



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA AGROINDUSTRIA**

**“COMPARACIÓN DE DIFERENTES FORMULACIONES PARA  
OBTENCIÓN DE BIOPOLIMEROS A PARTIR DE ALMIDÓN DE  
YUCA (*Manihot esculenta*)”**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTOR:**

**ARIEL ORLANDO LÓPEZ TENE**

Riobamba – Ecuador

2022



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA AGROINDUSTRIA**

**“COMPARACIÓN DE DIFERENTES FORMULACIONES PARA  
OBTENCIÓN DE BIOPOLIMEROS A PARTIR DE ALMIDÓN DE  
YUCA (*Manihot esculenta*)”**

**Trabajo de Titulación**

**Tipo:** Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**AUTOR:** ARIEL ORLANDO LÓPEZ TENE

**DIRECTOR:** Dr. JUAN MARCELO RAMOS FLORES, MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Ariel Orlando López Tene

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **ARIEL ORLANDO LÓPEZ TENE**, declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de noviembre de 2022.

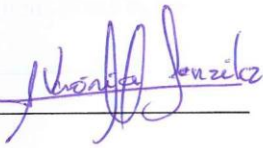
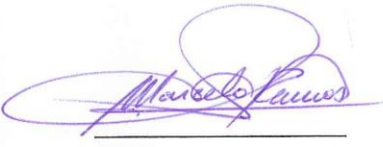



**Ariel Orlando López Tene**

**060594127-7**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS**  
**CARRERA AGROINDUSTRIA**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: el Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación, “**COMPARACIÓN DE DIFERENTES FORMULACIONES PARA OBTENCIÓN DE BIOPOLIMEROS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*)**”, realizado por el señor: **ARIEL ORLANDO LÓPEZ TENE**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Bqf. María Verónica González Cabrera, MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>		2022-11-30
Dr. Juan Marcelo Ramos Flores, MSc. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-11-30
Biof. Nora Tahirí Mejía Cabezas, MSc. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>		2022-11-30

## **DEDICATORIA**

Al culminar esta etapa importante de mi vida, dedico mi esfuerzo y dedicación a: Dios por darme la vida y sabiduría día a día en cada paso y dificultad que se presentaba siendo mi guía. A mis amados padres Iván y Nancy, por brindarme su apoyo, esfuerzo y dedicación durante toda mi vida y sepan que me siento muy orgulloso, de lo que ustedes formaron, lo que soy. A mis hermanos Katherine, Sofía, Jhonatan y Gisell, mi pilar fundamental y con quienes aprendí que somos todos para uno y uno para todos en todo el tiempo que hemos compartido muchas alegrías y vivencias, que la unidad sea nuestro fuerte y cada uno siga cumpliendo con sus sueños. A mi bisabuelita Luz que fue un gran ejemplo, abuelito y tío que están en el cielo les dedico este trabajo y que sepan que estoy muy feliz por haber cumplido con esta meta en mi vida; a mi abuelita Rosa quien ha sido como una segunda madre, y quien con su amor, consejos y relatos de vida me ha encaminado a seguir creciendo y ser mejor cada día. A Tatiana quien me enseñó que las buenas personas todavía existen. A Mabel, Anita y Quindi con quienes compartí muchos momentos, les considero como parte de mi familia, tienen mi respeto y admiración.

Ariel

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por estar presente en mi vida con salud, sabiduría y guiándome en cada momento que lo necesito, doy gracias al Señor Jesús por encaminarme a cumplir este anhelado sueño y sobre todo agradezco a mis queridos padres, hermanos y abuelita por todo su apoyo y comprensión en esta etapa de vida. A la magna Escuela Superior Politécnica de Chimborazo la cual me dio la oportunidad de formar parte de su familia y formarme como profesional en una de las mejores carreras como es la Carrera de Ingeniería Agroindustrial. A los Ingenieros Nora Mejía y Juan Marcelo Ramos por la ayuda y comprensión que me brindaron durante la realización de este trabajo de investigación. A mis queridos amigos Mabel, Anita, Julissa, Damaris, Quindi y Ronny quienes formaron parte de mi vida y a veces para sobrevivir a la vida.

Ariel

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1. Biopolímeros.....	3
1.1.1. <i>Definición</i> .....	3
1.1.2. <i>Características</i> .....	3
1.1.3. <i>Aplicaciones</i> .....	3
1.1.3.1. <i>Aplicaciones en medicina</i> .....	4
1.1.3.2. <i>Aplicaciones en la fabricación de envases alimentarios</i> .....	4
1.1.4. <i>Ventajas</i> .....	4
1.1.5. <i>Desventajas</i> .....	5
1.1.6. <i>Tipos</i> .....	6
1.2. Yuca .....	7
1.2.1. <i>Generalidades</i> .....	7
1.2.2. <i>Yuca en Ecuador</i> .....	8
1.3. Almidón .....	9
1.3.1. <i>Definición</i> .....	9
1.3.2. <i>Estructura química</i> .....	9
1.3.2.1. <i>Amilosa</i> .....	9
1.3.2.2. <i>Amilopectina</i> .....	10
1.3.3. <i>Alimentos ricos en almidón</i> .....	11
1.3.4. <i>Tipos de almidón</i> .....	11
1.3.4.1. <i>Almidón nativo</i> .....	11
1.3.4.2. <i>Almidón modificado</i> .....	11
1.3.5. <i>Propiedades</i> .....	12
1.3.6. <i>Aplicaciones</i> .....	13
1.3.6.1. <i>Industria alimentaria</i> .....	13
1.3.6.2. <i>Industria no alimentaria</i> .....	13



<b>1.4.</b>	<b>Almidón de yuca</b> .....	14
<b>1.4.1.</b>	<b>Generalidades</b> .....	14
<b>1.4.2.</b>	<b>Composición físicoquímica</b> .....	14
<b>1.4.3.</b>	<b>Obtención de almidón de yuca</b> .....	15
<b>1.5.</b>	<b>Biopolímeros basados en almidón</b> .....	16
<b>1.5.1.</b>	<b>Componentes para la elaboración</b> .....	16
<b>1.5.1.1.</b>	<b>Plastificantes</b> .....	17
<b>1.5.1.2.</b>	<b>Rellenos</b> .....	17
<b>1.5.1.3.</b>	<b>Fibras</b> .....	18
<b>1.5.1.4.</b>	<b>Modificadores químicos</b> .....	18
<b>1.5.2.</b>	<b>Tipos de biopolímeros según el almidón</b> .....	18
<b>1.5.2.1.</b>	<b>Derivados de almidón parcialmente fermentado</b> .....	18
<b>1.5.2.2.</b>	<b>Derivados de almidón puro</b> .....	18
<b>1.5.2.3.</b>	<b>Derivados de almidón modificado</b> .....	19
<b>1.5.3.</b>	<b>Proceso de elaboración</b> .....	19

## CAPÍTULO II

<b>2.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	20
<b>2.1.</b>	<b>Búsqueda de la información bibliográfica</b> .....	20
<b>2.2.</b>	<b>Criterios de selección</b> .....	20
<b>2.3.</b>	<b>Plataformas digitales y científicas</b> .....	21
<b>2.4.</b>	<b>Método para sistematización de la información</b> .....	21

## CAPÍTULO III

<b>3.</b>	<b>RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN Y DISCUSIÓN</b> .....	23
<b>3.1.</b>	<b>Formulaciones para biopolímeros a base de Almidón De Yuca, ajustado a 100 ml de agua</b> .....	23
<b>3.2.</b>	<b>Propiedades Físicoquímicas de los Biopolímeros</b> .....	25
<b>3.2.1.</b>	<b>Densidad</b> .....	25
<b>3.2.2.</b>	<b>Resistencia a la tracción</b> .....	26
<b>3.2.3.</b>	<b>Elongación</b> .....	28
<b>3.2.4.</b>	<b>Deformación</b> .....	29
<b>3.2.5.</b>	<b>Solubilidad</b> .....	31
<b>3.2.6.</b>	<b>Humedad</b> .....	32
<b>3.2.7.</b>	<b>Temperatura de gelatinización</b> .....	33

<b>3.2.8.</b>	<b><i>Biodegradabilidad en el suelo</i></b> .....	<b>34</b>
<b>3.3.</b>	<b>Comparación entre formulaciones y propiedades fisicoquímicas del biopolímero a base de almidón de yuca</b> .....	<b>36</b>
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>38</b>
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>39</b>
	<b>GLOSARIO</b>	
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Tipos de biopolímeros según el origen.....	6
<b>Tabla 2-1:</b>	Tipos de biopolímeros según su funcionalidad .....	7
<b>Tabla 3-1:</b>	Alimentos ricos en almidón.....	11
<b>Tabla 4-1:</b>	Composición fisicoquímica del almidón de yuca.....	14
<b>Tabla 5-1:</b>	Propiedades físicas y químicas de los plastificantes.....	17
<b>Tabla 1-2:</b>	Fuentes bibliográficas utilizadas en la investigación.....	22
<b>Tabla 1-3:</b>	Formulaciones de biopolímeros a base de yuca .....	23
<b>Tabla 2-3:</b>	Densidad de biopolímeros .....	25
<b>Tabla 3-3:</b>	Resistencia a la tracción .....	26
<b>Tabla 4-3:</b>	Elongación.....	28
<b>Tabla 5-3:</b>	Deformación .....	29
<b>Tabla 6-3:</b>	Solubilidad.....	31
<b>Tabla 7-3:</b>	Humedad.....	32
<b>Tabla 8-3:</b>	Temperatura de gelatinización.....	33
<b>Tabla 9-3:</b>	Biodegradabilidad en el suelo.....	35

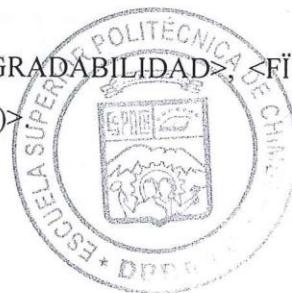
## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1-1:</b>	Planta de yuca .....	8
<b>Ilustración 2-1:</b>	Estructura química de la amilosa.....	9
<b>Ilustración 3-1:</b>	Estructura química de la amilopectina .....	10
<b>Ilustración 4-1:</b>	Proceso de extracción de almidón de yuca.....	16
<b>Ilustración 1-2:</b>	Cantidad de fuentes utilizadas .....	22
<b>Ilustración 1-3:</b>	Formulaciones .....	24
<b>Ilustración 2-3:</b>	Densidad.....	25
<b>Ilustración 3-3:</b>	Resistencia a la tracción .....	27
<b>Ilustración 4-3:</b>	Elongación.....	28
<b>Ilustración 5-3:</b>	Deformación.....	30
<b>Ilustración 6-3:</b>	Solubilidad .....	31
<b>Ilustración 7-3:</b>	Humedad .....	33
<b>Ilustración 8-3:</b>	Temperatura de gelatinización .....	34
<b>Ilustración 9-3:</b>	Biodegradabilidad en el suelo .....	35

## RESUMEN

El siguiente proyecto de investigación tuvo como objetivo realizar un análisis comparativo de diferentes formulaciones para la obtención de biopolímeros a partir de almidón de yuca mediante revisión bibliográfica sistemática. El estudio se llevó a cabo con una investigación minuciosa y detallada de documentos tomando en cuenta su pertinencia, exhaustividad y actualidad. Como primer punto se recopiló diferentes publicaciones científicas acerca de las formulaciones para la elaboración de biopolímeros a partir de almidón de yuca, posteriormente se procedió a compilar las propiedades fisicoquímicas reportadas de los biopolímeros y como punto final se discutió la relación existente entre las formulaciones utilizadas y las propiedades presentadas por los biopolímeros. Las formulaciones de biopolímeros a partir de almidón de yuca se componen principalmente de agua destilada que ocupa más del 50%, seguido del almidón de yuca con un rango de 10 al 25% y los plastificantes de 3 a 5%, las principales propiedades fisicoquímicas y mecánicas de un biopolímero son: densidad, resistencia a la tracción, elongación, deformación, solubilidad, humedad, temperatura de gelatinización y biodegradabilidad en el suelo. La formulación está relacionada directamente con las propiedades fisicoquímicas y mecánicas de un biopolímero, siendo el contenido de la materia prima el que brindará dichas características. Se concluye que los biopolímeros a partir de almidón de yuca pueden presentar características similares a los polímeros convencionales, por lo que se recomienda su uso en la industria con el fin de conservar el medioambiente.

**Palabras clave:** <ALMIDÓN>, <BIOPOLÍMERO>, <BIODEGRADABILIDAD>, <FÍSICO QUÍMICAS>, <FORMULACIÓN>, <YUCA (*Manihot esculenta*)>



0954-DBRA-UPT-2023

DBRA  
Ing. Cristóbal Castillo

## ABSTRACT

The following research project aimed to conduct a comparative analysis of different formulations for obtaining biopolymers from cassava starch through a systematic literature review. The study was carried out with thorough and detailed research of documents considering their relevance, completeness, and timeliness. As a first point, different scientific publications about the formulations for elaborating biopolymers from cassava starch were compiled. The reported physicochemical properties of the biopolymers were compiled, and as a final point, the relationship between the formulations used and the properties presented by the biopolymers was discussed. The biopolymer formulations from cassava starch are mainly composed of distilled water with more than 50%, followed by cassava starch with a range of 10 to 25% and plasticizers from 3 to 5%. A biopolymer's main physicochemical and mechanical properties are density, tensile strength, elongation, deformation, solubility, humidity, gelatinization temperature, and biodegradability in soil. The formulation is directly related to the physicochemical and mechanical properties of a biopolymer, being the content of the raw material the one that will provide these characteristics. It is concluded that biopolymers from cassava starch can present similar characteristics to conventional polymers, so their use in the industry is recommended to conserve the environment.

**Keywords:** <STARCH>, <BIOPOLYMER>, <BIODEGRADABILITY>, <CHEMICAL PHYSICS>, <FORMULATION>, <YUCA (Manihot esculenta)>.

0954-DBRA-UPT-2023

Dra. Gloria Isabel Escudero Orozco MsC.

0602698904

## **INTRODUCCIÓN**

En vista de la creciente problemática por la escasez y aumento en el precio del petróleo y la contaminación por desechos derivados de la producción de polímeros sintéticos y a su vez la difícil eliminación de los mismos permaneciendo en la tierra durante años, se ha tenido la necesidad de buscar nuevos materiales que no representen un problema al ambiente siendo una de las alternativas el desarrollo de biopolímeros que se ajustan a las nuevas necesidades sociales y de las industrias (Rosales, 2016, p. 1).

Los biopolímeros al obtenerse de recursos renovables y biodegradables como lo son las plantas, animales y microorganismos han llamado la atención de la comunidad científica considerándose uno de los materiales de suma importancia pudiendo ser empleados en todo tipo de industria y que al mismo tiempo representan un impacto negativo en el medio ambiente, al biodegradarse los biopolímeros son asimilados por la naturaleza y no perjudican las características de los suelos (Pertuz, 2021, p. 10).

Una de las sustancias de mayor interés para obtener biopolímeros es el almidón proveniente principalmente de materias primas de origen vegetal generalmente en polvo, el cual es utilizado como agente reforzante para la fabricación de envases, embalajes, láminas y películas. Ofreciendo ventajas como el menor costo en comparación a otros biopolímeros utilizados para realizar recubrimientos, son transparentes, inodoras, insípidas, con una buena barrera al CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>, brinda inocuidad, resistente a daños mecánicos, mejora la apariencia y baja contaminación microbiana (Valero, 2013, p. 173).

En base a lo antes expuesto se determina que los biopolímeros son considerados como una alternativa para reemplazar los polímeros sintéticos obtenidos del petróleo por lo que mediante el presente proyecto de investigación se busca recopilar diferentes publicaciones científicas acerca de las formulaciones para la elaboración de biopolímeros a partir de almidón de yuca.

## **JUSTIFICACIÓN**

El ser humano a través del tiempo ha ido desarrollando varios sistemas que faciliten la vida diaria como es el transporte de alimentos, materiales, utensilios, agua. Por ello ha creado fundas, envases, tarrinas, vasos, cucharas, empaques, baldes, reservorios, gavetas, etc. Todos derivados de compuestos fósiles, los cuales ayudan a evitar sobreesfuerzos y a llevar más volumen, para facilidad todo lo necesario en la vida cotidiana.

