

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

FORMULACIÓN TEÓRICA PARA LA OBTENCIÓN DE FILMES Y REVESTIMIENTOS A BASE ALMIDÓN DE YUCA.

PRESENTADO POR:

Juan Camilo Aldana Sánchez 30221

Luis Fernando Ortiz Mateus 33810




Camilo Andrés Triana 43393

DIRECTORA:

MsC. I.Q. Diana Catalina Moreno Guarín

UNIVERSIDAD ECCI
DIRECCIÓN DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTA D.C.

2020

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Formulación teórica para la obtención de filmes y revestimientos a base almidón de yuca

ESTUDIANTES:

Juan Camilo Aldana Sánchez 30221

Luis Fernando Ortiz Mateus 33810

Camilo Andrés Triana 43393

Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:

Profesional en Ingeniería Industrial

Directora:

MsC. I.Q. Diana Catalina Moreno Guarín




Línea de investigación: Gestión de Procesos Industriales

Universidad ECCI

Facultad de ingeniería industrial

Bogotá D.C. Colombia




2020

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

AGRADECIMIENTOS.




Agradecemos a nuestra tutora MsC. I.Q. **Diana Catalina Moreno Guarín** por su gran apoyo, disciplina y constancia en la labor de la educación, quien por medio de su experiencia, nos guio para el desarrollo de este proyecto, permitiéndonos desarrollar metodologías en el ámbito de la investigación, a través de los semilleros de la institución.

También agradecemos a nuestras familias, las cuales siempre nos apoyan de manera incondicional para lograr nuestras metas, por nuestras familias que nos enfocan determinantemente a crecer en el ámbito personal e intelectual con el fin de aportar de manera positiva en la sociedad.




	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

CONTENIDO

Agradecimientos.	3
Contenido	4
LISTA DE TABLAS	6
LISTA DE GRÁFICAS	7
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS	8
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	4
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA	7
3. OBJETIVOS	8
3.1 Objetivo general	8
3.2 Objetivos específicos	8
4. HIPÓTESIS	9
5. MARCO TEÓRICO	10
5.1 Generalidades de los polímeros.	10
5.2 Migración de materiales plásticos.	11
5.3 Generalidades de los biopolímeros	12
5.3.1 Cambios moleculares de los biopolímeros.	13
5.3.2 Aplicaciones	14
5.4. La yuca y su almidón.	14
5.5. Generalidades de los filmes y revestimientos	17
5.6. Envases en la industria de los helados.	17
5.7. Análisis de biopolímeros que logren sustituir a los polímeros de origen fósil	18
5.7.1. Propiedades para la elaboración de empaques:	19
6. DISEÑO METODOLÓGICO	20
6.1. Proceso de búsqueda de información	20
6.2. Ecuaciones de búsqueda.	21

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

6.3	Caracterización de polímeros convencionales y naturales	23
6.4	Ajuste de la formulación del almidón de yuca nativo	23
6.5	Costeo para la producción del biopolímero modificado	24
7.	RESULTADOS	26
7.1.	Polímeros:	26
7.1.1.	Propiedades físicas	26
7.1.2.	Propiedades mecánicas	27
7.1.3.	Propiedades térmicas	28
7.1.4.	Propiedades de barrera	29
7.1.5.	Análisis de Polímeros	30
7.2.	Biopolímeros:	31
7.2.1.	Propiedades físicas	31
7.2.2.	Propiedades mecánicas	32
7.2.3.	Propiedades térmicas	34
7.2.4.	Propiedades de barrera	36
7.2.5.	Análisis de Biopolímeros	37
7.3.	Almidones termoplásticos	38
7.3.1.	Propiedades físicas	39
7.3.2.	Propiedades mecánicas	40
7.3.3.	Propiedades térmicas	41
7.3.4.	Propiedades de barrera	42
7.3.5.	Análisis de almidones termoplásticos	44
7.4.	Modificación del almidón de yuca	44
7.4.4.	Confirmación de la modificación del almidón	46
7.5.	Formulación de posibles aditivos y plastificantes	47
7.5.1.	Plastificantes	47
7.5.1.1.	Glicerina o glicerol	48
7.5.1.2.	Agua destilada	50
7.5.2.	Aditivos:	50
7.5.3.	Modificador químico	51
7.5.3.1.1.	Quitina y quitosano	51

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

7.5.3.1.2. Propiedades del quitosano.	52
7.5.4. Extracto de propóleo en etanol y cera de abejas	52
7.5.5. Uva	53
7.5.5.1.1. Cáscara o piel de uva	54
8. FORMULACIÓN DEL BIOPLÁSTICO:	55
8.1. Proceso productivo de biopolímero de almidón de yuca	56
8.2. Equipo necesario	58
8.3. Determinación de los costos y la viabilidad de la obtención del bioplástico.	59
CONCLUSIONES	65
BIBLIOGRAFÍA	1
ANEXOS	28

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de biopolímeros usados como biomateriales compatibles con el organismo humano.	15
Tabla 2 Ecuaciones de búsqueda	22
Tabla 3 Propiedades físicas de los polímeros	25
Tabla 4 Propiedades mecánicas de los polímeros	26
Tabla 5 Propiedades térmicas de los polímeros	27
Tabla 6 Propiedades de barrera de los polímeros	28
Tabla 7 Propiedades físicas de los biopolímeros	30
Tabla 8 Propiedades mecánicas de los biopolímeros	31
Tabla 9 Propiedades térmicas de los biopolímeros	33
Tabla 10 Propiedades de barrera de los biopolímeros	34
Tabla 11 Propiedades físicas de los almidones termoplásticos	36
Tabla 12 Propiedades mecánicas de los almidones termoplásticos	37
Tabla 13 Propiedades térmicas de los almidones termoplásticos	38
Tabla 14 Propiedades de barrera de los almidones termoplásticos	39
Tabla 15 Equipos necesarios para la modificación del almidón.	43
Tabla 16 Aporte del glicerol en las propiedades mecánicas del almidón	45




	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	




Tabla 17 Propiedades de la cera de abejas	49
Tabla 18 Reactivos del proceso de obtención del bioplástico.	50
Tabla 19 Equipos necesarios para la obtención del almidón.	53
Tabla 20 Costo de insumos	54
Tabla 21 Costos por lote de 1kg	54
Tabla 22 Cotización de material peletizado	55
Tabla 23 Promedio de costos en COP/Kg	55
Tabla 24 cotización de equipos de laboratorio	56
Tabla 25 Costo de equipos de laboratorio a usar	57

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Materias primas para producción de biopolímeros	19
Gráfica 2 Proceso de búsqueda de información	21
Gráfica 3 Proceso de fabricación de un biopolímero de almidón de yuca	51




LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Migración de materiales plásticos	8
Figura 2 Clasificación de polímeros	10
Figura 3 Estructura molecular de la amilosa	16
Figura 4 Estructura molecular de la amilopectina.	16
Figura 5 Tipos de modificación química	37
Figura 6 Estructura química de la quitina.	42
Figura 7 Composición de la uva	44

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

CO₂ Dióxido de carbono	PVA Alcohol polivinílico
O₂ Oxígeno	H₂O Agua destilada
PLA Ácido poliláctico	CH₄ Metano
PCL Policaprolactona	MC Metil celulosa
PET Polietileno de tereftalato	HMC Hidroxi metil celulosa
PEAD Polietileno de alta densidad	HPMC Hidroxipropil metil celulosa
PVC Policloruro de vinilo	CMC Carboximetil celulosa
PEBD Polietileno de baja densidad	Pb Plomo
PP Polipropileno	Cd Cadmio
PS Poliestireno	Hg Mercurio
BHT Hidroxitolueno butilado	Cr (VI) Cromo hexavalente
Irganox Propionato	PMMA Polimetilmetacrilato
PPM Partes por millón	\bar{X} Promedio
PHA Polihidroxialcanoato	σ Desviación estándar
PHB Polihidroxibutirato	




	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

RESUMEN

Considerando la gran problemática ecológica que produce el consumo masivo de plástico, se planteó como objetivo formular un sustituyente para mitigar la contaminación de petroquímicos con altas emisiones de gases de efecto invernadero y daños directos a la biodiversidad. Adicionalmente, la explosión demográfica ha incrementado la demanda de productos alimenticios procesados, incrementando a su vez la producción de material polimérico para su envase y distribución.

Inicialmente se hizo un análisis de biopolímeros de diferentes procedencias que tuvieran como factor común, un índice considerable de degradación, determinando que los de tipo polisacárido cumplen con los requerimientos iniciales para considerarse una materia prima base viable en términos de adquisición y almacenamiento. Como resultado el almidón de yuca de origen nativo cumplió con las características necesarias, sin embargo, al compararse con los polímeros convencionales y de mayor demanda en la elaboración de empaques como el PP y el PS, presenta una desventaja con respecto a las propiedades fisicoquímicas. Es por ello, que después de analizar las propiedades de dichos polímeros convencionales se concluyó que el almidón de yuca por sí solo como material no era bastante fuerte, resistente e impermeable; teniendo en cuenta este hallazgo, se planteó la modificación química de este con Quitosano, incluyendo al proceso una serie de plastificantes como el glicerol, agua destilada y extracto de propóleo en etanol en diferentes concentraciones que funcionan como reactivos para la mejora de propiedades importantes como mecánicas, físicas, de barrera y propiedades antimicrobianas.

Luego de esto, con el fin de hacer un filme o película con mejores propiedades de barrera ya que hasta ahora no eran tan aceptables, se investigaron diferentes fuentes de residuos aprovechables que sirvieran como aditivo para aportar a la obtención de un biopolímero que funcionara como material para crear empaques en el sector alimenticio, usando la cáscara de uva y sus semillas que según nuestras investigaciones exploratorias cuentan con buenas características de barrera, que al ser adicionadas a nuestro proceso de modificación química del almidón de yuca y los demás plastificantes ya nombrados, otorgaba un aumento en la permeabilidad al agua y el coeficiente de permeabilidad al vapor, así mismo como su resistencia a la tracción y resistencia al impacto.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Finalmente hubo una investigación de la maquinaria requerida y el proceso de obtención, en el que paralelamente se estudió la viabilidad en costos la producción de un lote de 1 kg de la película biodegradable. Posteriormente se contrastó con la producción de empaques plásticos de origen petroquímico concluyendo que el proceso de obtención de un bioplástico es un poco más costoso que el de los polímeros normales, pero que produciendo a mayor escala podría llegar a ser competitivo por valor unitario y que ambientalmente haría un impacto muy positivo para la industria alimenticia, la cual en la actualidad depende de los materiales poliméricos para su envase y empaque.




Palabras clave: Biopolímeros, Almidones, plásticos, película biodegradable, polisacárido, petroquímicos.

ABSTRACT

Considering the great ecological problem produced by the massive consumption of plastic, the objective was to formulate a substitute to mitigate petrochemical pollution with high greenhouse gas emissions and direct damage to biodiversity. Additionally, the demographic explosion has increased the demand for processed food products, in turn increasing the production of polymeric material for packaging and distribution.

Initially, an analysis was made of biopolymers from different sources that had as a common factor, a considerable degradation index, determining that the polysaccharide type met the initial requirements to be considered a viable base raw material in terms of acquisition and storage. As a result, the native cassava starch fulfilled the necessary characteristics, however, when compared with conventional polymers and those of greater demand in the manufacture of packaging such as PP and PS, it presents a disadvantage with respect to physicochemical properties. That is why, after analyzing the properties of said conventional polymers, it was concluded that cassava starch by itself as a material was not strong, resistant and waterproof enough; Taking this finding into account, the chemical modification of this with Chitosan was proposed, including in the process a series of plasticizers such as glycerol, distilled water and propolis extract in ethanol in different concentrations that function as reagents for the improvement of important properties such as mechanical, physical, barrier and antimicrobial properties.




After this, in order to make a film with better barrier properties since until now they were not so acceptable, different sources of usable waste were investigated that would serve as additives to contribute to obtaining a biopolymer that would function as a material to create packaging in the food

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

sector, using the grape peel and its seeds that according to our exploratory research have good barrier characteristics, which when added to our process of chemical modification of the cassava starch and the other plasticizers already named, gave an increase in water permeability and vapor permeability coefficient, as well as its tensile strength and impact resistance.

Finally, there was an investigation of the required machinery and the obtaining process, in which the cost feasibility of producing a 1 kg batch of biodegradable film was studied in parallel. Subsequently, it was contrasted with the production of plastic packaging of petrochemical origin, concluding that the process of obtaining a bioplastic is a little more expensive than that of normal polymers, but that producing on a larger scale could become competitive by unit value and that environmentally it would have a very positive impact for the food industry, which currently relies on polymeric materials for its packaging.

Keywords: Biopolymers, Starches, plastics, biodegradable film, polysaccharide, petrochemicals

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

INTRODUCCIÓN




Vivimos en una era, donde el uso de diferentes polímeros en aplicaciones de ingeniería nos ha facilitado el uso de componentes electrónicos, dispositivos médicos y empaques de diferentes usos. La problemática del plástico radica en el consumo excesivo, intrínsecamente relacionado con la mala cultura de usar y arrojar los residuos al suelo o no hacer una respectiva clasificación, resultando potencialmente contaminantes para el medio ambiente, debido a su principal fuente de obtención como el petróleo, lo cual hace un difícil proceso de degradación (Arias , 2016).

El consumo anual a nivel global ha alcanzado a 320 millones de toneladas. (De-la-torre, 2019). La contaminación de diferentes ecosistemas como “ríos, mares, y sedimentos”, provienen también de rellenos sanitarios mal gestionados, este frenesí afecta considerablemente a las especies que los habitan, cambiando sus hábitos de alimentación y aumentando la mortalidad por inanición debido a la ingestión de micro plásticos (Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016).

El proceso de reciclaje ha sido una manera de mitigar el impacto ambiental, sin embargo, esta parte de un residuo generado por el desuso, como los son productos conocidos como “envases y utensilios desechables”, los cuales son elaborados a partir polímeros de origen petroquímico, siendo populares porque son, económicos, livianos, resistentes a la oxidación, inalterables a los agentes atmosféricos, versátiles, aislantes y pueden sustituir la madera, el vidrio, la piedra o el metal.(Valero-Valdivieso et al., 2013).

De acuerdo a esas características esenciales, que presentan los polímeros convencionales, para la demanda, de contener productos alimenticios de manera segura, es necesario evaluar, los mecanismos de deterioro inicial del producto y por consiguiente el material que lo contiene.(Rodríguez López & Vergara Ángel, 2015), debido a que los polímeros convencionales más usados, como el polietileno, polipropileno y poliestireno pueden tardar hasta 500 años para descomponerse, generando impactos ambientales a escalas muy elevadas, debido a la liberación de CO₂ lo cual crea deterioro de fuentes hídricas, suelo y afectando a millones de especies.

En la búsqueda para la sustitución de los polímeros de origen petroquímico, la aplicación de polisacáridos presentes en muchos alimentos ha generado gran contribución, de acuerdo a su cadena molecular que permite una acción de compostaje, esta acción es gracias a la acción de microorganismos que permiten una descomposición natural. (Valero-Valdivieso et al., 2013).




	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Los polímeros biodegradables son una alternativa, cuyos componentes esenciales surgen a partir de materias primas renovables, específicamente biomasa, las principales fuentes de obtención de los biopolímeros son: yuca, papa, maíz, caña de azúcar, algas, bambú, algodón y celulosa. Además, el almidón no es el único material capaz de generar biopolímeros, la pectina, extraída de las paredes vegetales de las cáscaras de naranja, manzana, mango entre otras especies de biomasa, crean un impacto positivo en la utilización de los residuos generados. (Camilo et al., 2017).

Los polímeros de origen vegetal en ausencia de materiales plastificantes son muy frágiles. Al usar glicerol, sorbitol y polietilenglicol, además de crear mezclas binarias con ácido poli-láctico (PLA) y policaprolactona (PCL). Procesado bajo temperaturas específicas se puede convertir en almidón termoplástico, aportando características de flexibilidad y permeabilidad semejantes a los polímeros de origen petroquímico. (Delgado et al., 2016).

El desarrollo de los biopolímeros ha llegado al punto de poder ser digeridos, como cualquier otro alimento complementario, en este aspecto de la sustitución de empaques, el concepto de los revestimientos y películas biodegradables, causa un impacto favorable, tanto en aspectos ambientales, como en aspectos de calidad alimenticia y propiedades sensoriales. (A. M. Durango & Arteaga, 2011).

Con base a ello se hace un trabajo investigativo con el fin de analizar detalladamente las propiedades de diferentes tipos de biopolímeros según su origen o fuente de obtención, como también los polímeros de base petroquímica usados como aditivos con el fin de lograr obtener unas propiedades óptimas como de barrera, mecánicas y térmicas, luego se plantea la formulación para la obtención de un material biodegradable que cumpla con dichas características de un envase plástico tradicional.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA




La problemática ambiental se origina por el consumo en exceso de recursos, encauzado por: empresas multinacionales, el pensamiento capitalista “salvaje”, anexo a políticas de estado que se acoplan a este enfoque en la búsqueda de mayor producción. La falta de cultura ambiental que conlleva a elevar los indicadores de consumo, sumado a la falta de responsabilidad ciudadana, la falta de correctivos ante el incumplimiento de las políticas legales y educativas en beneficio del ambiente, el uso excesivo de recursos y bienes naturales para satisfacer necesidades creadas, las cuales favorecen el desuso (Arias, 2016).

El consumo anual a nivel global ha alcanzado 320 millones de toneladas (De-la-torre, 2019), la mitad de los plásticos que entran a sistemas de gestión no se reciclan y terminan en vertederos, este frenesí impacta directamente en nuestros océanos, donde se han observado islas de basura plástica de “origen petroquímico” 2 de ellas se encuentran en el océano Pacífico, 2 en el océano Atlántico y 1 en el océano Índico.

Los impactos en el medio marino de los residuos plásticos han sido el enredo e ingestión por parte de especies marinas, siendo trasladadas por islas plásticas flotantes a nuevos hábitats y el bloqueo del intercambio de gases en el fondo marino como resultado del hundimiento de los residuos (De-la-torre, 2019).

La gran variedad de plástico que existe en el mercado, representa algunos de los mayores problemas para su selección y posterior tratamiento, anexo a esto la disposición de los residuos plásticos tiene un impacto ambiental en la medida en que los residuos sólidos sean eliminados en botaderos a cielo abierto, siendo ésta una práctica que predomina en la mayoría de los municipios de Colombia. (Rojas Perdomo & Rojas Suarez, 2018).

Debido a eso, este proyecto fue realizado con el propósito de dar a conocer una alternativa para la sociedad consumidora, ayudando específicamente a mitigar el consumo excesivo del plástico, la cual según el (DANE, 2018) en Colombia, el consumo de material plástico fue de 482 mil toneladas para el año 2017, al mismo tiempo reducir el uso de material petroquímico por parte de la industria heladera que hace parte de este estudio a causa de la fabricación de envases para sus helados. Para ello se pretende formular un nuevo material biodegradable a base de almidón de yuca para producir estos envases, minimizando así los impactos y riesgos para el medioambiente y al mismo tiempo generando bienestar social, crecimiento económico y competitividad empresarial. (Vera Lema et al., 2020).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	




2. JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Los materiales plásticos se han utilizado desde hace más de cien años en diversas aplicaciones especialmente en el sector de empaques, debido a que presentan características deseables tales como estabilidad estructural, resistencia a las agresiones del medio, bajo costo, tecnologías de escala y metodologías de producción altamente tecnificadas, entre otros beneficios. (P. Navia et al., 2014). Sin embargo, la alta demanda de estos productos (280 millones de toneladas en 2011) y su rápida disposición final después de su uso (Sarria-Villa & Gallo-Corredor, 2016). Han conducido a un acopio de estos materiales petroquímicos en el medio ambiente ocasionando altos niveles de contaminación. Lo anterior, a causa de la baja degradación de este tipo de plásticos, lo que origina serios problemas ambientales en razón a los largos periodos de descomposición, algunos hasta de 500 años o más.

A nivel global se han encaminado investigaciones por la obtención de plásticos biodegradables, desarrollándose numerosos estudios alrededor de esta temática, por cuanto encontrar alternativas viables que sustituyan los polímeros convencionales derivados del petróleo se ha convertido en una necesidad. Es así, como mundialmente, los bioplásticos representan la línea de productos de mayor crecimiento en la industria de productos de base biológica (Morone et al., 2015).

Por lo anterior, es de prioridad optar por un material que sea biodegradable y que cumpla con las funcionalidades que brindan los empaques plásticos de la actualidad. Como solución, se puede analizar un sustituyente como empaques elaborados a partir de recursos renovables provenientes de plantas y/o animales, ofrecen una solución conveniente y amigable con el ambiente, considerándose como estrategias para reducir las emisiones de CO₂ y la dependencia de recursos fósiles (P. Navia et al., 2014).

Dentro de los recursos renovables que pueden ser utilizados en Colombia en la elaboración de materiales biodegradables, se encuentran las materias primas ricas en almidón, principalmente raíces y tubérculos debido a su disponibilidad, ya que tienen un área representativa de cultivo en el país. Las materias primas principales usadas para la obtención del bioplástico “yuca, papa, maíz, fique, caña de azúcar, entre otros”, son productos de amplia disponibilidad y bajo costo en Colombia, con gran potencial en el aprovechamiento agroindustrial, además de sus bondades con el proceso de termo-plastificación para la obtención del bioplástico y su calidad renovable y biodegradable. (D. P. Navia et al., 2015).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Los filmes y revestimientos comestibles son una innovación dentro del concepto de empaque activo biodegradable, los cuales interactúan con los alimentos, con el fin de extender su vida útil, mejorar su seguridad y/o propiedades sensoriales o funcionales, mientras mantiene la calidad del alimento empacado. El uso de filmes y revestimientos comestibles a base de biopolímeros ha tomado un crecimiento exponencial en la industria de alimentos debido a muchos factores como sus características de degradabilidad que contribuyan a disminuir la contaminación ambiental, su potencial para evitar la alteración de los alimentos y la posibilidad de generar nuevos mercados a productos derivados de fuentes renovables. Los filmes y revestimientos comestibles han demostrado ser efectivos en la preservación de muchos alimentos. (A. Durango et al., 2011).




3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

- Analizar el almidón de yuca como material biodegradable, que sustituya el polipropileno y poliestireno de base petroquímica usado para la fabricación de recipientes del sector alimentario.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS




- Investigar las características fisicoquímicas de los polímeros sintéticos y naturales.
- Definir las propiedades físicas, mecánicas y de barrera del almidón de yuca nativo, por medio de modificación química y aditivos.
- Analizar costos para producción de un biopolímero a escala de laboratorio.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

4. HIPÓTESIS

Tomamos como base, formular la obtención de un bioplástico a partir de al menos uno de los siguientes polisacáridos: quitosano, alginato, carragenina, pectina, pululana o almidón. Contemplando que, utilizando polímeros naturales, se podría producir a un bajo costo, un bioplástico que presente las características del plástico convencional, pero 100% degradable. Seguramente se reducirá el consumo de plásticos de base petroquímica por año en la industria colombiana, una vez el fabricante encuentre un sustituto ideal con aporte ambiental.

A partir de residuos agroindustriales de yuca es posible obtener filmes y revestimientos por procesos de modificación química, la calidad de bioplásticos obtenidos del almidón de la yuca puede ser mayor que los bioplásticos de otros orígenes, como también puede no serlo. Esta será la hipótesis que se pretende solucionar y así mismo determinar su viabilidad ante la posible comercialización del producto ante un mercado productor de helados en Colombia.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

5. MARCO TEÓRICO




5.1 GENERALIDADES DE LOS POLÍMEROS.

Los polímeros son macromoléculas formadas por la unión de una o varias moléculas por enlaces covalentes, los polímeros pueden ser naturales o sintéticos, los sintéticos son los polímeros con mayor interés desde un punto vista comercial ya que contienen entre uno y tres tipos de unidades que se repiten, mientras que los polímeros naturales o biopolímeros cuentan con estructuras más complejas, En la actualidad, los polímeros constituyen también las sustancias químicas que forman los materiales plásticos de tan amplia aplicación.

El término polímero incluye a los naturales y a los sintéticos. Los polímeros sintéticos pueden ser tanto orgánicos como inorgánicos, mientras que los naturales son comúnmente llamados biopolímeros. Cabe mencionar que en la industria electrónica los polímeros son utilizados tanto por sus propiedades aislantes como sus propiedades de semiconductores y magnéticas (Lopez Serrano Francisco, Mendizabal Mijares Eduardo, 2010).

