



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**OBTENCIÓN DE UNA PELÍCULA A PARTIR DE CÁSCARA DE
MANGO (*Mangifera indica*) PARA EL USO EN ALIMENTOS**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTOR: VICTORIA ESTEFANÍA PROAÑO GALARZA

DIRECTOR: Ing. MARCOS RAÚL CHUIZA ROJAS MSc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Victoria Estefanía Proaño Galarza

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

Yo, VICTORIA ESTEFANÍA PROAÑO GALARZA, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 18 de enero de 2021

VICTORIA
ESTEFANIA
PROAÑO
GALARZA

Firmado digitalmente
por VICTORIA
ESTEFANIA PROAÑO
GALARZA
Fecha: 2022.02.16
00:06:10 -05'00'

Victoria Estefanía Proaño Galarza

180441054-4

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE UNA PELÍCULA A PARTIR DE CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica*) PARA EL USO EN ALIMENTOS**, realizado por la señorita: **VICTORIA ESTEFANÍA PROAÑO GALARZA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
<p>Ing. Mabel Mariela Parada Rivera MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</p>	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> MABEL MARIELA PARADA RIVERA	<p>2021-12-02</p>
<p>Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</p>	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> MARCO RAUL CHUIZA	<p>2021-12-02</p>
<p>Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL</p>	 <small>Firmado electrónicamente por:</small> LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS	<p>2021-12-02</p>

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a estudiantes y profesionales apasionados por la investigación que anhelan aportar al mejoramiento y cuidado del medio ambiente, así como a la reinención de metodologías y estrategias para optimizar procesos enfocados a la industria.

Estefanía

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por darme perseverancia, fortaleza y sabiduría durante esta nueva etapa de mi vida, pues ha sido quien me mantuvo firme en cada paso, a mi madre, hermanos y sobrinos que han sido mi apoyo en cada momento, al Ing. Aquiles Túquerres por ser un gran compañero y guía en el transcurso de mi carrera personal y estudiantil, a mis amigos y maestros por sus sabias palabras.

Estefanía

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
SUMMARY	xiv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	3
1.1. Antecedentes de la investigación	3
1.2. Marco conceptual o glosario	4
1.2.1. <i>Mango (Mangifera indica)</i>	4
1.2.2. <i>Principales variedades de mango</i>	5
1.2.3. <i>Botánica y origen</i>	5
1.2.3.1. <i>Cáscara</i>	6
1.2.3.2. <i>Clima</i>	6
1.2.3.3. <i>Características físico-químicas</i>	6
1.2.4. <i>Almidón</i>	6
1.2.4.1. <i>Amilosa</i>	7
1.2.4.2. <i>Amilopectina</i>	7
1.2.4.3. <i>Propiedades funcionales del almidón</i>	7
1.2.5. <i>Bioplástico</i>	8
1.2.6. <i>Glicerol</i>	8
1.2.7. <i>Aditivos</i>	9
1.2.7.1. <i>Carboximetilcelulosa (CMC)</i>	9
1.2.7.2. <i>Cloruro de calcio</i>	9
1.2.7.3. <i>Carbonato de calcio</i>	9

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA	10
2.1. Hipótesis y especificación de variables	10

2.1.1.	<i>Hipótesis general</i>	10
2.1.2.	<i>Hipótesis específicas</i>	10
2.2.	Identificación de variables	10
2.3.	Operacionalización de variables	12
2.4.	Matriz de consistencia	13
2.5.	Tipo y diseño de investigación	15
2.5.1.	<i>Tipo de investigación</i>	15
2.5.1.1.	<i>Método deductivo</i>	15
2.5.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	15
2.5.2.1.	<i>Diseño factorial 2^k</i>	15
2.6.	Unidad de análisis	17
2.7.	Población de estudio	17
2.8.	Tamaño de muestra	17
2.9.	Selección de muestra	17
2.10.	Técnicas de recolección de datos	18
2.10.1.	<i>Extracción de almidón</i>	18
2.10.1.1.	<i>Diagrama de extracción de almidón</i>	19
2.10.1.2.	<i>Proceso para la obtención de películas</i>	20
2.10.1.3.	<i>Diagrama de obtención de películas</i>	21
2.10.2.	<i>Análisis para la caracterización de la muestra</i>	22
2.10.2.1.	<i>Caracterización de almidón</i>	22
2.10.3.	<i>Análisis para la caracterización de las películas</i>	25
2.10.3.1.	<i>Caracterización de las películas</i>	25