La producción de dichos plásticos ha causado impactos negativos al medio ambiente y ha promovido la contaminación del agua y el suelo, debido a que una vez cumplida la vida útil de estos productos son desechados en botaderos de basura, ríos, mares, avenidas, bosques y demás lugares, permaneciendo por mucho tiempo presentes en la naturaleza. Además, los plásticos sintéticos solo se reducen en pedazos cada vez más pequeños, llegando a microplásticos, pero no se descomponen es decir su estructura química no cambia, por lo que ingresan a las cadenas tróficas.

Debido a esta problemática hoy en día surge la necesidad de aportar a la conservación y mejora de la calidad del medio ambiente: para lo cual se buscan alternativas con ayuda de la tecnología. En ellas se busca analizar las publicaciones sobre el desarrollo de biopolímeros constituidos por un base de almidón, degradables y compatibles con el ambiente, que puede ser absorbido por la naturaleza y de esta manera se busca minimizar la presencia de plásticos sintéticos en el planeta.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Realizar un análisis comparativo diferentes formulaciones para la obtención de biopolímeros a partir de almidón de yuca mediante revisión bibliográfica sistemática.

### **Objetivos Específicos**

- Recopilar diferentes publicaciones científicas en bases de datos acerca de las formulaciones para la elaboración de biopolímeros a partir de almidón de yuca.
- Compilar las propiedades fisicoquímicas reportadas de los biopolímeros obtenidos a partir de almidón de yuca como parte de su formulación.
- Discutir la relación existente entre las formulaciones utilizadas y las propiedades presentadas por los biopolímeros a base de almidón de yuca.



## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Biopolímeros

##### *1.1.1. Definición*

Los biopolímeros también conocidos como polímeros naturales son macromoléculas de origen natural sintetizadas a partir de seres vivos siendo estos de naturaleza animal, vegetal y microbiana cumplen funciones estructurales, biológicas y de defensa. Se caracterizan por degradarse de manera natural en el medio ambiente debido a la acción de microorganismos como hongos, bacterias y algas presentes en el suelo durante un corto tiempo (Corporación Universitaria Americana, 2020, p. 192).

##### *1.1.2. Características*

Según Orozco (1999, p. 10) los biopolímeros presentan las siguientes características:

- Baja densidad.
- Viscosidad alta a bajas concentraciones.
- Alto peso molecular.
- Propiedades gelantes.
- Compatibilidad con altas concentraciones de sales.
- No son tóxicos.
- Polielectrolito y potencial de intercambio iónico.
- Soluble en agua.
- Conducta anticongelante.
- Capacidad floculante, dispersante y versatilidad de adhesión.
- Fácil esterilización.
- Buena absorción.

##### *1.1.3. Aplicaciones*

Debido a la búsqueda de nuevos materiales amigables con el medio ambiente aparecieron los biopolímeros que pueden ser empleados en una infinidad de campos a continuación detallados.

#### *1.1.3.1. Aplicaciones en medicina*

Villarreal et al. (2020, párr. 7-19) propone las siguientes aplicaciones de los biopolímeros en la medicina:

- Ácido poliláctico: extraído del almidón de maíz, arroz o papa. Empleado para implantes poliméricos para asemejar alguna parte del cuerpo como órganos.
- Colágeno: se desarrolla piel artificial, injertos de huesos, regeneración de nervios, piel y órganos.
- Quitosano: obtención de implantes de huesos, regeneración de nervios y piel, elaboración de lentes de contacto y válvulas para el corazón.
- Espuma en gel: aplicada para el área de ingeniería del tejido pulmonar cuyo fin es reconstruir el tejido y reparar el pulmón el cual puede verse afectado por una lesión o enfermedad.

#### *1.1.3.2. Aplicaciones en la fabricación de envases alimentarios*

Los biopolímeros son una excelente opción para la elaboración de envases alimentarios ya que los polímeros utilizados hoy en día para envasar representan un gran costo debido a la generación de residuos y tampoco es factible usar productos reciclados para envasar ya que representaría una problemática en la inocuidad del alimento.

Dentro de los principales biopolímeros empleados para realizar envases alimentarios, Labeaga (2018, pp. 39-42) nombra los siguientes:

- Almidón: aplicado para realizar films o películas comestibles y también como material de embalaje.
- Ácido poliláctico: se emplea como material de embalaje para aquellos alimentos frescos es decir tiempo de vida útil corto y para botellas de agua.
- Quitosano: eficaz para realizar films y envases que pueden ser considerados antimicrobianos.
- Polihidroxialcanoatos: usado para realizar envases para productos de vida corta.

#### *1.1.4. Ventajas*

Lo primero a tomar en cuenta en la utilización de los biopolímeros es su degradación, de esta manera no representará una problemática para el planeta como lo son los polímeros

petroquímicos, su degradación está dada por acción de los microorganismos presentes en el suelo y también a su facilidad para solubilizarse en el agua.

Los biopolímeros tienen como principal ventaja su biodegradabilidad y también Ulloa (2013, pp. 19-20) menciona las siguientes ventajas:

- Bioreabsorbible
- Biocompatible (lo que le da la capacidad para ser utilizado en el campo de la medicina)
- Endógenos
- Fotoresistentes
- Resistencia al calor
- Termo-moldeables
- Barreras de oxígeno
- Hidrofóbicos
- Nanomerizable
- No tóxicos
- Resistentes a químicos
- Para su separación y purificación no es necesario emplear solventes peligrosos
- Producción continua y a gran escala
- Proceso de obtención amigable con el plante
- Baja probabilidad de contaminación cruzada por organismos vivos modificados.

Debido a las ventajas descritas los biopolímeros son considerados una excelente opción para sustituir los polímeros más usados como son el polietileno y el polipropileno ya que comparten las mismas propiedades (Ulloa, 2013, pp. 19-20).

#### ***1.1.5. Desventajas***

A pesar de presentar una variedad de ventajas los biopolímeros también presentan una mayor desventaja que son los costos de producción ya que el costo aumento en un 20 % que el producir polímeros derivados del petróleo. El biopolímero producido por bacterias es mucho más caro que el polietileno y polipropileno debido a que se las bacterias deben someterse a procedimientos de esterilización y fermentación relativamente costosos (Reyna, 2018, p. 29).

También en algunos casos los biopolímeros presentan propiedades mecánicas inferiores a los polímeros sintéticos teniendo una menor resistencia física.

### 1.1.6. Tipos

La Tabla 1-1 hace referencia a los tipos de biopolímeros existentes según el origen:

**Tabla 1-1:** Tipos de biopolímeros según el origen

Origen	Biopolímero
Vegetal	Algarrobo
	Almidón
	Celulosa
	Goma arábica
	Goma ghatti
	Goma guar
	Goma karaya
	Goma tragacanto
Pectinas	
Algas	Agar
	Agarosa
	Alginato
	Carragenina
Fucoïdan	
Animal	Ácido hialurónico
	Colágeno
	Gelatina
	Quitosano
Microbiano	Quitina
	Ácido itacónico
	Schizofilano
	Dextrano
	Gelano
	Kefiran
	Levano
Pululano	
Xanthana	

**Fuente:** Marroquín et al., 2020, pp. 109-111

**Realizado por:** López Ariel, 2022

Otra de las clasificaciones de los biopolímeros según su funcionalidad como se evidencia en la Tabla 2-1 es la siguiente:

**Tabla 2-1:** Tipos de biopolímeros según su funcionalidad

<b>Tipos según su funcionalidad</b>	<b>Características</b>
Biobasados	Obtenidos a partir de organismos vivos y residuos provenientes de la biomasa. Dentro de estos se clasifican en: <ul style="list-style-type: none"><li>• Primera generación: se derivan principalmente de alimentos.</li><li>• Segunda generación: producidos a partir de residuos agrícolas o municipales, subproductos agrícolas y madera.</li><li>• Tercera generación: provenientes de microorganismos.</li></ul>
Biocompatibles	Empleado en el área de la medicina. No perjudican el cuerpo ni a su metabolismo mientras cumplen su objetivo refiriéndose a su funcionalidad para el ser humano.
Biodegradables	Aquellos que son capaces de degradarse por acción microbiana de bacterias, algas y hongos dependiendo de la estructura química de los materiales transformándola en dióxido de carbono.

**Fuente:** Artigas, 2020, párr. 4-7

**Realizado por:** López Ariel, 2022

## **1.2. Yuca**

### **1.2.1. Generalidades**

La yuca es uno de los alimentos principales considerados como fuente de energía y calorías después del arroz, azúcar y maíz consumido por la mayoría de la población. Es un cultivo que se desarrolla en climas tropicales y en lugares donde se sufre periodos largos de sequía y sus suelos son infértiles. La yuca corresponde al reino Vegetal, División *Spermatophyta*, Subdivisión *Angiospermae* y a la Clase *Dicotyledoneae*. Se encuentra dentro del Orden *Euphorbiales*, Familia *Euphorbiaceae*, Tribu *Manihotae* a la que pertenece el género *Manihot* (Suárez y Mederos, 2011, p. 27).

Con respecto al nombre común de la yuca presenta diferentes dependiendo del país: en América del Sur y las Antillas yuca, en Argentina y Paraguay mandioca, en países angloparlantes como Antigua y Barbuda, Bahamas, Barbados, Canadá, Estados Unidos, Reino Unido, Irlanda, etc. cassava, en México guacamote, en Brasil aipi y en los países de África Oriental mhogo (Lituma, 2011, p. 8).

La planta es un arbusto con tallos semileñosos, puede llegar a medir de 1,5 a 4,0 metros de altura, sus hojas son de color verde, rojo, púrpura uniforme o con manchas. Se considera una especie monoica es decir presenta ambos sexos en la misma planta produciendo flores masculinas y femeninas. La raíz es la parte aprovechable de la yuca son fibrosas y tienen un peso de 1-8 kg de forma cilíndrica, cónica, fusiforme o irregular usualmente el color de la pulpa es blanca o amarilla (Ilustración 1-1) (Aguilar, 2017, pp. 9-10).



**Ilustración 1-1:** Planta de yuca

**Fuente:** Suárez y Mederos, 2011, p. 29

Se puede clasificar a la yuca dependiendo del uso al que se le va a dar al final, la primera denominada de calidad culinaria cuando es destinada al consumo directo, la segunda industrial cuando se le asigna como materia prima para la obtención de subproductos por ejemplo harina, almidón, etc. y la última doble propósito es decir aquellas que pueden ser usadas para el consumo humano y de igual manera en la industria (Jiménez y Martínez, 2016, p. 17).

### ***1.2.2. Yuca en Ecuador***

En Ecuador la producción de yuca se da en la región Amazónica, seguida de los valles bajos de la Sierra y la Costa, existen datos en donde el cultivo también se desarrolla en la región Insular. La superficie de cosecha es alrededor de 22.000 ha siendo el consumo per cápita de 12 kg/persona, convirtiendo a la yuca en uno de los productos más demandados, en estado fresco se lo utiliza para el consumo humano y animal y también sirve de materia prima para la industria textil, papel, balanceados e incluso exportarlo (Muñoz et al., 2017, p. 6; Hinojosa, 2014, pp. 3-4).

Las provincias de mayor producción de yuca es Manabí con 27.691 Tm, Cotopaxi con 24.460 Tm, Pichincha con 22.920 Tm, Esmeraldas con 11.425 Tm y Morona Santiago con 9.870 Tm. La cosecha de la yuca puede darse en cualquier época del año y no hay que esperar un periodo específico (Lituma, 2011, pp. 11-14). Dependiendo la zona donde se va a desarrollar el cultivo existen diferentes variedades en este sentido para el trópico seco podemos encontrar las

variedades INIAP Portoviejo-650 e INIAP Portoviejo-651 y para la zona subtropical la Escancela-morada, la Valenciana y La Valencia de Quevedo-Los Ríos. Existe una infinidad de variedades de yuca, pero las más cultivadas en el Ecuador son las antes nombradas (Hinostroza, 2014, pp. 8-9).

### 1.3. Almidón

#### 1.3.1. Definición

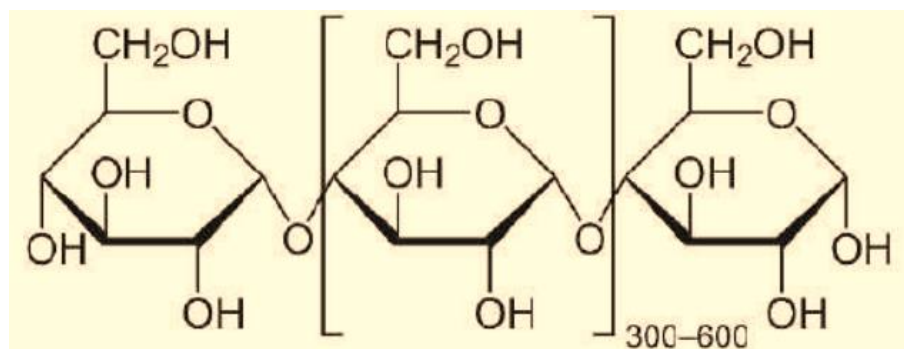
Polisacárido de origen vegetal extraído principalmente de papas, maíz, arroz, yuca, etc. Es la fuente de reserva de los vegetales y la principal fuente de energía y calorías del ser humano al ser considerado un hidrato de carbono. Utilizado principalmente en la industria de alimentos, pero también en la no alimenticia (Hurtado, 2020, p. 5).

#### 1.3.2. Estructura química

El almidón está principalmente compuesto químicamente por dos polisacáridos que son la amilosa y amilopectina.

##### 1.3.2.1. Amilosa

Polímero compuesto por 200 a 2500 unidades de glucosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1-4) y un leve grado de ramificaciones convirtiendo a la amilosa en un polímero lineal. Su peso molecular es de  $10^5$  a  $10^6$  g/mol<sup>3</sup>. Presenta forma helicoidal en donde los átomos de hidrógeno se encuentran en el interior de la hélice confiriéndole la característica hidrófoba permitiéndole formar complejos con ácidos grasos o hidrocarburos y en el exterior se encuentran los grupos hidroxilos (Ilustración 2-1) (León et al., 2020, p. 621; Flores, 2004, p. 8).

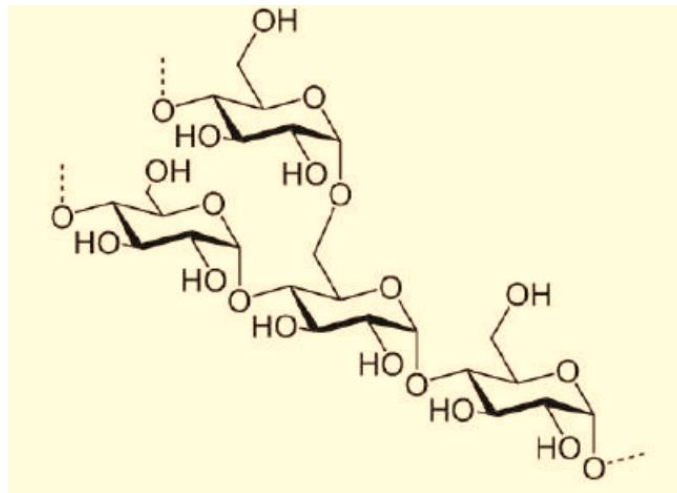


**Ilustración 2-1:** Estructura química de la amilosa

Fuente: León et al., 2020, p. 621

### 1.3.2.2. Amilopectina

Polímero con ramificaciones que contiene de 10 a 60 unidades de glucosa y las cadenas laterales de 15 a 45 unidades de glucosa, se encuentran unidos por enlaces glucosídicos en un 94-96 % por enlaces  $\alpha$  (1-4) y el restante con enlaces  $\alpha$  (1-6) (Ilustración 3-1). Tiene un peso molecular alto 1000 veces superior al de la amilosa siendo este  $1 \times 10^7$  a  $1 \times 10^8$  g/mol. Es soluble en agua y al estar en contacto con yodo da como resultado un color rojizo violeta (Hernández et al., 2008, p. 718; Hernando et al., 2013, p. 290).