Esta gran variedad de usos se debe a las características químicas, mecánicas, ópticas y térmicas excepcionales, que están estrechamente relacionadas, principalmente, con su composición química y estructura. (Villada & Acosta, 2011).

En Colombia, el consumo de material plástico fue de 482 mil toneladas para el año 2019 (DANE, 2020). Asimismo, la Procuraduría General de la Nación realizó un análisis del impuesto nacional al consumo de bolsas plásticas (Senado de la República de Colombia, 2016) artículo 207 de la Ley 1819 de 2016. Dicho análisis muestra que, en Colombia, durante el año 2018, únicamente 40 distribuidores de bolsas plásticas presentaron su informe de rendición y cumplimiento de la ley. Específicamente en Bogotá existen 1500 distribuidores de recipientes plásticos, de los cuales únicamente 5 de estos han presentado el informe. La propuesta del gobierno es reemplazar el 100% de los diferentes utensilios plásticos que causan el impuesto nacional al consumo de plástico para el 2020. (Universidad de los Andes & Greenpeace Colombia, 2019).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

5.2 MIGRACIÓN DE MATERIALES PLÁSTICOS.

Los plásticos comúnmente usados en la industria de los envases alimenticios son los polietilenos de baja densidad (PEBD), alta densidad (PEAD), de tereftalato (PET), estireno (PS) y propileno (PP). Estos polímeros están formados por monómeros, oligómeros, aditivos, solventes de tintas y pigmentos; los cuales de acuerdo a su naturaleza logran ser potencialmente tóxicos (Navia et al., 2014).

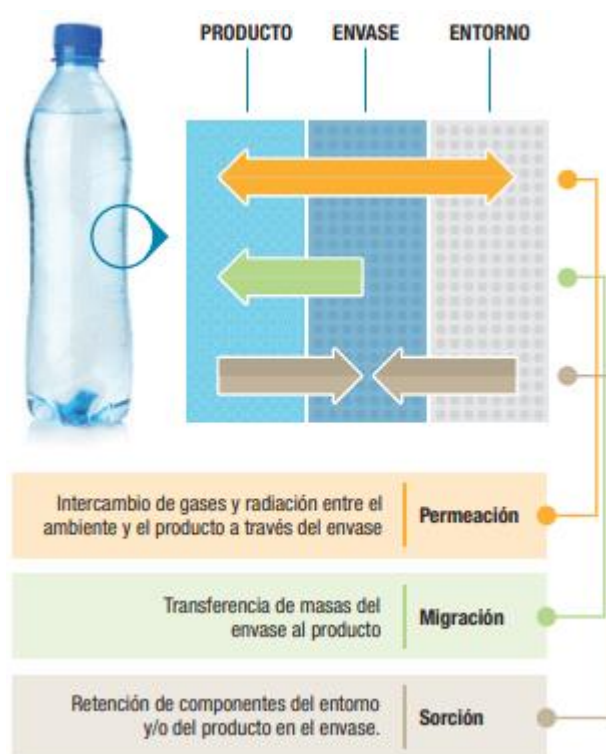





Figura 1. Migración de materiales plásticos

Fuente: (AINIA, 2015)

La migración o lixiviación de los componentes tóxicos de los envases plásticos a los alimentos dependen del tamaño y peso molecular, puesto que entre más grandes son las moléculas, el porcentaje de migración es más lento. Por el contrario, las moléculas pequeñas como los monómeros migran con mayor velocidad a diferencia de los oligómeros, cabe resaltar que los oligómeros de peso molecular inferior a 1000 Da son importantes debido a su grado de toxicidad (Ubeda et al., 2020); sumado esto las variables que también influyen en la lixiviación son las diferentes propiedades de los envases y alimentos, condiciones de almacenamiento, temperatura “a mayor

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

temperatura o cambio termodinámico repentino y tiempo de exposición, aumenta la lixiviación de componentes tóxicos”.(Pilevar et al., 2019).

Los componentes antioxidantes más utilizados para la fabricación del PP son el hidroxitolueno butilado (BHT) y el propionato (Irganox), estos materiales son altamente volátiles, aunque se ha demostrado que la migración no supera los niveles establecidos, se ha revelado que en condiciones de exposición a la radiación por microondas, altas temperaturas y bajas temperaturas, los alimentos grasos son los más susceptibles a sufrir la migración de (BHT e Irganox), generando pérdidas organolépticas hasta el punto de causar irritaciones intestinales. Los valores de migración durante la exposición a la radiación por microondas alcanzaron 0,44 mg/L, seguido de la exposición a altas temperaturas logrando los 0,82 mg/L y por último la exposición a la congelación llegó a rondar los 0,42 mg/L similar a la exposición a la radiación por microondas. (Chang et al., 2019).




La magnitud presente de monómeros de (PS) en los envases y empaques varía entre 100 y 3000 ppm, estos parámetros son dependientes de la formulación para la fabricación; teniendo en cuenta el tipo de dímeros, antioxidantes, retardadores de llama, plastificantes, catalizadores, pigmentos y tintas. (Pilevar et al., 2019).

En alimentos con alto contenido de grasa ocasiona una mayor difusión de contaminantes volátiles que conforman el PS, tales como el etenilbenceno, 1-octeno, etilbenceno, propilo, metilbenceno, limoneno, entre otros. Los cuales son causantes de propiciar cambios organolépticos de los alimentos y potenciales cancerígenos. (Pilevar et al., 2019).

5.3 GENERALIDADES DE LOS BIOPOLÍMEROS

Los biopolímeros proceden de recursos renovables, categorizados en las siguientes etapas:

- Renovables: Caracterizados por la biomasa, encontramos polisacáridos y proteínas “Almidones y celulosa”
- Monómeros bio-derivados: Tales como los aceites vegetales y ácido poli-láctico (PLA).
- Sintetizado por microorganismos: Específicamente por bacterias en estado de fermentación de azúcares o lípidos, son los polihidroxialcanoatos (PHA). (Valero-Valdivieso et al., 2013).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

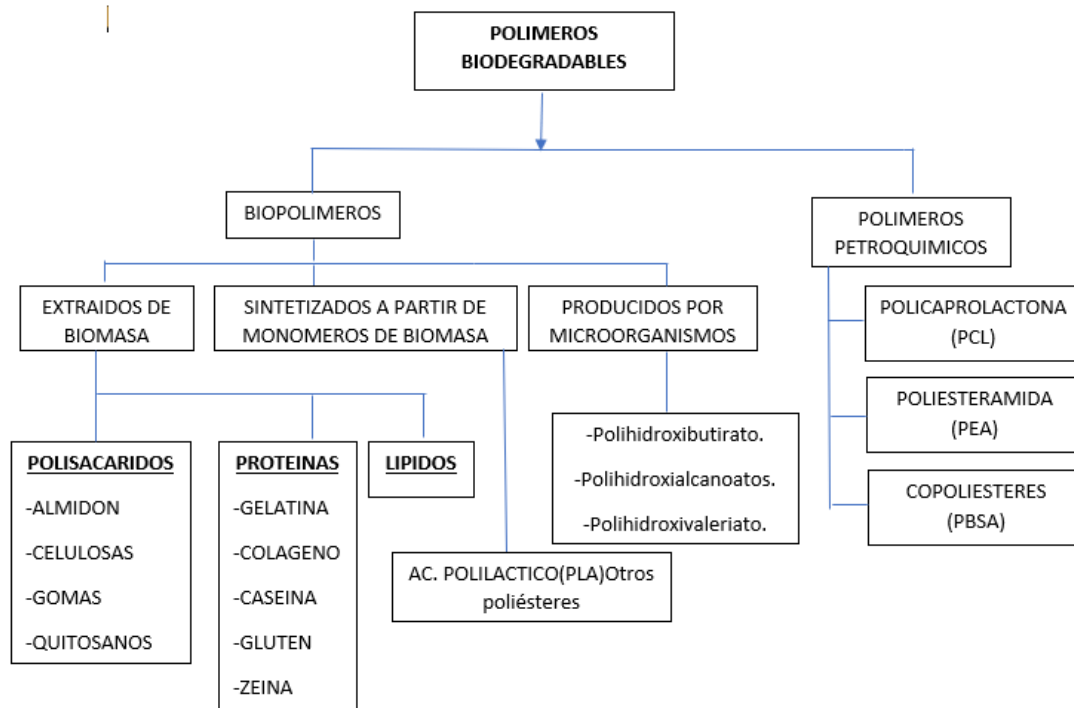





Figura 2 Clasificación de polímeros

Fuente: (Castro, 2016)

5.3.1 Cambios moleculares de los biopolímeros.

Generalmente los biopolímeros, experimenta cambios moleculares en ambientes propicios, los cuales, se clasifican de acuerdo con su tipo de degradación:

- Biodegradables: Degradación por acción en presencia de microorganismos como: bacterias, hongos, algas, entre otros. Convirtiéndose en dióxido de carbono CO₂, agua desmineralizada H₂O en medio aeróbico y metano CH₄ en medio anaeróbico.
- Fotodegradables: Degradación por acción de los rayos ultravioleta.
- Biodeteriorables: Degradación por acción de organismos como gusanos e insectos.
- Hidrolíticos o solubles: Degradación por acción del agua, por medio de una ruptura de puentes de hidrógeno intermoleculares, reducción de peso molecular y pérdida de propiedades físicas.
- Biodigeribles: Degradación por acción del proceso de ingestión, digestión y desecho.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

5.3.2 Aplicaciones

Biopolímero	Aplicaciones
Polimetacrilato	Utilizado como material biomédico, aplicados para reparar la córnea humana.
Ácido poliláctico (PLA)	Prótesis vasculares, material que impide la coagulación de la sangre.
Politerpenos	Aplicación dentro del organismo, pasa de ser permanente a temporal.
Polimetilmetacrilato (PMMA)	Elaboración de dientes artificiales, cemento óseo, lentes intraoculares.
Polisacáridos Y Ácidos nucleicos	El 75% de los polímeros de almidón se utilizan para fabricación de envases




Tabla 1 Tipos de biopolímeros usados como biomateriales compatibles con el organismo humano.

Fuente:(Piña, 2007)

Los biopolímeros más estudiados son a base de almidones, los almidones son polímeros potencialmente compostable, están compuestos por una mezcla característica “amilosa (molécula lineal) y amilopectina (molécula ramificada)”. Los almidones se caracterizan por contener aproximadamente 25% amilosa, 75% amilopectina, para la elaboración de biopolímeros de alta calidad en temas de embalaje, se usa una correspondiente mezcla de almidones con poliésteres alifáticos, como el ácido poliláctico (PLA) aumentando su resistencia mecánica. (Valero-Valdivieso et al., 2013).

5.4. LA YUCA Y SU ALMIDÓN.

La yuca (*Manihot esculenta* Grantz) es una planta originaria de América del Sur, usada principalmente para el consumo tanto humano como animal y en un pequeño porcentaje para la obtención de almidón y otros usos industriales (Pernett, 2015). El uso de esta planta se caracteriza por el consumo de su raíz, en la que se acumulan gran cantidad de componentes, entre ellos el almidón, que es la forma natural como la planta almacena energía por asimilación del carbono atmosférico mediante la clorofila presente en las hojas. El almidón puede encontrarse además en otras raíces, frutos,

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

semillas, tubérculos e incluso en bacterias que lo generan como mecanismo de defensa ante situaciones de estrés presentes en su medio. (Aristizábal & Sánchez, 2010).

Siguiendo con los lineamientos de los objetivos propuestos, se escoge el almidón de yuca como el biopolímero base para la elaboración de una película plástica. Las investigaciones llevadas a cabo por el sistema de apoyo a la agricultura de la FAO (Food and agriculture organization); en la que se promueven las raíces de yuca como materia prima para la obtención de un almidón de excelente calidad a un bajo costo. Es un incentivo para los países en vías de desarrollo, entre ellos Colombia donde el cultivo de este tubérculo es muy común. (Almario & Durango, 2018).




En comparación con los almidones obtenidos de casi todas las plantas, el almidón de yuca es más claro, tiene mayor viscosidad y es muy estable en los productos alimenticios ácidos. Igualmente tiene propiedades óptimas para su uso en productos farmacéuticos y termoplásticos naturales. (Aristizábal & Sánchez, 2010).

El almidón de yuca puede clasificarse como agrio y nativo (dulce). El almidón agrio sufre un proceso de fermentación que le otorga propiedades deseables para los alimentos; el almidón nativo o dulce es sometido a un proceso de fermentación, y es el que se usa generalmente en la industria. El almidón es un polímero natural cuyos gránulos consisten en estructuras macromoleculares ordenadas en capas y cuyas características en cuanto a composición, cantidad y forma varían de acuerdo con el tipo de fuente de la que provenga. (Waddell, 2013).

Los gránulos de almidón están compuestos por capas externas de amilopectina y capas internas de amilosa, cuya proporción es variable dependiendo de la fuente del almidón. Su composición química es la de un polisacárido formado únicamente por unidades glucosídicas, es decir, es una macromolécula formada por gran cantidad de moléculas de glucosa que se repiten. (Ruiz Avilés et al., 2009).

En el caso del almidón de yuca, su tamaño puede variar de 5 µm a 35 µm, su forma es entre redonda, achatada y su contenido de amilosa es alrededor del 17% (Villada & Acosta, 2011).

Figura 3 y 4 ilustran la estructura de la amilosa y la amilopectina (Ruiz Avilés, 2012).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)	Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	

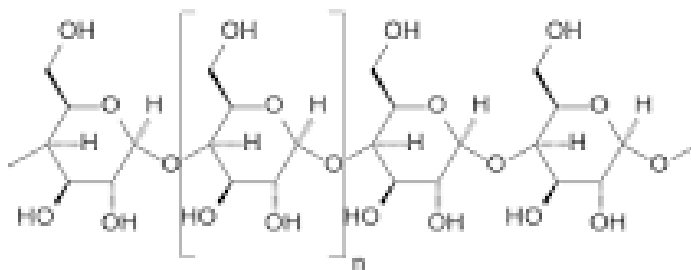


Figura 3 Estructura molecular de la amilosa

Fuente: (Ruiz Avilés, 2012).

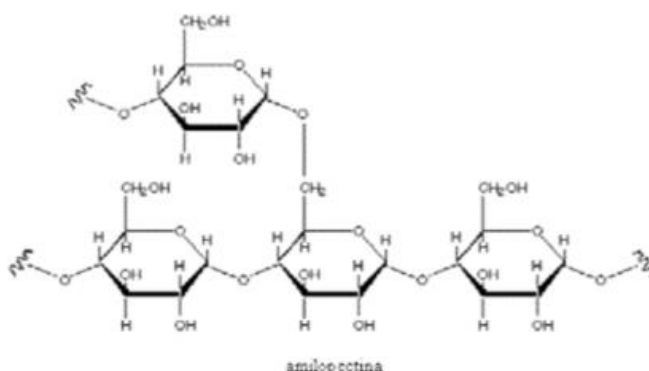





Figura 4 Estructura molecular de la amilopectina.

Fuente: (Ruiz Avilés, 2012).

Una de las principales propiedades del almidón nativo es su semicristalinidad, donde la amilopectina es el componente dominante de la cristalización en la mayoría de los almidones. La porción cristalina está compuesta por estructuras de doble hélice formadas por puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo en las cadenas lineales de la molécula de amilopectina y por cadenas externas de amilopectina unidas con porciones de amilosa. (Galego-Fernández & Rozsa-Galego, 2018).

De manera general, los almidones nativos poseen propiedades limitadas debido a que estos son susceptibles a altas temperaturas, PH, ácidos, presentan bajas resistencias a altos esfuerzos cortantes. Por todo lo anterior, es necesario recurrir a ciertas modificaciones físicas y/o químicas, para superar estos inconvenientes. En este sentido, se encuentran una amplia gama de aplicaciones industriales para los almidones modificados. Estas aplicaciones van desde utilización de almidones modificados para la industria de alimentos, como para aplicaciones no alimentarias como son la industria textil, del papel, farmacéutica, y sobre todo para la industria de

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

plásticos degradables, en donde los almidones modificados químicamente, tienen un papel importante como una alternativa para el mantenimiento del equilibrio ecológico. (Cinthy Rivera, 2014).

5.5. GENERALIDADES DE LOS FILMES Y REVESTIMIENTOS




Los polisacáridos que se utilizan en la elaboración de filmes y revestimientos, derivados de la celulosa (metilcelulosa MC, hidroximetil celulosa HMC, hidroxipropil metilcelulosa HPMC y carboximetilcelulosa CMC), el almidón, quitosano, alginato, carragenina, pectina, pululana, entre otros (Cagri et al., 2010). Dentro de los polisacáridos el almidón es el biopolímero natural más empleado. El uso del almidón puede ser una interesante alternativa para filmes y revestimientos debido a su fácil procesamiento, bajo costo, abundancia, biodegradabilidad y fácil manipulación (A. Durango et al., 2011). Las fuentes principales de almidón utilizadas en la elaboración de filmes y revestimientos son el maíz, yuca, ñame, papa, trigo, etc.

La demanda de películas biodegradables para empaque y embalaje viene aumentando también en función del aumento del costo de la resina del petróleo. (Cinthy Rivera, 2014).

En Colombia, se han realizado estudios asociados a desarrollos biotecnológicos para la producción de biopolímeros con materias primas basadas en la papa, yuca y el fique. Estas investigaciones constituyen las bases de una industria naciente, por ahora plantean un referente de investigación y avance importante para el país. Recientemente, se han desarrollado investigaciones en el mundo para la transformación de residuos alimenticios, industriales y agrícolas constituyéndose en una nueva generación de Biopolímeros. (Goyena & Fallis, 2019).

5.6. ENVASES EN LA INDUSTRIA DE LOS HELADOS.

El helado es un producto susceptible a cambios termodinámicos, sobretudo en la etapa de transporte y almacenamiento final, ya que altera un factor principal que es el tamaño de los cristales de hielo debido al fenómeno de recristalización “efecto de inestabilidad energética”, esto genera fluctuaciones en sus propiedades organolépticas, afectando sus componentes principales como lo son los probióticos y los prebióticos “microorganismos esenciales y estabilizadores”, esto hace que se minimice la vida útil del helado. (Leducq et al., 2015).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	




Una temperatura óptima de conservación para un helado es de -18°C a -23°C , durante el proceso de transporte ocurre un aumento de temperatura aproximado de 3°C a 8°C , la variación de temperatura depende del tipo de contenedor, el material aislante “embalaje” y el envase que contiene el producto. En la etapa de almacenamiento, sufre otro cambio termodinámico, con una variación de $\pm 3^{\circ}\text{C}$ de acuerdo a los ciclos de encendido y apagado del refrigerador. (Leducq et al., 2015).

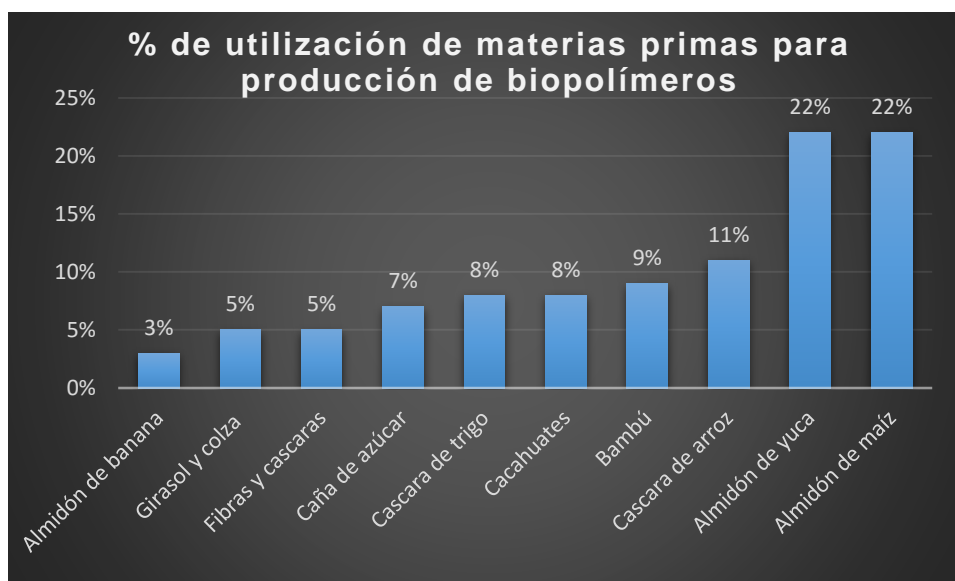
Las propiedades organolépticas, se ven afectadas también por la migración de compuestos químicos según la composición y el tipo de envase o empaque a emplear. La migración de materiales se desarrolla en condiciones de estrés mecánico, rayos uv, microorganismos, agua, gas, compuestos activos, fricción y desgaste.

Según los límites globales de migración componentes permitidos por el ministerio de salud y el INVIMA, para envases y empaques plásticos es de 50 mg/kg o en su defecto la migración permitida será de 8 mg/dm^2 , donde se evalúa la sumatoria de concentraciones de plomo (Pb), cadmio (Cd), Mercurio (Hg) y cromo hexavalente (Cr VI), no deberá superar los 100 mg/kg (Muñoz, Jennifer & Santos, 2019).

5.7. ANÁLISIS DE BIOPOLÍMEROS QUE LOGREN SUSTITUIR A LOS POLÍMEROS DE ORIGEN FÓSIL

Los biopolímeros pueden provenir básicamente del PLA y PHA, de origen animal o vegetal; pero para considerarse un Biopolímero propiamente dicho, deben provenir de materias primas vegetales renovables, como la soja, papa, yuca, algodón, tabaco, etc., siendo la materia prima más utilizada el almidón. El siguiente gráfico muestra el porcentaje de utilización de las distintas materias primas posibles. (Reyes, 2020)

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	



Gráfica 1 Materias primas para producción de biopolímeros




Fuente:(Reyes, 2020)

Actualmente, las capacidades productivas de estos polímeros son muy inferiores a las de los polímeros derivados del petróleo, por lo que aún es difícil que se den producciones a gran escala de biopolímeros (Reyes, 2020). Sin embargo, en principio no habría que cambiar las tecnologías de fabricación de envases convencionales para fabricar envases con biopolímeros, ya que se utilizan las mismas líneas de producción.

5.7.1. Propiedades para la elaboración de empaques:

La viabilidad de la utilización de los biopolímeros en empaques depende de las características intrínsecas del plástico fabricado y del uso que se le vaya a dar. Estas son:

- Barrera al aire (oxígeno)
- Barrera frente a la humedad o vapor de agua
- Propiedades térmicas
- Propiedades mecánicas
- Migraciones
- Contaminación microbiana.
- Resistencia a la penetración de microorganismos en los envases.
- Resistencia al agua (impermeabilización).(Reyes, 2020)

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	




Entre las propiedades de mayor importancia para la industria alimenticia se encuentran las propiedades mecánicas, tales como la resistencia a la ruptura, resistencia al impacto y los coeficientes de fricción de los materiales usados como empaques. El segundo tipo de propiedades a ser analizadas son las propiedades de barrera, centrándonos en la permeabilidad al vapor de agua, como varía con la temperatura y como afecta la vida útil del producto empacado. (Quintana et al., 2007).

