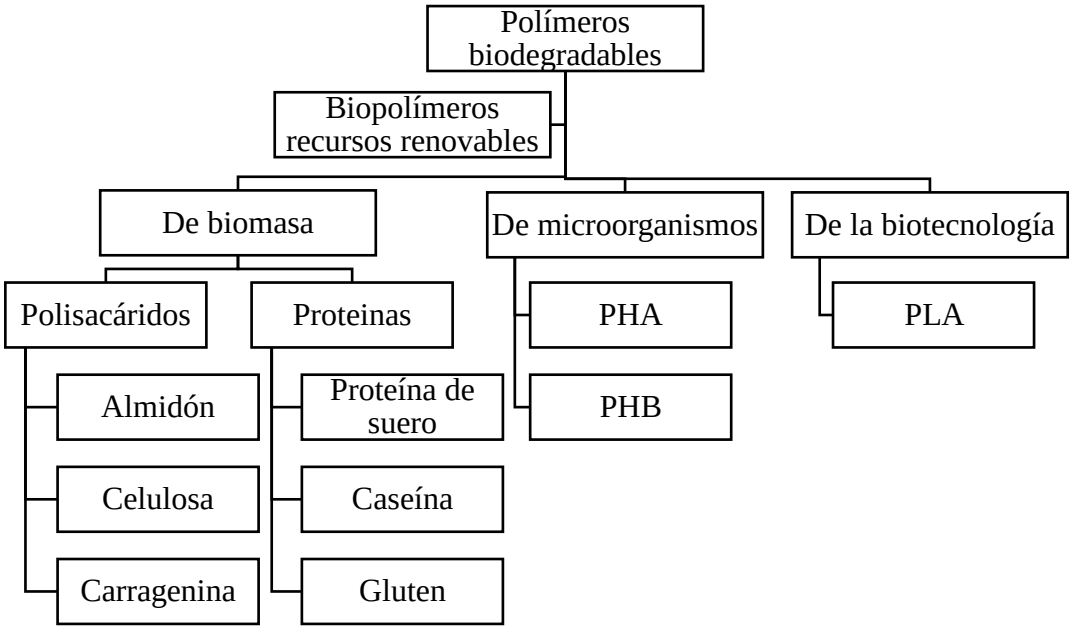


Figura 2 Clasificación de polímeros biodegradables.

Fuente: (Zhong *et* al., 2020).

3.3 Materias primas ricas en almidón utilizadas en la obtención de diferentes bioplásticos

Los bioplásticos se pueden fabricar a partir de muchos polímeros siendo uno de los más comunes el almidón, hecho que es afirmado por Marichelvam *et* al. (2019), al mencionar que el 50% de los bioplásticos utilizados comercialmente se preparan a partir de almidón. La mayoría de las plantas producen este polisacárido con fines de almacenamiento de energía, es así, que los cultivos alimentarios con un alto porcentaje de almidón son el maíz, papa, trigo, yuca, sorgo, arroz, plátano y arveja (Mendoza *et* al., 2017).

El 80% de la producción mundial de almidón proviene del maíz en consecuencia, este polisacárido se obtiene de campos privados dedicados a la producción de almidón para este fin específico, así como de subproductos de la industria de la molienda (Mendoza *et* al., 2017). Los bioplásticos a base de almidón en comparación con los plásticos convencionales se asemejan en las propiedades mecánicas y transparencia (Nanda *et* al., 2022). En la tabla 2 se muestra el porcentaje de almidón de algunas materias primas ricas en este polisacárido, además, de los diferentes bioplásticos obtenidos del mismo.

Tabla 2 Características de los gránulos de almidón de varios alimentos.

	Almidón (%)	**Bioplástico obtenido**
Maíz	71	Ácido poliláctico (PLA), Biopolímeros a base de almidón y almidón termoplástico (TPS)
Papa	82	PLA, Biopolímeros a base de almidón y TPS
Trigo	74	TPS

Yuca	77	PLA, Biopolímeros a base de almidón y TPS
Sorgo	75	TPS
Arroz	89	PLA y biopolímeros a base de almidón
Plátano verde	73	Biopolímeros a base de almidón
Cebada	65	TPS
Amaranto	55	TPS
Arveja	53	TPS

Fuente: (Mendoza *et* al., 2017; Santana *et* al., 2018)

3.4 Obtención de bioplásticos

La producción de bioplásticos a base de almidón es simple y se utilizan ampliamente para aplicaciones de envasado (Marichelvam *et* al., 2019). Además, presentan propiedades de tracción del almidón, por lo tanto, son adecuadas para la producción de materiales de empaque, y se agrega glicerol al almidón como plastificante. Las características requeridas de los bioplásticos se logran ajustando las cantidades de los aditivos. Para aplicaciones comerciales, los plásticos a base de almidón se mezclan regularmente con poliésteres ecológicos (Santana *et* al., 2018).

El almidón no es un material termoplástico, sin embargo, en presencia de plastificantes (agua y polioles), calor y esfuerzos cortantes se comporta como un termoplástico. La plastificación del gránulo de almidón por extrusión conduce a la ruptura estructural y la difusión del plastificante (García-Guzmán *et* al., 2022). Los principales bioplásticos obtenidos a base de almidón son: almidón termoplástico (TPS), ácido poliláctico (PLA) y biopolímeros a base de almidón.

3.4.1 Obtención del almidón termoplástico (TPS)

La producción almidón termoplástico (TPS) también conocido como almidón plastificado (PS) involucra tres componentes esenciales que son: almidón, plastificante y energía termomecánica (Luna *et* al., 2009). La termoplastificación del almidón implica el colapso de la cristalinidad del almidón (que en general es aproximadamente del 15 al 45 % del orden molecular de los gránulos) a través de la formación de enlaces de hidrógeno entre el plastificante y el almidón en presencia de algo de energía, produciéndose invariablemente la ruptura de los enlaces de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de las moléculas de almidón da como resultado final la formación del TPS (Fabunmi *et* al., 2007).

Según Yin *et* al. (2020), la producción de TPS inicia con un premezclado entre el almidón y la glicerina en una proporción de 3:1, la mezcla obtenida ingresa a una extrusora de plástico de doble tornillo de 150 revolución por minuto (rpm). Luego la mezcla que abandona la extrusora debe tomar la forma deseada. El moldeo se puede realizar en un equipo a inyección.

Después se debe aplicar una concentración de 2 g de TPO (óxido de 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina) en 100 ml de etanol absoluto a la mezcla moldeada. La concentración de TPO y etanol absoluto se debe aplicar de manera uniforme. Finalmente, la superficie de la muestra se debe secar mediante irradiación con una máquina de reticulación UV a una longitud de onda UV de 254, 308 y 365 nm durante 15 min, respectivamente. La figura 3 muestra el esquema de obtención de TPS.

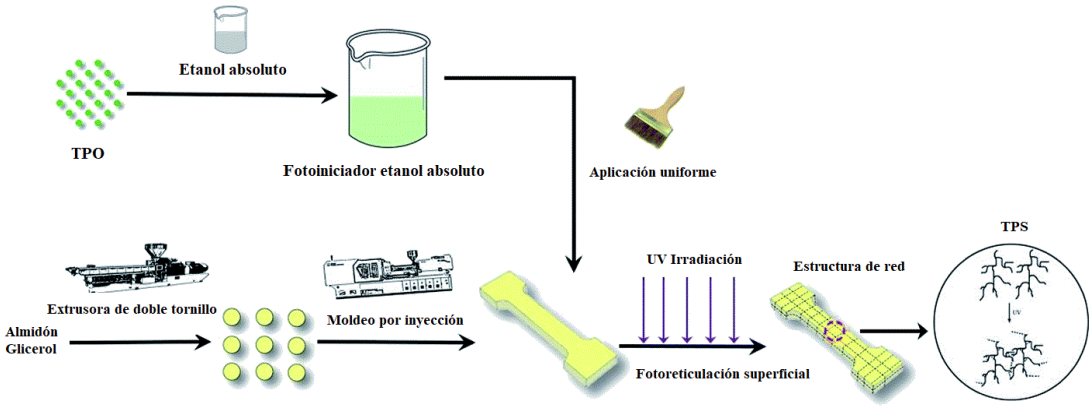


Figura 3 Esquema de obtención de TPS mediante irradiación UV.
Fuente: (Yin *et* al., 2020).