**Ilustración 3-1:** Estructura química de la amilopectina

**Fuente:** León et al., 2020, p. 622



### 1.3.3. Alimentos ricos en almidón

La Tabla 3-1 resume los principales alimentos de los que se puede obtener almidón.

**Tabla 3-1:** Alimentos ricos en almidón

<b>Alimento</b>	<b>Nombre científico</b>
Achira	<i>Canna indica</i>
Amaranto	<i>Amaranto caudatus</i> L.
Arroz	<i>Oryza sativa</i>
Avena	<i>Avena sativa</i>
Camote	<i>Ipomoea batatas</i>
Cebada	<i>Hordeum vulgare</i>
Centeno	<i>Secale cereale</i>
Jícama	<i>Pachyrhizus erosus</i>
Maíz	<i>Zea mays</i>
Malanga	<i>Colocasia esculenta</i>
Papa china	<i>Colocasia esculenta</i> L.
Papa	<i>Solanum tuberosum</i>
Sorgo	<i>Sorghum</i>
Trigo	<i>Triticum</i>
Yuca	<i>Manihot esculenta</i>

**Fuente:** González, 2012, p. 4

**Realizado por:** López Ariel, 2022

### 1.3.4. Tipos de almidón

#### 1.3.4.1. Almidón nativo

Aquel que no ha sido sometido a ningún tratamiento de estabilización o modificaciones previas. Se obtiene de fuentes vegetales y es empleado como aditivo o materia prima para la elaboración de productos (Martínez, 2007, pp. 12-16).

#### 1.3.4.2. Almidón modificado

Es el almidón nativo sometido a algún tratamiento o proceso químico, físico o enzimático para mejorar sus características funcionales dentro de estas la solubilidad, textura y cohesión, muy

empleado en la industria alimenticia (Martínez, 2007, pp. 12-16). Dentro de esto se encuentra otra clasificación:

- Almidones pregelatinizados: se parte del almidón nativo al cual es sometido a un calentamiento modificando la estructura del gránulo del mismo y liberando parte de la amilosa (Barragán et al., 2016, p. 317).
- Almidones hidrolizados: aquellos en donde el almidón es sometido a una hidrólisis esta puede ser ácida, alcalina o enzimática (Bernal y Martínez, 2006, p. 79).
- Almidones entrecruzados: obtenidos por la incorporación de un agente entrecruzante al almidón nativo pudiendo ser oxiclorigerato de fósforo, epiclorhidrina o trimetafosfato de sodio y en presencia de sales, el proceso se lleva a cabo a temperatura ambiente (Lisi, 2012, p. 11).
- Almidón esterificado: producidos a partir de añadir grupos monofuncionales como el acetilo, hidroxilo, etc. a lo largo de las cadenas del almidón nativo provocando la sustitución de los enlaces de hidrógeno y así modificando su organización (León et al., 2020, p. 622).

### ***1.3.5. Propiedades***

El uso del almidón en las diferentes áreas se basa principalmente en las siguientes propiedades:

- Gelatinización: etapa en donde los gránulos de almidón sufren una pérdida de la semicristalinidad y se unen para formar una red polimérica amorfa esta fase es irreversible. La gelatinización sucede en presencia de calor y alta concentración de agua (Quintero y Ramírez, 2013, p. 6). Dependiendo la fuente del almidón se gelatinizará en rangos estrechos de temperatura, para el caso del almidón de yuca va de 60 °C a 67 °C. El agua penetrará la estructura molecular de los gránulos de almidón produciendo el hinchamiento de los mismos y por ende se disminuirá la cristalinidad hasta que la estructura se fragmente totalmente (Valarezo, 2012, p. 34; Meneses et al., 2007, p. 60).
- Retrogradación: una vez ya gelatinizados los gránulos de almidón se comienzan a reorganizarse los puentes de hidrógeno y las cadenas moleculares en una estructura ordenada dando lugar a una mayor firmeza y rigidez (Rodríguez et al., 2007, p. 15). La retrogradación dependerá de los siguientes factores: Fuente y concentración del almidón, temperatura de cocción y enfriamiento, pH y presencia de solutos (Meneses et al., 2007, p. 60).
- Solubilidad: es la capacidad que tiene el almidón de poder reaccionar y disolverse al estar en contacto con agua (Granados et al., 2014, p. 94).

- Hinchamiento: fenómeno producido cuando el almidón absorbe agua y esto dependerá de la cantidad de amilopectina que presente ya que la amilosa actúa como diluyente e inhibidor del hinchamiento (Granados et al., 2014, p. 94).
- Claridad: dependerá directamente del contenido de amilosa, amilopectina y la fuente que se extraiga el almidón de esto dependerá su uso en repostería o aderezos (Montaño, 2017, p. 30).

### ***1.3.6. Aplicaciones***

El almidón tiene una serie de aplicaciones en diferentes industrias.

#### ***1.3.6.1. Industria alimentaria***

Rojas (2017, p. 14) da a conocer que el almidón es muy utilizado en la industria de los alimentos y bebidas para diferentes fines.

- Protector contra la humedad de productos en polvo evitando el apelmazamiento de los mismos.
- Espesante para sopas, salsas, gelatinas, aderezos, etc.
- Antiaglutinante para embutidos como salchichas, mortadela, chorizo, etc.
- Emulsificante para salsas y mayonesa.
- Mejorador de características sensoriales en general para los postres.
- Mediante el procesamiento del almidón se puede obtener edulcorantes como jarabes de glucosa, fructosa, etc.

#### ***1.3.6.2. Industria no alimentaria***

Respecto al uso de almidón en la industria no alimentaria se distinguen las siguientes actividades:

- Industria textil: sirve de ayuda para almidonar las prendas de vestir brindándole dureza y mejorando su apariencia al no verse arrugada (Vélez, 2015, p. 10).
- Industria farmacéutica y cosmética: el almidón se emplea como sustancias auxiliares, agente antiaglutinante, desintegrante y excipiente para las tabletas y productos medicinales. Para polvos faciales actúa como agente espolvorante (Díaz y Carreras, 1999, p. 99).
- Industria papelera: mejoramiento de la resistencia mecánica del papel, también sirve como adhesivo y ligante para unir fibras sueltas y capas de cartones produciendo mejoría en la

aparición general de los productos y para mejorar la retención de tintas y el brillo (Vélez, 2015, pp. 10-11).

- Industria de adhesivos: mediante el almidón se puede elaborar la goma de cola, estampillas, etiquetas que son plegables (Hernández y Vergara, 2008, p. 21).
- Otras aplicaciones: para la elaboración de jabones y detergentes actúa como agente absorbente, sirve de diluyente en la industria de colores y obtener películas biodegradables (Hernández y Vergara, 2008, p. 21).

## 1.4. Almidón de yuca

### 1.4.1. Generalidades

El almidón es uno de los principales componentes que constituyen la yuca, también se le conoce como tapioca. Su empleo es en industrias alimenticias y no alimenticias gracias a sus propiedades mencionando su baja gelatinización, cristalinidad y sabor suave (Vargas, 2010, p. 16).

Se extrae mediante una serie de procesos de disolución en agua y filtración fáciles de realizar por lo que su producción es constante y a bajo costo volviéndolo una opción para ser empleado en las industrias (García et al., 2021, p. 62).

### 1.4.2. Composición físicoquímica

La Tabla 4-1 indica las características físicoquímicas de dos tipos de yuca de acuerdo al porcentaje de almidón que presenta.

**Tabla 4-1:** Composición físicoquímica del almidón de yuca

Tipos	Almidón, %	pH	Amilosa, %	Amilopectina, %
Blanca	72,37	6,10	28,25	71,25
	89,57	6,23	30,73	69,27
	35,08	5,80	21,61	78,39
Amarilla	77,49	6,34	31,28	63,00
	98,5	6,12	23,00	77,00
	13,74	5,89	14,23	75,35

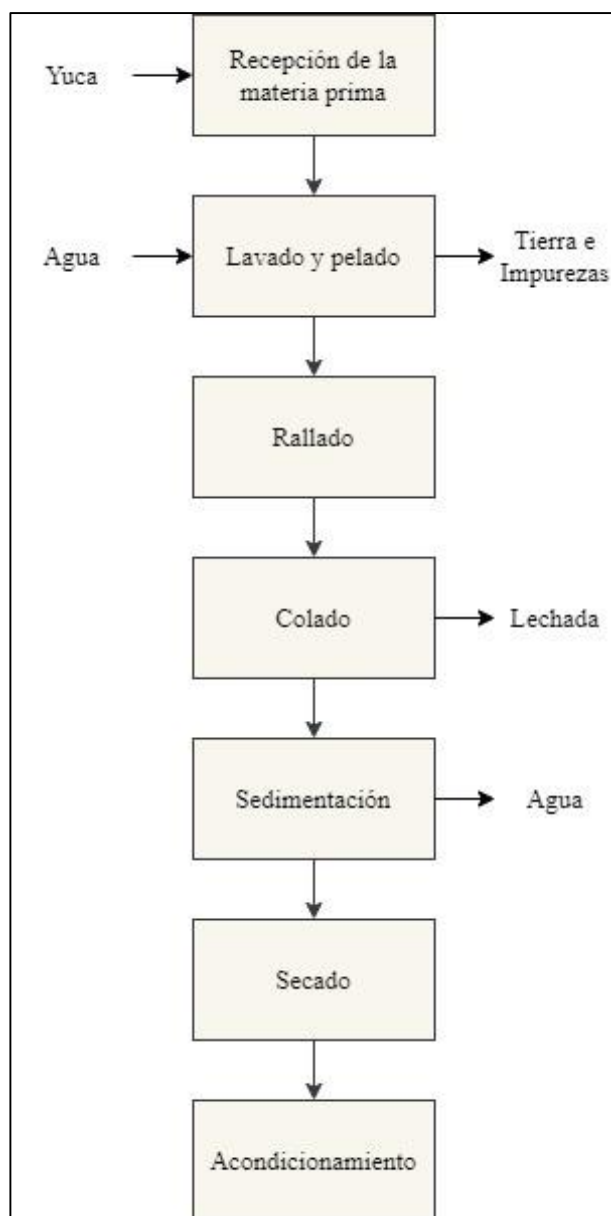
**Fuente:** Vélez et al., 2021, p. 141

**Realizado por:** López Ariel, 2022

### ***1.4.3. Obtención de almidón de yuca***

La extracción de almidón es un proceso fácil de hacer y sencillo a diferencia de los almidones de maíz, trigo u otros cereales. Según Aristizábal et al. (2007, pp. 49-50) el proceso, como se ve en la Ilustración 4-1, consiste en:

- **Recepción de la yuca:** una vez cosechada la yuca es decir la raíz debe ser transportada al lugar de procesamiento dentro de 24-48 horas para evitar posibles deterioros ya sean físicos o microbiológicos.
- **Lavado y pelado:** se procede a eliminar el exceso de tierra y las impurezas que se puedan encontrar en la yuca mediante fricción de las mismas en esta parte se debe cuidar que no existan pérdidas de la cáscara.
- **Rallado o desintegración:** etapa importante para determinar el rendimiento del almidón ya que en este momento se liberan los gránulos de almidón, si el rallado es deficiente no se podrá obtener todos los gránulos de almidón de la yuca y provocando pérdidas significativas.
- **Colado o extracción:** una vez realizado el rallado se separa la pulpa de la lechada de almidón, se recomienda repetir el proceso hasta que todas las fibras pasen totalmente y ninguna quede en la lechada.
- **Sedimentación:** mediante sedimentación o centrifugación se separa los gránulos de almidón del agua sobrante.
- **Secado:** de acuerdo al nivel tecnológico que se disponga se puede realizar con un secador solar o artificial hasta que los gránulos de almidón alcancen la humedad requerida de un 12 a 13%.
- **Acondicionamiento:** son las últimas etapas de molienda, tamizado y el empaclado.



**Ilustración 4-1:** Proceso de extracción de almidón de yuca

Fuente: FAO, 2007; citado en Aristizábal et al., 2007, pp. 49

## 1.5. Biopolímeros basados en almidón

### 1.5.1. Componentes para la elaboración

Para la obtención de biopolímeros a partir de almidón es necesario agregar diferentes reactivos a la mezcla los mismos permitirán que presenten características de humectación, plasticidad, lubricación, extensión y resistencia asemejándolos a los polímeros sintéticos.

### 1.5.1.1. Plastificantes

Debido a la ausencia de aditivos las películas de almidón suelen ser muy frágiles y para corregir esto es necesario aplicar plastificantes. Los plastificantes son de bajo peso molecular ayudan a incrementar la flexibilidad y reducen la cristalinidad o punto de fusión haciendo posible la maleabilidad del material (Ruiz, 2005, p. 16; Rosales, 2016, p. 23).

Dentro de los plastificantes más comunes se encuentra la glicerina, xylol, sorbitol y maltiol. La Tabla 5-1 menciona las principales características químicas y físicas de los mismos.

**Tabla 5-1:** Propiedades físicas y químicas de los plastificantes

<b>Propiedad</b>	<b>Glicerina</b>	<b>Xylol</b>	<b>Maltiol</b>	<b>Sorbitol</b>
Número de carbonos	3	5	12	6
Peso molecular (g/mol)	92	152	344	182
Temperatura de fusión (°C)	20	94	157	100
Estabilidad al calor (°C)	>160	>160	>160	>160
Higroscopicidad	Alto	Alto	Media	Media
Tg (°C)	-75	-27	45	0

**Fuente:** Mathew y Dufresne, 2002, p. 1102

**Realizado por:** López, Ariel, 2022

### 1.5.1.2. Rellenos

Ruiz (2005, p. 17) describe que los rellenos son utilizados para mejorar las características y dar volumen a los biopolímeros reduciendo de esta manera los costos de producción. Los más comunes son:

- El caolín: mejor apariencia final disminuye la porosidad.
- La mica y otras arcillas: da aspecto brillante al biopolímero.
- El vidrio: brinda transparencia.
- Geles inorgánicos de sílice por ejemplo el silicato de calcio y aluminio de calcio: absorben el exceso de agua.
- Geles o microgeles: absorben la humedad del aire.
- Se puede añadir rellenos metales y sus aleaciones como el cobre, hierro, acero, carbonato de calcio, etc.

### *1.5.1.3. Fibras*

Se añaden en artículos de almidón termoplástico o sus mezclas que van a destinarse para artículos moldeados para mejorar la flexibilidad y por ende resistencia a la flexión y tensión. Existen dos tipos de fibras la primera fibra orgánica proveniente de la fibra de celulosa presente en la madera, hojas, plantas, papel reciclado, etc. Y las fibras inorgánicas obtenidas del vidrio, grafito, metales, sílice, etc. (Ruiz, 2005, p. 18).

### *1.5.1.4. Modificadores químicos*

Las modificaciones químicas más comunes para aplicarlas en el almidón son las reacciones vía éter, oxidación, hidrólisis, formación de ésteres y reacciones del grupo hidroxilo con el almidón. Uno de los modificadores químicos recomendados de añadir al almidón es el ácido acético contribuyendo a que el carácter hidrofílico del almidón disminuya y de esta manera el material sea hidrofóbico (Rosales, 2016, pp. 24-25).

## **1.5.2. Tipos de biopolímeros según el almidón**

### *1.5.2.1. Derivados de almidón parcialmente fermentado*

Se toma como materia prima los fluidos producidos en la industria alimentaria compuestos con 72 % de almidón y el resto proteína, grasa, celulosa y componentes inorgánicos. Una vez obtenido el fluido se deja reposar para su estabilización y fermentación parcial dándose la transformación de una parte del almidón a ácido láctico por la acción bacteriana. Luego se procede al secado y extrusión en donde se le agrega aditivos y aceites para mejorar sus características finalmente pasa por un último secado estabilizando el material (Valarezo, 2012, pp. 30-31).

### *1.5.2.2. Derivados de almidón puro*

Se parte del almidón puro es decir que no tuvo ningún tratamiento previo. Es sometido a un secado y después mediante la adición de agentes plastificantes en la etapa de extrusión o mediante un mezclado se obtendrá el biopolímero (Valarezo, 2012, pp. 30-31).