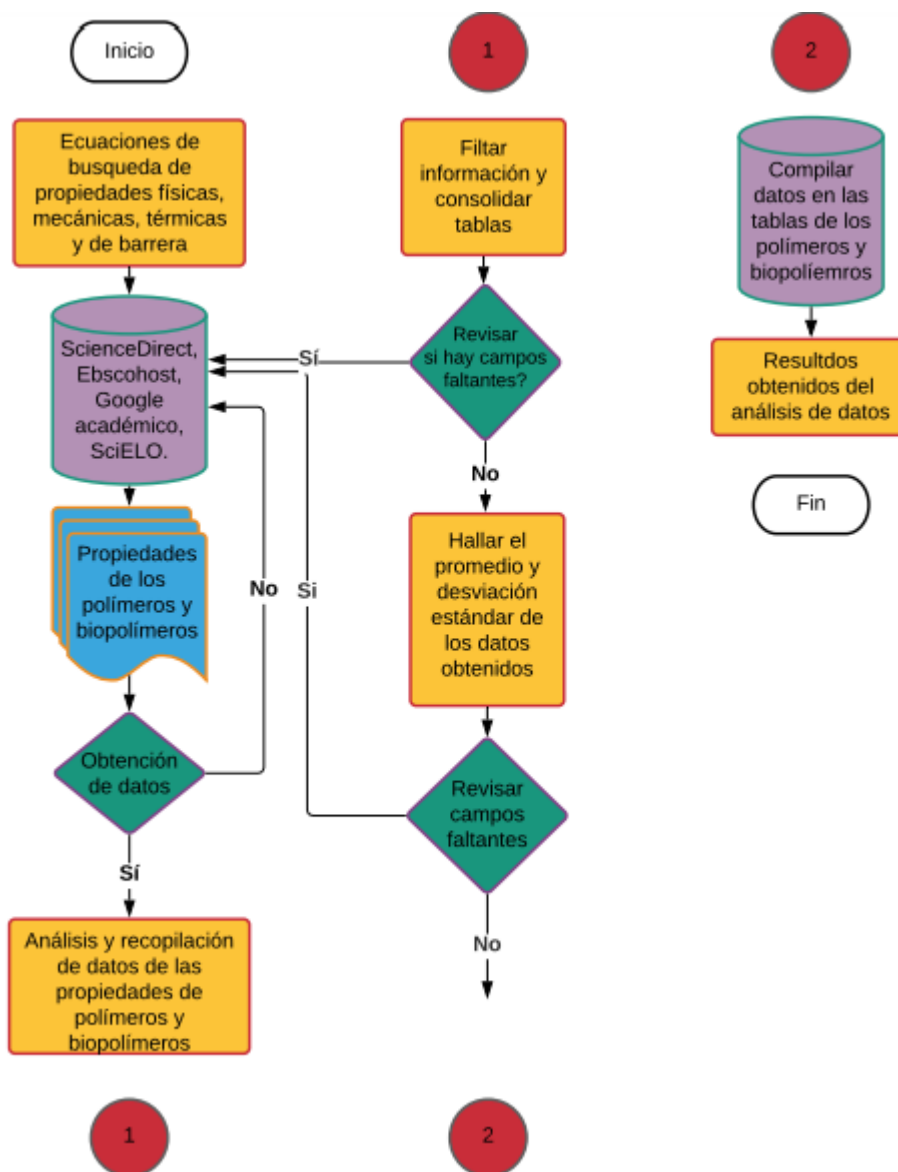
Las propiedades mecánicas y de barrera al vapor de agua nos permiten establecer un diseño básico para establecer durabilidad de alimentos en diferentes ambientes en empaques flexibles. La selección de un material adecuado para empacar alimento no sólo depende de los requerimientos del mismo, sino también de las condiciones de almacenamiento y transporte. Se puede escoger materiales que cumplan con los requisitos mínimos para reducir costos o tiempos de duración antes del consumo no necesitan tiempos largos en perchas. (Ruiz Avilés et al., 2009).

6. DISEÑO METODOLÓGICO

6.1. PROCESO DE BÚSQUEDA DE INFORMACIÓN

En el siguiente mapa de procesos, se observa la secuencia de búsqueda de la información para la obtención de los datos de las propiedades físicas, mecánicas, térmicas y de barrera, el cual permitirá ejecutar el análisis para determinar que biopolímero puede lograr características similares a los polímeros de origen petroquímico.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	






Gráfica 2 Proceso de búsqueda de información




Fuente: Elaboración propia

6.2. ECUACIONES DE BÚSQUEDA.

Biopolímeros AND Bioplásticos AND Polímeros naturales Compostable OR Biodegradable.	Plásticos OR Polímeros.
---	-------------------------

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Yuca OR Mandioca.	PET AND PEAD AND PVC AND PEBD AND PP AND PS AND Other.
Almidón de yuca OR Tubérculos OR Almidón de papa OR Almidón de Maíz.	Clasificación de plásticos OR Properties of polymers.
Polímeros Comestibles OR Polímeros Biodigeribles.	Propiedades de barrera de los plásticos AND Propiedades de los materiales plásticos.
Clasificación de bioplásticos OR Properties of biopolymers.	"propiedades mecánicas de los polímeros" +"Plásticos"
Almidón termoplástico OR Polímero de base biológica.	Migration packaging food.
Properties of cassava starch	Migration packaging food of polypropylene barrier properties AND polyethylene terephthalate OR PET
Properties of cassava starch.	Barrier properties AND low density polyethylene OR LDPE plastic.
Thermoplastic starch barrier properties "Barrier	"Coeficiente de fricción" +"LDPE"
properties" +"cassava starch composite films".	Barrier properties AND polyethylene terephthalate OR PET
"Barrier properties"+"POLIHIDROXIBUTIRATO"	Barrier properties AND low density polyethylene OR LDPE plastic
"Mechanical properties" +"POLIHIDROXIBUTIRATO"	
Barrier properties PLA films.	
"Gas permeability" +"barrier properties" +"polyhydroxybutyrate".	

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

"Thermal properties" + "polyvinyl alcohol".	
"Barrier properties" + "Gas Permeability" + "polyvinyl alcohol".	
"Physical properties" + "polyhydroxyalkanoates".	

Tabla 2 Ecuaciones de búsqueda

Fuente: Elaboración propia

6.3 CARACTERIZACIÓN DE POLÍMEROS CONVENCIONALES Y NATURALES




El proceso para la obtención de los datos de las propiedades físicas, mecánicas, térmicas y de barrera de los polímeros, biopolímeros y almidones termoplásticos, tienen como punto de referencia las ecuaciones de búsqueda, las cuales nos permitieron relacionar las palabras más relevantes para poder ser aplicadas a las bases de datos como: ScienceDirect, Ebscohost, Google académico y Scielo.

De acuerdo a los resultados encontrados en las distintas bases de datos, se realizó una serie de filtros de información de las propiedades que llegaron a ser evaluadas en un envase, acorde a sus comportamientos físicos, mecánicos, térmicos y de barrera. Los datos hallados fueron compilados en una hoja de cálculo **Anexo 1** el cual fue segmentado de acuerdo al tipo de polímero, biopolímero y almidón termoplástico, una vez hallado la mayor cantidad de datos, se procedió a obtener un dato promedio y una desviación estándar del comportamiento de las distintas propiedades.

Finalmente, esta serie de datos se analizaron con el fin de determinar cuáles son los valores óptimos que deberían poseer los envases biodegradables, para que puedan competir de manera directa con las propiedades de los polímeros de origen fósil.

6.4 AJUSTE DE LA FORMULACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA NATIVO

Se compararon las propiedades de los biopolímeros con respecto a la de los polímeros tradicionales como el PP y el PS. De acuerdo a esto, se evaluaron seis posibles biopolímeros de diferente origen, los polisacáridos, las proteínas, el PLA, el PVA, el PHA y el PHB en el que finalmente se definió trabajar con los biopolímeros de tipo polisacárido que segmenta lo que son

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

almidones, celulosas y quitosanos, debido a que se concluyó que es el mejor biomaterial en términos de degradabilidad y ciertas propiedades.

Una vez se definió esto, procedimos a determinar cuál fuente de almidón sería la más idónea para la obtención de un biopolímero, así que estudiamos tres posibles fuentes de almidón, teniendo en cuenta la facilidad de adquisición tanto monetaria como logísticamente, estos fueron la Papa (*Solanum tuberosum*), el maíz (*Zea mays*) y la yuca (*Manihot esculenta*). Como resultado de un análisis estadístico concretamos el uso del almidón de yuca como materia prima base, debido a que es una fuente natural renovable, abundante en Colombia y de bajo costo.




La formulación se planteó a partir del análisis de las referencias obtenidas (Pérez-Vergara et al., 2020), (Toro, 2017), (Carballo Cuevas, 2017), (Mina, 2012), (Zhao et al., 2019), (Tamyris de Souza, 2019), (Edhirej et al., 2017), (Bergo et al., 2010), (Llanos & Tadini, 2018), (Reinaldo et al., 2021), (Acosta, 2014), (Ayala, 2014), (Huang et al., 2020), (Souza et al., 2012), (Oluwasina et al., 2019), (Galus & Kadzińska, 2019), (Kurek et al., 2014), (Trejo et al., 2015), (Taqi et al., 2014), (Belibi et al., 2013).

Después de definir cuál sería nuestra materia prima base “almidón de yuca”, se determinó el uso necesario de plastificantes “glicerol, H₂O”, reactivos “quitosano, extracto de propóleo en etanol” y aditivos “cáscara de uva” para la obtención de un biopolímero que pueda ser usado para la elaboración de envases, cumpliendo con el comportamiento de un envase plástico convencional.

Para la dosificación se analizó el porcentaje de reactivos y aditivos que confieren propiedades termoplásticas al almidón de yuca, estos datos se ingresaron en una hoja de cálculo para obtener el promedio y la desviación estándar, posteriormente se realizó la descripción del proceso productivo para la elaboración de una película plástica biodegradable, con el fin de conocer el flujo de materiales requeridos para una producción a escala de laboratorio.




6.5 COSTEO PARA LA PRODUCCIÓN DEL BIOPOLÍMERO MODIFICADO

Para la obtención de los costos, partimos de la clasificación de productos necesarios para la elaboración de un envase biodegradable, como: ácido acético, agua destilada, almidón de yuca, extracto de propóleo en etanol, glicerol puro, cáscara de uva en polvo y quitosano; los cuales fueron cotizados con diferentes proveedores y distribuidores, relacionando los

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

valores en las Tablas 20 y 21 los diferentes costos y así analizar la mejor opción de compra y con dicha información recolectada calculamos el proceso productivo.

También se cotizaron los polímeros peletizados de PP, PS y almidones termoplásticos, los cuales se encuentran en las Tablas 22 y 23, con la finalidad de comparar los precios de estos materiales con respecto al valor obtenido de la fabricación del biopolímero formulado. Adicionalmente se cotizó la maquinaria para laboratorio en las Tablas 24 y 25 .

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

7. RESULTADOS

Los resultados presentados en este trabajo y de acuerdo a las investigaciones, el punto de referencia para cumplir con la funcionalidad de un empaque plástico tradicional de helados, serán los polímeros de PP y PS, se evaluaron las propiedades físicas, mecánicas, térmicas y de barrera con respecto a los polímeros de PET, PEAD, PVC, PEBD.



7.1. POLÍMEROS:

7.1.1. Propiedades físicas		PET		PEAD		PVC		PEBD		PP		PS	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Densidad	g/cm³	1,348	0,04	0,955	0,019	1,38	0,130	0,932	0,017	0,903	0,009	1,06	0,026
Índice de oxígeno límite	%	23,000	2,83	17		42		17		17,75	0,354	19	
Absorción de agua	%	0,088	0,06	0,010		0,618	1,062	0,015		0,02		0,4	
Índice de refracción		1,610	0,04	1,540		1,54		1,51		1,49		1,595	0,007
Inflamabilidad		HB		HB		V0		HB		HB		HB	

Tabla 3 Propiedades físicas de los polímeros

Fuente:(Crawford & Martin, 2020), (López & Rojas, 2018), (El-Gamal & Elsayed, 2020), (Rockwell & A, 2015), (Mariano, 2011).

Los polímeros con posibles características al PP y al PS, son el PEAD y el PEBD, ya que los valores de su densidad como de absorción de agua son los ideales para las condiciones de almacenamiento, debido al entorno húmedo al cual se ve expuesto el envase, sumado a la manipulación frecuente; Por otro lado el PVC presenta un índice de inflamabilidad (V0) “El fuego se

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	



extingue en 10 segundos sin realizar goteos” (Buezas Sierra & AIMPLAS, 2010) siendo favorable, sin embargo su densidad y absorción de agua no son las adecuadas para comportarse como un envase.

7.1.2. Propiedades mecánicas		PET		PEAD		PVC		PEBD		PP		PS	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Coefficiente de fricción	N/mm²	0,5	0,361	0,29		0,013	0,0032	0,542	0,65	0,1833	0,1		
Resistencia tracción	MPa	65,39	12,58	28,02	7,45	48,3	12,75	19,67	10,5	33,43	5,56	51,333	25,3
Elongación a la ruptura	%	84,54	122,8	530,2		43	27,29	514	272	391,1	217	1,7	0,56
Módulo de elasticidad	GPa	3,283	1,395	1,25	0,3	2,92	0,598	0,22	0,11	1,16	0,3	3,133	0,91
Resistencias al impacto	kJ/m²	0,025	0,0152	0,115	0,13	7,01	7,61	1		0,06	0,06	0,022	0,004
Resistencias a la compresión	MPa	51,24	62,34	1,505		22,3	23,27			0,8	0,57	0,4	0,07

Tabla 4 Propiedades mecánicas de los polímeros

Fuente: (Al-Jabareen et al., 2013), (Díaz et al., 2009), (El-Gamal & Elsayed, 2020), (Crawford & Martin, 2020), (M. Beltrán & A. Marcilla, 2011), (Niazmand et al., 2020), (Amjadi & Fatemi, 2021), (Mariano, 2011), (Barrios-Hernández, 2014), (López & Rojas, 2018), (Peláez Romero, 2012), (Rockwell & A, 2015).



De acuerdo con los datos de la Tabla 4 se logra determinar que de los 6 polímeros estudiados, el que mejor presenta un coeficiente de fricción ejemplar es el PVC, al ser bajo con 0,013 N/mm² esto lo hace más deslizante al contacto con otras

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

superficies minimizando el desgaste por fricción, sin embargo el PET demuestra mejores propiedades en relación a la resistencia a la tracción con un (65,39 MPa), un módulo de elasticidad de (3,283 GPa) y una resistencia a la compresión de (51,24 MPa). Cabe resaltar que el PEBD y el PEAD presentan una elongación de ruptura bastante alta al llegar hasta un 530% convirtiéndolos así en polímeros difíciles de romper al someterlos a una fuerza de estiramiento superior en comparación con los otros materiales.

7.1.3. Propiedades térmicas		PET		PEAD		PVC		PEBD		PP		PS	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Punto de fusión	°C	257,1	9,026	130,67	7,03	195	30,92	120,4	13,4	166,05	7,73	100	21,8
Punto de reblandecimiento	°C	123	8,718	122	23,8	78	2,828	90	14,1	145			
Transición vítrea	°C	74,25	4,573	- 121,3	9,42	109	5,508	-60	42,6	-15	5	100	
Calor específico	kJ/Kg*K	1,183	0,176	2,05	0,21	1,14	0,263	2,133	0,21	1,867	0,15	1,25	0,07
Coefficiente de Expansión Térmica	($\times 10^{-6} \cdot K^{-1}$)	63,33	37,86	140	52,9	81,7	16,07	150	70,7	140	56,6	106,7	92,9
Conductividad térmica (23°C)	$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$	0,25	0,132	0,407	0,14	0,18	0,047	0,285	0,06	0,173	0,06	0,127	0,03



Tabla 5 Propiedades térmicas de los polímeros

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Fuente:(El-Gamal & Elsayed, 2020), (Savas et al., 2018), (Barrios-Hernández, 2014), (Elaplas, 2017), (Crawford & Martin, 2020), (Rockwell & A, 2015), (Mariano, 2011), (Muhammadi et al., 2015).

De acuerdo a la investigación realizada, se determinó que la expansión térmica ideal la posee el PEBD, PP y PEAD, esta característica evita posibles deformaciones del envase al ser sometido a altas temperaturas; sin embargo el PET y el PVC se encuentran en escenarios totalmente diferentes ya que el punto de fusión de estos es mucho más alto con respecto al PS y el PEBD. Por otro lado, el polímero que demuestran tener una cercana tolerancia a la transferencia de energía es el PVC sin embargo no es óptimo.

7.1.4. Propiedades de barrera		PET		PEAD		PVC		PEBD		PP		PS	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Permeabilidad a los gases CO₂	cm³/m²	1,03		42,333	21			11,367	6,92				
Permeabilidad a los gases O₂	cm³/m²	5,833	8,904	725,9	775	1,2		55		304,7	317	11	
Permeabilidad a H₂O	cm³/m²	1300		130		1560		800		680		1200	
Coefficiente de permeabilidad al vapor	g/m²	22,5	10,61	5,117	6,11	3	2,828	17,5	3,54	5,157	2,77	120	

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Factor de transmisión de oxígeno	cm³/m²	34,78	59,61	917,3	1402	3,5	2,784	4126	6056	3133,3	2579	3433,7	3885
---	-------------------------------------	-------	-------	-------	------	-----	-------	------	------	--------	------	--------	------



Tabla 6 Propiedades de barrera de los polímeros

Fuente: (Al-Jabareen et al., 2013), (Shabaev et al., 2017), (Niazmand et al., 2020), (Majeed et al., 2016), (Zehetmeyer et al., 2013), (Sangroniz et al., 2019), (Flaconneche et al., 2001), (Beeva et al., 2015).

Considerando la importancia de la permeabilidad a los gases de CO₂ y O₂ se puede observar en la anterior Tabla 6 que el PEAD demuestra tener un mayor índice de resistencia a dichos gases con respecto a los demás polímeros, sumado a esto, el material que cumple con el requerimiento de permeabilidad al O₂ es el PP el cual resulta bastante útil ya que es menos susceptible a la exposición de dicho gas. La permeabilidad al H₂O es una de las propiedades más importantes en la elaboración de envases y los materiales que ofrecen menor resistencia son el PVC, PET y PS superando los 1.000 cm³/m² lo que quiere decir es que son polímeros expuestos a la filtración, al contrario del PEAD que cuenta solo con 130 cm³/m². Así mismo, teniendo en cuenta los parámetros para que un envase sea funcional en términos de permeabilidad al vapor, se determinó que el PS es el material óptimo en factor de permeabilidad debido a su alta resistencia al vapor.

7.1.5. Análisis de Polímeros

Con base en lo anteriormente expuesto y considerando las propiedades más relevantes a la hora de fabricar un envase para helado, tomamos como referentes el PP y el PS debido a que son polímeros muy usados en la industria, sus características físicas, mecánicas, térmicas y de barrera cumplen con el requerimiento para garantizar un envase funcional y adaptable a su ciclo de uso, por lo tanto, analizando dichas características se logró definir que los polímeros fósiles semejantes al PP y el PS son el PEBD y el PEAD. Este primero cuenta con una baja densidad y una absorción de agua idónea, también ofrecen una elongación a la ruptura de las más altas en comparación a los demás polímeros, por otro lado, poseen un valor de expansión térmica adecuado dependiente en gran parte por su calor específico, esto evita que el material sufra de alteraciones al ser



	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

sometido a un choque termodinámico. Finalmente, al revisar las propiedades de barrera se determina que los índices de permeabilidad al O₂, CO₂ que mejor se adaptan al requerimiento de un buen envase las ofrece el PEAD.

7.2. BIOPOLÍMEROS:

Los datos obtenidos sobre las propiedades de los biopolímeros que a continuación se muestran, nos permite comprender el comportamiento de los biomateriales de acuerdo a su origen, de esta manera se logró determinar qué categorías de biopolímeros se asemejan a las propiedades de los polímeros de origen petroquímico convencionales como lo son el PP y PS, siendo los más comunes en la industria de los envases.

7.2.1. Propiedades físicas		POLISACARIDOS (Almidón, celulosas, quitosanos)		PROTEINAS (Gelatina, colageno, gluten, zeina)		ACIDO POLILACTICO (PLA)		ALCOHOL POLIVINILICO (PVA)		POLIHIDROXI ALCANOATOS (PHA)		POLIHIDROXIBUTIRATO	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Densidad	g/cm ³	1,163	0,423	1,433	1,874	1,223	0,096	1,410	0,498	1,225	1,2125	1,22667	1,222778
Índice de oxígeno límite	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Absorción de agua	%	6,130	5,831	48,250	2,630	0,100	-	94,783	36,012	-	-	2,25	2,375

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	



Índice de refracción	41,92 0	57,17 7	1,233	0,137	-	-	-	-	-	-	-	-
Inflamabilidad	Baja		-	-	Baja						-	-

Tabla 7 Propiedades físicas de los biopolímeros

Fuente: (Gómez López, 2013), (Reyes Torres, 2019), (Toro, 2017), (Mina, 2012), (Tamyris de Souza, 2019), (Edhirej et al., 2017), (Ferrás Negrín, 2016), (P. Bergo et al., 2010), (Reinaldo et al., 2021), (Salazar, 2017), (P. V. A. Bergo et al., 2006), (Taqi et al., 2014), (Tongdeesoontorn et al., 2012), (Abdullah et al., 2019), (Gómez-Aldapa et al., 2020), (Mo et al., 2014), (Cazón et al., 2018), (Zhang et al., 2019), (Garrido Miranda, 2018), (dos Santos et al., 2017), (Magalini, 2016), (Pascual Insa, 2016), (Jost, 2018), (Shankar et al., 2019), (Nuvoli et al., 2021), (J. Zhu et al., 2020)

De acuerdo a los datos presentados en la Tabla 7 el biopolímero que más se asemeja al PP con respecto a la densidad del material son los polisacáridos, presentando una diferencia de 0,26 g/cm³, pero cabe aclarar que el material con mejor característica frente a la baja absorción de agua es el PLA con una diferencia de 0.08% con respecto al PP, sumado a esta información ambos materiales presentan una baja inflamabilidad.




7.2.2. Propiedades mecánicas		POLISACARIDOS (Almidón, celulosas, quitosanos)		PROTEINAS (Gelatina, colageno, gluten, zeina)		ACIDO POLILACTICO (PLA)		ALCOHOL POLIVINILICO (PVA)		POLIHIDROXI ALCANOATOS (PHA)		POLIHIDROXI BUTIRATO	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Coefficiente de fricción	N/mm²	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Resistencia tracción	Mpa	20,62 79083	12,68 4223	34,0 1375	5,954 1941	57,072 7273	12,31 8	56,17 394	39,35 565	32,17 92	10,25 9103	27,72 49	26,69 057
Elongación a la ruptura	%	58,53 95	25,20 5398	42,5 1	25,10 6643	5,0177 781	3,401 6	35,30 351	35,81 411	5,099 17	1,133 5052	6,459 55	7,039 496
Módulo de elasticidad	GPa	19,59 15	13,90 3315	0,48 8813 8	0,606 0045	3,0249 2654	0,781 7	0,735 906	0,926 566	2,334 17	1,443 3578	2,203 13	2,349 766
Resistencias al impacto	kJ/m²	261,2 43687	19,45 4365	-	-	11,129 8445	8,659 3	5,587 943	-	65	32,78 7193	17,96 29	19,33 755
Resistencias a la compresión	Mpa	-	-	-	-	57,5	17,67 8	5,566 667	5,609 219	-	-	-	-




Tabla 8 Propiedades mecánicas de los biopolímeros

Fuente: (Reyes Torres, 2019), (Carballo Cuevas, 2017), (Mina, 2012), (Zhao et al., 2019), (Reinaldo et al., 2021), (Flores et al., 2020), (Acosta, 2014), (Ayala, 2014), (Souza et al., 2012), (Oluwasina et al., 2019), (Syafiq et al., 2020), (Boonsuk et al., 2021), (Manepalli & Alavi, 2019), (Tongdeesoonorn et al., 2012), (Laufer, 2019), (Belibi et al., 2013), (Espinoza & Puglisevich, 2017), (Cazón et al., 2020), (Razmjoo et al., 2021), (Cazón, Velázquez, et al., 2019), (Cazón, Velázquez, et al., 2019), (Nan et al., 2016), (dos Santos et al., 2017), (Magalini, 2016), (Kovalcik et al., 2015), (Nery et al., 2018), (Reis et al., 2015), (Oliveira et al., 2013), (Keskin et al., 2017), (Yang et al., 2010), (Rech et al., 2021), (Ramirez, Laura & Sánchez, 2019), (Gorrasi et al., 2014), (Jamshidian et al., 2012), (Pantani et al., 2013), (Costa et al., 2019), (Singh et al., 2015), (Ntaikou et al., 2018), (Mármol et al., 2020), (Lemos & Mina, 2015), (Nigmatullin et al., 2015), (W. Wang et al., 2018), (Leite et al., 2021), (Li et al., 2020), (Syahida et al., 2020), (Shankar et al., 2019), (Moula Ali et al., 2019b), (Moula Ali et al., 2019a), (Xia et al., 2019).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Los materiales con mejor resistencia a la tracción son el PLA y PVA, incluso llegando a superar al PS en 5,74 MPa y 4,84 MPa respectivamente, de acuerdo al porcentaje de elongación a la ruptura los polisacáridos supera en gran porcentaje al PS (58 a 1), pero no logra acercarse al PP ya que cuenta con uno de los índices más altos, en cuanto al módulo de elasticidad los polisacáridos presentan mejores condiciones que el PP y PS, esto se debe a la variedad en la fabricación del biomaterial así mismo se evidencia una desviación estándar de aproximadamente del 70% del valor presentado. Cabe resaltar que los polisacáridos son superiores a todos los biopolímeros y polímeros en cuanto a la resistencia al impacto con un nivel de disipación de energía de 261, 24 KJ/m².