Mientras, Navarro Ojeda (2018) menciona que la obtención de TPS consiste en un premezclado de almidón de yuca y maíz a razón de 1:0.05 respectivamente, después se debe agregar glicerol y agua en una proporción de 1:0.05, seguida de una homogenización de los ingredientes del TPS en una mezcladora a 150 ºC durante 15 minutos. La pasta obtenida se debe moldear en finas laminas luego se debe aplicar sorbato de potasio ($C_6H_7KO_2$) en la superficie de la pasta y finalmente se seca a temperatura ambiente durante 2 semanas. En la figura 3.4 se aprecia diagrama de obtención de TPS.

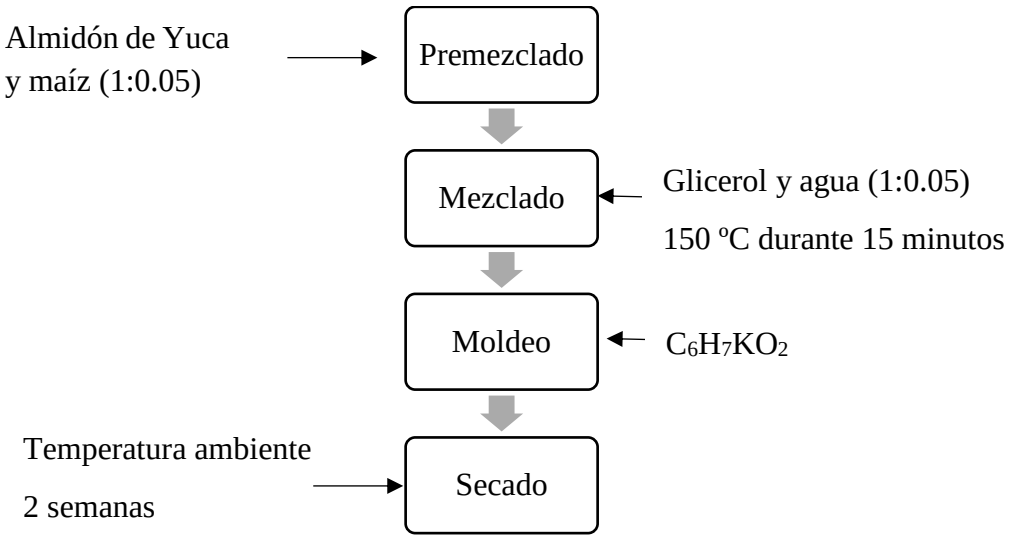


Figura 4 Diagrama de obtención de TPS de almidón de yuca y maíz.
Fuente: (Navarro Ojeda, 2018).

Muchos factores afectan el rendimiento de la obtención de TPS, algunos de los cuales incluyen el tamaño de las partículas de almidón, la modificación del almidón, la relación amilosa/amilopectina, plastificante, método y condición de procesamiento, refuerzo y compatibilizado (Ghasemlou *et* al., 2013).

3.4.2 Obtención del ácido poliláctico (PLA)

El ácido poliláctico (PLA) es un termoplástico producto de la condensación del ácido α-hidroxipropiónico que es un tipo de poliéster alifático termoplástico. Un termoplástico es un polímero que puede ablandarse mediante calentamiento y luego procesarse mediante métodos como extrusión, moldeo por inyección, termoformado y moldeo por soplado (Nduko & Taguchi, 2021). Los procesos de producción de PLA son más eficientes con respecto a los polímeros a base de petróleo porque consumen entre un 25% y un 55% menos de energía, además, que el ácido poliláctico se puede reciclar mediante alcohólisis o hidrólisis (Nanda *et* al., 2022), por lo tanto, la producción es relativamente más barato (Alsaheb *et* al., 2015).

La obtención de PLA según Mann *et* al. (2019) se produce triturando maíz, arroz, papa o yuca, extrayendo el almidón y luego convirtiendo el polisacárido en glucosa mediante hidrolisis enzimática, durante la operación unitaria se utilizan dos enzimas, la α-amilasa y luego una amiloglucosidasa (AMG) (Miranda & Córdoba, 2015). Después, la glucosa se fermenta con la utilización de diferentes microrganismos ácido lácticos como: *Lactococcus* , *Enterococcus*, *Streptococcus* y algunos *Lactobacillus* (Riaz *et* al., 2018) . Luego, de la mezcla fermentada se obtiene ácido láctico mediante una etapa de purificación que consiste en una destilación al vacío (Estupiñán *et* al., 2007). Finalmente, el PLA de alto peso molecular se forma a partir del método polimerización por apertura de anillo (ring opening polymerization, ROP) en presencia del catalizador de estaño (tetrafenilestaño) (Yang *et* al., 2013). El proceso de obtención de PLA se muestra en la figura 5.

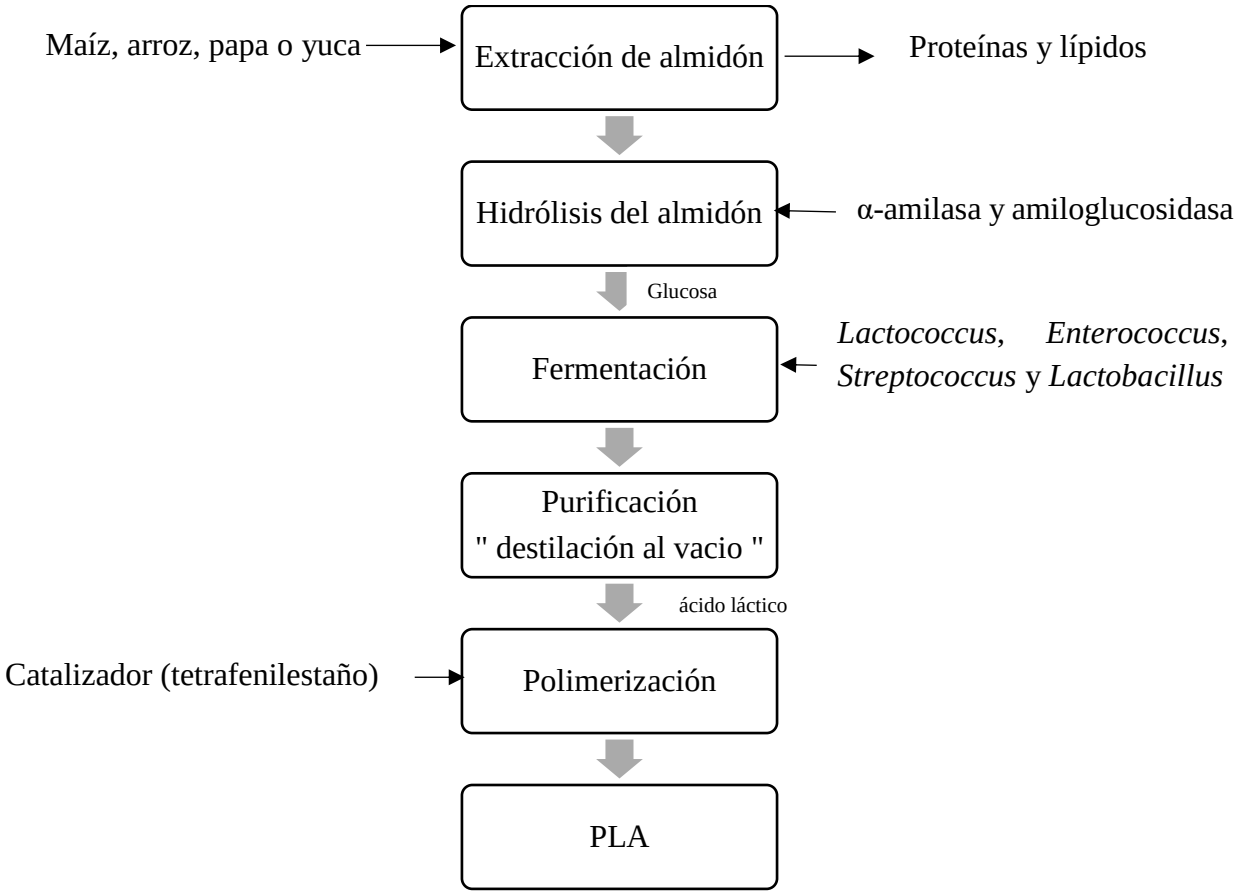


Figura 5 Diagrama de obtención de PLA.
Fuente: (Mann *et* al., 2019).