### *1.5.2.3. Derivados de almidón modificado*

En este caso el almidón puro o nativo es sometido a una transformación siendo esta esterificación o eterificación, se da un lavado, secado y posteriormente se le añade aditivos u otros agentes para ser sometido a un secado final y pelletizado (Valarezo, 2012, pp. 30-31).

### *1.5.3. Proceso de elaboración*

Valarezo (2012, pp. 97-98) plantea el siguiente proceso para obtener biopolímeros a partir de almidón:

- Una vez obtenido el almidón se agrega un plastificante y agua destilada hasta obtener una pasta uniforme sin ningún tipo de grumos.
- Se deja secar la mezcla y se añade un modificador químico pudiendo ser ácido acético.
- Calentar la mezcla hasta finalizar el proceso. Es importante que la temperatura no exceda los 69 °C, caso contrario el biopolímero se puede quemar.
- Después se obtendrá el biopolímero y se lo moldeará.
- Se realiza un segundo secado a 40 °C durante dos horas hasta que alcance una humedad del 10-25 %.

El biopolímero obtenido deberá ser transparente y no presentar ningún tipo de olor desagradable con el fin de que se adapte al uso destinado.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

Para recopilar información se realizó una investigación minuciosa y detallada en aquellas plataformas que permite recabar información sobre biopolímeros elaborados a base de almidón de yuca, considerando el año de publicación o realización del documento, procurando que la información bibliográfica se encuentre dentro de los últimos 5 años, además manteniendo el margen sobre estudios realizados en condiciones similares a lo esperado y que exista similitud entre las investigaciones para lo cual se ha utilizado recursos como:

#### 2.1. Búsqueda de la información bibliográfica

En esta investigación que es de tipo teórico-descriptiva, se consideraron parámetros que están dentro de una recopilación bibliográfica específica, tomando en cuenta factores como origen del documento y el contenido de información de acuerdo con el tema en estudio, como artículos de revistas, trabajos de grado, publicaciones y otros. Considerando el objetivo de estudio, la información de revisión bibliográfica, fundamentada y seleccionada se procedió a recabar a partir del conocimiento de las definiciones, conceptos, aplicaciones y determinación de las variables más cuidadas en el tema.

Tomando como fuentes confiables para buscar los datos e información necesaria, se considera plataformas como Google Académico, Scielo, Redalyc, ScienceDirect, Elsevier, Dialnet, utilizando los documentos en idioma inglés y español y tanto como a nivel nacional e internacional sobre el uso del almidón de yuca en la elaboración de biopolímeros. Dichas publicaciones serán manejadas sistemáticamente, recopiladas y analizadas bajo criterios bibliométricos y de relevancia desde el 2017 hasta el 2022, teniendo concordancia al tema a resolver, con la finalidad de recabar información de importancia y agruparla en una sola redacción.

#### 2.2. Criterios de selección

En el presente trabajo de investigación se tomaron en cuenta criterios de selección los cuales consistieron en la búsqueda de material bibliográfico que contenía aspectos considerados en el tema a estudiar. Se trata de manejar pasos ordenados, relevantes, específicos, para indagar donde intervienen un conjunto de fases que comprenden la observación, la indagación, la comprensión, el manejo, la reflexión el análisis y la interpretación para obtener bases requeridas

para cumplir y avanzar con el estudio. Los pasos que se incluyeron para determinar los criterios de selección fueron:

- **Pertinencia:** interviene directamente en las fuentes las cuales deben ser afines con el objeto de estudio, así como sus objetivos para así caracterizar y fundamentar la investigación.
- **Exhaustividad:** las fuentes deben ser veraces, viables, primordiales y coherentes, sin excluir aquellas brinden aportes importantes para el desarrollo de la investigación, por lo tanto, las mismas deben corresponder a los objetivos planteados.
- **Actualidad:** Se considera publicaciones, investigaciones o estudios más recientes para tenga soporte y fundamento la investigación.

Tomando en cuenta la disponibilidad de los documentos que sean libres de pago, que esté relacionada con biopolímeros + yuca + almidón + no modificado + determinación de propiedades fisicoquímicas.

### 2.3. Plataformas digitales y científicas

- <https://scielo.org/es/>
- <https://scholar.google.es/schhp?hl=es>
- <https://www.sciencedirect.com/journal/nutrition-research>
- <https://www.redalyc.org/>
- <https://www.researchgate.net/>
- <https://revista-agroproductividad.org/>
- <https://www.latindex.org/latindex/inicio>
- <https://www.emerald.com/insight/publication/issn/0034-6659>
- <https://taylorandfrancis.com/>

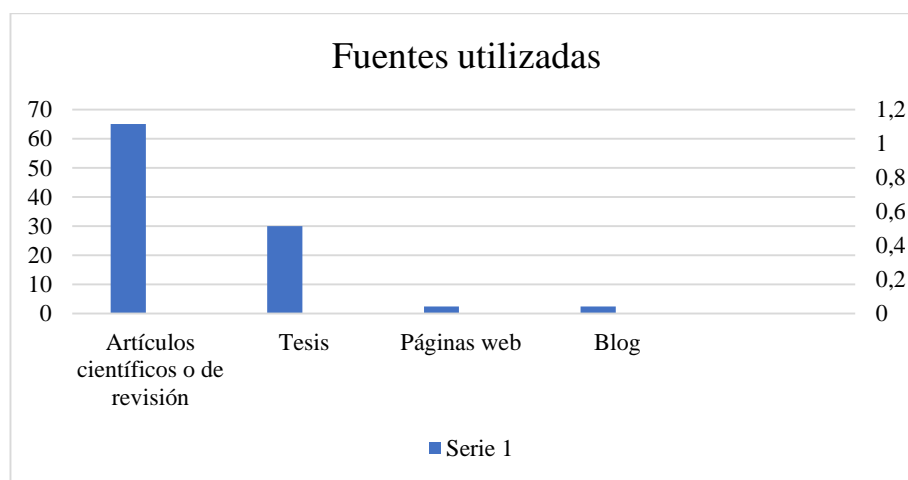
### 2.4. Método para sistematización de la información

La sistematización de la información para esta investigación será aplicada mediante la organización de tablas en las cuales se detallará los aspectos más relevantes adquiridos en la documentación selecta de cinco autores, para posteriormente en base a lo determinado por los objetivos propuestos, se centrará en obtener resultados que puedan ser comparados, analizados, interpretados y finalmente determinar conclusiones.

**Tabla 1-2:** Fuentes bibliográficas utilizadas en la investigación

Tipo de fuentes bibliográficas	Cantidad	Porcentaje %
Artículos científicos o revisión		
Tesis		
Páginas web		
Blog		
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>

Realizado por: López, Ariel, 2022



**Ilustración 1-2:** Cantidad de fuentes utilizadas

Realizado por: López Ariel, 2022

En la tabla y figuras se presenta la cantidad y tipo de información que se utilizaría para el desarrollo de la investigación bibliográfica acerca de la comparación de diferentes formulaciones para obtención de biopolímeros a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta*).

## CAPÍTULO III

### 3. RESULTADOS DE INVESTIGACIÓN Y DISCUSIÓN

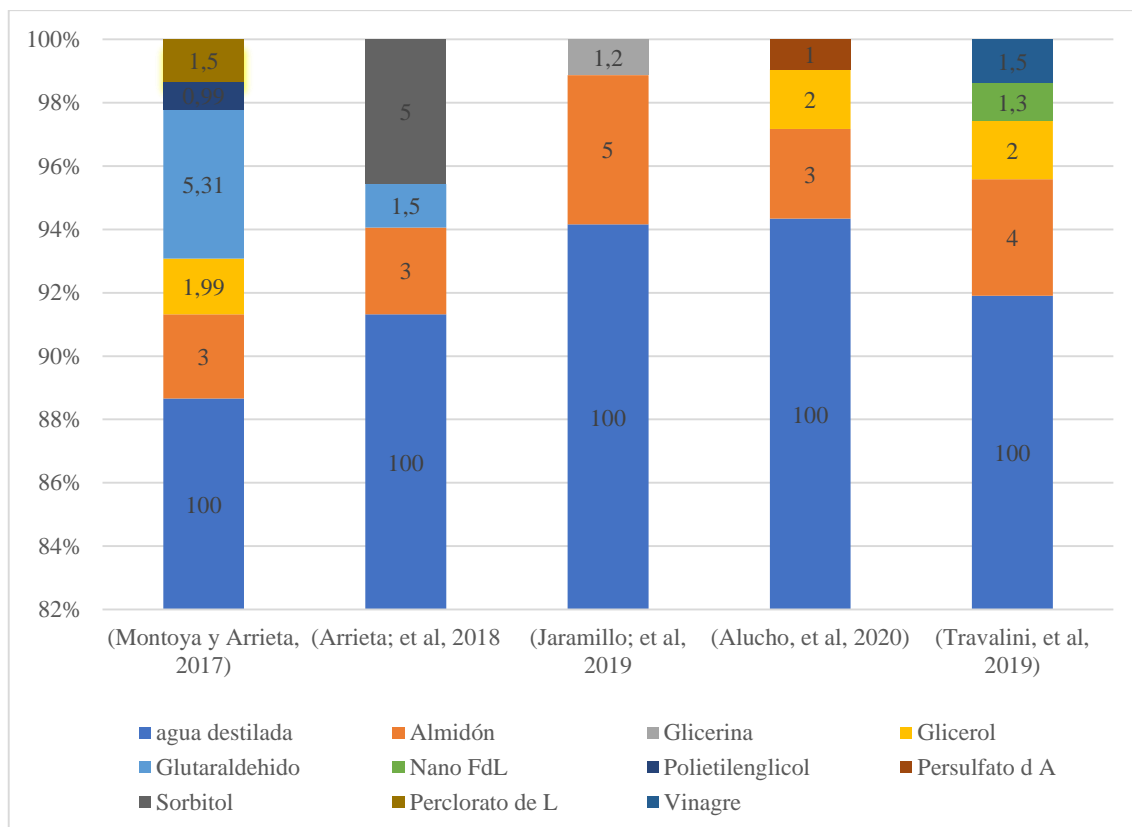
#### 3.1. Formulaciones para biopolímeros a base de Almidón De Yuca, ajustado a 100 ml de agua

La Tabla 1-3 evidencia las diferentes formulaciones de biopolímeros a base de almidón de yuca realizadas por diferentes autores.

**Tabla 1-3:** Formulaciones de biopolímeros a base de yuca

Formulación	Referencias					Promedio
	(Jiménez et al., 2017)	(Arrieta et al., 2018)	(Jaramillo et al., 2019)	(Alucho, et al, 2020)	(Travalini et al., 2019)	
Agua destilada	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml	100 ml
Almidón	3 g	3 g	5 g	3 g	4 g	3,6 g
Glicerina	1,99 g		1,51 g	2 g	2 g	1,8 g
Glutaraldehído	5,31 g	1,5 g				3,4 g
Nano fibras de lignocelulosa					1,3 g	1,3 g
Polietilenglicol	0,99 g					0,99 g
Persulfato de amonio				1 g		1 g
Sorbitol		5 g				5 g
Perclorato de litio	1,5 g					1,5 g
Vinagre			1,5 ml			1.5 ml

Realizado por: López Ariel, 2022



**Ilustración 1-3: Formulaciones**

Realizado por: López Ariel, 2022

El almidón de yuca se emplea en todas las formulaciones base de la formulación porque suministra las cadenas poliméricas formadas por moléculas de glucosa que conformaran el biopolímero.

El agua actúa como disolvente para el almidón por ello todas las formulaciones tienen presencia de agua. Debido a la presencia de líquido se produce la gelatinización o absorción de agua por la partícula procurando la formación de la película.

En cuanto a plastificantes empleados, Alucho et al. (2020, p. 92), Travalini et al. (2019, p. 1152), Jaramillo et al. (2019, p. 117) y Jiménez et al. (2017, p. 104) utilizaron glicerol también llamado glicerina; Arrieta et al. (2018, p. 15) utilizaron sorbitol como agente humectante y glutaraldehído como agente reticulante aumentando la flexibilidad y estabilidad; Jiménez et al. (2017, p. 104) además del glicerol utilizaron glutaraldehído y polietilenglicol.

El persulfato de amonio presente en la formulación de Alucho et al. (2020, p. 92) actúa como blanqueador, conservante e inhibidor de la polimerización del biopolímero; Travalini et al. (2019, p. 1152) empleó un refuerzo a la biopelícula con nano fibras de lignocelulosa.

Jiménez et al. (2017, p. 104) también empleo perclorato de litio el cual actúa como un agente de conductividad eficaz para su estudio electroquímico de biopolímeros conductores de almidón de yuca. Jaramillo et al. (2019, p. 117) utilizó un modificador químico para su formulación siendo el más común el ácido acético o también llamado vinagre esto ayuda a que el almidón reduzca su carácter hidrofílico obteniéndose un material hidrofóbico.

### 3.2. Propiedades Fisicoquímicas de los Biopolímeros

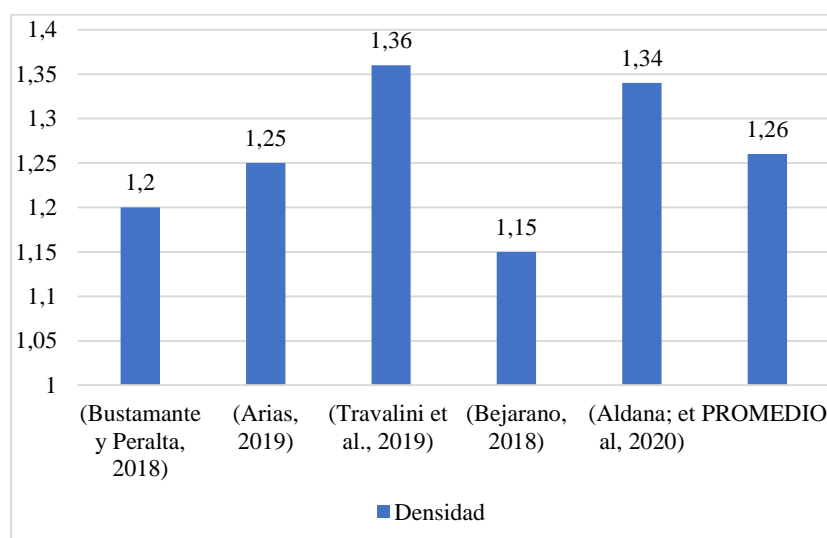
#### 3.2.1. Densidad

Los biopolímeros a base de almidón de yuca o *cassava* presenta diferentes densidades las cuales se puede observar en la Tabla 2-3.

**Tabla 2-3:** Densidad de biopolímeros

Referencia	g/cm <sup>3</sup>
(Bustamante y Peralta, 2018)	1,20
(Arias, 2019)	1,25
(Travalini et al., 2019)	1,36
(Bejarano, 2018, p. 64)	1,15
(Aldana et al, 2020, p. 26)	1,34
<b>Promedio</b>	<b>1,26</b>
<b>Coefficiente de variación</b>	<b>7,12</b>

Realizado por: López Ariel, 2022



**Ilustración 2-3:** Densidad

Realizado por: López Ariel, 2022

Para las investigaciones realizadas por Bustamante y Peralta (2018, p. 60) se obtuvo una densidad de 1,20 g/cm<sup>3</sup> la cual se debe al empleo de alginato en la formulación donde este le confiere al biopolímero mayor peso. Arias (2019, p. 14) presenta valores de densidad cercanos a los de Bustamante y Peralta siendo este de 1,25 g/cm<sup>3</sup> coincidiendo con la densidad del Políácido láctico (PLA) el cual empleó en su formulación, dándose que a mayor densidad del polímero con el material orgánico va a darse una mejor compatibilidad entre ambos. Travalini et al. (2019, p. 1153) presentó una densidad de 1,36 g/cm<sup>3</sup> siendo el mayor valor entre los estudios, debido principalmente a que sus biopelículas fueron reforzadas con nanofibras de lignocelulosa. Aldana et al. (2020, p. 26) registró un valor de 1,34 g/cm<sup>3</sup> debido a que su formulación contenía polietileno de tereftalato; por otro lado, Bejarano (2018, p. 64) registra una densidad de 1,15 g/cm<sup>3</sup> muy por debajo de los otros autores debido a que determinó que al aumentar el contenido de almidón (7,5, 10, 12,5, 15 g) disminuye paulatinamente la densidad (1,16, 1,15, 1,01, 0,9 g/cm<sup>3</sup>), volviéndolos más rígidos de manejar. Se obtiene una densidad promedio para el biopolímero a base de almidón de yuca de 1,26 g/cm<sup>3</sup> este se verá directamente influenciado con la formulación que presente. Presenta datos homogéneos con un coeficiente de variación de 7,12 %.