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	27
3.1.	Resultados	27
3.1.1.	<i>Datos de los ensayos realizados a la materia prima</i>	27
3.1.2.	<i>Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda</i>	28
3.1.2.1.	<i>Análisis ANOVA</i>	29
3.1.3.	<i>Ensayos fisicoquímicos para el almidón</i>	30
3.1.4.	<i>Ensayos para la formulación de películas</i>	32
3.1.5.	<i>Resultados de caracterización a las películas</i>	33
3.2.	Discusión	35
3.2.1.	<i>Obtención de almidón</i>	35
3.2.2.	<i>Caracterización fisicoquímica del almidón</i>	37

3.2.2.1.	<i>Humedad</i>	37
3.2.2.2.	<i>Ceniza</i>	37
3.2.2.3.	<i>Fibra y proteína</i>	37
3.2.2.4.	<i>Grasa</i>	38
3.2.2.5.	<i>Carbohidratos totales</i>	38
3.2.2.6.	<i>Temperatura de gelatinización</i>	39
3.2.2.7.	<i>Viscosidad</i>	39
3.2.2.8.	<i>Índice de Solubilidad de Agua (ISA), Índice de Absorción de Agua (IAA) y Poder de Hinchamiento (PH)</i>	40
3.2.2.9.	<i>Ph</i>	40
3.2.2.10.	<i>Análisis microbiológicos</i>	40
3.2.2.11.	<i>Amilosa y amilopectina</i>	41
3.2.3.	<i>Obtención de películas biodegradables</i>	42
3.2.4.	<i>Caracterización a las películas obtenidas</i>	43
3.2.4.1.	<i>Humedad</i>	43
3.2.4.2.	<i>Solubilidad</i>	43
3.2.4.3.	<i>Permeabilidad al vapor de agua</i>	44
3.2.4.4.	<i>Pruebas mecánicas</i>	44
3.2.4.5.	<i>Biodegradabilidad</i>	45
CONCLUSIONES		46
RECOMENDACIONES		47
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Principales variedades de mango	5
Tabla 2-1:	Botánica y origen	5
Tabla 3-2:	Identificación de variables	10
Tabla 4-2:	Operacionalización de variables en la obtención de almidón, caracterización de almidón-biopelícula y biodegradabilidad	12
Tabla 5-2:	Matriz de consistencia.....	13
Tabla 6-2:	Diseño factorial 2^k para la extracción de almidón	15
Tabla 7-2:	Diseño factorial 2^k para la elaboración de la película	16
Tabla 8-2:	Extracción del almidón de cáscara de mango (<i>mangifera indica</i>)	18
Tabla 9-2:	Proceso para la obtención de películas	20
Tabla 10-2:	Caracterización de almidón obtenido.....	22
Tabla 11-2:	Caracterización realizada a las películas.....	25
Tabla 12-3:	Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima	27
Tabla 13-3:	Datos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda	28
Tabla 14-3:	Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo	29
Tabla 15-3:	Análisis de varianza	29
Tabla 16-3:	Rendimiento de extracción de almidón de cáscara de mango.....	30
Tabla 17-3:	Identificación de almidón de cáscara de mango (<i>mangifera indica</i>) mediante la prueba de lugol	31
Tabla 18-3:	Análisis proximal realizado en el almidón obtenido.....	31
Tabla 19-3:	Resultados del índice de solubilidad en agua (isa), índice de absorción de agua (iaa) y poder de hinchamiento (ph).....	31
Tabla 20-3:	Porcentaje de amilosa y amilopectina en el almidón	31
Tabla 21-3:	Ensayos microbiológicos realizados en el almidón	32
Tabla 22-3:	Nomenclatura para las formulaciones y aditivos	32
Tabla 23-3:	Ensayos físicos a las películas obtenidas	33
Tabla 24-3:	Resultados de ensayos para la caracterización de las películas	33
Tabla 25-3:	Resultados de pruebas mecánicas	34
Tabla 26-3:	Resultados de biodegradabilidad de las películas	34
Tabla 27-3:	Presencia de fibra en almidón de cáscara de mango (<i>mangifera indica</i>).....	38