Mientras para Balla *et* al. (2021) la producción de PLA inicia con la extracción del almidón en un molino húmedo seguidamente se prepara una fermentación anaeróbica con bacterias del ácido láctico (LAB) (*Lactobacillus casei , Lactococcus lactis, Lactobacillus acidophilus , Lactobacillus bulgaricus* y *Lactobacillus helveticus*) que ocurre en reactores por lotes. Después del proceso de fermentación, el caldo, contiene lactato de calcio ($C_6H_{10}CaO_6$), antes de continuar con el proceso se debe eliminar las células que haya quedado en la fermentación mediante la filtración por membrana. Luego el $C_6H_{10}CaO_6$ filtrado se trata con carbón, se evapora y se acidifica con ácido sulfúrico para obtener ácido láctico (LA) y sulfato de calcio. El sulfato de calcio insoluble se elimina mediane la filtración por membrana. En la figura 3.6 se muestra la obtención de PLA por filtración.

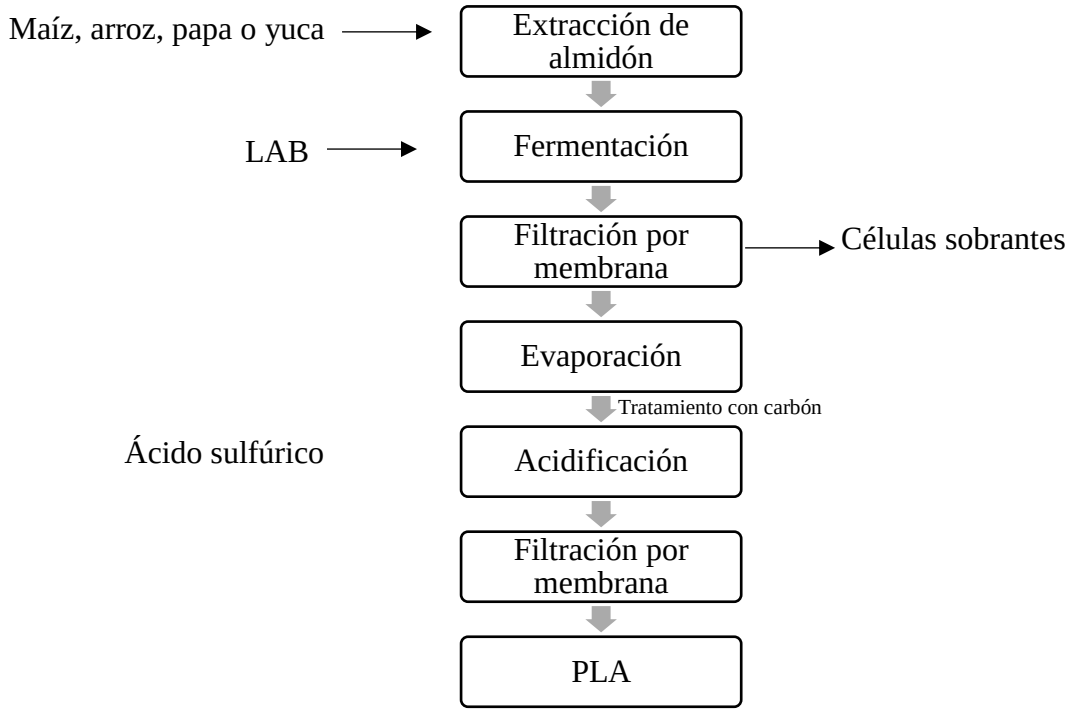


Figura 6 Diagrama de obtención de PLA por filtración.
Fuente: (Balla *et* al., 2021)

Según Avellán *et* al. (2020), la obtención de bioplástico a base de almidón consiste inicialmente con una maceración en una proporción entre materia prima (maíz) y agua (1:3), el proceso se realiza en una temperatura de 60 ºC por 40 minutos. A continuación, la mezcla macerada pasa a un triturada para luego ser filtrada. La solución acuosa obtenida se debe dejar en reposo hasta lograr la sedimentación del almidón, cuando el almidón se haya sedimentado se debe extraer el agua residual y secar a una temperatura de 50ºC durante 24 horas. Luego el almidón obtenido se debe mezclar con agua destilada y glicerina a una temperatura de 70ºC, una vez la mezcla esta homogénea se debe agregar ácido acético. Finamente se debe moldear el bioplástico líquido en finas laminas y secar a 60°C durante 10 horas. La figura 6 se muestra el diagrama de obtención de PLA de almidón.

La producción industrial de ácido láctico se basa principalmente en la fermentación microbiana de carbohidratos porque es económicamente factible (figura 5 y 6), en comparación con la ruta química para la elaboración de PLA que consiste en una reacción de acetaldehído con cianuro de hidrógeno y la hidrólisis del lactonitrilo resultante, la cual resulta demasiada costosa (Abdel-Rahman *et* al., 2013).

3.4.3 Biopolímeros a base de almidón

La producción de biopolímeros inicia con la extracción de almidón de las materias primas (maíz, yuca, trigo, arroz y papas). Según Nguyen *et* al. (2022), se debe realizar una premezclado entre almidón y glicerol en porciones (2,5: 1). La mezcla obtenida se debe

homogenizar en un agitador magnético calentado a una temperatura de 95°C. Después que la mezcla se haya vuelto completamente clara y espesa, se deja de revolver. La mezcla de bioplástico se debe colocar sobre películas de polietileno (PE) con el objetivo que la mezcla de bioplástico no se adhiera a la superficie. Después el bioplástico líquido viscoso se debe aplanar en una bandeja y luego se secar en un horno a 55°C durante 15 horas. El tiempo de secado puede ser más corto o más largo según el grosor de la capa viscosa de bioplástico. La figura 7 muestra el proceso tecnológico de la obtención de bioplásticos de almidón.

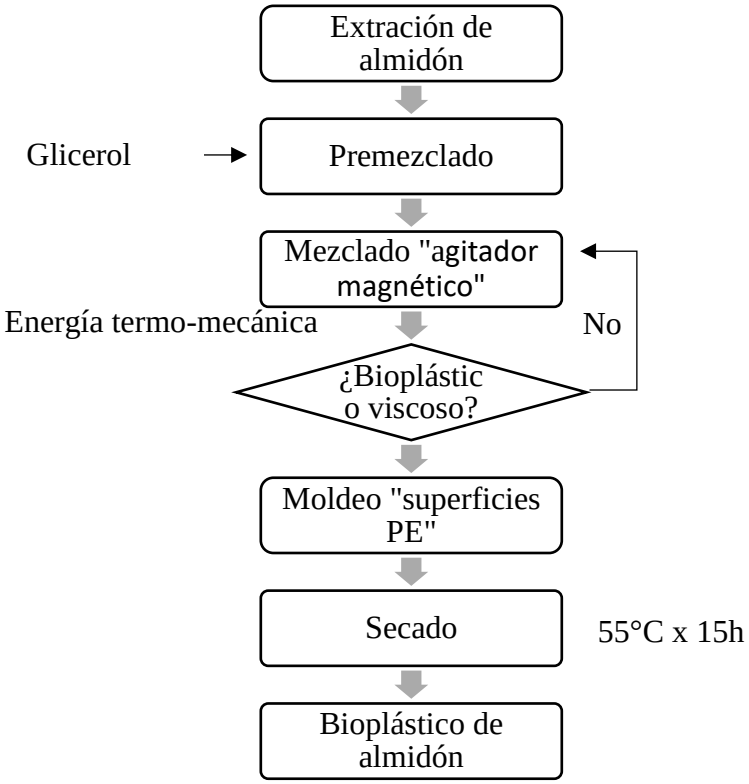


Figura 7 Diagrama de flujo de la fabricación de bioplásticos no biodegradable.