### 3.2.2. Resistencia a la tracción

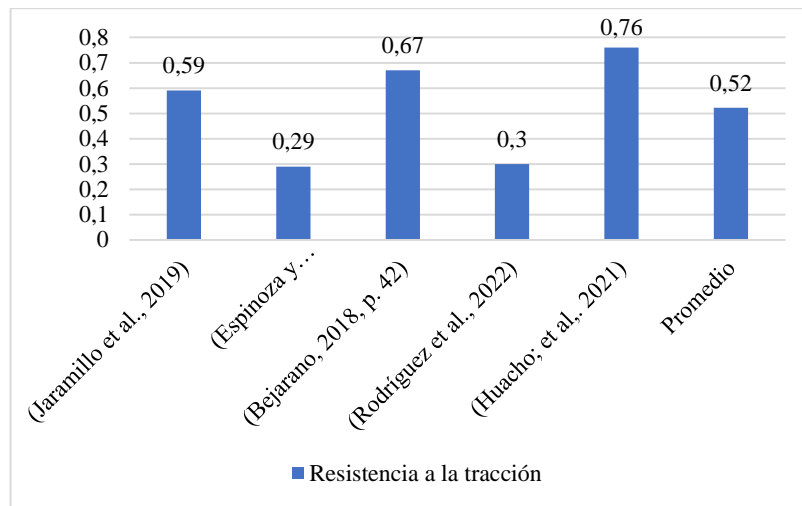
En la Tabla 3-3 se puede observar la variación en cuanto a la resistencia de los biopolímeros con almidón de yuca.

**Tabla 3-3:** Resistencia a la tracción

Referencia	Aplicación	MPa
(Jaramillo et al., 2019)	Biopolímero	0,59
(Espinoza y Puglisevich, 2019)	Plástico biod	0,29
(Bejarano, 2018, p. 42)	Bioplástico	0,70
(Rodríguez et al., 2022)	Biopolímero	0,30
(Huacho et al., 2021)	Biopolímero	0,76
<b>Promedio</b>		<b>0,53</b>
<b>Coefficiente de variación</b>		<b>41,91 %</b>

Realizado por: López Ariel, 2022





**Ilustración 3-3:** Resistencia a la tracción

Realizado por: López Ariel, 2022

Huacho et al. (2021, p. 229) registró una resistencia de 0,76 MPa la más alta a diferencia de otros autores debido a que en su formulación utilizó 22,28 % de almidón de yuca dándose que al incrementar el contenido de almidón provocará que el biopolímero sea más resistente y obtenga un rendimiento óptimo. Bejarano (2018, p. 64) obtuvo un valor de 0,70 MPa cercano al de Huacho et al. Debido principalmente a la cantidad de almidón empleada la cual fue de 12% y también al usar 16 % de glicerina al ser un plastificante le otorga características de resistencia. Jaramillo et al. (2019, p. 117) obtuvo una resistencia de 0,59 MPa la cual fue influenciada por la cantidad de agua empleada presentando una mejor resistencia al usar 60ml de agua facilitando la formación del biopolímero. Espinoza y Puglisevich (2019, p. 66) presentan el menor valor siendo este de 0,29 MPa debido a que en la formulación utilizaron 7% de glicerol ocasionando el efecto antiplastificante que ocurre cuando se utiliza concentraciones menores del 15% de plastificante influyendo de manera negativa a la resistencia a la tracción, seguido de Rodríguez et al. (2022, p. 5) que también registro un valor bajo de 0,30 MPa al emplear 5,9% de glicerina presentándose el mismo problema de Espinoza y Puglisevich. Se obtuvo un promedio de 0,52 MPa y vale mencionar que las diferencias se deben a su formulación y también materia prima empleada. Se registró un coeficiente de variación de 41,91% dándose datos no homogéneos.

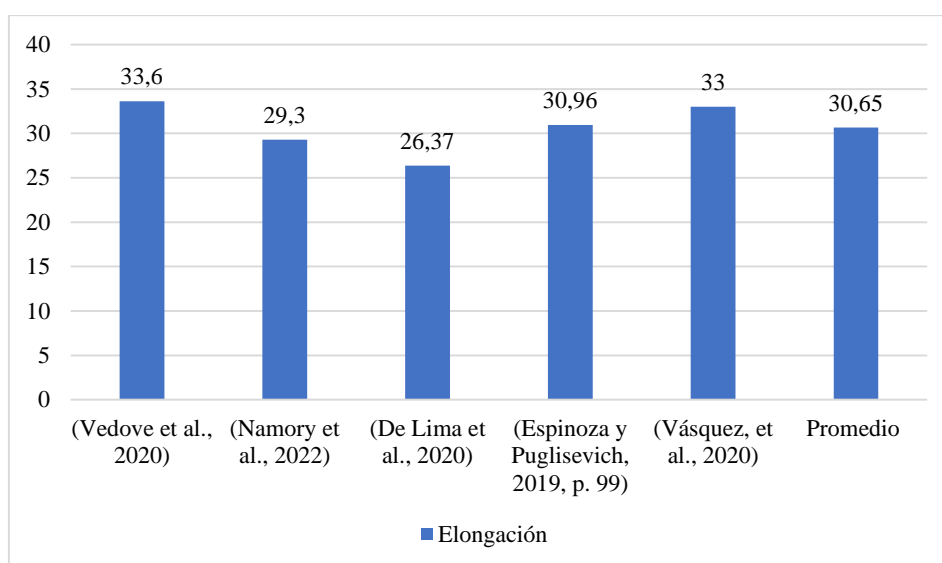
### 3.2.3. Elongación

La Tabla 4-3 representa la elongación de los biopolímeros a base de almidón de yuca.

**Tabla 4-3:** Elongación

Referencia	Aplicación	%
(Vedove et al., 2020)	Envase	33,6
(Namory et al., 2022)	Película	29,3
(De Lima et al., 2020)	Película	26,37
(Espinoza y Puglisevich, 2019)	Plástico biod	30,96
(Vásquez et al., 2020)		33
<b>Promedio</b>		<b>30,65</b>
<b>Coefficiente de variación</b>		<b>9,58%</b>

Realizado por: López Ariel, 2022



**Ilustración 4-3:** Elongación

Realizado por: López Ariel, 2022

De Lima et al. (2020, p. 587) registran el menor valor de elongación siendo de 26,37 % debido al uso de carragenina kappa mientras que al no emplear este aditivo las películas tuvieron un mayor porcentaje de elongación sobrepasando el 60 %, seguido de Namory et al. (2022, p. 187) cuyos valores fueron de 29,3 % influenciados por el contenido de metacaolín presente en la formulación el cual actúa como relleno para el biopolímero y a medida que el contenido de metacaolín aumentaba la elongación disminuía. Espinoza y Puglisevich (2019, p. 99) registraron 30,96% de elasticidad los cuales determinaron que gracias al alto contenido de amilosa del almidón utilizado le atribuye al biopolímero mayor elasticidad. En Vásquez et al. (2020, p. 28)

registraron el 33 % al utilizar xanthan en diferentes proporciones este actúa como un estabilizante atrapando el agua y reduciendo la sinéresis del gel mejorando la funcionalidad de los biopolímeros. En la investigación de Vedove et al. (2020, p. 5) se obtuvo una elongación de 33,6 % debido a la adición de antiocianinas a su formulación la cual provocó una reducción de la elasticidad al aumentar el porcentaje, concluyendo que al añadir antiocianinas los biopolímeros son menos resistentes a un esfuerzo mecánico. Se obtuvo como promedio para la elongación de biopolímeros a base de almidón de yuca 30,65 % una vez más dependerá de la formulación empleada. El coeficiente de variación fue de 9,58 % registrándose datos homogéneos.

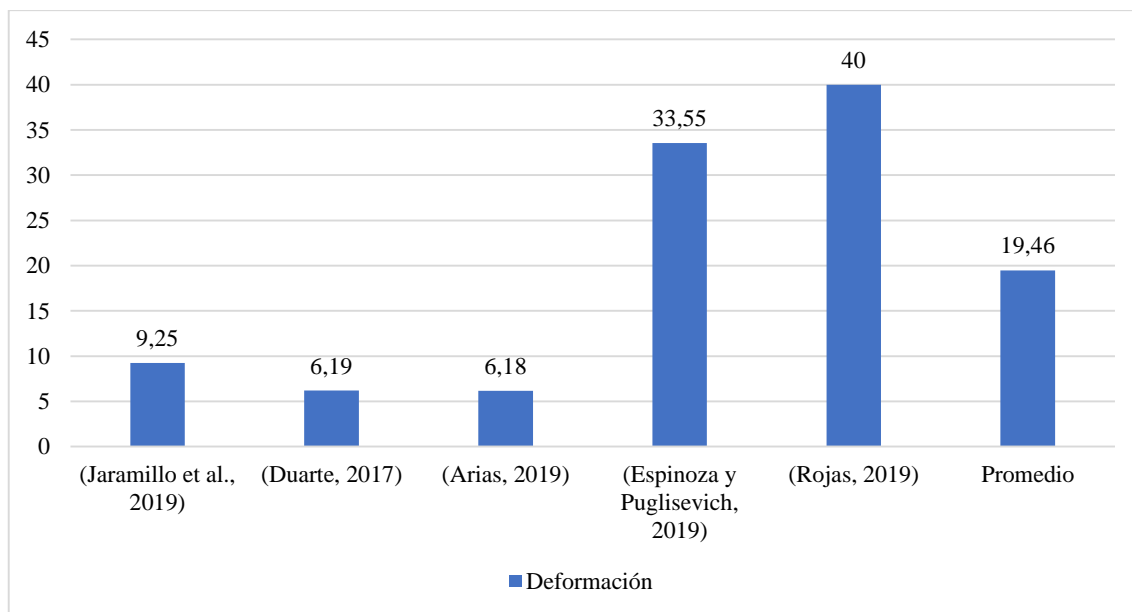
### 3.2.4. Deformación

Los valores de deformación de los biopolímeros se muestran en la Tabla 5-3.

**Tabla 5-3:** Deformación

<b>Referencia</b>	<b>Aplicación</b>	<b>%</b>
(Jaramillo et al., 2019)	Biopolímero	9,25
(Duarte, 2017)	Película	6,19
(Arias, 2019)	Bioplástico	6,18
(Espinoza y Puglisevich, 2019)	Plástico biod	35,67
(Rojas, 2019)	Recubrimiento	40,00
<b>Promedio</b>		<b>19,46</b>
<b>Coefficiente de variación</b>		<b>86,81%</b>

Realizado por: López Ariel, 2022



### **Ilustración 5-3:** Deformación

**Realizado por:** López Ariel, 2022

Duarte (2017, p. 10) obtuvo una deformación de 6,19 % atribuyéndolo que al usar una menor concentración de plastificante en este caso glicerol disminuirá el porcentaje de deformación. Arias (2019, p. 11) también registró un valor bajo de 6,18 % debido a que al emplear poli ácido láctico el cual tiene una deformación de 3,5 % estos tienen una afinidad a deformarse al mezclarse con el almidón y glicerol modificando su composición y por ende el porcentaje de deformación. Seguido de esto, Jaramillo et al. (2019, p. 117) obtuvo 9,25 % por la aplicación de glicerina en su formulación actuando como plastificante para facilitar su manejo. Por otro lado, Espinoza y Puglisevich (2019, p. 53) registró un valor de 33,55 % dándose por concentraciones altas de glicerol provocando el aumento de la deformación y por ende que las películas sean más flexibles. Rojas (2019, pp. 13-14) tuvo los resultados más altos de 40 % al utilizar goma xantana como aditivo espesante en su formulación. Para el porcentaje de deformación de biopolímeros a base de almidón de yuca se determina un promedio de 19,46 %. Los datos fueron no homogéneos con un coeficiente de variación de 86,81 %.

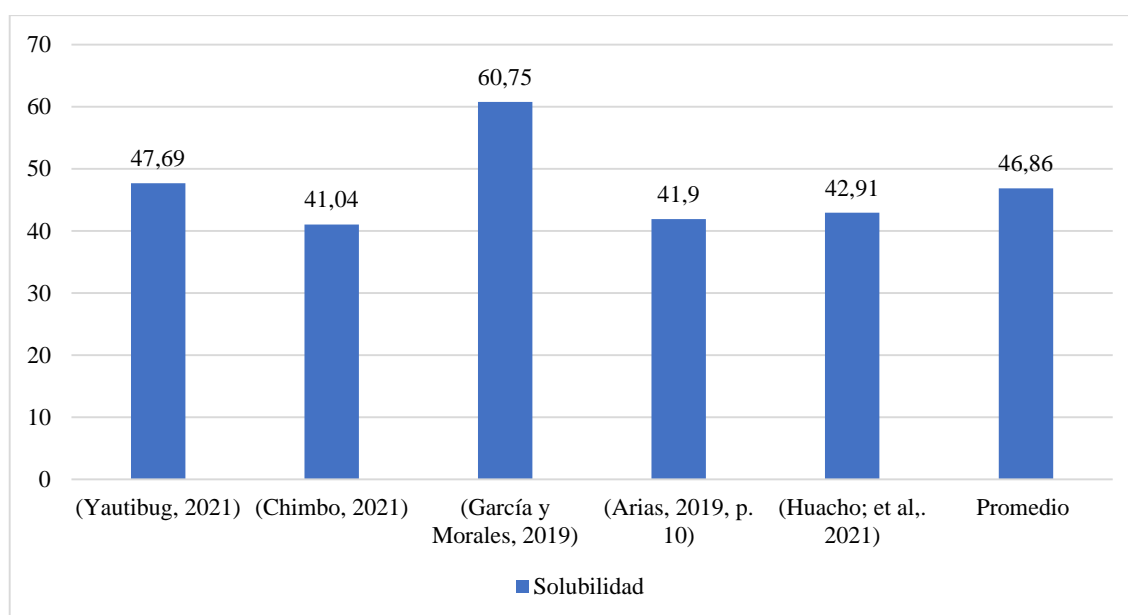
### 3.2.5. Solubilidad

Los datos obtenidos para el porcentaje de solubilidad se muestran en la Tabla 6-3.

**Tabla 6-3:** Solubilidad

Referencia	Aplicación	%
(Yautibug, 2021)		47,69
(Chimbo, 2021)		41,04
(García y Morales, 2019)		60,75
(Arias, 2019)		41,90
(Huacho et al., 2021)	Láminas de bioplástico	42,91
<b>Promedio</b>		<b>46,86</b>
<b>Coefficiente de variación</b>		<b>17,46</b>

Realizado por: López Ariel, 2022



**Ilustración 6-3:** Solubilidad

Realizado por: López Ariel, 2022

Arias (2019, p. 10) determinó una solubilidad de 41,90 % donde estableció que al emplear mayor contenido de Poli Butilen Adipato-co-Tereftalato (PBAT) y Poli ácido láctico (PLA) el biopolímero va a ser más compacto y por ende menos soluble en agua. Chimbo (2021, p. 58) obtuvo un valor de 41,04 % el cual dependerá principalmente de la cantidad de plastificante que se utiliza, mientras mayor sea la cantidad de plastificante la solubilidad será mayor. Huacho et al. (2021, p. 228) estableció un valor de 42,91 % siguiendo el mismo principio de Chimbo donde

la cantidad de plastificante afectará de manera directa a la solubilidad. Yautibug (2021, p. 47) determinó un valor de 47,69 % observándose el mismo comportamiento de los anteriores estudios al emplear una cantidad mayor de plastificante. Dentro de los valores más altos tenemos el de García y Morales (2019, p. 44) con 60,75 % al colocar carboximetilcelulosa en su formulación favoreciendo la solubilidad al aumentar la concentración. La solubilidad promedio para un biopolímero a base de almidón de yuca es de 46,86 %. Presenta un coeficiente de variación de 17,46 % dando datos homogéneos.