7.2.3. Propiedades térmicas		POLISACARIDOS (Almidón, celulosas, quitosanos)		PROTEINAS (Gelatina, colageno, gluten, zeina)		ACIDO POLILACTICO (PLA)		ALCOHOL POLIVINILICO (PVA)		POLIHIDROXIALCANOATOS (PHA)		POLIHIDROXI BUTIRATO	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Punto de fusión	°C	156,38 15	13,0 6648	163,49 25	86,523 732	162,35 4545	15,471	210, 6658	25,4718 6	172, 6388	7,7685 4912	164,68 79	162,7 7391
Punto de reblandecimiento	°C	-	-	24,266	7,6492 732	85	-	60,2	-	-	-	-	-
Transición vítrea	°C	54,609 792	27,9 9334	47,718 75	5,6788 34	55,707 0707	10,023	77,2 7545	52,4234 3	25,2 125	25,678 9824	1,6937 5	1,280 4688
Calor especifico	kJ/Kg *K	17,4	5,23 259	43,845	3,5426 05	93,1	-	16,8 7778	9,47119 7	46,5 5	16,362 0496	74,106 5	70,22 78



	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Coeficiente de Expansión Térmica	(x10⁻⁶ K⁻¹)	83,8425	9,767299	11	1,4142136	0,39	0,0141	-	-	-	-	-	-
Conductividad térmica (23°C)	W*m⁻¹ K⁻¹	-	-	39,37	-	0,20207107	0,2658	-	-	0,15	-	-	-

Tabla 9 Propiedades térmicas de los biopolímeros




Fuente: (Reyes Torres, 2019), (Carballo Cuevas, 2017), (P. Bergo et al., 2010), (Flores et al., 2020), (Souza et al., 2012), (Laufer, 2019), (Farias et al., 2020), (Cazón et al., 2020), (Othman et al., 2011), (Monjazeb Marvdashti et al., 2017), (Nan et al., 2016), (Lin et al., 2016), (Giraldo Jaramillo et al., 2017), (Aydin & Ilberg, 2016), (Garrido Miranda, 2018), (Magalini, 2016), (Kovalcik et al., 2015), (Reis et al., 2015), (Keskin et al., 2017), (Rech et al., 2021), (Ramirez, Laura & Sánchez, 2019), (de Aguiar et al., 2021), (Gorrasi et al., 2014), (Carvacrol et al., 2016), (Jamshidian et al., 2012), (Pantani et al., 2013), (Singh et al., 2015), (Ntaikou et al., 2018), (Mármol et al., 2020), (Lemos & Mina, 2015), (Shankar et al., 2019), (Nuvoli et al., 2021), (J. Zhu et al., 2020), (Moula Ali et al., 2019b), (Moula Ali et al., 2019a), (López-Angulo et al., 2020), (Mardani et al., 2019).

Los polisacáridos presentan un coeficiente de expansión térmica excepcional con respecto a los biomateriales, a tal punto que presenta mejor comportamiento de expansión que el PVC; En cuanto al punto de fusión los biopolímeros presentan un promedio de 171 °C semejante a los polímeros convencionales el cual es 161 °C; de acuerdo al análisis comparativo los biopolímeros que mejor conductividad térmica poseen son los PHA y el PLA siendo estos de 0,15 y 0,20 respectivamente, los cuales se asemejan a los polímeros de PP y PS ya que estos cuenta con valores de 0,173 y 0,127 respectivamente, lo cual hace que estas características sean bastante favorables para el almacenamientos de los helados, garantizando la cadena frío, evitando la pérdida de energía calorífica; El alto nivel de aislamiento térmico del PLA se debe al calor específico que esté presenta, el cual este biomaterial es de 93,1 KJ/kg*°k, lo cual lo hace superior con respecto a todos los polímeros convencionales.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

7.2.4. Propiedades de barrera		POLISACARIDOS (Almidón, celulosas, quitosanos)		PROTEINAS (Gelatina, colageno, gluten, zeina)		ACIDO POLILACTICO (PLA)		ALCOHOL POLIVINILICO (PVA)		POLIHIDROXIALCANOATOS (PHA)		POLIHIDROXI BUTIRATO	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Permeabilidad a los gases CO ₂	cm ³ /m ²	28,6 3333 33	17,057 061	-	-	52,5	24,749	0	0	3	-	6,111 11	3,348 148
Permeabilidad a los gases O ₂	cm ³ /m ²	16,5 3058 33	20,774 714	5,3	1,2083 874	8,85312 5	9,2432	0,325	0,417 19	6	5,656 8542	4,592 67	5,181 2
Permeabilidad a H ₂ O	cm ³ /m ²	-	-	-	-	-	-	0	0	-	-	-	-
Coficiente de permeabilidad al vapor	g/m ²	5,45 0268 84	1,6624 629	1,20 75	0,5955 01	7,61484 849	4,1817	3,720 35	3,124 3	4,816	4,554 781	3,325	3,081 25
Factor de transmisión de oxígeno	cm ³ /m ²	-	-	-	-	19,3166 667	9,6944	1,334 56	0,786 64	-	-	86,15	85,67 5

Tabla 10 Propiedades de barrera de los biopolímeros



	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Fuente: (Pérez-Vergara et al., 2020), (Toro, 2017), (Zhao et al., 2019), (Tamyris de Souza, 2019), (Florencia et al., 2020), (L. Huang et al., 2020), (Souza et al., 2012), (Galus & Kadzińska, 2019), (Kurek et al., 2014), (Trejo et al., 2015), (Syafiq et al., 2020), (Manepalli & Alavi, 2019), (Taqi et al., 2014), (Belibi et al., 2013), (Cazón et al., 2020), (Razmjoo et al., 2021), (Abdullah et al., 2019), (Gómez-Aldapa et al., 2020), (Mo et al., 2014), (Cazón, Velázquez, et al., 2019), (J. Y. Huang et al., 2017), (Cazón, Velazquez, et al., 2019), (Q. Zhu et al., 2020), (Monjazebe Marvdashti et al., 2017), (Kim et al., 2018), (Zhang et al., 2019), (Kovalcik et al., 2015), (Keskin et al., 2017), (Arrieta et al., 2014), (Miao et al., 2019), (Aulin et al., 2013), (Rhim et al., 2007), (Gorrasi et al., 2014), (Carvacrol et al., 2016), (Svagan et al., 2012), (Jamshidian et al., 2012), (J. Wang et al., 2018), (Pantani et al., 2013), (Auras et al., 2014), (Naranjo Vasco, 2010), (T. Huang et al., 2020), (W. Wang et al., 2018), (Leite et al., 2021), (Li et al., 2020), (Syahida et al., 2020), (Shankar et al., 2019), (Moula Ali et al., 2019b), (Moula Ali et al., 2019a), (Xia et al., 2019), (Ciannamea et al., 2018), (López-Angulo et al., 2020), (Mardani et al., 2019).

Considerando la importancia de la permeabilidad a los gases de CO₂ el PHA presenta características favorables con respecto al grupo de polímeros fósiles ya que cuenta con una permeabilidad de 6,11 cm³/cm², con respecto a la permeabilidad al O₂ los polisacáridos cuentan con mejor comportamiento de barrera, aunque la desviación estándar tiende a superar este valor debido a la variedad de composiciones, sin embargo la permeabilidad al O₂ de los polisacáridos es mayor al del PS pero bastante inferior al PP ya que su comportamiento de barrera es de 304,7 cm³/cm²; En cuanto a la permeabilidad al vapor el PLA y los polisacáridos presentar un comportamiento de barrera en un rango de 3 g/m² - 8 g/m², similar a los polímeros fósiles a excepción del PS ya que este material cuenta con un factor muy alto.

7.2.5. Análisis de Biopolímeros

Los biopolímeros en general presentan un comportamiento relativo según su origen, por ejemplo los procedentes de microorganismos cuentan con una buena aleación de partículas que lo hacen un buen material en términos térmicos, sin embargo al ver su comportamiento mecánico no es muy favorable debido a su bajo porcentaje de elongación a la ruptura, de igual manera pasa con los biopolímeros sintetizados a partir de monómeros de biomasa como lo son las proteínas, la cual actúan de forma desfavorable como material en términos físicos debido a su alta densidad, también a su alta absorción de H₂O

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	




que lo hace poco viable considerando su exposición a bajas temperaturas y sumado a esto su bajo módulo de elasticidad la cual ofrece tan solo un 0.48 GPa , sin embargo su elongación a la ruptura alcanza los 42.51% siendo así uno de los más óptimos en términos mecánicos.

Como resultado, al observar los materiales extraídos de biomasa como lo son los polisacáridos (Almidón, celulosa y quitosano) se puede evidenciar el gran potencial que tiene como materia prima orgánica en la producción de envases biodegradables para helados, esto debido a que cuenta con una baja densidad con respecto a los biopolímeros en general, sin embargo no alcanza a ser un material muy favorable por sus propiedades físicas, exactamente por su absorción de agua siendo de 6% un valor bastante alto si se le compara con la absorción de agua del PP y el PS que es de 0,02% y 0,4% respectivamente.

Por otro lado , los polisacáridos demuestran tener un buen porcentaje de elongación a la ruptura superior al 50% convirtiéndolo en un material aceptable, pero su módulo de elasticidad y su resistencia al impacto, son propiedades que cuentan con un valor de 19,59 GPa y 261,24 kJ/m² respectivamente, clasificándose como un material apto mecánicamente. No obstante, sucede lo contrario con sus propiedades de barrera especialmente con su coeficiente de permeabilidad al vapor el cual es de 5,45 g/m² que si lo comparamos con el PP es similar, pero no es lo suficientemente óptimo si lo comparamos con otro biopolímero también de origen de biomasa como las proteínas, las cuales cuenta con una permeabilidad al vapor de 1,2 g/m² llegando a ser más satisfactorio que el PS

7.3. ALMIDONES TERMOPLÁSTICOS

Tanto el almidón como la fécula son materias primas de origen vegetal, sólidas y generalmente en polvo. Se utiliza para describir en esencia la misma sustancia genérica, el cual es un glúcido abundante en el reino vegetal, puesto que su función es generar reservas energéticas para el desarrollo posterior de la planta. Esta molécula compleja se encuentra presente en tallos, granos y tubérculos, es allí donde radica la diferencia entre estos dos términos. Cuando se extrae de cereales (granos) se denomina almidón de lo contrario se denomina fécula. (Holguin Cardona J, 2019).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	



El almidón, como se habló anteriormente se puede encontrar en todo el reino vegetal puesto que este hace parte de las reservas energéticas de las plantas las cuales permiten que esta crezca conforme pasa el tiempo. A nivel industrial las principales fuentes de obtención de esta materia prima son la yuca, maíz, trigo y papa. (Sierra et al., 2010).

7.3.1. Propiedades físicas		Yuca		Maíz		Papa	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Densidad	g/cm³	1,146	0,644	0,703	0,441	1,038	0,573
Absorción de agua	%	13,070	5,491	18,057	12,111	11,990	4,914

Tabla 11 Propiedades físicas de los almidones termoplásticos

Fuente: (Bergel et al., 2020), (Knitter & Dobrzyńska-Mizera, 2015), (Ren et al., 2018), (Wu et al., 2019), (Bergel et al., 2017), (Pastrana Gutiérrez, 2019), (Bergel et al., 2018), (Nandi & Guha, 2018), (Kahvand & Fasihi, 2020).

De acuerdo a los parámetros de referencia que presentan los polímeros fósiles, como el PP y PS; el almidón de maíz se destaca por poseer una densidad relativamente menor, lo cual es una característica óptima en relación a esta propiedad física pero es desfavorable en cuanto a su índice de absorción de agua ya que es el más alto entre los almidones termoplásticos y excesivamente alto si se compara con los polímeros de origen petroquímicos, por otra parte el almidón termoplástico que menor índice de absorción de agua tiene es la papa, pero aun así es un valor muy desfavorable debido a su alto porcentaje permeabilidad al agua. Por su parte el almidón de yuca presenta valores intermedios en cuanto a la absorción del agua sin embargo su densidad es la más alta posicionándolo como el menos favorable.



	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

7.3.2. Propiedades mecánicas		Yuca		Maíz		Papa	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Resistencia tracción	Mpa	4,584	3,355	5,748	4,922	6,126	3,511
Elongación a la ruptura	%	54,984	29,120	29,829	29,479	29,411	28,250
Módulo de elasticidad	GPa	36,958	28,838	76,453	42,477	39,313	20,828
Resistencias al impacto	kJ/m²	7,373	0,903	9,093	1,327	13,458	1,832

Tabla 12 Propiedades mecánicas de los almidones termoplásticos

Fuente: (Bergel et al., 2020), (Fahrngruber et al., 2019), (López-Córdoba et al., 2019), (Luchese et al., 2017), (Knitter & Dobrzyńska-Mizera, 2015), (Ren et al., 2018), (Wu et al., 2019), (Bergel et al., 2017), (Bergel et al., 2018), (Astudillo, 2017), (Farajpour et al., 2020), (López et al., 2015), (Acosta, 2014), (Oleyaei et al., 2016), (Muñoz, 2014), (Fabra et al., 2018), (Malmir et al., 2018), (Nandi & Guha, 2018), (Basiak et al., 2017), (Ballesteros-Mártinez et al., 2020), (Florencia et al., 2020).

Las propiedades mecánicas de los materiales son las que describen el comportamiento de estos al aplicar cuatro tipos de fuerza como: la resistencia tracción, al impacto, módulo de elasticidad y la elongación a la ruptura. En el caso del almidón de papa, este presenta una mejor resistencia a la tracción con 6,12 MPa pero aun así no logra compararse con la resistencia a la tracción de polímeros como el PP y el PS (33,4 y 51,33 MPa respectivamente). En cuanto al almidón de yuca, este tiene un mejor porcentaje de elongación a la ruptura con respecto a los almidones termoplásticos, de hecho, este almidón en particular tiene un mejor porcentaje que el mismo PS superado 54% a 1%. Por otra parte, si se observa los tres almidones (Yuca, maíz, papa) se puede apreciar la gran ventaja que tienen con respecto a los propios polímeros en cuanto a su módulo de elasticidad ya que

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	



los polímeros convencionales presentan un promedio de 2 GPa y los almidones termoplásticos, presenta un promedio de 40,81 GPa categorizando estos materiales como flexibles. Por último, se destaca la papa entre los almidones termoplásticos ya que cuenta con el nivel más alto para disipar la energía de los impactos, cabe aclarar que estos tres almidones son mucho más resistentes al impacto que los polímeros fósiles.

7.3.3. Propiedades térmicas		Yuca		Maíz		Papa	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Punto de fusión	°C	170,714	12,458	164,093	15,081	148,230	22,528
Transición vítrea	°C	48,701 y - 57,25	8,482 y 2,19	60 y - 61,875	32,3 y 11,11	34,2 y - 60,06	15,19 y 3,82
Calor específico	kJ/Kg*K	151,202	34,150	145,250	40,941	22,386	13,811
Coefficiente de Expansión Térmica	($\times 10^{-6} \text{K}^{-1}$)	-	-	-	-	83,840	-

Tabla 13 Propiedades térmicas de los almidones termoplásticos

Fuente: (Fahrngruber et al., 2019), (Marro et al., 2015), (López-Córdoba et al., 2019), (Wang et al., 2019), (Pastrana Gutiérrez, 2019), (Oleyaei et al., 2016), (Xia et al., 2018), (Ballesteros-Mártinez et al., 2020), (Ding et al., 2021), (Florencia et al., 2020).

Los almidones termoplásticos presentan un promedio en su punto de fusión igual a los polímeros fósiles; comparando las temperaturas de transición vítrea, el almidón de maíz junto con el almidón de yuca presenta una holgura de aproximadamente 120°C siendo bastante óptimos a la hora de ser sometidos a choques termodinámicos, confiriendo una excelente estabilidad

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	




térmica comparado con el PP y PS. En cuanto al calor específico el almidón de papa es el que menor energía calorífica requiere para variar el flujo de temperatura, sin embargo, no llega a ser los suficientemente óptimos para compararlo con el PP y PS, en cuanto al coeficiente de expansión térmica el almidón de papa presenta una similitud del 78% con respecto al PS.

7.3.4. Propiedades de barrera		Yuca		Maíz		Papa	
		\bar{X}	σ	\bar{X}	σ	\bar{X}	σ
Permeabilidad a los gases CO₂	cm³/m²	21,110	6,378	-	-	-	-
Permeabilidad a los gases O₂	cm³/m²	2,698	2,242	3,980	0,453	9,063	4,742
Permeabilidad a H₂O	cm³/m²	-	-	1,240	0,170	-	-
Coeficiente de permeabilidad al vapor	g/m²	7,640	5,897	4,554	3,035	6,020	2,823




Tabla 14 Propiedades de barrera de los almidones termoplásticos

Fuente: (Caicedo Flaker et al., 2011), (Marro et al., 2015), (López-Córdoba et al., 2019), (Luchese et al., 2017), (Astudillo, 2017), (Farajpour et al., 2020), (Acosta, 2014), (Oleyaei et al., 2016), (Muñoz, 2014), (Fabra et al., 2018), (Tumwesigye et al., 2016), (Nandi & Guha, 2018), (Basiak et al., 2017), (Ballesteros-Mártinez et al., 2020), (Florencia et al., 2020).

Aunque el almidón de yuca sea el único que presente valor en su índice de permeabilidad al CO₂ es elevado comparado con el PET y PEBD, ya que no se pudo encontrar información sobre el PP y PS, en cuanto a la permeabilidad al O₂ el almidón de yuca presenta un valor óptimo como propiedad de barrera ya que esta permeabilidad es inferior al PP y PS. El almidón de maíz es

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

el material más ideal en cuanto a la permeabilidad al H₂O ya que su nivel es bastante bajo, también le permite tener una permeabilidad al vapor muy buena frente a todos los materiales

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

7.3.5. Análisis de almidones termoplásticos

Como consecuencia del análisis realizado anteriormente en el que comparamos tres posibles polisacáridos como lo son el almidón de maíz, de papa y yuca, para la obtención de filmes y revestimientos con el fin de elaborar envases para el sector heladero, logrando definir sus características favorables y deficiencias.

Como resultado el almidón de yuca es el material que mejor comportamiento tiene, destacando con ciertas propiedades como: su elongación a la ruptura, transición vítrea y permeabilidad a los gases. Sin embargo, la aplicación del almidón sin modificar es baja ya que es un material frágil, se deteriora en condiciones ambientales húmedas, se reduce su procesabilidad por su alta viscosidad y además es incompatible con algunos solventes y polímeros. Independientemente el almidón de yuca seguiría siendo la mejor opción, aunque tendría que optarse por una mezcla con diferentes aditivos para mejorar sus propiedades en general.

Los polisacáridos del almidón están aglomerados por medio de enlaces de hidrógeno intra e intermoleculares, haciendo el almidón insoluble en agua fría, resistente a ciertos tratamientos químicos y enzimáticos, por lo tanto, varios estudios se han enfocado en la utilización del almidón de yuca, por ser un producto biodegradable, no tóxico y de bajo costo (Holguin Cardona J, 2019).




Para garantizar propiedades óptimas deben realizarse una serie de mezclas con plastificantes, aditivos, donde las proporciones de las mezclas y la fuente botánica de almidón influyen en las propiedades de barrera de las películas (Mario Enriquez, Reinaldo Velasco, 2012)

7.4. MODIFICACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA

Debido a estas limitaciones en cuanto a las propiedades mecánicas y químicas, se desarrollaron tres métodos para la modificación del almidón nativo, la modificación química, la modificación física y la microbiana o por una combinación entre las mencionadas.

7.4.1. Modificación enzimática:

La inmovilización de enzimas tiene como objetivo proveer una mayor estabilidad y capacidad de acción a la enzima. La inmovilización puede efectuarse por fenómenos de adsorción física, enlace iónico, enlace covalente, entrecruzamiento, microencapsulación, entre otros. En ocasiones, se emplea una fuerza mecánica de homogeneización

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	




y agentes ligantes como el glutaraldehído para optimizar el proceso (Umer et al., 2014).

- Glucoamilasa: Enzima digestiva que se utiliza frecuentemente en la industria alimentaria para producir jarabe de glucosa, en el procesamiento del almidón y en la fermentación de la cerveza (Moral et al., 2015).
- α -amilasa: Se ha encontrado que los almidones de ñame, papa y yuca modificados físicamente por calor húmedo son más fácilmente hidrolizados por α -amilasa que los almidones nativos, y además que la gelatinización del almidón de papa y arroz incrementa la susceptibilidad a las enzimas amilolíticas (Uma & Amilase, 2009).
- Isoamilasa y pululanasa: Son enzimas desramificantes que degradan exclusivamente los enlaces α -1,6 desde el extremo no reductor de las moléculas de almidón y glucógeno Oligosacáridos de longitud variable (Carballo Cuevas, 2017).
- β -amilasa: Esta no realiza hidrólisis a los enlaces 1-6 de la amilopectina, formando maltosa (Holguin Cardona J, 2019).

7.4.2. Modificación física: Según (Holguin Cardona J, 2019) este tipo de modificación tiene como fin alterar la estructura granular, el tamaño físico o bien incrementar la solubilidad del almidón en agua a temperaturas bajas. Los métodos de tratamiento incluyen el tratamiento de la materia prima a condiciones de temperatura, presión, cizalla e irradiación con luz ultravioleta; Dentro de estos métodos se destacan la pregelatinización, hidrólisis parcial, método de baja humedad, método de recocado, extrusión por tratamiento térmico, radiación y ultrasonido.

7.4.3. Modificación química. La modificación química se ha constituido en una estrategia eficiente para mejorar las propiedades funcionales de los almidones nativos y con ello permitir su uso en aplicaciones específicas, estas modificaciones están directamente relacionadas con las reacciones de los grupos hidroxilo del polímero de almidón. (León et al., 2020).

La modificación química se divide en tres grupos principales, reducción, sustitución y entrecruzamiento como se evidencia en la figura 6. Cada tipo de modificación le asigna propiedades diferentes al almidón. La modificación química se evalúa por el grado de sustitución ya que indica el número promedio de sustituciones por unidad de anhidroglucosa en el almidón, el 33 grado máximo de

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

sustitución es tres puesto que por cada unidad de glucosa hay disponibles tres grupos hidroxilos (Holguin Cardona J, 2019).

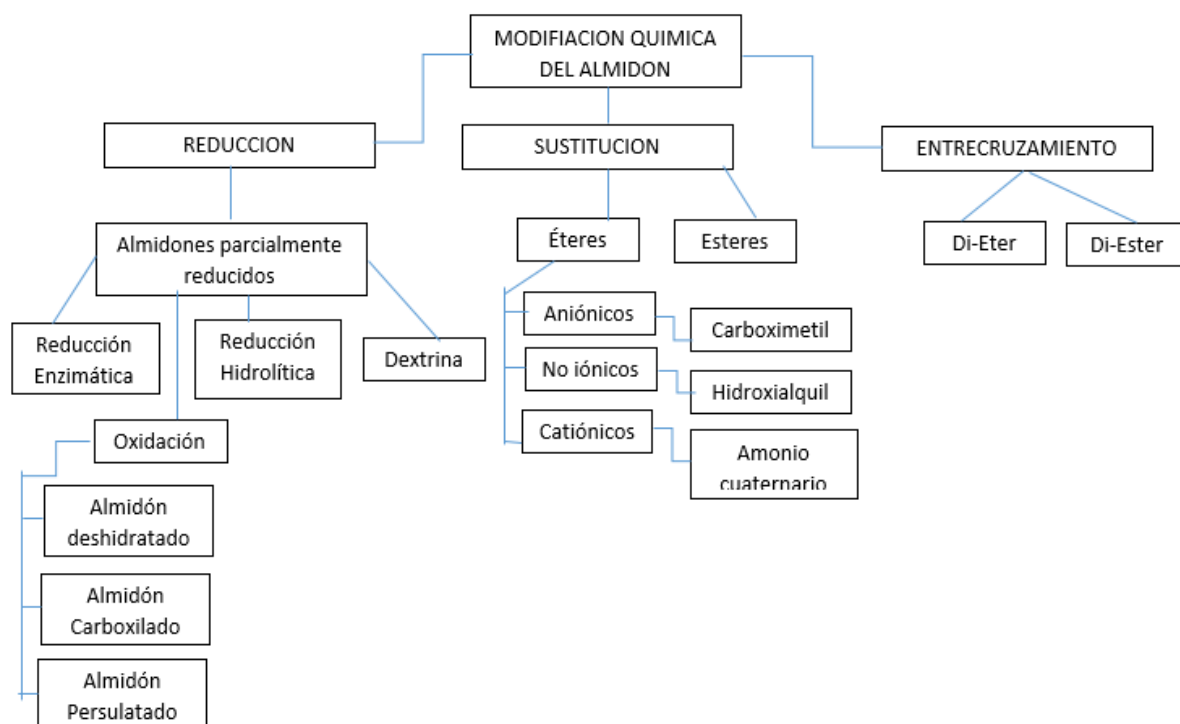





Figura 5 Tipos de modificación química

Fuente: (Holguin Cardona J, 2019).