Fuente: (Nguyen *et* al., 2022).

El principal inconveniente de bioplástico de almidón es la fragilidad, por lo tanto, autores como Ghanbarzadeh *et* al. (2011) investigaron las películas producidas a partir de almidón puro y concluyó que estas películas eran quebradizas y difíciles de manejar. Este problema se resolvió agregando ácido cítrico o carboximetilcelulosa en concentraciones variables.

Los biopolímeros a base de almidón están ganando atención debido a su capacidad de renovación, biodegradabilidad, disponibilidad abundante y bajo costo, estos se consideran como uno de los biopolímeros más prometedores para producir películas comestibles, la asequibilidad del almidón lo hace más atractivo (Nanda *et* al., 2022).

3.5 Uso y ventajas de la utilización de bioplástico de almidón en la industria alimentaria

Para hacer un cambio de paradigma, los bioplásticos deben competir con los fabricantes

de plástico convencionales basados en la petroquímica existentes en términos de bajo costo de producción, fabricación a granel, compatibilidad con las infraestructuras existentes, gestión de residuos, remediación efectiva al final de la vida útil, conciencia del consumidor, clasificación de residuos en el nivel del consumidor y varios otros factores (Villada *et* al., 2008). Según Bautista-Baños *et* al. (2020), la sostenibilidad a largo plazo de los bioplásticos depende en gran medida de la aceptación social. Por lo tanto, las comunidades urbanas y rurales de todo el mundo deben recibir educación sobre los conceptos básicos de los bioplásticos, como su uso, composición, impactos ambientales, compostaje y clasificación de desechos a nivel del consumidor o del hogar. Esto puede ayudar a dar forma al futuro mercado de bioplásticos e impulsar la economía agrícola para suministrar materias primas. En la tabla 3 se muestran las aplicaciones y características de los bioplásticos a base de almidón utilizados en la industria de alimentos.

Tabla 3 Aplicaciones y características de bioplásticos a base almidón.

Bioplástico	Materia prima	Aplicación en la industria alimentaria	Características	Tiempo de biodegradación
Ácido poliláctico (PLA)	Maíz	Utilizado en el envasado verde para productos alimenticios frescos. Films y materiales de envase. Fibras.	Posee resistencia mecánica, flexibilidad, retención de torsión y capacidad de termosellado a baja temperatura, así como resistencia al aroma y sabor	hasta 180 días (en compost)
Biopolímeros a base de almidón	Yuca, papa, plátano, maíz y arroz	Recubrimientos para frutas y verduras, además, retrasa la maduración. bolsas de basura	Carece de propiedades mecánicas, estabilidad térmica, baja temperatura de fusión, estructura frágil y alta permeabilidad a los gases	14-110 días (en suelo)
Almidón termoplástico (TPS)	Arveja, trigo, maíz, sorgo, cebada, amaranto, papa y yuca.	Aplicaciones de embalaje y empaque	Bioplástico con transparencia, brillo, rigidez, capacidad de impresión, procesamiento y excelente barrera aromática.	20-40 días

Fuente: (Abe *et* al., 2021; Medina *et* al., 2018; Merchan *et* al., 2009; Villada *et* al., 2008).

En la tabla 3 se puede observar que los bioplásticos que contiene almidón se degradan de manera acelerada en comparación con los plásticos tradicionales que tardarían en degradarse

hasta 1000 años. Por consiguiente el tiempo de degradación de estos biopolímeros está vinculado estrechamente con el porcentaje de almidón que presente el bioplástico (Avellán *et* al., 2020).

3.6 La evaluación del ciclo de vida de biopolímeros

El organismo de Evaluación del ciclo de vida (Life Cycle Assessment, LCA) es un instrumento para medir la sostenibilidad y el rendimiento de un material con el medio ambiente. El ciclo de vida del biopolímero imita el ciclo de vida de una de la biomasa, los biopolímeros se degradan en carbono y agua tras la degradación por la acción de enzimas y microbios que se encuentran en el entorno (Sanivada et al., 2020). El ciclo de vida de los bioplásticos se muestra en la figura 8.

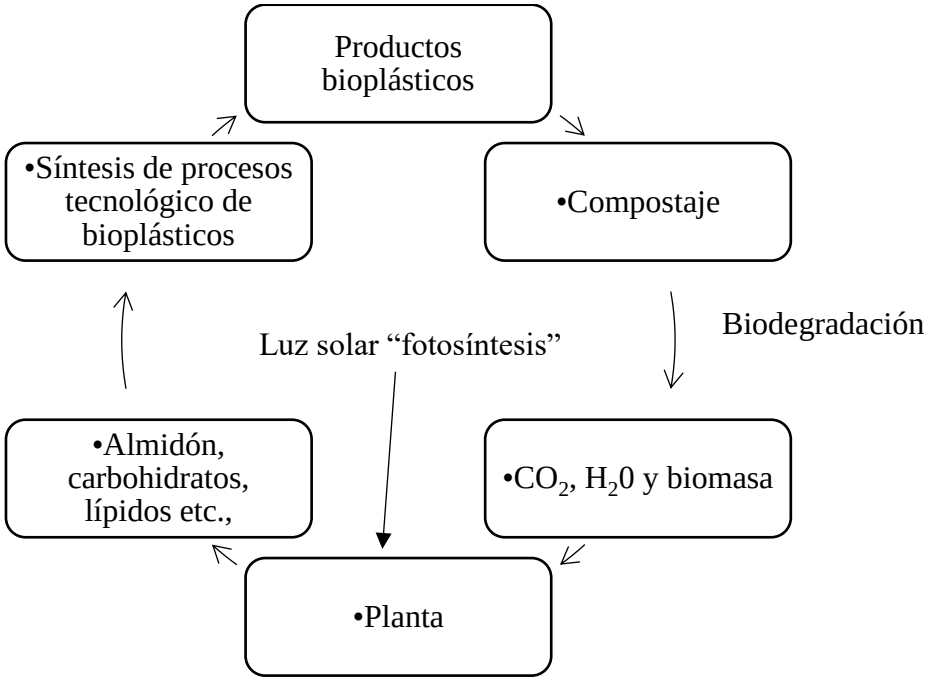


Figura 8 Ciclo de vida de bioplásticos.
Fuente: (Sanivada et al., 2020)

La tasa de biodegradación se calcula con el CO_2 liberado durante el análisis, dividido por el CO_2 teórico contenido en la muestra. EdK es un parámetro utilizado para evaluar cuantitativamente la biodegradabilidad potencial de los polímeros biodegradables en el entorno natural (Yadav *et* al., 2018). El almidón y el polietileno se utilizan como materiales de referencia para definir los valores EdK de 100 y 0, respectivamente. Los valores se determinan utilizando el método ISO 14852, detectando el dióxido de carbono desprendido como parámetro analítico (Harrison *et* al., 2017).