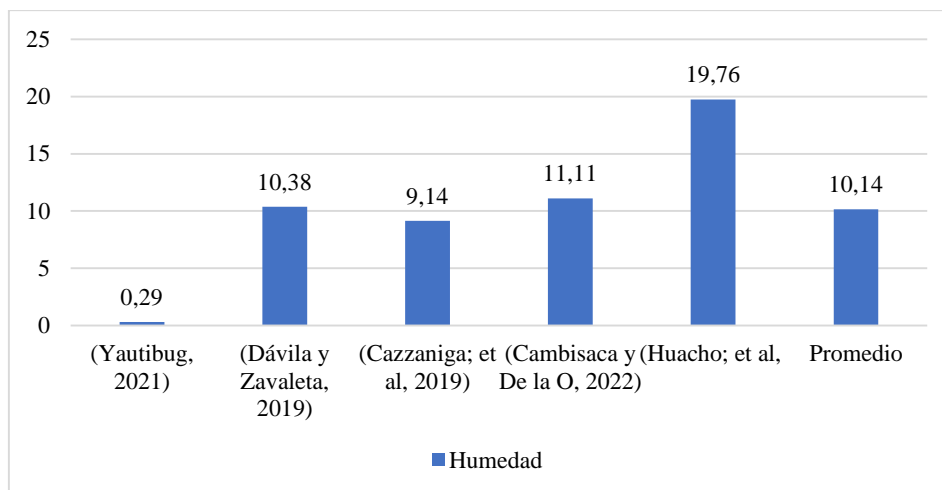
### 3.2.6. *Humedad*

La Tabla 7-3 evidencia los resultados para la humedad que presenta el biopolímero a base de almidón.

**Tabla 7-3: Humedad**

<b>Referencia</b>	<b>Aplicación</b>	<b>%</b>
(Yautibug, 2021)	Biopolímero	0,29
(Dávila y Zavaleta, 2019)	Biopolímero	10,38
(Cazzaniga et al., 2019)		9,14
(Cambisaca y De la O, 2022)	Fundas	11,11
(Huacho et al., 2021)	Biopolímero	19,76
<b>Promedio</b>		<b>10,14</b>
<b>Coeficiente de variación</b>		<b>68,28</b>

Realizado por: López Ariel, 2022



### Ilustración 7-3: Humedad

Realizado por: López Ariel, 2022

Yautibug (2021, p. 47) registro el menor valor de 0,29 % gracias a que al momento de manipular el biopolímero lo realizó empleando pinzas para evitar que absorba la humedad del cuerpo si se lo manipula con la mano y también utilizó una concentración baja de glicerina. Cazzaniga et al. (2019, p. 6) registro una humedad de 9,14 % uso concentraciones bajas de plastificante y agua debido a esto se modifica la humedad. Seguido se encuentra la investigación de Dávila y Zavaleta (2019, p. 60) con 10,38 % de humedad influenciada por la cantidad de agua empleada donde al aumentar la cantidad de agua la humedad aumentará. Cambisaca y De la O (2022, p. 69) obtuvieron un valor de 11,11 % ya que emplearon menor cantidad de almidón y mayor de agua por lo tanto la humedad aumentará. Para el caso de Huacho et al. (2021, p. 228), tuvo 19,76 % de humedad debido a que al aumentar la concentración de plastificante la humedad absorbida aumentará dando como resultado una biopelícula flexible. El valor promedio obtenido para la humedad es de 10,14 %. Se obtuvo un coeficiente de variación de 68,28 % dando como resultado datos no homogéneos.

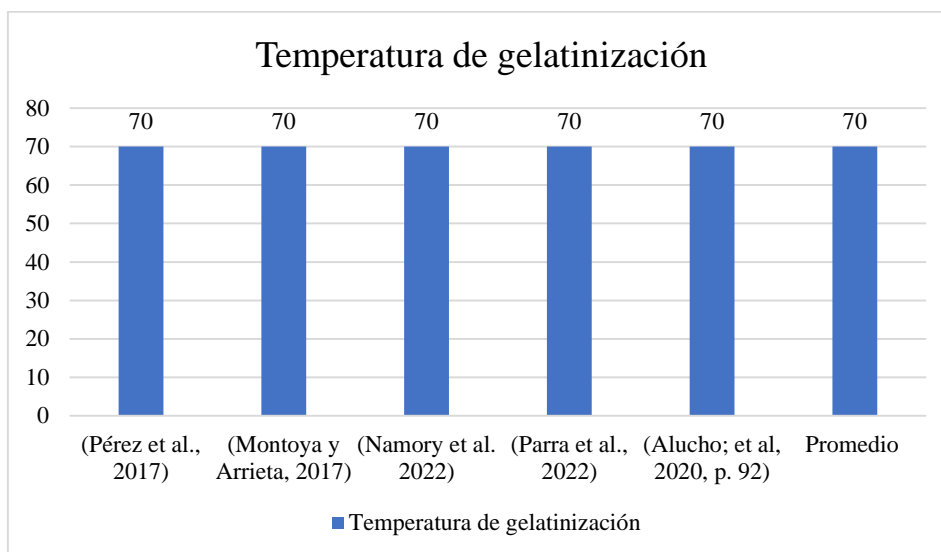
#### 3.2.7. Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización empleada en las investigaciones se registra en la Tabla 8-3.

**Tabla 8-3:** Temperatura de gelatinización

Referencia	Aplicación	°C
(Pérez et al., 2017)	Película	70
(Jiménez et al., 2017)		70
(Namory et al., 2022)	Película	70
(Parra et al., 2022)	Material biobasado	70
(Huacho et al., 2021)	Biopolímero	66,22
<b>Promedio</b>		<b>69,24</b>
<b>Coefficiente de variación</b>		<b>2,44%</b>

Realizado por: López Ariel, 2022



**Ilustración 8-3:** Temperatura de gelatinización

**Realizado por:** López Ariel, 2022

Pérez et al. (2017, p. 177), Jiménez et al. (2017, p. 104), Namory et al. (2022, p. 187) y Parra et al. (2022, p. 290), establecen una temperatura de gelatinización de 70 °C, dicha temperatura evita que las proteínas presentes en el almidón de yuca se desnaturalicen. Por otro lado, Huacho et al. (2021, p. 230) midió una temperatura de gelatinización de 66,22 %. La temperatura de gelatinización dependerá del tipo de almidón empleado en el caso de la yuca según la FAO el rango se encuentre entre 62 a 73 °C esta etapa será fundamental para que ocurra la gelatinización produciendo el hinchamiento del gránulo y la solubilización parcial de los polímeros, como resultado de la gelatinización el almidón presentara características viscoelásticas. El promedio fue de 69,24 °C para gelatinizar el almidón y también este no se ve influenciado por las materias primas empleadas siendo estos aditivos o plastificantes. Los datos obtenidos son homogéneos con un coeficiente de variación de 2,44 %.

### 3.2.8. Biodegradabilidad en el suelo

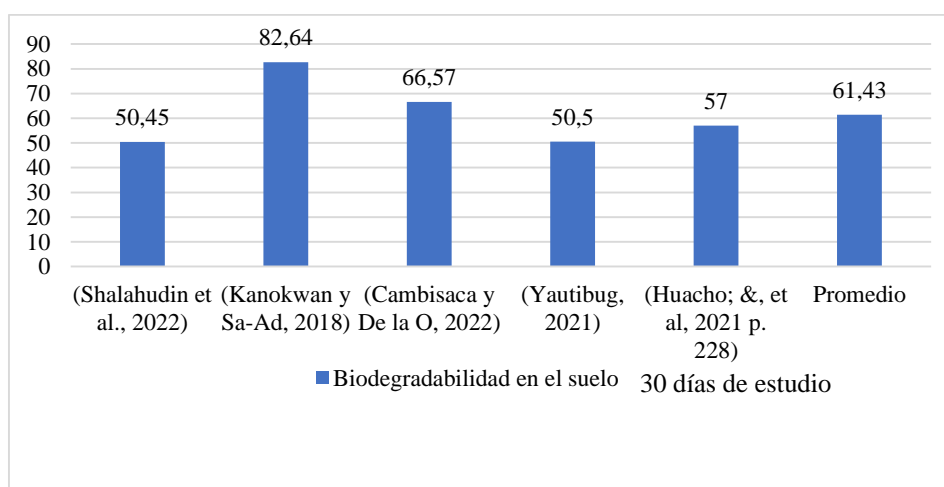
Una de las características principales de un biopolímero es su biodegradabilidad. La Tabla 9-3 muestra el porcentaje de biodegradabilidad de biopolímeros a base de almidón de yuca.



**Tabla 9-3: Biodegradabilidad en el suelo**

Referencia	Aplicación	Período de estudio en días	%
(Shalahudin et al., 2022)	Bioplástico	30	50,45
(Kanokwan y Sa-Ad, 2018)	Biopelícula	30	82,64
(Cambisaca y De la O, 2022)	Fundas	30	66,57
(Yautibug, 2021)		28	50,50
(Huacho et al., 2021)	Láminas	30	57
<b>Promedio</b>			<b>61,43</b>
<b>Coefficiente de variación</b>			<b>22,08</b>

Realizado por: López Ariel, 2022

**Ilustración 9-3: Biodegradabilidad en el suelo**

Realizado por: López Ariel, 2022

Kanokwan y Sa-Ad (2018, p. 646) determinó el mayor valor de 82,64 % de biodegradabilidad a los 30 días de haber colocado el biopolímero en el suelo gracias a que en su formulación aplicó fibra de celulosa específicamente hojas de caña de azúcar, el cual al tener una mayor concentración aumentó la biodegradabilidad en donde las bacterias y hongo del suelo se encargaron de degradar dicha materia prima y también presentó cambios físicos en la biopelícula una vez pasado los 30 días observándose un cambio de color, formación de huecos, aumento de la porosidad, una biopelícula más fina y agrietamiento en trozos más pequeños. Cambisaca y De la O (2022, p. 74) estableció una biodegradabilidad del 66,57 % al aplicar almidón de yuca modificado en la elaboración de la funda biodegradable donde estableció que mientras menor sea la concentración de almidón mejor serán los resultados, al realizar un estudio visual se determinó que en un principio tenían un color transparente y masa uniforme pero, al pasar los 30 días este tomó un color oscuro y con grietas propios de una descomposición casi completa gracias a los microorganismos presentes en el suelo. Huacho et

al. (2021, p. 229) estableció un 57 % de biodegradabilidad indiferentemente de la formulación que utilizó, donde determinó que el mejor tratamiento el cual presento facilidad de degradarse naturalmente en el ambiente fue al usar 8,2 % de almidón y 5,2 % de glicerina. Yautibug (2021, p. 47) a los 28 días de estudio estableció 50,50 % de biodegradabilidad en el tratamiento que presentó mayor concentración de glicerina y almidón de yuca amarilla el cual tuvo una mejor biodegradabilidad, es importante tener en cuenta que para tener una mayor biodegradabilidad la tierra debe poseer una alta humedad y microorganismos. Finalmente, Shalahudin et al. (2022, p. 80) al evaluar el biopolímero durante 30 días obtuvo 50,45 % de biodegradabilidad siendo el menor valor entre los estudios, su formulación tenía presencia de alcohol de polivinilo (PVA) y dicho material se degrada más rápidamente al exponerse al sol y lluvia debido a que tiene un mayor grado de hidrólisis, pero, si se encuentra enterrada en el suelo con ausencia de sol y lluvia su biodegradabilidad se ve reducida. Se determinó un promedio de 61,43 % de biodegradabilidad en el suelo para biopolímeros a base de almidón. El coeficiente de variación fue de 22,08 dando como resultado datos homogéneos.

### **3.3. Comparación entre formulaciones y propiedades fisicoquímicas del biopolímero a base de almidón de yuca**

En la investigación realizada por Duarte (2017, p. 10) menciona que al no utilizar glicerol se da un aumento del esfuerzo y disminuye la deformación del bioplástico volviendo a este material débil; por el contrario, el glicerol al ser un plastificante mejorará sus características. De igual manera, Arrieta et al. (2018, p. 15) determinó que la cantidad de plastificante como el glicerol y sorbitol afectan la capacidad de absorción. Esto se debe a que el plastificante al interactuar con el almidón forma una red de enlaces provocando la aparición de espacios y de esta manera favorece la humectación del biopolímero transformándolo de una estructura rígida y compacta a una más porosa y flexible. Ocurre lo contrario con un agente reticulante donde la capacidad de absorción disminuye debido a que el agente forma complejos con la amilosa dando estructuras más compactas y cristalinas reduciendo el hinchamiento y capacidad de unión del almidón con el agua. También, según Cambisaca y De la O (2022, pp. 69-74) donde empleó plastificante al 85 % presentó mejores características degradación, elasticidad, flexibilidad, textura y resistencia.

En cuanto a procedimientos que incluyen calor, Jiménez et al. (2017, p. 104) indican que la estructura del material bioplásticos se ven modificados por lo tanto su funcionalidad se ve afectada. Por lo que al utilizar almidón en este caso de yuca a temperaturas mayores a 70 °C pueden desnaturalizar las proteínas del mismo dando lugar a la disminución de la resistencia del biopolímero. Namory et al. (2022, p. 187) donde emplearon metacaolín y almidón de yuca sus resultados muestran que la temperatura de gelatinización fue de 70 °C por lo que no se vio

influenciado por las materias primas empleadas, pero si se modificó su viscosidad mejorando dicha característica.

La cantidad de agua empleada en la formulación de bioplásticos influyen en la resistencia y elongación como se evidencia en el estudio de Jaramillo et al. (2019, p. 117) donde al emplear 60 ml de agua se obtuvo un material más resistente que al utilizar 100 ml de agua. La investigación realizada por García y Morales (2019, p. 44) al emplear endocarpio de coco y almidón de yuca indica que al aumentar el contenido de coco la solubilidad disminuye por lo que la cantidad es inversamente proporcional y se ve influenciado por esta materia prima. Chimbo (2021, p. 58) por su parte otorga al plastificante como el responsable del aumento del porcentaje de solubilidad. La biodegradabilidad de los biopolímeros en el suelo no se vio afectada por la materia prima empleada a excepción de la investigación realizada por Kanokwan y Sa-Ad (2018, p. 646) donde se obtuvo un porcentaje de biodegradación mayor al utilizar fibra de celulosa como parte de la formulación esto se debe a la estructura de la fibra la cual contiene grupos hidroxilos y enlaces glucosídicos tienden a fracturarse más fácilmente en la naturaleza.

## CONCLUSIONES

- En las formulaciones de biopolímeros se utiliza materia prima principal y secundarias siendo las principales: agua destilada que ocupa más del 50 % de formula, seguido del almidón de yuca con un rango de 10 al 25 % dependiendo de la finalidad del biopolímero y los plastificantes en un porcentaje de 3 a 5 %, el uso de estos depende de la utilidad que se da al biopolímero siendo las biopelículas o filme los más flexibles con mayor contenido de plastificantes; los secundarios son conservantes y disolventes.
- Las principales propiedades fisicoquímicas y mecánicas de un biopolímero son: la densidad, resistencia a la tracción, elongación y deformación; solubilidad, humedad, temperatura de gelatinización, Biodegradabilidad en el suelo, las cuales dependen de la formulación para su variación y medición en el biopolímero.
- La formulación está relacionada directamente con las propiedades físico químicas y mecánicas de un biopolímero, siendo el contenido de la materia prima el que brindará las características a este; si el biopolímero contiene menos almidón este será más flexible por lo que tendrá menos densidad, mayor resistencia a la tracción, deformación i elongación; aquellos biopolímeros que contengan mayor cantidad de almidón y menos plastificantes, serán más rígidos y presentarán propiedades físicas mínimas.
- Cuando un biopolímero es más compacto tiende a deteriorarse en un período largo de tiempo ya que sus moléculas están más unidas, debido a la utilidad de conservantes y estabilizadores para alargar la vida útil de este biopolímero, En cambio cuando un biopolímero es más disperso sus moléculas tienden a disolverse con facilidad en el agua ya que el almidón es hidro solubles.