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Estructura química de almidón.	7
Figura 2-3: Muestreo de la materia prima.	27
Figura 3-3: Resultado positivo para muestra de almidón.	30
Figura 4-3: Muestra de almidón vista desde el microscopio.	30

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2.	Selección de la materia prima.	17
Gráfico 2-2.	Diagrama de flujo de extracción de almidón.	19
Gráfico 3-2.	Diagrama de obtención de películas.	21
Gráfico 4-3.	Porcentaje de humedad en los tratamientos.	33
Gráfico 5-3.	Porcentaje de solubilidad en los tratamientos.....	34
Gráfico 6-3.	Permeabilidad al vapor de agua en los tratamiento.....	34
Gráfico 7-3.	Dispersión de cada tratamiento con respecto al rendimiento.	35
Gráfico 8-3.	Cajas y bigotes con rendimientos para cada tratamiento.	36

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: ABSORBANCIA EN MUESTRA DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE MANGO

ANEXO B: INFORME DE RESULTADOS DE PRUEBAS MECÁNICAS

ANEXO C: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE MANGO POR VÍA HÚMEDA

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE MANGO

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN A LAS PELÍCULAS

ANEXO F: PRUEBAS MECÁNICAS REALIZADAS A LAS PELÍCULAS

ANEXO G: PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD A LA INTEMPERIE

ANEXO H: PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD EN SUELO

ANEXO I: PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD EN AGUA

ANEXO J: VIDA ÚTIL DEL ALIMENTO RECUBIERTO CON LA PELÍCULA

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto de investigación fue la elaboración de una película a partir de almidón de cáscara de mango (*Mangifera indica*) para lo cual se extrajo dicho almidón mediante vía húmeda. El proceso de extracción del almidón se llevó a cabo variando la velocidad y el tiempo, seguido a ello se realizó su caracterización bromatológica y microbiológica según normas estipuladas. Para la obtención de la biopelícula se realizaron ensayos de cuatro tratamientos con diferentes formulaciones de almidón, glicerina y agua añadiendo aditivos como carboximetilcelulosa (CMC), carbonato de calcio (CaCO_3) y cloruro de calcio (CaCl_2) para la mejora de las características de las películas. Una vez extraído y caracterizado el almidón, se obtuvo un contenido de amilosa y amilopectina, de 26,81% y 73,19%, respectivamente. En cuanto al análisis estadístico se utilizó ANOVA, dando como resultado unas diferencias significativas nulas en el proceso de extracción de almidón y presentándose un rango de rendimiento entre 2,13% y 3,41%. Se concluye que, para un mejor cumplimiento de las normas en cuanto a la caracterización, pruebas de biodegradabilidad y recubrimiento en alimentos, operar bajo el tratamiento denominado FB2, el cual destacó del resto de tratamientos. Se recomienda seleccionar los mangos que se encuentren verdes, pues en sus cáscaras contienen una mayor fuente de almidón y, a su vez sumergirlas en bisulfito de sodio para su desinfección y eliminación de taninos.

Palabras clave: <ALMIDÓN DE CÁSCARA DE MANGO>, <CARACTERIZACIÓN>, <AMILOSA Y AMILOPECTINA>, <BIOPELÍCULA>, <PRUEBAS MECÁNICAS>, <BIODEGRADABILIDAD>.