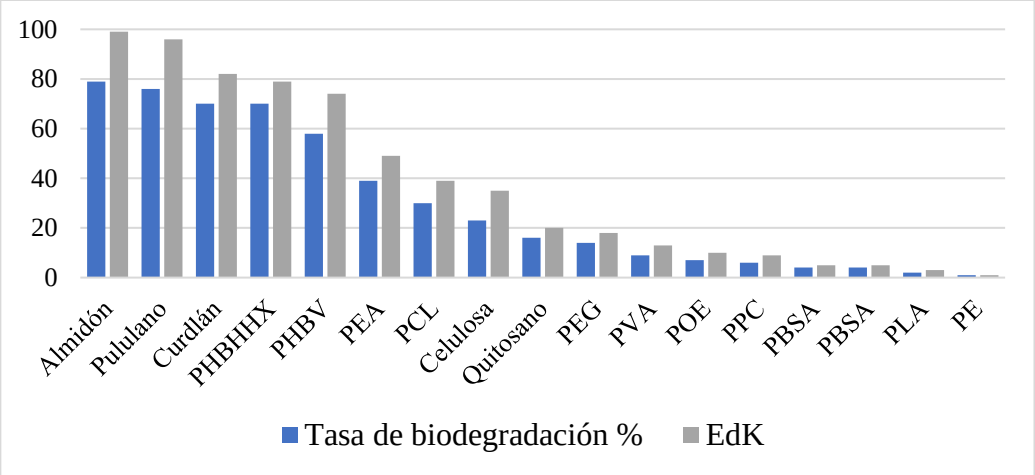


Figura 9 Tasa de biodegradación y valores EdK de diferentes biopolímeros biodegradables
Fuente: (Yadav *et* al., 2018).

En la figura 9 se observa la tasa de biodegradación y EdK de diferentes biopolímeros, siendo el almidón el cual presenta el mayor valor de estos parámetros en comparación con otros biopolímeros, información afirmada por Harrison *et* al. (2017), mientras autores como Merchan *et* al. (2009), mencionan que la biodegradación varía según el medio ambiente y la relación almidón-aditivos usados durante la producción.

4 CONCLUSIONES

Los bioplásticos se pueden obtener de diferentes fuentes como son la biomasa (proteínas y polisacáridos), microorganismo y biotecnología. Siendo los bioplásticos a partir del almidón los más empleados con un 50 % de participación en el mercado de los bioplástico, por lo tanto, se prevé una proyección del 10 % anual de crecimiento del mercado de los biopolímeros.

Los procesos tecnológicos que involucran la obtención de bioplástico varían, es así que en la producción de PTS se añade un agente químico TPO o $C_6H_7KO_2$ antes del secado, siendo esta el que proporciona las características termoplásticas. Mientras en la producción de PLA la fermentación del almidón es la etapa distintiva del proceso, en tanto, en el proceso de elaboración de biopolímeros a base de almidón se característica por estar únicamente constituido por almidón y glicerol.

El tiempo de degradación de los bioplásticos analizados está vinculado con el porcentaje del almidón del biopolímero elaborado, al mismo tiempo una elevada cantidad de almidón proporción características mecánicas indeseables como fragilidad. El problema se resuelve adicionando aditivos como TPO, $C_6H_7KO_2$ y glicerol hasta obtener un bioplástico con las características deseadas. En comparación el tiempo de degradación de plástico tradicional es de 100-1000 años, demasiado tiempo con respecto a la degradación de los bioplástico que es de 1 a 6 meses aproximadamente.

REFERENCIAS

Abdel-Rahman, M. A., Tashiro, Y., & Sonomoto, K. (2013). Recent advances in lactic acid production by microbial fermentation processes. *Biotechnology advances*, *31*(6), 877-902. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2013.04.002

Abdel-Raouf, M., & Abdul-Raheim, A. (2016). Removal of Heavy Metals from Industrial Waste Water by Biomass-Based Materials: A Review. *Journal of Pollution Effects & Control*, *05*. https://doi.org/10.4172/2375-4397.1000180

Abe, M. M., Martins, J. R., Sanvezzo, P. B., Macedo, J. V., Branciforti, M. C., Halley, P., Botaro, V. R., & Brienzo, M. (2021). Advantages and disadvantages of bioplastics production from starch and lignocellulosic components. *Polymers*, *13*(15), 2484. https://doi.org/10.3390/polym13152484

Accinelli, C., & Abbas, H. (2011). New perspectives for the application of bioplastic materials in the biocontrol of Aspergillus flavus in corn. *Toxin Reviews*, *30*, 71-78. https://doi.org/10.3109/15569543.2011.591517

Accinelli, C., Saccà, M. L., Mencarelli, M., & Vicari, A. (2012). Deterioration of bioplastic carrier bags in the environment and assessment of a new recycling alternative. *Chemosphere*, *89*(2), 136-143. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.05.028

Alsaheb, R. A. A., Aladdin, A., Othman, N. Z., Malek, R. A., Leng, O. M., Aziz, R. A., & Enshasy, H. A. E. (2015). Recent applications of polylactic acid in pharmaceutical and medical industries.

Ashter, S. A. (2022). Chapter One - Introduction to polymers and plastics for medical devices. In S. A. Ashter (Ed.), *Applications of Polymers and Plastics in Medical Devices* (pp. 1-26). William Andrew Publishing. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820980-6.00008-4

Avellán, A., Díaz, D., Mendoza, A., Zambrano, M., Zamora, Y., & Riera, M. A. (2020). Obtaining bioplastic from corn starch (*Zea mays L.*). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, *7(1)*, 27-39. http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/215974004/index.html

Awoyera, P., & Adesina, A. (2020). Plastic wastes to construction products: Status, limitations and future perspective. *Case Studies in Construction Materials*, *12*, e00330. https://doi.org/10.1016/j.cscm.2020.e00330

Balla, E., Daniilidis, V., Karlioti, G., Kalamas, T., Stefanidou, M., Bikiaris, N. D., Vlachopoulos, A., Koumentakou, I., & Bikiaris, D. N. (2021). Poly(lactic Acid): A Versatile Biobased Polymer for the Future with Multifunctional Properties—From Monomer Synthesis, Polymerization Techniques and Molecular Weight Increase to PLA Applications. *Polymers*, *13*(11). https://doi.org/10.3390/polym13111822

Barone, J. R., & Arikan, O. (2007). Composting and biodegradation of thermally processed feather keratin polymer. *Polymer Degradation and Stability*, *92*(5), 859-867. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2007.01.030

Bashir, K., & Aggarwal, M. (2019). Physicochemical, structural and functional properties of native and irradiated starch: a review. *Journal of food science and technology*, *56*(2), 513-523. https://doi.org/10.1007/s13197-018-3530-2

Bautista-Baños, S., Rives, S., Correa Pacheco, Z., & Ventura-Aguilar, R. (2020). Situación actual de los envases utilizados para la conservación postcosecha de productos hortofrutícolas.

Bolzan de Rezende, L., & Blackwell, P. (2019). Project management competency framework. *Iberoamerican Journal of Project Management*, *10*, 34-59. https://www.researchgate.net/publication/333882135

Cachupud, E. (2021). *Elaboración de bioplástico a base de almidón de cáscara de papa (Solanum tuberosum):Una Revisión Sistemática de la Literatura Elaboration of bioplastic based on potato peel starch (Solanum tuberosum):aSystematic Review of the Literature*. https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23427.63522

Cerdán Martínez, J., Moya Romero, O., & Vitoria García, J. E. (2019). Bioplastico. *Esdelibro.es*. https://bioplasticos.ies-ramonycajal.com/wp-content/uploads/2019/03/MEMORIA-PROYECTO-BIOPL%C3%81STICO-2.pdf

Cristán Frías , A., Ize Lema, I., & Gavilán García , A. (2003). La situación de los envaces de plastico en México. *Gaceta Ecológica*, *ISSN: 1405-2849*(69), 67-82. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=53906905

Di Bartolo, A., Infurna, G., & Dintcheva, N. T. (2021). A Review of Bioplastics and Their Adoption in the Circular Economy. *Polymers*, *13*(8), 1229. https://doi.org/10.3390/polym13081229

Estupiñán, H. A., Parada, D. C., Laverde, D., Peña, D. Y., & Vázquez, C. (2007). Obtención de ácido poli l-láctico mediante policondensación con catalizador de cinc metálico. *Scientia Et Technica*, *13 (36)*, 267-272. http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84903649