## **RECOMENDACIONES**

- Se recomienda no sobrepasar la temperatura de gelatinización del almidón para evitar la desnaturalización de las proteínas.
- Utilizar materiales que por lo general sean hidrosolubles y a que al momento de desecharlos su descomposición será más breve.
- Se sugiere socializar el beneficio que realizamos al medio ambiente al utilizar un biopolímero.



## GLOSARIO

**Almidón:** polisacárido de origen vegetal extraído principalmente de papas, maíz, arroz, yuca, etc. Es la fuente de reserva de los vegetales y la principal fuente de energía y calorías del ser humano (Hurtado, 2020, p. 5).

**Almidón modificado:** almidón nativo sometido a algún tratamiento o proceso químico, físico o enzimático para mejorar sus características funcionales (Martínez, 2007, pp. 12-16).

**Almidón nativo:** aquel que no ha sido sometido a ningún tratamiento de estabilización o modificaciones previas (Martínez, 2007, pp. 12-16).

**Amilosa:** polímero compuesto por 200 a 2500 unidades de glucosa unidas por enlaces glucosídicos  $\alpha$  (1-4) y un leve grado de ramificaciones convirtiéndola en un polímero lineal (León et al., 2020, p. 621).

**Amilopectina:** polímero con ramificaciones que contiene de 10 a 60 unidades de glucosa y las cadenas laterales de 15 a 45 unidades de glucosa, se encuentran unidos por enlaces glucosídicos en un 94-96% por enlaces  $\alpha$  (1-4) y el restante con enlaces  $\alpha$  (1-6) (Hernández et al., 2008, p. 718).

**Biopolímero:** macromoléculas de origen natural sintetizadas a partir de seres vivos siendo estos de naturaleza animal, vegetal y microbiana (Corporación Universitaria Americana, 2020, p. 192).

**Biodegradación:** acción en el cual un material sufre una descomposición debido a la acción enzimática de microorganismos siendo estos los hongos, bacterias y algas, puede ser aeróbica y anaeróbica (Ruiz et al., 2013, p. 48).

**Densidad:** propiedad física de la materia que determina la masa contenida en un determinado volumen (Botero, 2010, p. 25).

**Elongación:** magnitud que consiste en medir la longitud de un material al ser sometido a un esfuerzo antes de que llegue a la rotura (Miarco, 2019, párr. 3).

**Gelatinización:** procedimiento que se lleva a cabo mediante un proceso de hidratación obteniendo un estado gelatinoso a través de un tratamiento térmico (FEDNA, 2000, párr. 2).

**Plastificante:** aditivo líquido incoloro e inodoro de origen orgánico empleados como relleno o pigmentos en la elaboración de biopolímeros (Carrasco y Chambi, 2016, p. 16).

**Polímero:** sustancia compuesta por largas cadenas de monómeros de bajo peso molecular derivados principalmente de carboquímica y petroquímica (Cianciosi, 2014, p. 3).

**Relleno:** materiales utilizados para mejorar las características y dar volumen a los biopolímeros (Ruiz, 2005, p. 17).

**Retrogradación:** proceso donde los gránulos de almidón ya gelatinizados se comienzan a reorganizar junto a los puentes de hidrógeno y las cadenas moleculares en una estructura ordenada (Rodríguez et al., 2007, p. 15).

**Solubilidad:** se define como la cantidad máxima de soluto que puede disolverse en un disolvente a una determinada temperatura (Rodríguez, 2017, p. 5).



## BIBLIOGRAFÍA

**AGUILAR, E.; et al.** *Manual Del Cultivo De Yuca Manihot esculenta Crantz* [en línea]. San José-Costa Rica: INTA, 2017, pp. 09-10. [Consulta: 08 abril 2022]. ISBN: 978-9968-586-16-0. Disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-10918.pdf>.

**ALDANA, J.; et al.** Formulación teórica para la obtención de filmes y revestimientos a base almidón de yuca (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad ECCI, Dirección de Ingeniería Industrial. 2020, p. 26. [Consulta: 27 junio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1379/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**ALUCHO, J.; et al.** “Tecnologías para el desarrollo de biopolímeros, como una alternativa en la sustitución del plástico (PET)”. *Alimentos Ciencia e Ingeniería* [en línea], 2021, (Ecuador) 28(1), pp. 95-100. [Consulta: 10 junio 2022]. ISSN: 2737-6338. Disponible en: <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/aci/article/view/1034>.

**ARIAS, B.** Desarrollo y caracterización física de materiales biodegradables a base de bagazo de yuca (*Manihot esculenta*) por inyección termoplástica (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Escuela Agrícola Panamericana, Carrera de Agroindustria Alimentaria. Zamorano-Honduras. 2019, pp. 10-21. [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/555e4830-0a9f-486a-b388-ee50217c013b/content>.

**ARISTIZÁBAL, J.; et al.** *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea]. Roma-Italia: FAO, 2007, pp. 49-50. [Consulta: 17 mayo 2022]. ISBN: 978-92-5-305677-4. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>.

**ARRIETA, A.; et al.** “Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz)”. *Revista Espacios* [en línea], 2018, (Venezuela) 39(53), pp. 15-26. [Consulta: 05 junio 2022]. ISSN: 0798-1015. Disponible en: <http://www.revistaespacios.com/cited2017/cited2017-15.html>.

**ARTIGAS, R.** *Biopolímeros: ¿Cuándo y cómo?* [en línea]. Montevideo-Uruguay: Centro Tecnológico del Plástico, 2020. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en:

<https://ctplas.com.uy/wp-content/uploads/2020/09/Biopol%C3%ADmeros.-Cu%C3%A1ido-y-c%C3%B3mo.pdf>.

**BARRAGÁN, K.; et al.** “Propiedades tecno-funcionales de almidón modificado de yuca (*Manihot esculenta* C.) por pregelatinización tipo batch”. *Agronomía Colombiana* [en línea], 2016, (Colombia) 1(1), p. 317. [Consulta: 12 abril 2022]. ISSN: 2539-4142. Disponible en: [10.15446/agron.colomb.sup.2016n1.58034](https://doi.org/10.15446/agron.colomb.sup.2016n1.58034).

**BEJARANO, N.** Estudio de las propiedades mecánicas de un biopolímero a partir del contenido de almidón de cáscara de plátano (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Facultad de Ingeniería de Procesos, Escuela Profesional de Ingeniería de Materiales. Arequipa-Perú. 2018, pp. 42-64. [Consulta: 25 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7578/MTbemanl.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.

**BERNAL, L.; & MARTÍNEZ, E.** “Una nueva visión de la degradación del almidón”. *Revista del Centro de Investigación* [en línea], 2006, (México) 7(25), pp. 77-90. [Consulta: 05 mayo 2022]. ISSN: 1405-6690. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/342/34202506.pdf>.

**BOTERO, H.** “Una revisión del concepto de densidad: la implicación de los conceptos estructurantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje”. *Revista de Educación y Pensamiento* [en línea], 2010, (Colombia) 1(17), pp. 23-32. [Consulta: 9 diciembre 2022]. ISSN: 1692-2697. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4040358>.

**BUSTAMANTE, R.; & PERALTA, M.** Caracterización de biopolímero obtenido a partir de leche de vaca y almidón de yuca (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Carrera de Ingeniería Química. Guayaquil-Ecuador. 2018, p. 60. [Consulta: 20 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/28021/1/TESIS%20EDUARDO%20BUSTAMANTE%20Y%20BETHSABE%20PERALTA.pdf>.

**CAMBISACA, C.; & DE LA O, C.** Elaboración de fundas biodegradables a partir del almidón de yuca modificado (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química, Carrera de Ingeniería Química. Guayaquil-Ecuador. 2022, pp. 69-74. [Consulta: 28 julio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/60128/1/BINGQ-IQ-22P01.pdf>.

**CARRASCO, A.; & CHAMBI, J.** Aplicación del aceite de soya epoxidado para la obtención de PVC flexible para uso industrial (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Nacional de San Agustín, Facultad de Ingeniería de Procesos, Escuela Profesional de Ingeniería de Materiales. Arequipa-Perú. 2016, p. 16. [Consulta: 08 diciembre 2022]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1909/MTcareaa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**CAZZANIGA, A.; et al.** *Caracterización físicoquímica y funcional de puré deshidratado de mandioca (Manihot esculenta)* [en línea]. Buenos Aires-Argentina: CYTAL-ALACCTA, 2019, p. 6. [Consulta: 27 julio 2022]. Disponible en: [https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/3090/Cazzaniga%20A\\_2019\\_Caracterizaci%C3%B3n\\_23153.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://rid.unam.edu.ar/bitstream/handle/20.500.12219/3090/Cazzaniga%20A_2019_Caracterizaci%C3%B3n_23153.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**CHIMBO, M.** Producción de plástico biodegradable para el uso en alimentos a partir del almidón de residuos de yuca (*Manihot esculenta*) (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental. Riobamba-Ecuador. 2021, p. 58. [Consulta: 21 julio 2022]. Disponible en: <http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/14783/1/236T0544.pdf>.

**CIANCIOSI, P.** *Polímeros* [en línea]. La Plata-Argentina: UTN, 2014, p. 3. [Consulta: 09 diciembre 2022]. Disponible en: <http://www.frlp.utn.edu.ar/materias/qaplicada/polimeros.pdf>.

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AMERICANA.** *Aportes en investigación para la ingeniería* [en línea]. Medellín-Colombia: Sello Editorial Coruniamericana, 2020, p. 192. [Consulta: 03 abril 2022]. ISBN: 978-958-5512-81-8. Disponible en: <https://americana.edu.co/medellin/wp-content/uploads/2020/09/Aportes-en-investigaci%C3%B3n-para-la-ingenier%C3%ADa.pdf>.

**DÁVILA, D.; & ZAVALETA, M.** Síntesis de un termoplástico de almidón de cáscara de yuca (*Manihot sculenta*) influencia de la concentración de látex de caucho, glicerina y agua en su resistencia mecánica y absorción de agua (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería Química, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Química. Trujillo-Perú. 2019, p. 60. [Consulta: 27 julio 2022]. Disponible en: [http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12408/DavilaMarin\\_D%20-%20ZavaletaLizarraga\\_M.pdf?sequence=3&isAllowed=y](http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12408/DavilaMarin_D%20-%20ZavaletaLizarraga_M.pdf?sequence=3&isAllowed=y).

**DE LIMA, C.; et al.** “Biodegradable films based on commercial  $\kappa$ -carrageenan and cassava starch to achieve low production costs”. *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea], 2020, (Países Bajo) 165(1), pp. 582-590. [Consulta: 10 julio 2022]. ISSN: 0141-8130. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.09.150>.

**DÍAZ, M.; & CARRERAS, I.** “Síntesis y caracterización del almidón oxidado para su posterior evaluación como agente aglutinante en tabletas”. *Revista Cubana de Farmacia* [en línea], 1999, (Cuba) 33(2), p. 99. [Consulta: 15 mayo 2022]. ISSN: 0034-7515. Disponible en: [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-75151999000200003](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-75151999000200003).

**DUARTE, J.** Desarrollo y estudio de las propiedades mecánicas y permeabilidad de películas a base de almidón (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química. Bogotá-Colombia. 2017, p. 10. [Consulta: 15 julio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/40508/u808524.pdf?sequence=1>.

**ESPINOZA, F.; & PUGLISEVICH, D.** Influencia del porcentaje de glicerol sobre la resistencia y deformación en tracción de plásticos biodegradables a base de almidón del tubérculo *Manihot esculenta* Crantz (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería de Materiales. Trujillo-Perú. 2019, pp. 53-99. [Consulta: 29 junio 2022]. Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12561/ESPINOZA%20ARROYO%2c%20Franco%20Herbert%3b%20PUGLISEVICH%20RUIZ%2c%20Diana%20Carolina.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**FEDNA.** *Taza de gelatinización del almidón* [en línea]. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, 2000. [Consulta: 08 diciembre 2022]. Disponible en: [http://www.fundacionfedna.org/tecnicas\\_de\\_analisis/tasa-de-gelatinizaci%C3%B3n-del-almid%C3%B3n](http://www.fundacionfedna.org/tecnicas_de_analisis/tasa-de-gelatinizaci%C3%B3n-del-almid%C3%B3n).

**FLORES, S.** Obtención de almidón con tamaño de partícula reducido mediante pulverizado mezclado con alta energía (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Instituto Politécnico Nacional, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Departamento de Tecnología. México D.F.-México. 2004, p. 8. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: [https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/10706/1/PTA\\_M\\_20040615\\_001.PDF](https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/10706/1/PTA_M_20040615_001.PDF).

**GARCÍA, J.; & MORALES, K.** Obtención y caracterización de un material compuesto a base de almidón de yuca amarga (*Manihot esculenta*) y endocarpio de coco pulverizado (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad de Córdoba, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Mecánica. Montería-Córdoba, 2019, p. 44. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unicordoba.edu.co/bitstream/handle/ucordoba/2921/garciaalvarezjonathan-moralesescobarkaren.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**GARCÍA, J.; et al.** “Almidón nativo de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) como agente ligante en la producción de mortadela tipo bologna”. Revista Manglar [en línea], 2021, (Perú) 18(1), p. 62. [Consulta: 18 abril 2022]. ISSN: 2414-1046. Disponible en: <https://erp.untumbes.edu.pe/revistas/index.php/manglar/article/view/221>.

**GONZÁLEZ, G.** *Desarrollo de productos con alto contenido de almidón para la industria de alimentos* [en línea]. Bogotá-Colombia: Fundación Universitaria Agraria de Colombia, 2012, p. 4. [Consulta: 03 mayo 2022]. ISBN: 978-958-58114-1-6. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/309397537\\_Desarrollo\\_de\\_productos\\_con\\_alto\\_contenido\\_de\\_almidon\\_para\\_la\\_industria\\_de\\_alimentos](https://www.researchgate.net/publication/309397537_Desarrollo_de_productos_con_alto_contenido_de_almidon_para_la_industria_de_alimentos).

**GRANADOS, C.; et al.** “Propiedades funcionales del almidón de sagu (*Maranta arundinacea*)”. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial [en línea], 2014, (Colombia) 12(2), pp. 90-96. [Consulta: 07 mayo 2022]. ISSN: 1909-9959. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v12n2/v12n2a10.pdf>.

**HERNÁNDEZ, M.; & VERGARA, A.** Elaboración y evaluación de un adhesivo a partir del almidón de yuca nativo, (*Manihot esculenta* Crantz), variedad M-Tai, utilizando hidróxido de sodio como agente hidrolizante (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad de Sucre, Facultad de Ingeniería, Ingeniería Agroindustrial. Sucre-Colombia. 2008, p. 21. [Consulta: 14 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unisucre.edu.co/bitstream/handle/001/255/668.38H557.pdf?jsessionid=6F55447F8F5F2CF31F0E57D6A91A42F5?sequence=2>.

**HERNÁNDEZ, M.; et al.** “Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México”. Ciencia y Tecnología de alimentos [en línea], 2008, (Brasil) 28(3), pp. 718-726. [Consulta: 21 abril 2022]. ISSN: 0101-2061. Disponible en: <https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNjk9Yf/?format=pdf&lang=es>.

**HERNANDO, O.; et al.** “Caracterización estructural y térmica de almidones provenientes de diferentes variedades de papa”. *Acta agronómica* [en línea], 2013, (Colombia) 62(4), pp. 289-295. [Consulta: 20 abril 2022]. ISSN: 2323-0118. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v62n4/v62n4a01.pdf>.

**HINOSTROZA, F.; et al.** *Cultivo de yuca en el Ecuador* [en línea]. Portoviejo-Ecuador: INIAP, 2014, pp. 3-9. [Consulta: 16 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/5214/1/INIAPEEPbd436.pdf>.

**HUACHO, I.; et al.** “Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz)”. *Revista Dominio de las Ciencias* [en línea], 2021, (Ecuador) 7(1), pp. 216-232. [Consulta 02 julio 2022]. ISSN: 2477-8818. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i1.1701>.