7.4.4. Confirmación de la modificación del almidón

La modificación química del almidón por entrecruzamiento tiene como ventajas la disminución de la temperatura de gelatinización de los gránulos de almidón, se presenta una retrogradación muy baja del almidón, mejora las propiedades mecánicas y disminuye la viscosidad de este. Para la confirmación de la modificación hay dos rutas, química y física; la química se denomina: “Determinación de grado de sustitución mediante valoración de retroceso”(Colivet & Carvalho, 2017), la cual determina la cantidad de hidroxilos sustituidos, esta técnica se usa para la acilación; y la física es por espectroscopia de infrarrojo que busca determinar si la sustitución de los grupos funcionales de interés.(Holguin Cardona J, 2019).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

NOMBRE DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
AGITADOR SHAKER	Es un equipo que sobre una placa metálica se colocan recipientes de fondo plano no metálicos puesto debajo de la placa, hay un motor eléctrico el cual produce las fuerzas magnéticas que le permiten girar al imán para proporcionar la agitación deseada al usuario.	
POTENCIÓMETRO (MILWAUKEE 600)	Este dispositivo electrónico se encarga de verificar la alcalinidad por medio de un bulbo de vidrio el cual mide el potencial eléctrico de la sustancia y determina el pH de la muestra.	




Tabla 15 Equipos necesarios para la modificación del almidón.

Fuente: Elaboración propia

7.5. . FORMULACIÓN DE POSIBLES ADITIVOS Y PLASTIFICANTES

7.5.1. Plastificantes

Los plastificantes son sustancias o aditivos de baja volatilidad, por lo general se incorporan a un material plástico o bioplástico, el cual permite reducir la fuerza de atracción intermolecular consiguiendo aumentar el volumen libre, este volumen libre tolera un amplio rango de movimiento mejorando la flexibilidad del material, minimizando la temperatura de fusión y de transición

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

vítrea, además de aumentar la elongación a la ruptura e incluso llegan aportar como agentes retardantes de llamas, estabilizador de color, lubricante polimérico, y minimiza la estática.(M. Beltrán & A. Marcilla, 2011).

El efecto plastificante puede ser dado por sustancias como: agua, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos, aminas, ésteres, amidas y mezclas entre estos, pero se prefiere utilizar plastificantes cuya presión de vapor sea baja para evitar que éste se volatilice al finalizar el proceso de extrusión o de calentamiento cambiando su comportamiento reológico. (Mario Enriquez, Reinaldo Velasco, 2012).




Los plastificantes solubles en agua como el glicerol son efectivos como agentes suavizantes para los almidones, mejorando la flexibilidad de las películas resultantes. Cuanto más se incluye una sustancia plastificante en una matriz polimérica, la elongación y la deformación aumentan.(D. Murillo García, 2020), el almidón sufre una desestructuración o modificación física del estado granular al someterlo al calor, para lo cual existe una temperatura crítica para interactuar con un plastificante: Esto posibilita que los grupos hidroxilos reaccionan generando puentes de hidrógeno lo que posibilita que las cadenas se mueven libremente de manera individual perdiendo la semicristalinidad de su estructura generando los almidones termoplásticos.(Moncayo-Martínez et al., 2016).

El almidón posee pobres propiedades mecánicas, reológicas, térmicas y es muy soluble en agua debido a fuerzas intermoleculares e intramoleculares mediante puentes de hidrógeno y grupos hidroxilo libres a reaccionar en los almidones nativos. Estas propiedades pueden ser mejoradas al agregar plastificantes tales como polivinilo de alcohol, glicerol, ácidos carboxílicos, sorbitol, propilenglicol, etilenglicol, polietilenglicol, trietil citrato, triacetina formamidas, urea, acetamida, azúcar, polio-aminoácidos, lípidos, sorbatos y fosfatos entre otros. (Mendoza, 2017).

7.5.1.1. Glicerina o glicerol

Sin embargo, la glicerina como tal es un plastificante prometedor utilizado en la formulación de almidones termoplásticos, es un alcohol con tres grupos hidroxilo que le permiten ser soluble en agua. Le proporciona al bioplástico un aspecto morfológico suave y uniforme. Reduce la resistencia a la tracción y mejora la capacidad elástica del bioplástico, si se añade en cantidades superiores al 25%.(Palencia, 2016).

Junto con el agua destilada, el glicerol es el plastificante más comúnmente utilizado en los diferentes estudios que se han realizado sobre la fabricación

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

de polímeros termoplásticos a partir del almidón. Las mezclas que contienen glicerol tienen un aspecto morfológico suave y uniforme. (Rosales, 2016).

En el siguiente tabla 17 se muestra el efecto de la adición de glicerol sobre las propiedades mecánicas de películas de almidón de yuca (Y1: resistencia a la ruptura (MPa); Y2: elongación en el punto de ruptura (%); Y3: módulo de Young (MPa)).




Muestra	Formulación (g/100g Almidón)	Propiedades mecánicas			
		Amilosa	Pruebas de tensión		
			Y1	Y2	Y3
1	45	15,6	5,4±1,8e	153,2±26,7b	0,2±0,1d
2	20	15,6	21,7±6,0c	5,2±1,89e	40,5±6,b
3	32,5	25	7,0±0,7e	132,1±24,3e	8,6±2,3e
4	32,5	15,6	5,2±1,0d	104,0±43,5d	1,8±0,8d
5	32,5	6,3	2,2±0,48f	263,1±19,2a	0,7±0,1d
6	-	6,3	52,8±3,a	4,5±1,76e	80,6±4,e
7	-	-	47,6±3,b	4,6±1,52e	78,9±5,e

Tabla 16 Aporte del glicerol en las propiedades mecánicas del almidón

Fuente: (Mario Enriquez, Reinaldo Velasco, 2012)

La obtención de glicerol a escala industrial es principalmente a partir de biodiesel y saponificación de ésteres durante el proceso para fabricación de jabones, aunque también se puede obtener de alcoholes grasos y ácidos grasos (Lesser & Ovejero Humia, 2018).

Durante el proceso de extracción de glicerol por medio de saponificación, se realiza a partir de las lejías las cuales son el resultado del uso de soda cáustica, además estas lejías van acompañadas de una serie de lodos los cuales contiene alta carga orgánica debido a la presencia de sales de hierro y aluminio como: el cloruro férrico $FeCl_3$, sulfato de hierro ferroso $Fe(SO_4)_3$, sulfato de aluminio $Al_2(SO_4)_3$, aluminio sodio $NaAlO_2$. (Rios, 2019).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

El proceso más común para la obtención de glicerol es mediante síntesis de biodiesel “transesterificación”, en esta fase de residuo del biodiesel, el glicerol se clasifica de acuerdo al porcentaje de pureza, siendo un glicerol crudo (15% al 80% de pureza) el cual contiene una serie de contaminantes como: metanol, sales, alto contenido de agua, ácidos grasos libres; esto hace que su uso sea mínimo por parte de sus impurezas. (Lafuente Aranda, 2017).

El glicerol refinado (>90% pureza), para lograr altos grados de pureza, el glicerol es sometido a diferentes técnicas para eliminar contaminantes, realizando previamente una neutralización ácida y una eliminación de metanol; este proceso de refinado se ejecuta por medio de diferentes técnicas como: destilación, intercambio iónico o tratamiento físico químico secuencial el cual puede ser a partir de acidificación, separación de fases, extracción de solventes y adsorción con carbón activo.(Chiosso, 2019).




7.5.1.2. Agua destilada

Uno de los reactivos más comunes y considerado como disolvente universal es el H₂O, por lo tanto, es de vital importancia cuidar su pureza. Si se mantiene un control sistemático de la pureza o calidad del H₂O para uso en el laboratorio se promueve la eliminación de sesgo en los resultados, se evitan interferencias o reacciones colaterales y se aumenta así la confiabilidad en dichos resultados. (Valdivia et al., 2015). Hay varios reportes acerca de la necesidad de usar H₂O para el procesamiento del almidón (obtención de almidón termoplástico) antes de mezclarse con otros polímeros. De este modo, el contenido de H₂O del almidón puede variar desde un almidón prácticamente seco hasta un contenido de humedad del 25 % en peso. Otros reportes indican que el contenido de agua del almidón original o inicial, debe estar preferiblemente entre 2 y 5 %. (Mario Enriquez, Reinaldo Velasco, 2012).

7.5.2. Aditivos:

Para convertir los biopolímeros en bioplásticos se les agrega un plastificante y otros aditivos para mejorar sus propiedades. La formulación final puede consistir de uno o más polímeros combinados con uno o más agentes plastificantes, y uno o más aditivos. (Troya et al., 2018).

Se recomienda mejorar la calidad del biopolímero mediante el uso de aditivos que mejoren la resistencia y elongación ya que el biopolímero a base de yuca se rompe con facilidad. (Rosales, 2016).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

7.5.3. Modificador químico

7.5.3.1.1. Quitina y quitosano

El uso del quitosano es sustentable, debido a que la materia prima proviene de los residuos de industrias que procesan camarones, este biopolímero es biodegradable y renovable, comparado con los insumos usados para la fabricación de polímeros derivados de petroquímicos, lo cual beneficia al medio ambiente, ya que plantea alternativas para disminuir el impacto ambiental generado por los coagulantes sintéticos usados en el tratamiento de aguas residuales; a su vez mitiga el impacto que generan los residuos de la industria camaronera por su lenta descomposición. (Lárez, C, Chirinos, A, Rojas, 2019). En la actualidad la producción de camarón en Colombia se desarrolla en ambos litorales Atlántico y Pacífico. En el Atlántico, puntualmente en los departamentos de Bolívar y Sucre, en donde se estima un área total cultivada de 1971 hectáreas (J. Giraldo, 2015) que producen aproximadamente el 95,4% de la producción nacional. En el 2012 en Colombia se produjeron 8.422 toneladas de camarón, de las cuales el 85% se exportó a Europa y Estados Unidos (15%) (Tovar Jimenez et al., 2018).

En cuanto a los recubrimientos, las películas con quitosano son resistentes, duraderas y flexibles, con propiedades mecánicas similares a polímeros comerciales de fuerzas medias. La acción de quitina-quitosano como protector de alimentos frente a microorganismos como bacterias, levaduras y hongos es interesante para la obtención de alimentos mínimamente procesados y para retrasar la aparición de malos olores. (Mármol et al., 2011).

Como se muestra en la figura 7 una de las características importantes de la quitina es que posee una estructura lineal con alto peso molecular e insoluble en agua, esta última característica limita sus aplicaciones.

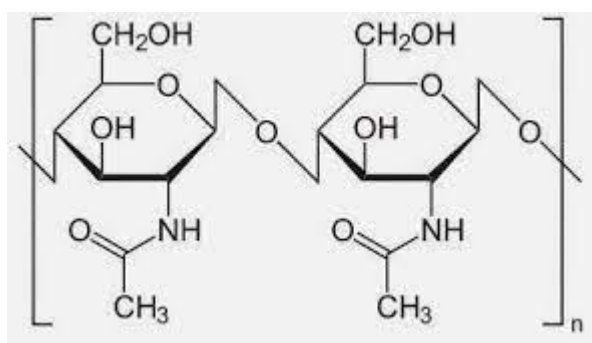





Figura 6 Estructura química de la quitina.
 Fuente: (J. D. Giraldo, 2015)

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

7.5.3.1.2. Propiedades del quitosano.




Existen algunos estudios que demuestran la incorporación de extractos naturales de películas de quitosano con la finalidad de mejorar las propiedades del almidón de yuca. (Cinthya Rivera, 2014). Este polímero natural es el único polisacárido alcalino presente en la naturaleza ya que otros son de naturaleza neutra o ácida. Este material es inodoro, no es tóxico y tiene dentro de sus características más sobresalientes su alta biodegradabilidad ya que se descompone en productos inofensivos como azúcares que son absorbidos por el cuerpo, es importante mencionar que las características atribuidas a este material incluyendo sus propiedades químicas y físicas dependen de diferentes factores como el pH, peso molecular, grado de desacetilación, grado de cristalinidad, grado de ionización y solubilidad (Afinidad, 2020).

Una desventaja que presenta este material su incapacidad de disolverse en agua, en soluciones básicas o solventes orgánicos, la baja solubilidad a pH mayor de 7 se debe a que el grupo amino no se encuentra protonado en estos medios, por otro lado, efecto contrario sucede cuando se adiciona a algunos ácidos como ácido clorhídrico, ácido fórmico, ácido láctico y principalmente en ácido acético. Como ya se mencionó la biodegradabilidad y actividad antimicrobiana hacen a este material ideal para la elaboración de películas utilizadas en la industria alimenticia y biomédica. (Mario Enriquez, Reinaldo Velasco, 2012).

7.5.4. Extracto de propóleo en etanol y cera de abejas

El propóleo es una fuente de grado alimenticio, el cual está compuesto por polifenoles "flavonoides, ácidos fenólicos, aldehídos, alcoholes, cetonas fenólicas y ésteres", terpenos, aminoácidos, esteroides y compuestos inorgánicos (Gil et al., 2012), aportando propiedades antioxidantes primarios o terminadores de radicales libres inhibiendo iones metálicos presentes en alimentos y antimicrobianas comprobadas contra, staphylococcus, aureus, escherichia coli, salmonella enteritidis, aeruginosa, aspergillus niger y botrytis cinérea (Pérez-Vergara et al., 2020).

Las propiedades biocidas, dependen estrictamente de las especies de flora local o circundante de la región para la extracción de polen y exudaciones de las plantas por parte de las abejas, además de los aportes enzimáticos que estas mismas confieren, condicionando la composición química del propóleo como agente inhibidor, las variaciones se observan generalmente en la calidad de los polifenoles obtenidos (Bucio-Villalobos & Martínez-Jaime, 2016).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

La cera de abejas está formada de ésteres, hidrocarburos, hidroxipoliésteres y ácidos grasos, por lo cual, es ampliamente utilizada como aditivo en las industrias de cosméticos, farmacéuticas y alimenticias. Esta fuente de lípidos, es ideal por su hidrofobicidad, aportando características para mejorar las propiedades de barrera frente a la permeabilidad a los gases, vapor y agua (Enríquez et al., 2016), también posee excelentes propiedades térmicas en cuanto a punto de fusión, densidad y calor latente, confiriendo cualidades en su conductividad térmica a la hora de aplicaciones de almacenamiento, siendo ideal para la elaboración de biopolímeros debido a su fuente natural y renovable de obtención. (Irlane Maia De Oliveira, 2017).




Propiedades	U. medida	Valores
Peso molecular	g/mol	676
Punto de ebullición	°C	430
Punto de fusión	°C	63,26666667
Calor latente	J(kg*K)	143,555
Densidad	g/m ³	0,964
conductividad térmica	W/mK	0,25
Viscosidad	mPa	20
Insoluble		Agua
Soluble		Éter, bencina, benzol, cloroformo

Tabla 17 Propiedades de la cera de abejas

Fuente: (Irlane Maia De Oliveira, 2017), (Amin et al., 2017)

7.5.5. Uva

La uva o grano de uva es el nombre que recibe el fruto que crece formando racimos de la vid común o vid europea. Pertenece al género *Vitis* de la familia de las vitáceas, que incluye unas 600 especies de arbustos, por lo general trepadores y que producen frutos en baya, propios de países cálidos y tropicales. Dentro del género *Vitis* se incluyen unas 20 especies cultivadas por sus frutos y algunas por sus hojas que se consumen como cualquier verdura (Hidalgo et al., 2016).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

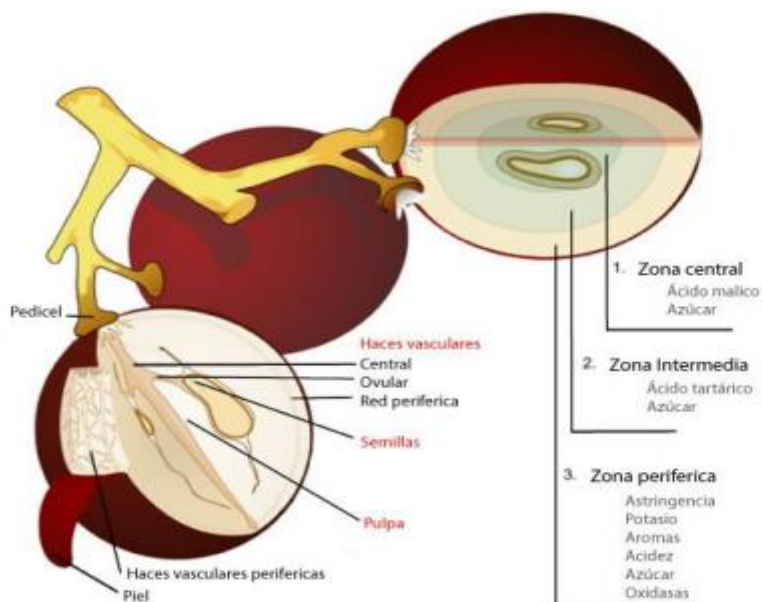


Figura 7 Composición de la uva




Fuente: (Sandoval et al., 2013)

Las cáscaras y semillas son un desecho aprovechable de la uva que se obtiene del primer paso del proceso de obtención del vino. Entre sus componentes, existen compuestos antioxidantes que pueden servir, utilizando a estas cáscaras y semillas desecadas y trituradas (cas-sem) como materia prima adicional con el fin de mejorar las propiedades mecánicas y físicas de nuestro bioplástico a base de almidón de yuca. (Sandoval et al., 2013).

7.5.5.1.1. Cáscara o piel de uva

La uva está considerada como alimento funcional o bioactivo, esto se debe a que es un fruto rico en polifenoles los cuales se encuentran directamente en la cáscara, las semillas y en menor concentración en la pulpa. Los fenoles que aportan propiedades antioxidantes a partir de los ácidos fenólicos” ácidos cinámicos y tirosina”, estilbenos, antocianinas, flavonoles, flamán-3-oles y taninos (Issn, 2012).

Las antocianinas son una gran fuente en cuanto al aporte en propiedades de barrera al oxígeno, evitando la oxidación de lipoproteínas e inhibiendo radicales libres de peróxido (Aguilera-Otíz et al., 2011).

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	




8. FORMULACIÓN DEL BIOPLÁSTICO:

La estructura del proceso de almidón que se desarrolló a base de las fuentes de información obtenidas, se eligió este proceso conforme los resultados que arrojaron los análisis del parágrafo 7.3.5. Este proceso de modificación química necesita de los reactivos descritos en la Tabla 18 en la cantidad necesaria de reactivo por cada gramo de almidón modificado (donde el almidón modificado total a usar son 22g) y los equipos necesarios para el proceso descritos en el Tabla 15 y Tabla 19

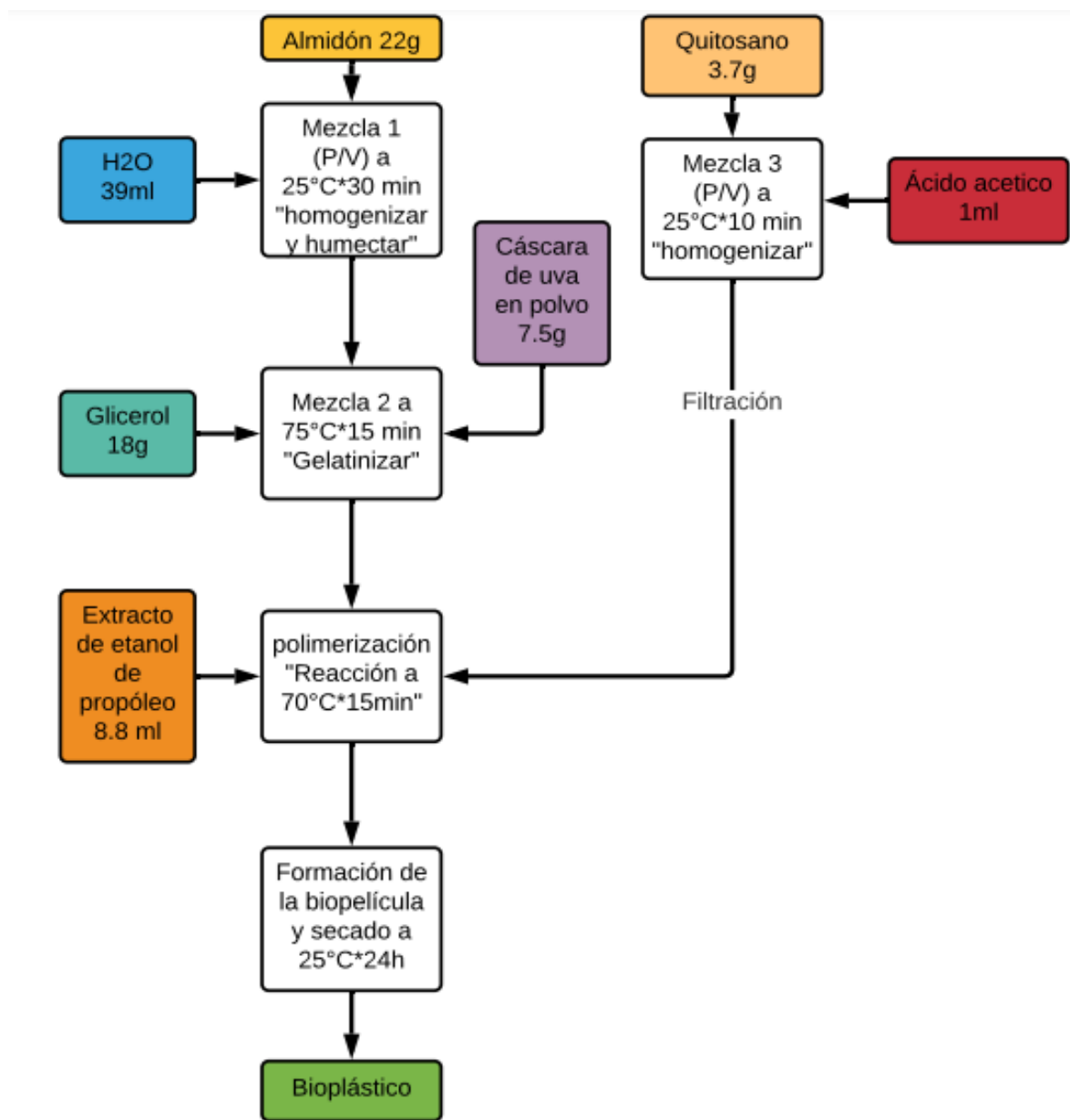
INSUMOS	PROPORCIONES %
Almidón modificado	22%
Aditivo (Cascara de uva)	7.5%
REACTIVOS	PROPORCIONES %
Glicerol	18%
Agua destilada	39%
Quitosano	3.7%
Extracto de propóleo en etanol	8.8%

Tabla 18 Reactivos del proceso de obtención del bioplástico.

Fuente: (Pérez-Vergara et al., 2020), (Toro, 2017), (Carballo Cuevas, 2017), (Mina, 2012), (Zhao et al., 2019), (Tamyris de Souza, 2019), (Edhirej et al., 2017), (Bergo et al., 2010), (Llanos & Tadini, 2018), (Reinaldo et al., 2021), (Acosta, 2014), (Ayala, 2014), (Huang et al., 2020), (Souza et al., 2012), (Oluwasina et al., 2019), (Galus & Kadzińska, 2019), (Kurek et al., 2014), (Trejo et al., 2015), (Taqi et al., 2014), (Belibi et al., 2013).




	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)	Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	

8.1. PROCESO PRODUCTIVO DE BIOPOLÍMERO DE ALMIDÓN DE YUCA



Gráfica 3 Proceso de fabricación de un biopolímero de almidón de yuca

Fuente: Elaboración propia

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

El proceso para la obtención del biopolímero a base de almidón de yuca de 100 g, debe inicialmente garantizar las cantidades apropiadas de los componentes descritos en la Tabla 18. A partir de la formulación y de manera secuencial.