European Bioplastic. (2015). EN 13432 certified bioplastics performance in industrial composting. *Back Ground 2015*, 1-5. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwiMxubDxOX4AhWFtoQIHSkJBvwQFnoECBsQAQ&url=https%3A%2F%2Fdocs.european-bioplastics.org%2Fpublications%2Fbp%2FEUBP_BP_En_13432.pdf&usg=AOvVaw3cIF7qkkvpZuZdJNXnclDH

Fabunmi, O., Tabil, L., Panigrahi, S., & Chang, P. (2007). Developing Biodegradable Plastics from starch. https://doi.org/10.13031/2013.24179

Gadhave, R., Das, A., Mahanwar, P., & Gadekar, P. (2018). Starch Based Bio-Plastics: The Future of Sustainable Packaging. *Open Journal of Polymer Chemistry*, *8*, 21-33. https://doi.org/10.4236/ojpchem.2018.82003

García-Díez, S. (2009). Referencias históricas y evolución de los plásticos. *Revista Iberoamericana de Polimeros*, *10 (1)*, 71-80. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3694957

García-Guzmán, L., Cabrera-Barjas, G., Soria-Hernández, C. G., Castaño, J., Guadarrama-Lezama, A. Y., & Rodríguez Llamazares, S. (2022). Progress in Starch-Based Materials for Food Packaging Applications. *Polysaccharides*, *3*(1), 136-177. https://www.mdpi.com/2673-4176/3/1/7

Ghanbarzadeh, B., Almasi, H., & Entezami, A. A. (2011). Improving the barrier and mechanical properties of corn starch-based edible films: Effect of citric acid and carboxymethyl cellulose. *Industrial Crops and Products*, *33*(1), 229-235.

Ghasemlou, M., Aliheidari, N., Fahmi, R., Shojaee-Aliabadi, S., Keshavarz, B., Cran, M. J., & Khaksar, R. (2013). Physical, mechanical and barrier properties of corn starch films incorporated with plant essential oils. *Carbohydrate polymers*, *98*(1), 1117-1126.

Gunnarsdóttir, I., Davidsdottir, B., Worrell, E., & Sigurgeirsdottir, S. (2020). Review of indicators for sustainable energy development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 133*, 110294. https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110294

Harrison, J., Boardman, C., O'Callaghan, K., Delort, A.-M., & Song, J. (2017). Biodegradabilitystandards forcarrierbagsandplastic filmsinaquatic environments:acritical review. *Royal Society Open Science, 5*, 171-192. http://dx.doi.org/10.1098/rsos.171792

Ibrahim, N., Shahar, F., Hameed Sultan, M. T., Md Shah, A., Safri, S., & Mat Yazik, M. H. (2021). Overview of Bioplastic Introduction and Its Applications in Product Packaging. *Coatings, 11*, 1423. https://doi.org/10.3390/coatings11111423

ISO 17088:2012. (2012). Specifications for compostable plastics. *Online Browsing Platform (OBP)*. https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:17088:ed-2:v1:en

Lebreton, L., Van der Zwet, J., Damsteeg, J.-W., Slat, B., Andrady, A., & Reisser, J. (2017). River plastic emissions to the world's oceans. *Nature communications, 8*. https://doi.org/10.1038/ncomms15611

Luna, G., Villada, H. S., & Velasco, R. J. (2009). Almidón termoplástico de yuca reforzado con fibra de fique: preliminares. *Ingeniera Agroindustrial, 1,* 34-49. https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/13050/13744

Mann, G., Singh, S., & Prakash, C. (2019). On Briefing the Surface Modifications of Polylactic Acid: A Scope for Betterment of Biomedical Structures. *Journal of Thermoplastic Composite Materials, 34*. https://doi.org/10.1177/0892705719856052

Marichelvam, M. K., Jawaid, M., & Asim, M. (2019). Corn and Rice Starch-Based Bio-Plastics as Alternative Packaging Materials. *Fibers*, *7*(4), 32. https://www.mdpi.com/2079-6439/7/4/32

Marnn, P., Nizeyimana, J. C., Al-shaiba, B., Htoo, H., Al-Masnay, Y., Ali, H., Win, T., Alaizari, A., Sethi, H., Khan, W., & Malik, I. (2021). Plastic Pollution: Issues Pertaining to Developing Countries in Asia. 15-25. http://www.aiscience.org/journal/ajesd

Maulida, Siagian, M., & Tarigan, P. (2016). Production of Starch Based Bioplastic from Cassava Peel Reinforced with Microcrystalline Celllulose Avicel PH101 Using Sorbitol as Plasticizer. *Journal of Physics: Conference Series*, *710,* 012012. https://doi.org/10.1088/1742-6596/710/1/012012

Medina, J., Cedeño, P., Heras, R., Hernández, J. C., & Zapata, C. (2018). Comportamiento mecánico de mezclas de ácido poliláctico (PLA) con poliestireno (PS). *Revista INGENIERÍA UC,, 25 (2)*. https://www.redalyc.org/journal/707/70757669022/html/

Mendoza, G., Ricalde, M., & Hernández, P. (2017). Estructura del almidon. *Produccion Animal*, *1*, 3-16. https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/150-Estructura_del_Almidon.pdf

Merchan, J., Ballesteros, D., Jimenez, I., Medina, J., Álvarez, O., & Este. (2009). Estudio de la biodegradación aerobia de almidón termoplástico (TPS). *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales*, 39-44. https://www.researchgate.net/publication/265980575_ESTUDIO_DE_LA_BIODEGRADACION_AEROBIA_DE_ALMIDON_TERMOPLASTICO_TPS

Miranda, B., & Córdoba, M. (2015). Evaluación de factores que pueden influir en el proceso de sacarificación-fermentación simultáneas para la producción de etanol a partir de materiales amiláceos. *Revista Ingeniería*, *25*.

https://doi.org/10.15517/ri.v25i1.14665

Nanda, S., Patra, B. R., Patel, R., Bakos, J., & Dalai, A. K. (2022). Innovations in applications and prospects of bioplastics and biopolymers: a review. *Environmental chemistry letters*, *20*(1), 379-395. https://doi.org/10.1007/s10311-021-01334-4

Nasir, N., & Othman, S. (2019). Effect of radiation treatment on starch bioplastic- a review. *International Journal of Advancement in Life Sciences Research*, *02*, 1-7. https://doi.org/10.31632/ijalsr.2019v02i04.001

Navarro Ojeda, A. F. (2018). Desarrollo de películas bicapa a base de almidón termoplástico (TPS) y polímeros hidrofóbicos con sorbato de potasio como agente interfacial. *[Tesis en opcion Ingeniería Química en la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano]*, *1*, 49. http://hdl.handle.net/20.500.12010/4132

Nduko, J. M., & Taguchi, S. (2021). Microbial Production of Biodegradable Lactate-Based Polymers and Oligomeric Building Blocks From Renewable and Waste Resources [Review]. *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*, *8*. https://doi.org/10.3389/fbioe.2020.618077

Nguyen, T. K., That, N. T. T., Nguyen, N. T., & Nguyen, H. T. (2022). Development of Starch-Based Bioplastic from Jackfruit Seed. *Advances in Polymer Technology*, *2022*, 6547461. https://doi.org/10.1155/2022/6547461

Nissa, R. C., Fikriyyah, A. K., Abdullah, A. H. D., & Pudjiraharti, S. (2019). Preliminary study of biodegradability of starch-based bioplastics using ASTM G21-70, dip-hanging, and Soil Burial Test methods. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *277*(1), 012007. https://doi.org/10.1088/1755-1315/277/1/012007

Pathak, S., Sneha, C., & Mathew, B. B. (2014). Bioplastics: its timeline based scenario & challenges. *J. Polym. Biopolym. Phys. Chem*, *2*(4), 84-90. https://doi.org/10.12691/jpbpc-2-4-5