**HURTADO, J.** Caracterización fisicoquímica y funcional del almidón extraído de la papa china (*Colocasia esculenta*) cultivada en el pacífico colombiano (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Santiago de Cali, Facultad de Ciencias Básicas, Programa de Química. Cali-Colombia. 2019, p. 5. [Consulta: 11 abril 2022]. Disponible en: <https://repository.usc.edu.co/bitstream/handle/20.500.12421/4627/CARACTERIZACI%C3%93N%20FISICOQU%C3%8DMICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**JARAMILLO, M.; et al.** “Elaboración y evaluación de biopolímeros utilizando diferentes fuentes de almidón”. *Informador técnico* [en línea], 2019, (Colombia) 83(2), pp. 116-119. [Consulta: 05 junio 2022]. ISSN: 2256-5035. Disponible en: <https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA612929148&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=0122056X&p=IFME&sw=w&userGroupName=anon%7E7a15298b>.

**JIMÉNEZ, A.; et al.** *Estudio electroquímico de biopolímeros conductores de almidón de yuca (cassava) elaborados a diferente pH* [en línea]. Montería-Colombia: Fondo Editorial Universidad de Córdoba, 2017, pp. 104-106. [Consulta: 01 junio 2022]. ISBN: 2590-8529. Disponible en: [https://mca.edu.co/wp-content/uploads/2019/09/m2017\\_26.pdf](https://mca.edu.co/wp-content/uploads/2019/09/m2017_26.pdf).

**JIMÉNEZ, E.; & MARTÍNEZ, S.** Obtención y caracterización física y química del almidón de yuca (*Manihot esculentum*) variedad guayape (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Facultad de Ingeniería Química e Industrias Alimentarias, Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias. Lambayeque-Perú. 2016, p. 17. [Consulta: 05 abril 2022]. Disponible en:

<https://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12893/865/BC-TES-4008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**KANOKWAN, C.; & SA-AD, R.** “Carboxylated styrene butadiene rubber adhesion for biopolymer product-based from cassava starch and sugarcane leaves fiber”. *Industrial Crops and Products* [en línea], 2018, (Países Bajos) 125(1), pp. 639-647. [Consulta 30 julio 2022]. ISSN: 0926-6690. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.09.039>.

**LABEAGA, A.** Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Inorgánica e Ingeniería Química. Madrid-España. 2018, pp. 39-42. [Consulta: 08 abril 2022]. Disponible en: [http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga\\_Viteri\\_Aitziber\\_TFM.pdf](http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf).

**LEÓN, G.; et al.** “Modificación química de almidón mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética”. *Revista AVFT* [en línea], 2020, (Venezuela) 39(5), pp. 621-622. [Consulta: 12 abril 2022]. ISSN: 212-518. Disponible en: [https://www.revistaavft.com/images/revistas/2020/avft\\_5\\_2020/17\\_modificacion.pdf](https://www.revistaavft.com/images/revistas/2020/avft_5_2020/17_modificacion.pdf).

**LISI, M.** Caracterización de almidones de maíz: nativo y modificados (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Universidad Católica de Córdoba, Facultad de Ciencias Químicas. Tucumán-Argentina. 2012, p. 11. [Consulta: 05 mayo 2022]. Disponible en: [http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/28/1/TM\\_%20Lisi.pdf](http://pa.bibdigital.uccor.edu.ar/28/1/TM_%20Lisi.pdf).

**LITUMA, K.** Proyecto de factibilidad para la producción y comercialización de la yuca del “Centro Sera” del cantón Sucúa hacia el mercado de la ciudad de Cuenca (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Tecnológica Equinoccial, Facultad de Ciencias Económicas y Negocios. Quito-Ecuador. 2011, pp. 8-14. [Consulta: 05 abril 2022]. Disponible en: [http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/2069/1/43833\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/2069/1/43833_1.pdf).

**MARROQUÍN, A.; et al.** *CIERMMI Mujeres en la Ciencia T-IX Biología* [en línea]. Ciudad de México-México: Sello Editorial ECORFAN, 2020, pp. 109-111. [Consulta: 10 abril 2022]. ISBN: 978-607-8695-34-8. Disponible en: [https://www.ecorfan.org/handbooks/Handbooks\\_Mujeres\\_en\\_la\\_Ciencia\\_TIX/Handbooks\\_Mujeres\\_en\\_la\\_Ciencia\\_TIX.pdf](https://www.ecorfan.org/handbooks/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TIX/Handbooks_Mujeres_en_la_Ciencia_TIX.pdf).

**MARTÍNEZ, L.** Obtención y caracterización de almidones de malanga, arroz y maíz ceroso modificados por extrusión termoplástica para su uso como encapsulantes de aceite esencial de naranja (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Universidad Veracruzana, Instituto de Ciencias Básicas. Veracruz-México. 2007, pp. 12-16. [Consulta: 01 mayo 2022]. Disponible en: <https://cdigital.uv.mx/bitstream/handle/123456789/46987/MartinezOrtizLaura1d2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**MATHEW, A.; & DUFRESNE, A.** “Plasticized Waxy Maize Starch: Effect of Polyols and Relative Humidity on Material Properties”. *Biomacromolecules* [en línea], 2002, (Estados Unidos) 3(5), pp. 1101-1108. [Consulta: 26 mayo 2022]. ISSN: 1525-7797. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/bm020065p>.

**MENESES, J.; et al.** “Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca”. *Revista EIA* [en línea], 2007, (Colombia) 4(8), pp. 57-67. [Consulta: 08 mayo 2022]. ISSN: 1794-1237. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n8/n8a06.pdf>.

**MIARCO.** *Diccionario MIARCO: ¿Qué es la elongación?* [blog]. Miarco, 2019. [Consulta: 08 diciembre 2022]. Disponible en: <https://www.miarco.com/blog/diccionario-miarco-que-es-la-elongacion/>.

**MONTAÑO, B.** Modificación del almidón en tres variedades de papa nativa (*Solanum tuberosum*), recolectada en la provincia Ingavi, y sus aplicaciones en ciencia de alimentos (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Postgrado. La Paz-Bolivia. 2017, p. 30. [Consulta: 15 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/20609/TM-2651.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**MUÑOZ, X.; et al.** *La yuca en Ecuador: su origen y diversidad genética* [en línea]. Portoviejo-Ecuador: INIAP, 2017, p. 6. [Consulta: 16 abril 2022]. Disponible en: [http://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas\\_cientificas/16/058-2017.pdf](http://www.uagraria.edu.ec/publicaciones/revistas_cientificas/16/058-2017.pdf).

**NAMORY, M.; et al.** “Effect of metakaolin content on mechanical and water barrier properties of cassava starch films”. *South African Journal of Chemical Engineering* [en línea], 2022, (Países Bajos) 40(1), pp. 186-194. [Consulta: 10 julio 2022]. ISSN: 1026-9185. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1026918522000208>.



**OROZCO, C.** Análisis de algunas características físicas y químicas de un biopolímero producido por *Klebsiella pneumoniae* en un proceso de fermentación simple (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Químicas, División de Estudios Superiores. Monterrey-México. 1999, p. 10. [Consulta: 06 abril 2022]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/7978/1/1020126079.PDF>.

**PARRA, A.; et al.** “Effect of the addition of fique bagasse microparticles in obtaining a biobased material based on cassava starch”. International Journal of Biological Macromolecules [en línea], 2022, (Países Bajos) 207(15), pp. 289-298. [Consulta: 28 julio 2022]. ISSN: 0141-8130. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.03.016>.

**PÉREZ, H.; et al.** *Influencia del proceso de secado y de los niveles de pH en la creación de películas de naturaleza biodegradable a base de almidón de yuca sustitutas del plástico* [en línea]. Medellín-Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana, 2017, p. 177. [Consulta: 28 julio 2022]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/3217>.

**PERTUZ, A.** Biopolímeros a base de almidón de papa (*Solanum tuberosum*), para uso de la industria alimentaria en Colombia (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Programa de Ingeniería de Alimentos. Bogotá-Colombia. 2021, p. 10. [Consulta: 05 abril 2022]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/41710/adpertuzo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**QUINTERO, D.; & RAMÍREZ, J.** Estudio del mecanismo de gelatinización del almidón de yuca (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad de los Andes, Departamento de Ingeniería Química. Bogotá-Colombia. 2013, p. 6. [Consulta: 15 abril 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/25051/u627276.pdf?sequence=1>.

**REYNA, H.** Comparación de dos biopolímeros, uno a base de almidón de papa y otro a base de almidón de papa y goma xantán (Trabajo de titulación) (Química Farmacéutica) [en línea]. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Ciudad de Guatemala-Guatemala. 2018, p. 29. [Consulta: 09 abril 2022]. Disponible en: [http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06\\_4214.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_4214.pdf).

**RODRÍGUEZ, E.; et al.** “Evaluación de la retrogradación del almidón en harina de yuca precocida”. Revista Colombiana de Química [en línea], 2007, (Colombia) 36(1), pp. 13-30.

[Consulta: 07 abril 2022]. ISSN: 2357-3791. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-28042007000100002](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28042007000100002).

**RODRÍGUEZ, J.** *Fundamentos de química general: Disoluciones, propiedades coligativas y gases ideales* [en línea]. Santa Elena-Ecuador: Editorial UPSE, 2017, p. 5. [Consulta: 09 diciembre 2022]. ISBN: 978-9942-776-01-3. Disponible en: [https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4271/1/Fundamentos%20de%20Quimica%20General\\_Disoluciones%2C%20propiedades%20coligativas%20y%20gases%20ideales.pdf](https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/4271/1/Fundamentos%20de%20Quimica%20General_Disoluciones%2C%20propiedades%20coligativas%20y%20gases%20ideales.pdf).

**RODRÍGUEZ, J.; et al.** “Fabricación de polímeros a base de almidón de tubérculos panameños seleccionados”. *Revista de Iniciación Científica* [en línea], 2022, (Panamá) 8(1), pp. 1-7. [Consulta: 01 julio 2022]. ISSN: 2413-6786. Disponible en: <https://doi.org/10.33412/rev-ric.v8.1.3508>.

**ROJAS, A.** Desarrollo de recubrimientos biopoliméricos de almidón de yuca para su implementación en aguacates (*Persea americana* Var. Americana) y evaluación de sus efectos en la postcosecha de estos frutos (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Química. Bogotá-Colombia. 2019, pp. 13-14. [Consulta: 20 julio 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/45767/u828043.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

**ROJAS, J.** Aplicación de almidones nativos y modificados en el desarrollo de postres instantáneos: mazamorras (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Nacional Agraria La Molina, Facultad de Industrias Alimentaria. Lima-Perú. 2017, p. 14. [Consulta: 11 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3029/Q02-R653-T.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.

**ROSALES, A.** Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua, Mayo – Abril 2016 (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Departamento de Química. Managua-Nicaragua. 2016, pp. 1-25. [Consulta: 05 abril 2022]. Disponible: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>.

**RUIZ, G.** Polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca (Trabajo de titulación) (Maestría) [en línea]. Universidad EAFIT. Medellín-Colombia. 2005, pp. 16-18. [Consulta: 27 mayo 2022]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/47250396.pdf>.

**RUIZ, M.; et al.** “Biodegradabilidad de artículos desechables en un sistema de composta con lombriz”. Información tecnológica [en línea], 2013, (Chile) 24(2), pp. 47-56. [Consulta: 8 diciembre 2022]. ISSN: 0718-0764. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n2/art07.pdf>.

**SHALAHUDIN, N.; et al.** “The effect of composition on mechanical properties of biodegradable plastic based on chitosan/ cassava starch/ PVA/ crude glycerol: Optimization of the composition using Box Behnken Design”. Materials Today: Proceedings [en línea], 2022, (Países Bajos) 63(1), pp. 78-83. [Consulta: 30 julio 2022]. ISSN: 2214-7853. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.01.294>.

**SUÁREZ, L.; & MEDEROS, V.** “Apuntes sobre el cultivo de la yuca (*Manihot esculenta* Crantz). Tendencias actuales”. Cultivos Tropicales [en línea], 2011, (Cuba) 32(3), pp. 27-35. [Consulta: 07 abril 2022]. ISSN: 1819-4087. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v32n3/ctr04311.pdf>.

**TRAVALINI, A.; et al.** “Cassava starch films reinforced with lignocellulose nanofibers from cassava bagasse”. International Journal of Biological Macromolecules [en línea], 2019, (Países Bajos) 139(1), pp. 1151-1161. [Consulta: 10 junio 2022]. ISSN: 0141-8130. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.115>.

**ULLOA, M.** Preparación de plásticos a partir de desechos de fuentes naturales renovables (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Centro de Investigación en Química Aplicada. Saltillo-México. 2013, pp. 19-20. [Consulta: 07 abril 2022]. Disponible en: <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/398/1/Marcelo%20Israel%20Ulloa%20Perez.pdf>.

**VALAREZO, M.** Desarrollo de biopolímeros a partir de almidón de corteza de yuca (*Manihot esculenta*) (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Técnica Particular de Loja, Escuela de Ingeniería Química. Loja-Ecuador. 2012, pp. 30-98. [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/2733/1/Maria%20Jose%20Valarezo%20Ulloa.pdf>.

**VALERO, M.; et al.** “Biopolímeros: Avances y Perspectivas”. *Dyna* [en línea], 2013, (Colombia) 80(181), pp. 171-180. [Consulta: 06 abril 2022]. ISSN: 0012-7353. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/496/49628728019.pdf>.

**VARGAS, P.** “Obtención de almidón fermentado a partir de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) variedad valencia, factibilidad de uso en productos de panadería”. *Tecnología en marcha*, [en línea], 2010, (Costa Rica) 23(3), pp. 15-23. [Consulta: 20 mayo 2022]. ISSN: 2215-3241. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4835758>.

**VÁSQUEZ, A.; et al.** “Evaluación de parámetros óptimos para mejorar la resistencia de biopolímero producido a partir de almidón: Revisión bibliográfica”. *Revista Pakamuros* [en línea], 2020, (Perú) 8(1), pp. 22-33. [Consulta: 12 julio 2022]. ISSN: 2306-9805. Disponible en: <http://revistas.unj.edu.pe/index.php/pakamuros/article/view/112/95>.

**VEDOVE, T.; et al.** “Production of sustainable smart packaging based on cassava starch and anthocyanin by an extrusion process”. *Journal of food engineering* [en línea], 2021, (Reino Unido) 289(1), pp. 1-9. [Consulta: 05 julio 2022]. ISSN: 0260-8774. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110274>.

**VÉLEZ, C.; et al.** “Almidones de Cáscara de Yuca (*Manihot esculenta*) y Papa (*Solanum tuberosum*) para Producción de Bioplásticos: Propiedades Mecánicas y Efecto Gelatinizante”. *Revista Bases de la Ciencia* [en línea], 2021, (Ecuador) 6(2), p. 141. [Consulta: 18 abril 2022]. ISSN: 2588-0764. Disponible en: <https://revistas.utm.edu.ec/index.php/Basedelaciencia/article/view/3293>.

**VÉLEZ, J.** Proyecto técnico-económico para la creación de una planta procesadora de almidón catiónico de uso industrial en el cantón Guayaquil año 2014 (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea]. Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Carrera Ingeniería Industrial. Quevedo-Ecuador. 2015, pp. 10-11. [Consulta: 04 mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3478/1/T-UTEQ-0067.pdf>.

**VILLARREAL, G.; et al.** “Aplicaciones médicas de biopolímeros”. *CienciAcierta-Revista científica, tecnológica y humanística* [en línea], 2020, (México) 16(63), pp. 07-19. [Consulta: 10 abril 2022]. ISSN: 2683-1848. Disponible en: <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2020/07/03/aplicaciones-medicas-de-biopolimeros/>.

**YAUTIBUG, M.** Elaboración y caracterización de bioplásticos a partir de cáscaras de yuca (*Manihot esculenta*) para la envoltura de alimentos (Trabajo de titulación) (Pregrado) [en línea].

Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera Química.  
Riobamba-Ecuador. 2021, p. 47. [Consulta: 15 julio 2022]. Disponible en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15446/1/156T0044.pdf>.



  
Ing. *Cristina Castillo*



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 06 / 06 / 2023

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Ariel Orlando López Tene
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias Pecuarias
<b>Carrera:</b> Agroindustria
<b>Título a optar:</b> Ingeniero Agroindustrial
<b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz



D.B.R.A.I.

Ing. Cristhian Castillo Ruiz

0954-DBRA-UTP-2023



0954-DBRA-UTP-2023