Se procede a realizar la mezcla 1, con 22 g de almidón de yuca en una base de 39 ml de H₂O, en esta mezcla se garantiza la correcta homogeneización a una temperatura de 25°C en agitación constante por 30 minutos, donde se humecta el almidón y elimina burbujas de oxígeno.

La mezcla 2 consiste en ejecutar el proceso de gelatinización, donde se desestructuran los gránulos de almidón por medio de la mezcla de 18g glicerol con la base de la mezcla 1 a una temperatura de 75°C*15 minutos, lo cual permite a las moléculas presentes tener mayor movilidad gracias a la presencia del plastificante “glicerol” y genera un cambio descendente en la cristalinidad, T_g, y mejorando las propiedades mecánicas, además se procede a añadir 7,5g de polvo de cáscara de uva para garantizar una correcta apropiación de los aportes a las propiedades de barrera y antioxidantes.

En la mezcla 3 se realiza una disolución de 3,7g de quitosano en una base de 1ml de ácido acético a una temperatura de 25°C*10 minutos garantizando la correcta hominización y por consiguiente se filtra la solución.




En el proceso de polimerización ocurre la reacción de la cadena polimérica del almidón a partir de una temperatura de 70°C*15 minutos donde ingresa la solución de quitosano y los 8,8 ml de extracto de propóleo en etanol aportando sus propiedades antimicrobianas, esta reacción ocurre en un equipo polimerizador por reflujo recirculando por medio de condensación las partículas evaporadas de etanol.

Se realiza la extracción de la biopelícula para proceder a obtener la formación del envase y se somete a un secado a 25°C por 24 horas y finalmente obtener un envase bioplástico.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

8.2. EQUIPO NECESARIO

NOMBRE DEL EQUIPO	DESCRIPCIÓN	IMAGEN
TERMÓMETRO INFRARROJO DE PRECISIÓN (STEREN)	<p>Se usa en conjunto con un termómetro de bulbo y capilar con el fin de controlar el proceso de la temperatura en el mezclado y el secado.</p>	
PLANCHA DE CALENTAMIENTO CON AGITACIÓN	<p>Se utiliza para calentar Erlenmeyer con un intervalo de temperatura entre 25 y 540 °C.</p>	
MUFLA SCIENTIFIC (J&C)	<p>Se usa este equipo para el secado del producto final asegurando una temperatura uniforme en los moldes.</p>	
MEZCLADORA DE ASPAS (WISD EW)	<p>Se utiliza para simular la agitación de un reactor BATCH, además de ello aseguramos la homogeneización de los reactivos a una velocidad de 710 rpm.</p>	

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	


REACTOR DE POLIMERIZACIÓN	Convierte pequeñas moléculas de monómeros en moléculas grandes y convierte un gas o líquido volátil en líquido o sólido no volátil	
----------------------------------	--	---

Tabla 19 Equipos necesarios para la obtención del almidón.




Fuente: Elaboración propia.

8.3. DETERMINACIÓN DE LOS COSTOS Y LA VIABILIDAD DE LA OBTENCIÓN DEL BIOPLÁSTICO.

Para determinar los costos, se evaluaron múltiples proveedores de materias primas requeridas para la elaboración del biopolímero formulado teóricamente, con la finalidad de encontrar los precios más bajos en el mercado; realizando la evaluación financiera del producto, se determinó que los insumos más costosos en el mercado son el polvo proveniente de la cáscara de uva y el quitosano, razón por la cual estos insumos deben ser importados para brindar mayor rentabilidad.

En la Tabla 20 se realizó el análisis de costos para la producción de un envase de 100g acorde a las proporciones de la formulación para la elaboración del envase biodegradable.

PRODUCTO	PROVEEDOR	VALOR UNITARIO.	VALOR POR g/ml.	PORCIÓN DE FABRICACIÓN g/ml	TOTAL.
Ácido Acético	PUNTO QUIMICO	\$ 16.000	\$ 16	1	\$ 16
Agua destilada	AGUAPU	\$ 1.900	\$ 2	39	\$ 74
Almidón de yuca	TOLA MARKET	\$ 8.500	\$ 9	22	\$ 187
Etanol de propóleo	BOTANITAS	\$ 19.000	\$ 19	8,8	\$ 167

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Glicerol puro	AFRIHISMA	\$ 1.100	\$ 1	18	\$ 20
Polvo cascara de uva	QERTAN	\$ 100.000	\$ 100	7,5	\$ 750
Quitosano	QUINOLAN	\$ 180.000	\$ 180	3,7	\$ 666
Total general		\$ 326.500	\$ 327	100	\$1.880

Tabla 20 Costo de insumos

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 21 se realizó el análisis para determinar el costo de fabricación de un lote de 1 kg del biopolímero; de acuerdo a esto, se procederá a fabricar lotes de 10 unidades donde la unidad de envase debe garantizar un peso de 100g acorde a las cantidades de insumos requeridos en la formulación.




VALOR POR FABRICACIÓN UNIDAD DE 100g	\$ 1.880
FABRICACIÓN LOTES POR kg	10 U
VALOR TOTAL	\$ 18.800

Tabla 21 Costos por lote de 1 kg

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, en la Tabla 22 se realizaron cotizaciones con proveedores de materiales poliméricos peletizados (PP, PS y almidones termoplásticos), con el propósito de comparar estos costos con respecto a los costos del biopolímero formulado.

MARCA	Material	Us/Kg	COP/KG
Tianrenhaihua	Termoplástico	2,7	\$9.752
Yh	Termoplástico	2,9	\$10.475
Xinhai	Termoplástico	3	\$10.836
HANGSUN	Termoplástico	3,2	\$11.558
2610A PP/F10 COPOLÍMERO ALTO IMPACTO	Polipropileno	3,31	\$11.956

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

4100N PP/F12 INYECCIÓN	Polipropileno	3,32	\$11.992
1102K PP/F3 PELÍCULA	Polipropileno	3,32	\$11.992
1102 KR PP/F4 RAFIA	Polipropileno	3,32	\$11.992
3312E PP/F12 CLARIFICADO	Polipropileno	3,4	\$12.281
3335E PP/F35 CLARIFICADO	Polipropileno	3,4	\$12.281
Thermoplastic starch	Termoplástico	3,5	\$12.642
Kesun	Termoplástico	4,5	\$16.254
PS alto impacto	Poliestireno	14,5	\$52.374
PS negro	Poliestireno	14,5	\$52.374
PS hips	Poliestireno	14,5	\$52.374
PS story lux "rojo"	Poliestireno	15	\$54.180
PS cristalizado	Poliestireno	19	\$68.628
PS esp	Poliestireno	22	\$79.464




Tabla 22 Cotización de material peletizado

Fuente: Elaboración propia

Material	Promedio en COP/KG
Polipropileno	\$12.082
Poliestireno	\$59.899
Termoplástico	\$11.920




Tabla 23 Promedio de costos en COP/Kg

Fuente: Elaboración propia

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Se obtuvo un promedio de costos entre las cotizaciones realizadas a los distintos proveedores; evidenciando, los costos de producción del biopolímero formulado teóricamente a escala de laboratorio, son satisfactoriamente competitivos en comparación con el costo promedio de la resina de PS (Ver Tabla 21 y Tabla 23), en el caso de la resina de PP, llega a ser 30% más económico que el biopolímero formulado. Se debe tener en cuenta que los almidones cotizados se encuentran en un promedio \$11.000 COP, producto del mejoramiento de la estructura química, aunque aún así requieren de aditivos para lograr las características del material a base de almidón de yuca.

Equipo	Precio.
Agitador magnético con calefacción digital 7" MS7-H550-Pro DLAB	\$2.783.410
Agitador magnético con calefacción MS-H340-S4 DLAB *4U	\$7.837.340
Agitador magnético FLATSPIN DLAB	\$1.050.413
Homogenizador digital vertical hélice 40 L OS40-PRO DLAB	\$5.831.000
Homogenizador OV5	\$9.450.954
Homogenizador vertical DLS	\$6.623.910
Horno convección natural ED-56 Volúmen 57L, 115 VAC Binder	\$7.444.521
Horno de convección forzada FD 23. Classic.Line BINDER	\$7.858.355
Reactor polimerizador electrónico con mezclador de vidrio 3L	\$3.759.804
Reactor polimerizador electrónico de vidrio 3L	\$2.170.856
Reactor polimerizador YHCHEM 1L	\$2.713.155
Termometro de sonda Labscient	\$114.240

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Termómetro infrarrojo lectura digital Labscient \$348.670

Termometro punzon basico Labscient \$73.780

Tabla 24 cotización de equipos de laboratorio

Fuente: Elaboración propia

Para el proceso de fabricación es importante garantizar los equipos de laboratorio, por ello, se realiza una serie de cotizaciones, con el fin de determinar la mejor opción; acorde a las características se opta por una relación costo beneficio del equipo.




Por su parte, los agitadores magnéticos de placas calentadoras de 7 pulgadas son ampliamente utilizados en síntesis química, análisis físicos y químicos, bio-productos farmacéuticos y otros campos.

Los agitadores magnéticos cuadrados DLAB de 7 pulgadas tienen una placa de cerámica de vidrio extremadamente resistente a la corrosión y fácil de limpiar. Los modelos de calefacción son adecuados para el sensor de temperatura externo PT1000, muestran y controlan la temperatura real del medio.

Por otro lado el Homogenizador digital vertical hélice 40L OS40-PRO DLAB, Se emplea para agitar líquidos en recipientes mediante una varilla de paletas independientes fijada en el portabrocas, mayormente de Viscosidad Media, por eso fue elegido como agitador principal.

Adicionalmente para el importante proceso de secado, se dispone del Horno convección natural ED-56 Volúmen 57L, 115 VAC Binde, ya que gracias a la convección natural, en esta cámara de secado todos los procesos térmicos se desarrollan con la máxima eficiencia. La serie ED proporciona un secado rápido y homogéneo.

Ahora bien, para lograr el efecto de reacción de la cadena polimérica del almidón a partir de una temperatura de 70°C*15 minutos donde ingresa la solución de quitosano y los 8,8 ml de extracto de propóleo en etanol aportando sus propiedades antimicrobianas, se requiere de un reactor polimerizador electrónico con mezclador de vidrio 3L que se utiliza para una variedad de operaciones de proceso como la disolución de sólidos, mezcla de productos, reacciones químicas, destilación por lotes, cristalización, extracción y polimerización. Las ventajas del reactor de vidrio miden con su versatilidad y visibilidad, además cuenta con un diseño de cuerpo de caldera

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

de cristal de una sola capa, a través del baño de agua/aceite o la chaqueta de calentamiento para calentar directamente el cuerpo de la caldera, para hacer que el material reaccione con una temperatura constante.




Finalmente como instrumento de medición, se escogió el termómetro de sonda Labscient ya que es un Instrumento digital que posee alta exactitud y precisión, en un alto rango de temperaturas. Rango: -50°C + 200°C, lo cual lo hace ideal para nuestro proceso.

En la Tabla 25 se observa la relación de los costos de los equipos predilectos:

Equipo	Precio.
Agitador magnético con calefacción digital 7" MS7-H550-Pro DLAB	\$2.783.410
Homogenizador digital vertical hélice 40 L OS40-PRO DLAB	\$5.831.000
Horno convección natural ED-56 Volúmen 57L, 115 VAC Binder	\$7.444.521
Reactor polimerizador electrónico con mezclador de vidrio 3L	\$3.759.804
Termómetro de sonda Labscient	\$114.240
Total general	\$19.932.975

Tabla 25 Costo de equipos de laboratorio a usar

Fuente: Elaboración propia

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	




CONCLUSIONES

De los 6 polímeros convencionales analizados PET, PEAD, PVC, PEBD, PP y PS, se concluyó que 2 de ellos (PP y PS) son los de mayor demanda en la producción de empaques plásticos en la industria gracias a sus buenas y óptimas propiedades. Los polímeros que demuestran tener mejores propiedades físicas específicamente en su densidad y absorción de agua son el PEAD y el PEBD que al ser comparados con los polímeros de referencia (PP y PS) presentan mejores niveles físicos; por otro lado, el PEAD y el PEBD no son tan ideales en términos de propiedades mecánicas debido a que su resistencia a la tracción, compresión y módulo de elasticidad son bajas en comparación con el PET el cual es el mejor polímero mecánicamente.

En cuanto al factor de inflamabilidad el PVC presenta una buena capacidad gracias a su índice V0, lo que representa una rápida extinción de fuego con un aproximado de 10 segundos sin realizar goteos, sin embargo, el PVC no es viable por su alta densidad y absorción de agua en comparación con el resto de polímeros. La expansión térmica ideal la posee el PEBD y el PEAD; esta característica evita posibles deformaciones del envase al ser sometido a altas temperaturas; Sin embargo, el PET y el PVC se encuentran en escenarios totalmente diferentes ya que el punto de fusión de estos es mucho más alto con respecto al PS y el PEBD. Por otro lado, el polímero que demuestran tener una cercana tolerancia a la transferencia de energía es el PVC sin embargo no es óptimo.

La permeabilidad al H₂O es una de las propiedades más importantes en la elaboración de envases y los materiales que ofrecen menor resistencia son el PVC, PET y PS superando los 1.000 cm³/m² lo que quiere decir es que son polímeros expuestos a la filtración, al contrario del PEAD que cuenta solo con 130 cm³/m². El material que cumple con el requerimiento de permeabilidad al O₂ es el PP el cual resulta bastante útil ya que es menos susceptible a la exposición de dicho gas.

En la búsqueda de un material para la sustitución de polímeros fósiles, el almidón de yuca como biopolímero es una alternativa, debido a sus componentes esenciales ya que tiene una cadena molecular intrínsecamente biodegradable, gracias a la acción de microorganismos presentes en el entorno, se genera una descomposición natural. Se determinó que las características del almidón de yuca propiamente no son óptimas para poder competir con las propiedades de los polímeros convencionales, por ello, es necesario someter el almidón a un proceso de modificación química por entrecruzamiento ya que este proceso tiene como ventajas la disminución de la temperatura de gelatinización de los gránulos

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	




de almidón, presentando una retrogradación muy baja, mejorando las propiedades mecánicas y disminuyendo la viscosidad de este.

Se definió que este proceso de modificación química es necesario realizarlo por medio del uso de plastificantes como el glicerol, el cual actúa como agente reordenador de la cadena molecular del almidón nativo, mejorando propiedades mecánicas necesarias como resistencia a la ruptura, elongación a la ruptura y su módulo de elasticidad, adicional a esto el uso de este alcohol aporta a la disminución de la temperatura de transición vítrea, convirtiéndolo en un material que no cambia radicalmente al tener movimientos internos de las cadenas poliméricas que componen al bioplástico. Con relación a lo expuesto anteriormente, los plastificantes solubles en agua como el glicerol son efectivos como agentes suavizantes para los almidones, mejorando la flexibilidad de las películas resultantes. Por otro lado, se confirmó la importancia de la presencia de un segundo agente plastificante como lo es el agua destilada, en este caso la cual también actúa como hidratante necesario al ser mezclado con el almidón en la etapa de pre-gelatinización. Se emplea la cáscara de uva como aditivo esencial en la formulación “etapa de gelatinización” para reforzar las propiedades de barrera, además de aportar sus características antioxidantes.

El uso de quitosano como agente modificador químico “etapa de polimerización” garantiza el aumento de la resistencia mecánica, además de aportar sus propiedades antibacterianas y presenta una disminución en la permeabilidad al vapor de agua por su característica hidrofóbica, por lo cual se emplea ácido acético para disolución del quitosano. En secuencia el uso del extracto de propóleo en etanol confiere sus propiedades biocidas garantizando la inocuidad del material.




Se puede concluir que en términos de costos, la obtención del biopolímero modificado a base de almidón de yuca puede llegar a ser competitivo y viable frente a la obtención de los polímeros de origen petroquímico, no solo por su similitud el proceso de fabricación y uso de equipos; si no también por el costo unitario que tendría cada empaque o envase producido, ahora bien, si el proceso de obtención del biomaterial fuese a gran escala, posiblemente se reducirían aún más dichos costos, sin embargo para este proyecto se contempló la obtención a nivel laboratorio con producción de un lote de 1 kg, el cual representó un costo unitario de \$1.880 COP, es decir, este es el valor de la producción de un envase o empaque de 100 g; como la formulación fue planteada en base de una producción de un lote de 10 unidades el costo de insumos total sería de \$18.800 COP.

También se determinó que los almidones termoplásticos no solo de origen de yuca sino también de maíz y papa en su etapa inicial sin ser modificados,

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

son incluso más económicos que los polímeros convencionales, lo que demuestra una oportunidad de uso como materia prima base para la obtención de un material biodegradable que posteriormente será sometido a un proceso de modificación química enzimática para mejorar sus características fisicoquímicas.

Se planteó una serie de cotizaciones adicionales, donde se observa el costo de los equipos, siendo indispensables para la fabricación de los biopolímeros a escala de laboratorio, arrojando un valor de implementación de maquinaria de \$19.932.975 COP

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

BIBLIOGRAFÍA

Abdullah, Z. W., Dong, Y., Han, N., & Liu, S. (2019). Water and gas barrier properties of polyvinyl alcohol (PVA)/starch (ST)/ glycerol (GL)/halloysite nanotube (HNT) bionanocomposite films: Experimental characterisation and modelling approach. *Composites Part B: Engineering*, 174(February), 107033. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107033>

Acosta, S. (2014). Propiedades de films de almidón de Yuca y Gelatina. Incorporación de aceites Esenciales con efecto antimicrobiano. Tesis Doctoral.

Afinidad, I. (2020). Afin Idad 591. *JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING, THEORETICAL AND APPLIED CHEMISTRY EDITED BY AIQS*, 77(591), 164–242. <https://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/download/377475/470782/>




Aguilera-Otíz, M., Reza-Vargas, M. del C., Chew-Madinaveita, R. G., & Meza-Velázquez, J. A. (2011). Propiedades Funcionales De Las Antocianinas. *BIOTecnica*, 13(2), 16. <https://doi.org/10.18633/bt.v13i2.81>

AINIA. (2015). La correcta especificación de los envases. *Centro Tecnológico Agroalimentario*, 36. https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_publicaciones_empresas/la-correcta-especificacion-de-los-envases.pdf

Al-Jabareen, A., Al-Bustami, H., Harel, H., & Marom, G. (2013). Improving the oxygen barrier properties of polyethylene terephthalate by graphite nanoplatelets. *Journal of Applied Polymer Science*, 128(3), 1534–1539. <https://doi.org/10.1002/app.38302>

Almario, A., & Durango, L. (2018). Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca. *Espacios*, 39, 15.

Amin, M., Putra, N., Kosasih, E. A., Prawiro, E., Lunto, R. A., & Mahlia, T. M. I. (2017). Thermal properties of beeswax/graphene phase change material as energy storage for building applications. *Applied Thermal Engineering*, 112, 273–280.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

<https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.10.085>

Amjadi, M., & Fatemi, A. (2021). Creep behavior and modeling of high-density polyethylene (HDPE). *Polymer Testing*, 94(December 2020), 107031. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2020.107031>

Arias, B. N. (2016). El consumo responsable: educar para la sostenibilidad ambiental. *Aibi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 29–34. <https://doi.org/10.15649/2346030x.385>

Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2010). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Fao*, 163, 134. <https://doi.org/9253056770-9789253056774>

Arrieta, M. P., Fortunati, E., Dominici, F., & Ray, E. (2014). PLA-PHB / cellulose based films: Mechanical, barrier and disintegration properties. 107.




Astudillo, J. (2017). ELABORACIÓN DE UN RECUBRIMIENTO COMESTIBLE A BASE DE ALMIDÓN DE MAÍZ Y DE YUCA PARA TOMATE CHONTO. Vol37, No., 1–27. <https://ci.nii.ac.jp/naid/40021243259/>

Aulin, C., Karabulut, E., Tran, A., Waišgberg, L., & Lindström, T. (2013). Transparent nanocellulosic multilayer thin films on polylactic acid with tunable gas barrier properties. *ACS Applied Materials and Interfaces*, 5(15), 7352–7359. <https://doi.org/10.1021/am401700n>

Auras, R., Harte, B., & Selke, S. (2014). Effect of water on the oxygen barrier properties of poly(ethylene terephthalate) and polylactide films. *Journal of Applied Polymer Science*, 92(3), 1790–1803. <https://doi.org/10.1002/app.20148>

Ayala, J. (2014). DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y TENACIDAD DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR Y ALMIDÓN DE YUCA, A TRAVÉS DE LOS ENSAYOS DE TENSIÓN Y DE IMPACTO CHARPY. 203.

Aydin, A. A., & Ilberg, V. (2016). Effect of different polyol-based plasticizers on thermal properties of polyvinyl alcohol:starch blends. *Carbohydrate*

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Polymers, 136, 441–448. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.08.093>

Ballesteros-Mártinez, L., Pérez-Cervera, C., & Andrade-Pizarro, R. (2020). Effect of glycerol and sorbitol concentrations on mechanical, optical, and barrier properties of sweet potato starch film. *NFS Journal*, 20(April), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.06.002>

Barrios-Hernández, M. L. (2014). Consideraciones de las propiedades mecánicas y térmicas para la elaboración de un ducto de riego a partir de materiales poliméricos postconsumo. *Revista Tecnología En Marcha*, 27(3), 53. <https://doi.org/10.18845/tm.v27i3.2066>

Basiak, E., Lenart, A., & Debeaufort, F. (2017). Effect of starch type on the physico-chemical properties of edible films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 348–356. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.122>




Beeva, D. A., Borisov, V. A., Mikitaev, A. K., Ligidov, M. K., Beev, A. A., & Barokova, E. B. (2015). Controlling the barrier properties of polyethylene terephthalate. A review. *International Polymer Science and Technology*, 42(7), T45–T52. <https://doi.org/10.1177/0307174x1504200709>

Belibi, P. C., Daou, T. J., Ndjaka, J. M. B., Michelin, L., Brendlé, J., Nsomb, B., & Durand, B. (2013). Tensile and water barrier properties of cassava starch composite films reinforced by synthetic zeolite and beidellite. *Journal of Food Engineering*, 115(3), 339–346. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2012.10.027>

Bergel, B. F., da Luz, L. M., & Santana, R. M. C. (2017). Comparative study of the influence of chitosan as coating of thermoplastic starch foam from potato, cassava and corn starch. *Progress in Organic Coatings*, 106, 27–32. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2017.02.010>

Bergel, B. F., da Luz, L. M., & Santana, R. M. C. (2018). Effect of poly(lactic acid) coating on mechanical and physical properties of thermoplastic starch foams from potato starch. *Progress in Organic Coatings*, 118(January), 91–96. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.01.029>

Bergel, B. F., Leite Araujo, L., dos Santos da Silva, A. L., & Campomanes Santana, R. M. (2020). Effects of silylated starch structure on

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

hydrophobization and mechanical properties of thermoplastic starch foams made from potato starch. *Carbohydrate Polymers*, 241(April), 116274. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116274>

Bergo, P. V. A., Carvalho, R. A., Sobral, P. J. A., Dos Santos, R. M. C., Da Silva, F. B. R., Prison, J. M., Solorza-Feria, J., & Habitante, A. M. Q. B. (2006). Physical properties of edible films based on cassava starch as affected by the plasticizer concentration. *Italian Journal of Food Science*, 18(5), 167–172.

Bergo, P., Sobral, P. J. A., & Prison, J. M. (2010). Effect of glycerol on physical properties of cassava starch films. *Journal of Food Processing and Preservation*, 34(SUPPL. 2), 401–410. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00282.x>

Boonsuk, P., Sukolrat, A., Bourkaew, S., Kaewtatip, K., Chantarak, S., Kelarakis, A., & Chaibundit, C. (2021). Structure-properties relationships in alkaline treated rice husk reinforced thermoplastic cassava starch biocomposites. *International Journal of Biological Macromolecules*, 167, 130–140. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.11.157>




Bucio-Villalobos, C. M., & Martínez-Jaime, O. A. (2016). Actividad antibacteriana de un extracto acuoso de propóleo del municipio de Irapuato, Guanajuato, México. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 223. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.24253>

Buezas Sierra, N., & AIMPLAS. (2010). Guía: plásticos y fuego. Guía: Plásticos y Fuego, 66

Cagri, A., Ustunol, Z., & Ryser, E. T. (2010). Antimicrobial edible films and coatings. *Journal of Food Protection*, 67(4), 833–848. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.4.833>

Caicedo Flaker, C., Ayala Valencia, G., Agudelo Henao, A., & Vargas Zapata, R. (2011). Efecto Del Glicerol En Las Propiedades Eléctricas, Comportamiento De Fase Y Permeabilidad Al Vapor De Agua En Películas Basadas En Almidón De Papa. *Revista Colombiana de Física*, 42(3), 439.