Riaz, S., Fatima, N., Rasheed, A., Riaz, M., Anwar, F., & Khatoon, Y. (2018). Metabolic Engineered Biocatalyst: A Solution for PLA Based Problems. *International Journal of Biomaterials*, *2018*, 1963024. https://doi.org/10.1155/2018/1963024

Sanivada, U. K. K., Mármol, G., Brito, F., & Fangueiro, R. (2020). PLA Composites Reinforced with Flax and Jute Fibers-A Review of Recent Trends, Processing Parameters and Mechanical Properties. *Polymers*, *12*, 1-29. https://doi.org/10.3390/polym12102373

Santana, R. F., Bonomo, R. C. F., Gandolfi, O. R. R., Rodrigues, L. B., Santos, L. S., Dos Santos Pires, A. C., de Oliveira, C. P., da Costa Ilhéu Fontan, R., & Veloso, C. M. (2018). Characterization of starch-based bioplastics from jackfruit seed plasticized with glycerol. *Journal of food science and technology*, *55*(1), 278-286. https://doi.org/10.1007/s13197-017-2936-6

Shaikh, S., Yaqoob, M., & Aggarwal, P. (2021). An overview of biodegradable packaging in food industry. *Current Research in Food Science*, *4*, 503-520. https://doi.org/10.1016/j.crfs.2021.07.005

Shlush, E., & Davidovich-Pinhas, M. (2022). Bioplastics for food packaging. *Trends in Food Science & Technology*, *125*. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.04.026

Song, J., Murphy, R., Narayan, R., & Davies, G. (2009). Biodegradable and compostable alternatives to conventional plastics. *Philosophical transactions of the royal society B: Biological sciences*, *364*(1526), 2127-2139.

https://doi.org/10.1098/rstb.2008.0289

UNE-EN 13432. (2001). Requisitos de los envases y ambalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación. *Norma Española*, 25. https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0024465

Van Wouwe, P., Dusselier, M., Vanleeuw, E., & Sels, B. (2016). Lactide synthesis and chirality control for polylactic acid production. *ChemSusChem*, *9*(9), 907-921.

Vargas, 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*, 7-20. http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1390-01292021000400007&nrm=iso

Villada, H. S., Acosta, H. A., & Velasco, R. J. (2008). Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables. *Información tecnológica*, *19*, 3-14. http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642008000200002&nrm=iso

Yadav, A., Mangaraj, S., Singh, R., Das, K., Kumar, N., & Arora, S. (2018). Biopolymers as packaging material in food and allied industry. 2411-2418. https://www.researchgate.net/publication/342765641_Biopolymers_as_packaging_material_in_food_and_allied_industry

Yang, J. E., Choi, S. Y., Shin, J. H., Park, S. J., & Lee, S. Y. (2013). Microbial production of lactate-containing polyesters. *Microbial biotechnology*, *6*(6), 621-636. https://doi.org/https://doi.org/10.1111/1751-7915.12066

Yin, P., Chen, C., Ma, H., Gan, H., Guo, B., & Li, P. (2020). Surface cross-linked thermoplastic starch with different UV wavelengths: mechanical, wettability, hygroscopic and degradation properties [10.1039/D0RA07549C]. *RSC Advances*, *10*(73), 44815-44823. https://doi.org/10.1039/D0RA07549C

Zhong, Y., Godwin, P., Jin, Y., & Xiao, H. (2020). Biodegradable polymers and green-based antimicrobial packaging materials: A mini-review. *Advanced Industrial and Engineering Polymer Research*, *3*(1), 27-35. https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2019.11.002

ANEXOS.

1 MARCO TEÓRICO

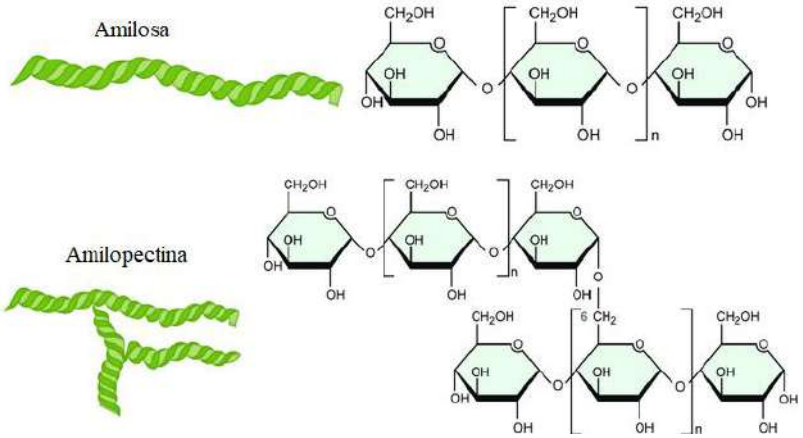
1.1 Almidón

El almidón está formado por largas cadenas de moléculas de glucosa que se unen entre sí a través de enlaces covalentes llamados enlaces glucosídicos. Por lo general, el almidón se denomina polisacárido porque está formado por múltiples moléculas de azúcar; *poli* que significa "muchos" y *sacárido* que denota azúcar. Sin embargo, debido a que las moléculas son todas del mismo tipo de azúcar (glucosa), el almidón a veces se denomina homopolisacárido, *homo*, que significa "igual". Los carbohidratos como el almidón son macromoléculas compuestas por los siguientes elementos químicos Carbono (C), Hidrógeno (H) y Oxígeno (O) en una proporción de 1:2:1 respectivamente (Bashir & Aggarwal, 2019)

1.1.1 Estructura de la molécula de almidón

El almidón consta de dos tipos de polímeros de anhidroglucosa, amilosa y amilopectina (figura 11). La amilosa es esencialmente un polímero lineal en el que las unidades de anhidroglucosa están predominantemente conectadas a través de enlaces glucosídicos α-D-(1, 4) (Gadhave *et* al., 2018), mientras que la amilopectina es un polímero ramificado que contiene ramificaciones periódicas unidas a los esqueletos a través de enlaces glucosídicos α-D-(1,6). El contenido de amilosa y amilopectina en el almidón varía y depende en gran medida de la fuente de almidón. (Vargas *et* al., 2021).

Figura 1. Estructura química del almidón.



.

Fuente: (Abdel-Raouf & Abdul-Raheim, 2016)

1.2 Biodegradable

Los términos biodegradación, biodegradable y compostable se utilizan con frecuencia de

manera incorrecta y crean malentendidos. La norma europea EN 13432 ha definido el término biodegradable como aquel cuyo mecanismo de degradación se caracteriza por la descomposición de la sustancia química orgánica por parte de microorganismos en presencia de oxígeno en dióxido de carbono, agua y sales minerales de cualquier otro elemento presente (mineralización) y nuevos biomasa o en ausencia de oxígeno a dióxido de carbono, metano, sales minerales y nueva biomasa (Ashter, 2022). Los microorganismos presentes en el entorno de eliminación utilizan el producto de carbono para extraer energía química para sus procesos vitales. Lo hacen descomponiendo el material en moléculas más pequeñas, transportando estas pequeñas moléculas dentro de la célula de los microorganismos y oxidando aún más estas pequeñas moléculas a dióxido de carbono y agua, y liberando energía (Barone & Arikan, 2007). La reacción que ocurre durante la degradación del polímero biodegradable se muestra en la ecuación 1 (Shaikh *et* al., 2021).

$$\text{Polímeros biodegradables} = CO_2 + H_2O + \text{Humus} \qquad (1)$$

La biodiversidad y la presencia de microorganismos responsables de la degradación de los polímeros varían según el medio ambiente, el suelo, el mar, el compost, etc. La colonización de la superficie expuesta después de la adherencia de los microorganismos a la superficie del polímero es el principal mecanismo involucrado en la degradación (Barone & Arikan, 2007).

1.3 Compostaje

El compostaje se puede definir como la degradación acelerada de materia orgánica heterogénea por una población microbiana mixta en un ambiente húmedo, cálido y aeróbico bajo condiciones controladas. Es un método antiguo para convertir la materia orgánica en humus fértil. La biodegradación de dicha materia orgánica producirá compost como producto principal junto con agua y dióxido de carbono. El dióxido de carbono producido ya forma parte del ciclo biológico del carbono, por lo que no contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero (Song *et* al., 2009). El suelo se beneficia con la composición ya que ayuda a retener la humedad del suelo, aumenta la actividad microbiológica, enriqueciendo el suelo con nutrientes y también hace que el suelo sea más transpirable (Mondini *et* al., 2004).

La Organización Internacional de Normalización (ISO) ha desarrollado la norma ISO 17088, "Especificación para plásticos compostables" a nivel internacional, que está en armonía con estas normas europeas y estadounidenses. Los requisitos de estos estándares para la biodegradación completa en condiciones de compostaje según Song *et* al. (2009), son los siguientes;

- Conversión de material polimérico en forma de gránulo, película o polvo en CO_2, agua y biomasa a través de la actividad microbiana.
- Aproximadamente el 90% del carbono en el polímero se convierte en CO_2
- La tasa de biodegradación es similar a la degradación de materiales naturales como hojas, papel, hierba y restos de comida.

- El ciclo de compostaje o el tiempo de degradación no debe ser superior a 180 días y, en el caso de polímeros radiomarcados, no superior a 365 días.

1.4 Bioplásticos

Según Nanda *et* al. (2022),Un material polimérico puede considerarse bioplástico si es de base biológica o está hecho de materiales renovables con potencial de biodegradabilidad. Los bioplásticos son tipos específicos de materiales poliméricos basados en recursos biológicos que se consideran ambiental y económicamente viables para reemplazar los plásticos petroquímicos convencionales. Los bioplásticos se consideran polímeros superiores en comparación con los plásticos sintéticos debido a su biocompatibilidad y biodegradabilidad, lo que los hace excepcionales para aplicaciones en embalaje, biomédicas y otras aplicaciones industriales de valor agregado (Pathak *et* al., 2014).

1.5 Destacados estándares para bioplásticos

Los estándares son un conjunto de reglas que un producto debe cumplir antes de que pueda obtener una determinada etiqueta. Los organismos de normalización más importantes y sus estándares clave para que los bioplásticos se consideren biodegradables, compostable y de base biológica incluyen (Ibrahim *et* al., 2021).

1.5.1 ASTM – Sociedad Estadounidense de Pruebas y Materiales (EE. UU.)

ASTM D6400: la asociación de estándares ASTM International (ASTM) define un plástico compostable como “un plástico que se degrada mediante procesos biológicos durante el compostaje para producir dióxido de carbono (CO2), agua, compuestos inorgánicos y biomasa a un ritmo consistente con otros materiales compostables conocidos y que no deje residuos visibles, distinguibles o tóxicos”. (es decir, biodegradarse + desintegrarse + ecotoxicidad) (Nissa *et* al., 2019).

1.5.2 ISO 17088:2012 - Organización Internacional de Normalización

Esta norma internacional especifica los procedimientos y requisitos para la identificación y el etiquetado de plásticos y productos hechos de plásticos que son adecuados para la recuperación mediante compostaje aeróbico. Según la ISO 17088:2012 (2012), existen cuatro aspectos los cuales se describen a continuación:

a) Biodegradación; relaciona el tiempo de biodegradación con respectos a otros bioplásticos
b) Desintegración durante el compostaje; determina las existencias de sustancias nocivas para el ser humano y medio ambiente durante la desintegración.
c) Efectos negativos en el proceso y la instalación de compostaje; analiza sustancias nocivas y presencias de metales en el compostaje
d) Efectos negativos sobre la calidad del compost; estudia la calidad de compostaje en la cadena trófica.

1.5.3 CEN – Comité Europeo de Normalización (Unión Europea)

Según la UNE-EN 13432 (2001), los estándares de compostaje y biodegradación son los siguientes:

a) Prueba química: divulgación de todos los componentes, se deben cumplir los valores umbral para metales pesados.
b) Biodegradabilidad en condiciones controladas de compostaje (consumo de oxígeno y producción de CO2): Se debe demostrar que al menos el 90 por ciento de la materia orgánica se convierte en CO2 en 6 meses.
c) Desintegración: Después de 3 meses de compostaje y posterior tamizado por tamiz de 2 mm, no puede quedar más del 10 por ciento de residuos, respecto a la masa original.
d) Prueba práctica de compostabilidad en una instalación de compostaje semi-industrial (o industrial): No se permite ninguna influencia negativa en el proceso de compostaje.
e) Ensayo de ecotoxicidad: Examen del efecto del compost resultante sobre el crecimiento de las plantas (ensayo agronómico) (European Bioplastic, 2015).

1.6 Certificaciones y etiquetas para bioplásticos

Varias empresas comercializan sus productos con etiquetas que especifican su biodegradabilidad, la figura 9 resume las principales certificaciones de uso en el mundo, que son emitidas por la certificadora belga TÜV Austria y la certificadora alemana DIN CERTCO. La compostabilidad industrial está cubierta por las normas EN 14995 y EN 13432, y estas se utilizan durante la certificación (Di Bartolo et al., 2021). Las dos organizaciones de renombre que imiten las certificaciones y etiquetas con respecto al bioplástico son:

- **DIN Certco** emite certificados para plásticos compostables basados en la norma EN 14995 (o ISO 17088) y para envases compostables basados en la norma EN 13432 (o ASTM D6400).
- **Belga TÜV Austria** emite certificados para plásticos compostables basados en EN 13432, así como certificados para plásticos que pueden compostarse en compostaje doméstico (OK compostaje doméstico) y plásticos que se biodegradan en el suelo (OK biodegradable SUELO) y agua (OK biodegeradable WATER).

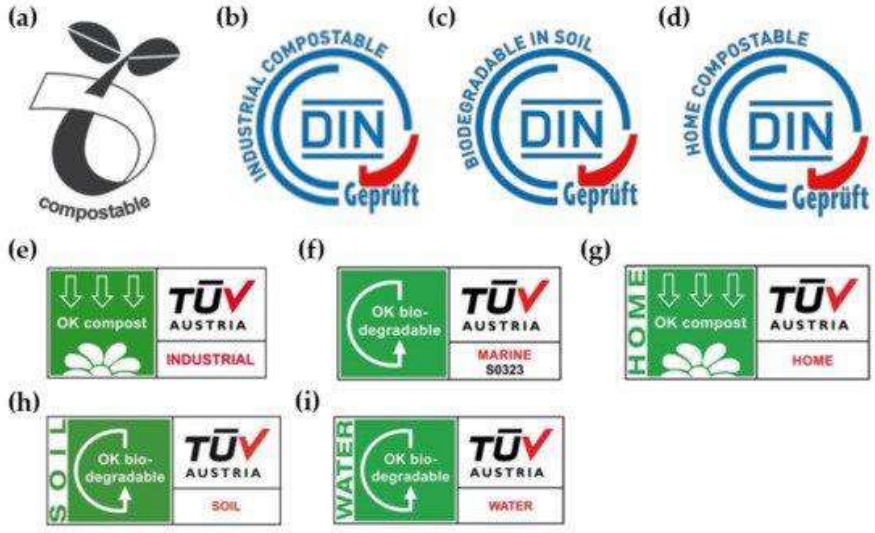


Figura 2. Etiquetas de certificación relativas a la biodegradabilidad y la compostabilidad: (**a**) logotipo de plántula de European Bioplastics , indica que el producto es industrialmente compostable y cumple con la norma EN 13432; (**b**–**d**) etiquetas DIN CERTCO para compostabilidad industrial, biodegradabilidad en el suelo y compostabilidad doméstica, respectivamente; (**e**–**i**) Etiquetas TÜV Austria para compostabilidad industrial, biodegradabilidad marina, compostabilidad doméstica, biodegradabilidad del suelo y biodegradabilidad del agua dulce, respectivamente.

Fuente: (Di Bartolo et al., 2021)