Camilo, J., Lucia, M., Paula, M., María, R., Semillero, H., & Investigación, D. (2017). Elaboración de una película plástica a partir de almidón de yuca

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

y pectina. 1–6.

Carballo Cuevas, B. Z. (2017). Obtención y caracterización de almidones termoplásticos obtenidos a partir de almidones injertados con poliésteres biodegradables. 91.

https://cicy.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1003/466/1/PCM_D_Tesis_2017_Cuevas_Zujey.pdf

Carvacrol, C. O. N., Bicapa, F., & Carvacrol, A. C. O. N. (2016). Propiedades Funcionales Y Antimicrobianas De Films Bicapa Almidón-Poliésteres. 2015–2016.

Castro, A. (2016). Polímeros biodegradables y química click. Universidad de Sevilla, 38. <https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/65106>




Cazón, P., Vázquez, M., & Velazquez, G. (2018). Cellulose-glycerol-polyvinyl alcohol composite films for food packaging: Evaluation of water adsorption, mechanical properties, light-barrier properties and transparency. *Carbohydrate Polymers*, 195, 432–443. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.04.120>

Cazón, P., Velázquez, G., & Vázquez, M. (2019). Characterization of bacterial cellulose films combined with chitosan and polyvinyl alcohol: Evaluation of mechanical and barrier properties. *Carbohydrate Polymers*, 216(February), 72–85. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.03.093>

Cazón, P., Velazquez, G., & Vázquez, M. (2019). Novel composite films from regenerated cellulose-glycerol-polyvinyl alcohol: Mechanical and barrier properties. *Food Hydrocolloids*, 89, 481–491. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.11.012>

Cazón, P., Velazquez, G., & Vázquez, M. (2020). Characterization of mechanical and barrier properties of bacterial cellulose, glycerol and polyvinyl alcohol (PVOH) composite films with eco-friendly UV-protective properties. *Food Hydrocolloids*, 99(May 2019), 105323. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105323>

Chang, Y., Kang, K., Park, S. J., Choi, J. C., Kim, M. K., & Han, J. (2019). Experimental and theoretical study of polypropylene: Antioxidant migration with different food simulants and temperatures. In *Journal of Food*

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Engineering (Vol. 244). Elsevier B.V.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.09.028>

Chiosso, M. E. (2019). Desarrollo de catalizadores sólidos ácidos para la eterificación de glicerol obtenido en la producción de biodiésel.

Ciannamea, E. M., Castillo, L. A., Barbosa, S. E., & De Angelis, M. G. (2018). Barrier properties and mechanical strength of bio-renewable, heat-sealable films based on gelatin, glycerol and soybean oil for sustainable food packaging. *Reactive and Functional Polymers*, 125, 29–36.
<https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2018.02.001>

Cintha Rivera, T. T. (2014). Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos. 147.

Colivet, J., & Carvalho, R. A. (2017). Hydrophilicity and physicochemical properties of chemically modified cassava starch films. *Industrial Crops and Products*, 95, 599–607. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.11.018>




Costa, S. S., Miranda, A. L., de Moraes, M. G., Costa, J. A. V., & Druzian, J. I. (2019). Microalgae as source of polyhydroxyalkanoates (PHAs) — A review. *International Journal of Biological Macromolecules*, 131, 536–547.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.099>

Crawford, R. J., & Martin, P. J. (2020). General properties of plastics. In *Plastics Engineering*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100709-9.00001-7>

D. Murillo García, J. T. R. (2020). Informe De Investigación Previa a La Obtención Del Título De Magister En Agroindustria.

DANE. (2018). Boletín técnico IPI Julio 2018. 1–15.

De-la-torre, G. E. (2019). Microplásticos en el medio marino: una problemática que abordar. *Revista CIENCIA Y TECNOLOGÍA*, 15(4), 27–37.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Delgado, K. L., Varona, G. A., Montilla, C. E., & Villada, H. S. (2016). Efecto del aditivo tween 80 y de la temperatura de procesamiento en las propiedades mecánicas de tensión de películas flexibles elaboradas a partir de almidón de yuca termoplástico. *Informacion Tecnologica*, 27(6), 145–152. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642016000600015>

Díaz, A., Sánchez, J., Gallego, A., & Guiberteau, F. (2009). Estudio técnico sobre la rotura de presión de PVC. *XIII Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, 1(1), 511–517.

Ding, L., Xie, Z., Fu, X., Wang, Z., Huang, Q., & Zhang, B. (2021). Structural and in vitro starch digestion properties of potato parenchyma cells: Effects of gelatinization degree. *Food Hydrocolloids*, 113(August), 106464. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106464>

dos Santos, A. J., Oliveira Dalla Valentina, L. V., Hidalgo Schulz, A. A., & Tomaz Duarte, M. A. (2017). From Obtaining to Degradation of PHB:Material Properties. Part I. *Ingeniería y Ciencia*, 13(26), 269–298. <https://doi.org/10.17230/ingciencia.13.26.10>




Durango, A. M., & Arteaga, M. R. (2011). Edible Films and coatings as biodegradable active packaging in the preservation of food products. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 9(1), 122–128.

Durango, A., Soares, N., & Arteaga, M. (2011). Filmes y revestimientos comestibles como empaques activos biodegradables en la conservación de alimentos. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial: BSAA*, 9(1), 112–118.

Edhirej, A., Sapuan, S. M., Jawaid, M., & Zahari, N. I. (2017). Cassava/sugar palm fiber reinforced cassava starch hybrid composites: Physical, thermal and structural properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 101, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.03.045>

Elaplas. (2017). *Propiedades Físicas Cloruro De Polivinilo (Pvc Rígido)*. 1. http://www.elaplas.es/wp-content/uploads/pvc_rigido.pdf

El-Gamal, S., & Elsayed, M. (2020). Synthesis, structural, thermal, mechanical, and nano-scale free volume properties of novel

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

PbO/PVC/PMMA nanocomposites. *Polymer*, 206(August), 122911. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2020.122911>

Enríquez, D. F. L., Ruano, L. Y. C., Andrade, J. C., & Mora, O. O. (2016). Evaluación de un recubrimiento comestible a base de proteínas de lactosuero y cera de abeja sobre la calidad fisicoquímica de uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Acta Agronomica*, 65(4), 326–333. <https://doi.org/10.15446/acag.v65n4.50191>

Espinoza, A. F. H., & Puglisevich, R. D. C. (2017). Influencia del porcentaje de glicerol sobre la resistencia y deformación en tracción de plásticos biodegradables a base de almidón del tubérculo. *Lexus*, 4(None), 37.




Fabra, M. J., Martínez-Sanz, M., Gómez-Mascaraque, L. G., Gavara, R., & López-Rubio, A. (2018). Structural and physicochemical characterization of thermoplastic corn starch films containing microalgae. *Carbohydrate Polymers*, 186, 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.01.039>

Fahrngruber, B., Eichelter, J., Erhäusl, S., Seidl, B., Wimmer, R., & Mundigler, N. (2019). Potato-fiber modified thermoplastic starch: Effects of fiber content on material properties and compound characteristics. *European Polymer Journal*, 111, 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2018.10.050>

Farajpour, R., Emam Djomeh, Z., Moeini, S., Tavahkolipour, H., & Safayan, S. (2020). Structural and physico-mechanical properties of potato starch-olive oil edible films reinforced with zein nanoparticles. *International Journal of Biological Macromolecules*, 149, 941–950. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.01.175>

Farias, F. de A. C., Moretti, M. M. de S., Costa, M. S., BordignonJunior, S. E., Cavalcante, K. S. B., Boscolo, M., Gomes, E., Franco, C. M. L., & Silva, R. da. (2020). Structural and physicochemical characteristics of taioba starch in comparison with cassava starch and its potential for ethanol production. *Industrial Crops and Products*, 157(July), 112825. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112825>

Ferras Negrín, Y. (2016). Propuesta tecnológica para la acetilación de almidón de yuca. 1–110.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Flaconneche, B., Martin, J., & Klopffer, M. H. (2001). Permeability, Diffusion and Solubility of Gases in Polyethylene, Polyamide 11 and Poly (Vinylidene Fluoride). *Oil & Gas Science and Technology*, 56(3), 261–278. <https://doi.org/10.2516/ogst:2001023>

Florencia, V., López, O. V., & García, M. A. (2020). Exploitation of by-products from cassava and ahipa starch extraction as filler of thermoplastic corn starch. *Composites Part B: Engineering*, 182(July). <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2019.107653>

Galego-Fernández, N., & Rozsa-Galego, C. (2018). Ciencia de los Polímeros en la Universidad de la Habana. *Revista Cubana de Química*, 30(1), 77–89.

Galus, S., & Kadzińska, J. (2019). Gas barrier and wetting properties of whey protein isolate-based emulsion films. *Polymer Engineering and Science*, 59, E375–E383. <https://doi.org/10.1002/pen.24992>




Garrido Miranda, K. A. (2018). Bionanocompuestos de Polihidroxibutirato/Almidón con propiedades antimicrobianas y/o antioxidantes. http://repositorio.udec.cl/jspui/bitstream/11594/3495/6/Tesis_Binanocompuestos_de_polihidroxibutirato_almidon.Image.Marked.pdf

Gil, J., Vilorio, J., Durango, D., & Garcia, C. (2012). Caracterización fisicoquímica del propóleo de la región del bajo cauca antioqueño (Antioquia, Colombia). *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 77–86.

Giraldo Jaramillo, L., Urrego Cortés, E., Orozco López, V., Acosta Cárdenas, A., Alcaraz Zapata, W., Ochoa Cáceres, S., & Villa Restrepo, A. (2017). Desarrollo De Ecosorbentes a Partir De Polihidroxialcanoatos Obtenidos Con *Ralstonia Eutropha*. *Revista Colombiana de Materiales*, 0(11), 16–19.

Giraldo, J. (2015). Propiedades, obtención, caracterización y aplicaciones del quitosano. University of Concepcion, MAY. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.3350.9287>

Giraldo, J. D. (2015). Un futuro para la quitina y el quitosano. University of

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Concepcion, May, 1–16. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1253.7766>

Gómez López, P. (2013). Obtención de productos directamente expandidos por extrusión y botanas de 3ra. generación a base de chíá y almidón de maíz resistente AR4. Universidad Veracruzana. Instituto de Ciencias Básicas.

Gómez-Aldapa, C. A., Velazquez, G., Gutierrez, M. C., Rangel-Vargas, E., Castro-Rosas, J., & Aguirre-Loredo, R. Y. (2020). Effect of polyvinyl alcohol on the physicochemical properties of biodegradable starch films. *Materials Chemistry and Physics*, 239(May 2019). <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.122027>

Gorrasi, G., Pantani, R., Murariu, M., & Dubois, P. (2014). PLA/halloysite nanocomposite films: Water vapor barrier properties and specific key characteristics. *Macromolecular Materials and Engineering*, 299(1), 104–115. <https://doi.org/10.1002/mame.201200424>




Goyena, R., & Fallis, A. . (2019). ANALISIS , RIESGOS Y OPORTUNIDADES BIOPOLIMEROS. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

GQSP Colombia. (2019). Diagnostico de requisitos y brecha de calidad y sostenibilidad, sector plastico. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-10/Diagnostics_Plastic_Sector.pdf

Hidalgo, R., Gómez, M., Soliz, M., Soliz, R., Quiroga, D., González, G., & Saavedra, D. (2016). Propiedades medicinales de la semilla de uva. *Revista de Investigación e Información En Salud* , 11(N 2075-6194), 54–56. http://www.revistasbolivianas.org.bo/pdf/riis/v11n26/v11n26_a09.pdf

Holguin Cardona J. (2019). OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA. *FUNDACIÓN UNIVERSIDAD AMERICA*, 8(5), 55.

Huang, J. Y., Limqueco, J., Chieng, Y. Y., Li, X., & Zhou, W. (2017). Performance evaluation of a novel food packaging material based on

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

clay/polyvinyl alcohol nanocomposite. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 43, 216–222. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.012>

Huang, L., Zhao, H., Yi, T., Qi, M., Xu, H., Mo, Q., Huang, C., Wang, S., & Liu, Y. (2020). Reparation and properties of cassava residue cellulose nanofibril/cassava starch composite films. *Nanomaterials*, 10(4). <https://doi.org/10.3390/nano10040755>

Huang, T., Fang, Z., Zhao, H., Xu, D., Yang, W., Yu, W., & Zhang, J. (2020). Physical properties and release kinetics of electron beam irradiated fish gelatin films with antioxidants of bamboo leaves. *Food Bioscience*, 36(818), 100597. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100597>

Irlane Maia De Oliveira. (2017). OBTENCIÓN DE TRIACONTANOL MEDIANTE SAPONIFICACIÓN A PARTIR DE LA EXTRACCIÓN DE CERA DE PANALES DE ABEJAS. 1–14.




Issn, L. A. (2012). Papel Del Resveratrol De Uva Como Antioxidante. *Luna Azul*, 34, 240–256. <https://doi.org/10.17151/luaz.2012.34.14>

Jamshidian, M., Tehrany, E. A., Imran, M., Akhtar, M. J., Cleymand, F., & Desobry, S. (2012). Structural, mechanical and barrier properties of active PLA-antioxidant films. *Journal of Food Engineering*, 110(3), 380–389. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.12.034>

Jost, V. (2018). Packaging related properties of commercially available biopolymers - An overview of the status quo. *Express Polymer Letters*, 12(5), 429–435. <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2018.36>

Kahvand, F., & Fasihi, M. (2020). Microstructure and physical properties of thermoplastic corn starch foams as influenced by polyvinyl alcohol and plasticizer contents. *International Journal of Biological Macromolecules*, 157, 359–367. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.04.222>

Keskin, G., Klzll, G., Bechelany, M., Pochat-Bohatier, C., & Öner, M. (2017). Potential of polyhydroxyalkanoate (PHA) polymers family as substitutes of petroleum based polymers for packaging applications and solutions brought by their composites to form barrier materials. *Pure and Applied Chemistry*, 89(12), 1841–1848. <https://doi.org/10.1515/pac-2017->

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

0401

Kim, J. M., Lee, M. H., Ko, J. A., Kang, D. H., Bae, H., & Park, H. J. (2018). Influence of Food with High Moisture Content on Oxygen Barrier Property of Polyvinyl Alcohol (PVA)/Vermiculite Nanocomposite Coated Multilayer Packaging Film. *Journal of Food Science*, 83(2), 349–357. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14012>

Knitter, M., & Dobrzyńska-Mizera, M. (2015). Mechanical properties of isotactic polypropylene modified with thermoplastic potato starch. *Mechanics of Composite Materials*, 51(2), 245–252. <https://doi.org/10.1007/s11029-015-9496-5>

Kovalcik, A., Machovsky, M., Kozakova, Z., & Koller, M. (2015). Designing packaging materials with viscoelastic and gas barrier properties by optimized processing of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) with lignin. *Reactive and Functional Polymers*, 94, 25–34. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2015.07.001>




Kurek, M., Galus, S., & Debeaufort, F. (2014). Surface, mechanical and barrier properties of bio-based composite films based on chitosan and whey protein. *Food Packaging and Shelf Life*, 1(1), 56–67. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2014.01.001>

Lafuente Aranda, G. (2017). “ Glicerol : Síntesis Y Aplicaciones .” Universidad Nacional De Educación a Distancia Má, 18. http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf

Lárez, C, Chirinos, A, Rojas, L. (2019). Nuevos retos en agricultura para los biopolímeros de quitina y quitosano. *Revista Iberoamericana de Polimeros*, 20(3), 118–136.

Laufer, A. (2019). Desarrollo y Caracterización de un nuevo Termoplástico a base de Almidón de Yuca Oxidado y Alcohol de Polivinilo para su Potencial Uso en Extrusión de Plástico. 1–46.

Leducq, D., Ndoye, F. T., & Alvarez, G. (2015). Phase change material for the thermal protection of ice cream during storage and transportation.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

International Journal of Refrigeration, 52, 133–139.
<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2014.08.012>

Leite, L. S. F., Moreira, F. K. V., Mattoso, L. H. C., & Bras, J. (2021). Electrostatic interactions regulate the physical properties of gelatin-cellulose nanocrystals nanocomposite films intended for biodegradable packaging. *Food Hydrocolloids*, 113(August), 106424.
<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106424>

Lemos, A. C., & Mina, A. (2015). Polihidroxicanoatos (PHA) producidos por bacterias y su posible aplicación a nivel industrial. *Informador Técnico*, 79(1), 83–101.
http://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/139/195




León, G., León, D., Monroy, M., Espriella, S., & Herrera, A. (2020). Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética. *Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica*, 39, 620–626.
<https://doi.org/10.5281/zenodo.4263410>

LESSER, F. A., & OVEJERO HUMIA, M. F. (2018). “Derivados oxidados de glicerol: Obtención e impregnación en film polimérico comercial.” 68–70.

Li, X., Yang, X., Deng, H., Guo, Y., & Xue, J. (2020). Gelatin films incorporated with thymol nanoemulsions: Physical properties and antimicrobial activities. *International Journal of Biological Macromolecules*, 150, 161–168. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.066>

Lin, J. H., Lin, Z. I., Pan, Y. J., Hsieh, C. T., Huang, C. L., & Lou, C. W. (2016). Thermoplastic polyvinyl alcohol/multiwalled carbon nanotube composites: Preparation, mechanical properties, thermal properties, and electromagnetic shielding effectiveness. *Journal of Applied Polymer Science*, 133(21), 1–10. <https://doi.org/10.1002/app.43474>.

Llanos, J. H. R., & Tadini, C. C. (2018). Preparation and characterization of bio-nanocomposite films based on cassava starch or chitosan, reinforced with montmorillonite or bamboo nanofibers. *International Journal of Biological Macromolecules*, 107(PartA), 371–382.
<https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.09.001>

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Lopez Serrano Francisco, Mendizabal Mijares Eduardo, O. G. P. (compilador). (2010). Introducción a la ciencia de los polimeros.

López, D. F., & Rojas, A. F. (2018). Factores que influyen las propiedades mecánicas, físicas y térmicas de materiales compuestos madero plásticos. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 12(23), 93. <https://doi.org/10.31908/19098367.3708>

López, O. V., Castillo, L. A., García, M. A., Villar, M. A., & Barbosa, S. E. (2015). Food packaging bags based on thermoplastic corn starch reinforced with talc nanoparticles. *Food Hydrocolloids*, 43, 18–24. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.04.021>




López-Angulo, D., Bittante, A. M. Q. B., Luciano, C. G., Ayala-Valencia, G., Flaker, C. H. C., Djabourov, M., & José do Amaral Sobral, P. (2020). Effect of Laponite® on the structure, thermal stability and barrier properties of nanocomposite gelatin films. *Food Bioscience*, 35(March 2019), 100596. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100596>

López-Córdoba, A., Estevez-Areco, S., & Goyanes, S. (2019). Potato starch-based biocomposites with enhanced thermal, mechanical and barrier properties comprising water-resistant electrospun poly (vinyl alcohol) fibers and yerba mate extract. *Carbohydrate Polymers*, 215(March), 377–387. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.03.105>

Luchese, C. L., Spada, J. C., & Tessaro, I. C. (2017). Starch content affects physicochemical properties of corn and cassava starch-based films. *Industrial Crops and Products*, 109(September), 619–626. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.09.020>

M. Beltrán & A. Marcilla. (2011). Tema 2. Tipos De Plasticos, Reciclado, Aditivación Y Mezclado. 20. https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/16893/1/Tema_2_Tipos_de_plasticos_aditivacion_y_mezclado.pdf

MAGALINI, Z. D. S. V. (2016). CARACTERIZAÇÃO MECÂNICA, TÉRMICA E MORFOLÓGICA DE COMPÓSITOS DE POLIHIDROXIBUTIRATO (PHB) REFORÇADOS COM FIBRAS DE CURAUÁ. 2. www.iranerds.com

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Majeed, K., Hassan, A., Bakar, A. A., & Jawaid, M. (2016). Effect of montmorillonite (MMT) content on the mechanical, oxygen barrier, and thermal properties of rice husk/MMT hybrid filler-filled low-density polyethylene nanocomposite blown films. *Journal of Thermoplastic Composite Materials*, 29(7), 1003–1019. <https://doi.org/10.1177/0892705714554492>

Malmir, S., Montero, B., Rico, M., Barral, L., Bouza, R., & Farrag, Y. (2018). Effects of poly (3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) microparticles on morphological, mechanical, thermal, and barrier properties in thermoplastic potato starch films. *Carbohydrate Polymers*, 194(November 2017), 357–364. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.04.056>

Manepalli, P. H., & Alavi, S. (2019). Mathematical modeling of mechanical and barrier properties of poly(lactic acid)/poly(butylene adipate-co-terephthalate)/thermoplastic starch based nanocomposites. *Journal of Food Engineering*, 261(November 2018), 60–65. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.04.004>




Mardani, M., Yeganehzad, S., Ptichkina, N., Kodatsky, Y., Kliukina, O., Nepovinnykh, N., & Naji-Tabasi, S. (2019). Study on foaming, rheological and thermal properties of gelatin-free marshmallow. *Food Hydrocolloids*, 93(February), 335–341. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.02.033>

Mariano. (2011). Polietileno de alta densidad. T .Plásticos, 5. <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/polietileno-de-alta-densidad.html>

Mario Enriquez, Reinaldo Velasco, V. O. (2012). Composición Y Procesamiento De Películas Biodegradables Basadas En Almidón. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(1), 182–192.

Mármol, G., Gauss, C., & Fanguero, R. (2020). Potential of cellulose microfibrils for PHA and PLA biopolymers reinforcement. *Molecules*, 25(20). <https://doi.org/10.3390/molecules25204653>

Mármol, Z., Páez, G., Rincón, M., Araujo, K., & Aiello, C. (2011). Quitina y Quitosano polímeros amigables . Una revisión de sus aplicaciones Chitin and Chitosan friendly polymer . A review of their applications. *Revista Tcnocientífica URU*, August 2016, 53–58.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Marro, M., Huerta, A., & Effect, C. A. (2015). Document downloaded from : This paper must be cited as : Effect of the incorporation of antimicrobial / antioxidant proteins on the properties of potato starch films. 353–364. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.07.047>.The

Mendoza, V. (2017). Desarrollo de recubrimientos de biopolímeros para su implementación en el fruto de la papaya Maradol colombiana y evaluación de sus efectos en la poscosecha del fruto. *Angewandte Chemie International Edition*, 6(11), 951–952., 1–23.

Miao, L., Walton, W. C., Wang, L., Li, L., & Wang, Y. (2019). Characterization of polylactic acids-polyhydroxybutyrate based packaging film with fennel oil, and its application on oysters. *Food Packaging and Shelf Life*, 22(April). <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100388>




Mina, J. H. (2012). Caracterización Físico-Mecánica De Un Almidón Termoplástico (Tps) De Yuca Y Análisis Interfacial Con Fibras De Fique Physico-Mechanical Characterization of Thermoplastic Cassava Starch (Tps) and Interfacial Analysis With Fique Fibers Caracterização Físico. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 10(2), 99–109.

Mo, C., Yuan, W., Lei, W., & Shijiu, Y. (2014). Effects of Temperature and Humidity on the Barrier Properties of Biaxially-oriented Polypropylene and Polyvinyl Alcohol Films. *Journal of Applied Packaging Research*, 6(1), 40–46. <https://doi.org/10.14448/japr.01.0004>

Moncayo-Martínez, D. C., Buitrago-Hurtado, G., & Algecira-Enciso, N. A. (2016). Películas comestibles a base de un biopolímero tipo dextrana. *Agronomía Colombiana*, 34(September), 107–109. <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v34n1supl.58444>

Monjazez Marvdashti, L., Koocheki, A., & Yavarmanesh, M. (2017). Alyssum homolocarpum seed gum-polyvinyl alcohol biodegradable composite film: Physicochemical, mechanical, thermal and barrier properties. *Carbohydrate Polymers*, 155, 280–293. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.07.123>

Moral, S., Ramírez-coutiño, L. P., & García-gómez, M. D. J. (2015). Aspectos relevantes del uso de enzimas en la industria de los alimentos. *Revista Iberoamericana de Ciencias*, 2(3), 87–102.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Morone, P., Elena, V., & Falcone, P. (2015). Assessing the potential of biowaste for bioplastics production through social network analysis. 90.

Moula Ali, A. M., Prodpran, T., & Benjakul, S. (2019a). Effect of squalene as a glycerol substitute on morphological and barrier properties of golden carp (*Probarbus Jullieni*) skin gelatin film. *Food Hydrocolloids*, 97(July), 105201. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105201>

Moula Ali, A. M., Prodpran, T., & Benjakul, S. (2019b). Effect of squalene rich fraction from shark liver on mechanical, barrier and thermal properties of fish (*Probarbus Jullieni*) skin gelatin film. *Food Hydrocolloids*, 96(April), 123–133. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.05.019>

Muhammadi, Shabina, Afzal, M., & Hameed, S. (2015). Bacterial polyhydroxyalkanoates-eco-friendly next generation plastic: Production, biocompatibility, biodegradation, physical properties and applications. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 8(3–4), 56–77. <https://doi.org/10.1080/17518253.2015.1109715>




Muñoz, J. M. (2014). Evaluación, caracterización y optimización de un bioplástico a partir de la combinación de almidón de maíz, yuca y glicerol en sus propiedades físicas y de barrera.

Muñoz, Jennifer & Santos, A. (2019). VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA DISPOSICIÓN A PAGAR (DAP) PARA CONTROLAR LA VENTA DE PORTA COMIDAS ASOCIADOS AL USO DE PLÁSTICOS INADECUADOS EN EL MUNICIPIO DE VILLAVICENCIO POR EL MÉTODO DE VALORACIÓN CONTINGENTE.

Nan, N., DeVallance, D. B., Xie, X., & Wang, J. (2016). The effect of bio-carbon addition on the electrical, mechanical, and thermal properties of polyvinyl alcohol/biochar composites. *Journal of Composite Materials*, 50(9), 1161–1168. <https://doi.org/10.1177/0021998315589770>

Nandi, S., & Guha, P. (2018). Modelling the effect of guar gum on physical, optical, barrier and mechanical properties of potato starch based composite film. *Carbohydrate Polymers*, 200(May), 498–507. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.08.028>

Naranjo Vasco, J. M. (2010). Producción de Polihidroxibutirato a partir de

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

residuos agroindustriales. 1–127.

Navia, D. P., Ayala, A. A., & Villada, H. S. (2015). Biocompuestos de harina de yuca obtenidos por termo- compresión. efecto de las condiciones de proceso. *Informacion Tecnologica*, 26(5), 55–62. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642015000500008>

Navia, P., P, D., Ayala, A., A, A., Villada, S., & C, H. (2014). Interacciones empaque-alimento: migración. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 13(100), 100–110. <http://www.scielo.org.co/pdf/rium/v13n25/v13n25a08.pdf>




Nery, T. B. R., Santos, Z. I. G. dos, & José, N. M. (2018). Desenvolvimento e caracterização de biocompósitos de polihidroxibutirato e fibra de bananeira. *Matéria (Rio de Janeiro)*, 23(4). <https://doi.org/10.1590/s1517-707620180004.0591>

Niazmand, R., Razavizadeh, B. M., & Sabbagh, F. (2020). Low-density polyethylene films carrying ferula asafoetida extract for active food packaging: Thermal, mechanical, optical, barrier, and antifungal properties. *Advances in Polymer Technology*, 2020, 1–15. <https://doi.org/10.1155/2020/4098472>

Nigmatullin, R., Thomas, P., Lukasiewicz, B., Puthussery, H., & Roy, I. (2015). Polyhydroxyalkanoates, a family of natural polymers, and their applications in drug delivery. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 90(7), 1209–1221. <https://doi.org/10.1002/jctb.4685>

Ntaikou, I., Koumelis, I., Tsitsilianis, C., Parthenios, J., & Lyberatos, G. (2018). Comparison of yields and properties of microbial polyhydroxyalkanoates generated from waste glycerol based substrates. *International Journal of Biological Macromolecules*, 112, 273–283. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.175>

Nuvoli, L., Conte, P., Fadda, C., Reglero Ruiz, J. A., García, J. M., Baldino, S., & Mannu, A. (2021). Structural, thermal, and mechanical properties of gelatin-based films integrated with tara gum. *Polymer*, 214(October). <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2020.123244>

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Oleyaei, S. A., Almasi, H., Ghanbarzadeh, B., & Moayedi, A. A. (2016). Synergistic reinforcing effect of TiO₂ and montmorillonite on potato starch nanocomposite films: Thermal, mechanical and barrier properties. In *Carbohydrate Polymers* (Vol. 152). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.07.040>

Oliveira, L. M., Araujo, P. L. B., & Araujo, E. S. (2013). The effect of gamma radiation on mechanical properties of biodegradable polymers poly(3-hydroxybutyrate) and poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate). *Materials Research*, 16(1), 195–203. <https://doi.org/10.1590/S1516-14392012005000173>




Oluwasina, O. O., Olaleye, F. K., Olusegun, S. J., Oluwasina, O. O., & Mohallem, N. D. S. (2019). Influence of oxidized starch on physicomechanical, thermal properties, and atomic force micrographs of cassava starch bioplastic film. *International Journal of Biological Macromolecules*, 135, 282–293. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.150>

OTHMAN, N., AZAHARI, N. A., & ISMAIL, H. (2011). Thermal Properties of Polyvinyl Alcohol (PVOH)/Corn Starch Blend Film. *Malaysian Polymer Journal*, 6(6), 147–154. [https://www.researchgate.net/profile/Nadras_Othman/publication/267706406_Thermal_Properties_of_Polyvinyl_Alcohol_\(PVOH\)Corn_Starch_Blend_Film/links/548e5c920cf225bf66a5fabb.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Nadras_Othman/publication/267706406_Thermal_Properties_of_Polyvinyl_Alcohol_(PVOH)Corn_Starch_Blend_Film/links/548e5c920cf225bf66a5fabb.pdf)

Palencia, M. S. (2016). ESTUDIO ELECTROQUÍMICO DE UN BIOPOLÍMERO COMPUESTO PPy / ALMIDÓN DE ELECTROCHEMICAL STUDY OF COMPOSITE BIOPOLYMER PPy / CASSAVA STARCH Artículo Regular (ASAP). *Scielo*, 36(1), 26–35.

Pantani, R., Gorrasi, G., Vigliotta, G., Murariu, M., & Dubois, P. (2013). PLA-ZnO nanocomposite films: Water vapor barrier properties and specific end-use characteristics. *European Polymer Journal*, 49(11), 3471–3482. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2013.08.005>

Pascual Insa, J. (2016). Desarrollo de un nuevo material biodegradable para el sector agrario basado en ácido poliláctico reforzado con gluten y aceite de linaza epoxidado como plastificante. 116. <https://riunet.upv.es:443/handle/10251/73277>

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Pastrana Gutiérrez, I. (2019). Evaluación de las propiedades fisicoquímicas del almidón termoplástico en presencia de ácido láctico. 19 páginas.

Peláez Romero, G. (2012). Materiales en Instalaciones de Tratamiento y Conducción de Agua. E. Reading, I(1), 129. <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/4102/fichero/2.+MATERIALES+POLIMÉRICOS.pdf>

Pérez-Vergara, L. D., Cifuentes, M. T., Franco, A. P., Pérez-Cervera, C. E., & Andrade-Pizarro, R. D. (2020). Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and propolis. *NFS Journal*, 21(August), 39–49. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2020.09.002>

Pernett, A. (2015). ESTUDIO PROSPECTIVO ESTRATÉGICO DEL SECTOR YUQUERO EN EL Presentado por: Alberto Mario Pernett Benavides Carlos Domingo Orozco Gallardo Nolvis Cecilia Negrete Línea de investigación: Pensamiento prospectivo y estrategia UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A.




Pilevar, Z., Bahrami, A., Beikzadeh, S., Hosseini, H., & Jafari, S. M. (2019). Migration of styrene monomer from polystyrene packaging materials into foods: Characterization and safety evaluation. *Trends in Food Science and Technology*, 91(April), 248–261. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.020>

Piña, C. M. (2007). Los biomateriales y sus aplicaciones. *Revista de Osteoporosis y Metabolismo Mineral*, 55–58. <https://www.uv.es/materomo/resources/g11.pdf>

Quintana, J., Cornejo, F., & Rigail-Cedeño, A. (2007). Análisis y Diseño de Empaques Flexibles para Alimentos. *Revista Tecnológica ESPOL*, 20(1), 11–18.

Ramirez, Laura & Sánchez, D. (2019). Evaluación de diferentes mezclas de polihidroxibutirato (P3HB) con aditivos para la obtención de un material polimerico. *Rabit: Jurnal Teknologi Dan Sistem Informasi Univrab*, 1(1), 2019.

Razmjoo, F., Sadeghi, E., Rouhi, M., Mohammadi, R., Noroozi, R., & Safajoo, S. (2021). Polyvinyl alcohol – Zedo gum edible film: Physical,

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

mechanical and thermal properties. *Journal of Applied Polymer Science*, 138(8), 1–10. <https://doi.org/10.1002/app.49875>

Rech, C. R., Brabes, K. C. S., Silva, B. E. B., Martines, M. A. U., Silveira, T. F. S., Alberton, J., Amadeu, C. A. A., Caon, T., Arruda, E. J., & Martelli, S. M. (2021). Antimicrobial and Physical–Mechanical Properties of Polyhydroxybutyrate Edible Films Containing Essential Oil Mixtures. *Journal of Polymers and the Environment*, 29(4), 1202–1211. <https://doi.org/10.1007/s10924-020-01943-0>

Reinaldo, J. S., Milfont, C. H. R., Gomes, F. P. C., Mattos, A. L. A., Medeiros, F. G. M., Lopes, P. F. N., Filho, M. de sá M. S., Matsui, K. N., & Ito, E. N. (2021). Influence of grape and acerola residues on the antioxidant, physicochemical and mechanical properties of cassava starch biocomposites. *Polymer Testing*, 93. <https://doi.org/10.1016/j.polymeresting.2020.107015>




Reis, K. C., Pereira, L., Melo, I. C. N. A., Marconcini, J. M., Trugilho, P. F., & Tonoli, G. H. D. (2015). Particles of coffee wastes as reinforcement in polyhydroxybutyrate (PHB) based composites. *Materials Research*, 18(3), 546–552. <https://doi.org/10.1590/1516-1439.318114>

Ren, J., Dang, K. M., Pollet, E., & Avérous, L. (2018). Preparation and characterization of thermoplastic potato starch/halloysite nano-biocomposites: Effect of plasticizer nature and nanoclay content. *Polymers*, 10(8). <https://doi.org/10.3390/polym10080808>

Reyes Torres, U. (2019). “Efecto de las nanopartículas de plata en la memoria de forma del almidón de papa termoplástico”.

Reyes, K. (2020). Elaboración de bioplástico a partir de almidón durante el período 2011- 2019. Universidad Andina Del Cusco, 94. http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/47102/Gutiérrez_RS-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rhim, J. W., Lee, J. H., & Ng, P. K. W. (2007). Mechanical and barrier properties of biodegradable soy protein isolate-based films coated with polylactic acid. *LWT - Food Science and Technology*, 40(2), 232–238. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.10.002>

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Rios, D. D. P. C. (2019). LOGISTICA INVERSA EN EL MANEJO DE RESIDUOS PROVENIENTES DEL PROCESO DE SAPONIFICACIÓN EN EMPRESAS PRODUCTORAS DE JABONES EN BARRA. ISSN 2502-3632 (Online) ISSN 2356-0304 (Paper) Jurnal Online Internasional & Nasional Vol. 7 No.1, Januari – Juni 2019 Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta, 53(9), 1689–1699. www.journal.uta45jakarta.ac.id

Rockwell, D., & A, P. E. (2015). Propiedades físicas politereftarato de etileno (pet). 473.

Rodríguez López, L. K., & Vergara Ángel, R. A. (2015). Condiciones sociales y culturales de los recicladores en Colombia. Revista Ensayos, 8, 101–115.

Rojas Perdomo, O., & Rojas Suarez, A. (2018). Criterios de Implementación ISO 14001: 2015 Caso Estudio Sector ladrillera Laboyos Pitalito Huila.




Rosales, A. (2016). Departamento de Química TÍTULO: Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el Mayo – Abril 2016.

Ruiz Avilés, G. (2012). Pólimeros Biodegradables a partir de almidón de yuca. Eafit, 15–22. https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2

Ruiz Avilés, G., Montoya Mesa, C., & Paniagua Villa, M. (2009). Degradabilidad de un polímero de almidón de yuca. Revista EIA, 12, 67–78. <https://doi.org/10.24050/reia.v6i12.221>

Salazar, L. A. (2017). Efecto de la modificación química por acetilación de fibra de bagazo de caña y almidón de mapiz utilizando extrusión reactiva para posible aplicación en materiales biodegradables con mayor estabilidad al agua. Universidad Autónoma de Sinaloa, 52–96.

Sandoval, M., Lazarte, K., & Arnao, I. (2013). Hepatoprotección antioxidante de la cáscara y semilla de Vitis vinifera L. (uva). Anales de La Facultad de Medicina, 69(4), 250.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

<https://doi.org/10.15381/anales.v69i4.1125>

Sangroniz, A., Zhu, J. B., Tang, X., Etxeberria, A., Chen, E. Y. X., & Sardon, H. (2019). Packaging materials with desired mechanical and barrier properties and full chemical recyclability. *Nature Communications*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41467-019-11525-x>

Sarria-Villa, R., & Gallo-Corredor, J. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos. *Journal de Ciencia e Ingeniería*, 8(1), 21–27. <https://jci.uniautonomo.edu.co/2016/2016-3.pdf>




Savas, L. A., Arslan, C., Hacıoglu, F., & Dogan, M. (2018). Effect of reactive and nonreactive surface modifications and compatibilizer use on mechanical and flame-retardant properties of linear low-density polyethylene filled with huntite and hydromagnesite mineral. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 134(3), 1657–1666. <https://doi.org/10.1007/s10973-018-7378-5>

Senado de la República de Colombia. (2016). *Diario Oficial*. Números, 50, 208. <https://gydconsulting.com/userfiles/Ley-1819-29-dic-16-Reforma-Tributaria-Diario-Oficial-50101.pdf>

Shabaev, A. S., Khashirova, S. Y., Mikitaev, A. K., Musov, I. V., & Slonov, A. L. (2017). An investigation of the barrier properties and of the residual acetaldehyde in polyethylene terephthalate composites. *International Polymer Science and Technology*, 44(12), T19–T22. <https://doi.org/10.1177/0307174x1704401203>

Shankar, S., Wang, L. F., & Rhim, J. W. (2019). Effect of melanin nanoparticles on the mechanical, water vapor barrier, and antioxidant properties of gelatin-based films for food packaging application. *Food Packaging and Shelf Life*, 21(January), 100363. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100363>

Sierra, S. C., Chavarriaga, P., & Sc, M. (2010). BIOCOMBUSTIBLES Y BIOTECNOLOGÍA: LA YUCA (*Manihot esculenta*) COMO MODELO DE INVESTIGACIÓN Biofuels and Biotechnology: Cassava (*Manihot esculenta*) as a research model. *Acta Biologica Colombiana*, 15, 3–24.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Singh, M., Kumar, P., Ray, S., & Kalia, V. C. (2015). Challenges and Opportunities for Customizing Polyhydroxyalkanoates. *Indian Journal of Microbiology*, 55(3), 235–249. <https://doi.org/10.1007/s12088-015-0528-6>

Souza, A. C., Benze, R., Ferrão, E. S., Ditchfield, C., Coelho, A. C. V., & Tadini, C. C. (2012). Cassava starch biodegradable films: Influence of glycerol and clay nanoparticles content on tensile and barrier properties and glass transition temperature. *LWT - Food Science and Technology*, 46(1), 110–117. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.10.018>

Svagan, A. J., Åkesson, A., Cárdenas, M., Bulut, S., Knudsen, J. C., Risbo, J., & Plackett, D. (2012). Transparent films based on PLA and montmorillonite with tunable oxygen barrier properties. *Biomacromolecules*, 13(2), 397–405. <https://doi.org/10.1021/bm201438m>




Syafiq, R., Sapuan, S. M., Zuhri, M. Y. M., Ilyas, R. A., Nazrin, A., Sherwani, S. F. K., & Khalina, A. (2020). Antimicrobial activities of starch-based biopolymers and biocomposites incorporated with plant essential oils: A review. *Polymers*, 12(10), 1–26. <https://doi.org/10.3390/polym12102403>

Syahida, N., Fitry, I., Zuriyati, A., & Hanani, N. (2020). Effects of palm wax on the physical, mechanical and water barrier properties of fish gelatin films for food packaging application. *Food Packaging and Shelf Life*, 23(September 2019), 100437. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2019.100437>

Tamyris de Souza, A. (2019). Ozonation of cassava starch to produce biodegradable films. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 713–720. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.028>

Taqi, A., Mutihac, L., & Stamatina, I. (2014). Physical and barrier properties of apple pectin/cassava starch composite films incorporating laurus nobilis oil and oleic acid. *Journal of Food Processing and Preservation*, 38(4), 1982–1993. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12174>

Tongdeesoontorn, W., Mauer, L. J., Wongruong, S., Sriburi, P., & Rachtanapun, P. (2012). Mechanical and physical properties of cassava starch-gelatin composite films. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 61(10), 778–792. <https://doi.org/10.1080/00914037.2011.610049>

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Toro, R. O. (2017). Biocomposites based thermoplastic starch , polilactic acid and rice husk : effect of epoxidized soybean oil. 11, 49–55.

Tovar Jimenez, G. I., Gómez, M., Obediente, V., Rodríguez, A., Soto, L., & Chirinos, A. (2018). Extracción biotecnológica de quitina del desecho de camarón para la producción de quitosano como bioestimulante en semillas de melón.

Trejo, V., Aragón, N., & Miranda, P. (2015). Estimación de la permeabilidad al vapor de agua en películas a base de quitosán. Revista de La Sociedad Química de México, 45(1), 1–5.

Troya, J., Rodríguez, R., Calvache, D. (2018). Síntesis de un polímero biodegradable, como alternativa a los polímeros sintéticos. Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE, 13(1), 201–204. <https://doi.org/10.24133/cctespe.v13i1.735>

Tumwesigye, K. S., Oliveira, J. C., & Sousa-Gallagher, M. J. (2016). Integrated sustainable process design framework for cassava biobased packaging materials: Critical review of current challenges, emerging trends and prospects. Trends in Food Science and Technology, 56, 103–114. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.08.001>




Ubeda, S., Aznar, M., Rosenmai, A. K., Vinggaard, A. M., & Nerín, C. (2020). Migration studies and toxicity evaluation of cyclic polyesters oligomers from food packaging adhesives. Food Chemistry, 311, 125918. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125918>

Uma, C. O. M., & Amilase, A. (2009). of Susceptibility To Enzyme Hydrolysis By Alpha Amylase. 3, 395–408.

Umer, A., Naveed, S., & Ramzan, N. (2014). Modificaciones físicas, químicas y enzimáticas y sus efectos sobre las propiedades de las películas de quitosano. Revista Matéria, 19, 197–203.

Universidad de los Andes, & Greenpeace Colombia. (2019). Situación actual de Colombia y su impacto en el medio ambiente. 14. http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf

Valdivia, R., Valdés, P., & Laurel, M. (2015). Boletín Científico Técnico INIMET. Boletín Científico Técnico INIMET, 2, 13–19.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223017807002>

Valero-Valdivieso, M. F., Ortegón, Y., & Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: Avances y perspectivas. DYNA (Colombia), 80(181), 171–180.

Vera Lema, E., Najary, M. E., & Leonardo, B. M. (2020). Bioplásticos a partir de residuos del cacao , una alternativa para mitigar la contaminación por plástico. 0474.

Villada, H. S., & Acosta, H. A. (2011). Investigación de Almidones Termoplásticos , Precursores de Productos Biodegradables Research on Thermoplastic Starches , Biodegradable Products Precursors. Informacion Tecnologica, 19(2), 3–14.




Waddell, J. M. (2013). Achieving Quality and Reliability in Memories. New Electron, 12(5), 57–67.

Wang, J., Gardner, D. J., Stark, N. M., Bousfield, D. W., Tajvidi, M., & Cai, Z. (2018). Moisture and Oxygen Barrier Properties of Cellulose Nanomaterial-Based Films. ACS Sustainable Chemistry and Engineering, 6(1), 49–70. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b03523>

Wang, R., Liu, P., Cui, B., Kang, X., & Yu, B. (2019). Effects of different treatment methods on properties of potato starch-lauric acid complex and potato starch-based films. International Journal of Biological Macromolecules, 124, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.11.207>

Wang, W., Xiao, J., Chen, X., Luo, M., Liu, H., & Shao, P. (2018). Fabrication and characterization of multilayered kafirin/gelatin film with one-way water barrier property. Food Hydrocolloids, 81, 159–168. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.02.044>

Wu, H., Lei, Y., Lu, J., Zhu, R., Xiao, D., Jiao, C., Xia, R., Zhang, Z., Shen, G., Liu, Y., Li, S., & Li, M. (2019). Effect of citric acid induced crosslinking on the structure and properties of potato starch/chitosan composite films. Food Hydrocolloids, 97(March), 105208. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105208>

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrIS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

Xia, C., Wang, W., Wang, L., Liu, H., & Xiao, J. (2019). Multilayer zein/gelatin films with tunable water barrier property and prolonged antioxidant activity. *Food Packaging and Shelf Life*, 19(November 2018), 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.12.004>

Xia, T., Gou, M., Zhang, G., Li, W., & Jiang, H. (2018). Physical and structural properties of potato starch modified by dielectric treatment with different moisture content. *International Journal of Biological Macromolecules*, 118, 1455–1462. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.06.149>

Yang, Z., Peng, H., Wang, W., & Liu, T. (2010). Crystallization behavior of poly(ϵ -caprolactone)/layered double hydroxide nanocomposites. *Journal of Applied Polymer Science*, 116(5), 2658–2667. <https://doi.org/10.1002/app>




Zehetmeyer, G., Scheibel, J. M., Soares, R. M. D., Weibel, D. E., Oviedo, M. A. S., & Oliveira, R. V. B. (2013). Morphological, optical, and barrier properties of PP/MMT nanocomposites. *Polymer Bulletin*, 70(8), 2181–2191. <https://doi.org/10.1007/s00289-013-0929-9>

Zhang, B., Huang, C., Zhao, H., Wang, J., Yin, C., Zhang, L., & Zhao, Y. (2019). Effects of cellulose nanocrystals and cellulose nanofibers on the structure and properties of polyhydroxybutyrate nanocomposites. *Polymers*, 11(12). <https://doi.org/10.3390/polym11122063>

Zhao, Y., Huerta, R. R., & Saldaña, M. D. A. (2019). Use of subcritical water technology to develop cassava starch/chitosan/gallic acid bioactive films reinforced with cellulose nanofibers from canola straw. *Journal of Supercritical Fluids*, 148(February), 55–65. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2019.02.022>

Zhu, J., Zhao, F., Xiong, R., Peng, T., Ma, Y., Hu, J., Xie, L., & Jiang, C. (2020). Thermal insulation and flame retardancy of attapulgite reinforced gelatin-based composite aerogel with enhanced strength properties. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 138(July), 106040. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2020.106040>

Zhu, Q., Wang, J., Sun, J., & Wang, Q. (2020). Preparation, characterization, and oxygen barrier properties of regenerated cellulose/polyvinyl alcohol blend films. *BioResources*, 15(2), 2735–2746.

	GUIA PARA PRESENTACION Y ENTREGA DE TRABAJOS DE GRADO (TESrS, MONOGRAFIA, SEMINARIO DE INVESTIGACION, PASANTIA)		Código: IF-IN-002 Versión: 04	 
	Proceso: Investigación:	Fecha de emisión: 05-Feb-2020	Fecha de versión: 15-May-2020	

<https://doi.org/10.15376/biores.15.2.2735-2746>

ANEXOS

Anexo 1. Tablas de propiedades de polímeros fósiles y biopolímeros

Anexo 2. Fichas técnicas de los aditivos

Anexo 3. Cotizaciones de los aditivos

Anexo 4. Fichas técnicas de los equipos

Anexo 5. Cotización de equipos