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.01.24 12:41:02 -05'00'



0102-DBRA-UTP-2022

SUMMARY

The objective of this research project was the elaboration of a film from mango peel starch (*Mangifera indica*) for which said starch was extracted by wet method. The starch extraction process was carried out varying speed and time, followed by its bromatological and microbiological characterization according to stipulated standards. To obtain the biofilm, trials of four treatments were carried out with different formulations of starch, glycerin and water, adding additives such as carboxymethylcellulose (CMC), calcium carbonate (CaCO₃) and calcium chloride (CaCl₂) to improve the characteristics of the biofilms. films. Once the starch was extracted and characterized, an amylose and amylopectin content of 26.81% and 73.19%, respectively, was obtained. Regarding the statistical analysis, ANOVA was used, resulting in null significant differences in the starch extraction process and presenting a yield range between 2.13% and 3.41%. It is concluded that, for better compliance with the standards regarding characterization, biodegradability tests and food coating, operate under the treatment called FB2, which stood out from the rest of the treatments. It is recommended to select mangoes that are green, since their peels contain a greater source of starch and, in turn, immerse them in sodium bisulfite for disinfection and removal of tannins.

Keywords: <MANGO PEEL STARCH>, <CHARACTERIZATION>, <AMYLOSE AND AMYLOPECTIN>, <BIOFILM>, <MECHANICAL TESTS>, <BIODEGRADABILITY>.



Firmado electrónicamente por:

**NANCI
MARGARITA
INCA CHUNATA**

INTRODUCCIÓN

Identificación del problema

En la actualidad los plásticos representan uno de los problemas medioambientales más graves debido al tiempo que demora su degradación con relación a los componentes adherentes que poseen, siendo un tiempo estimado para su degradación de 50 a 100 años (Emaseo EP, 2017).

Los plásticos por su uso factible han ido reemplazando a materiales como cerámicas, metales y maderas para distintas aplicaciones, por lo cual su producción ha ido en aumento con un 10% anualmente (Almeida, 2006) En el año 2002 en el Ecuador se producían 336 ton/día de plásticos correspondientes a residuos domésticos, industriales, y agroindustriales, respectivamente. Dos de las ciudades que alimentan esta producción de residuos plásticos son Riobamba, con un 11% (Villaruel 2020) y Cuenca con el 22% aproximadamente. Ambos alimentan al porcentaje total de las toneladas mencionadas, aumentando de esta manera el problema ambiental en la explotación de recursos naturales no renovables y al tratamiento de residuos plásticos (MAVDT2, 2008).

Justificación de la investigación

Ecuador es un país que se caracteriza por su riqueza y variedad en cuanto a recursos naturales, dentro de los mismos se destacan suelos volcánicos que contienen un potencial agrícola debido a la gama de climas de sus regiones. Además, es un país tropical determinado así por su ubicación en la mitad del mundo y relieve que le otorga características y condiciones ideales para la producción agrícola. El factor tropical se caracteriza por su clima cálido húmedo de las zonas de la Costa y Oriente (eltelégrafo, 2011).

La producción de mango en Ecuador existe hace muchos años atrás reconociéndola como una fruta muy apetecible y llamativa por su color, sabor muy dulce y con alto contenido de jugo en su interior. Además, presenta ventajas en su cosecha, pues están disponibles de octubre a enero. Dicha ventaja se convierte en un potencial para ser comercializadas en los mercados internacionales. Es así que el país cuenta con extensas plantaciones en la región litoral, siendo la provincia del Guayas la encargada de la producción de esta fruta y registrada en el gremio de exportación con un 84% (Guerrero, 2018, pp.9-10).

Es conveniente utilizar las cáscaras de mango como materia prima sea con cáscara inmadura o madura, debido a que contiene su energía almacenada como almidón. La fruta mientras va madurando, el azúcar contenido en sus cáscaras se va liberando conforme su maduración (Eureka zien museoa, 2020).

La propuesta de obtención de bioplásticos con el uso de recursos renovables como lo es la cáscara de mango, se convierte en una alternativa ecológica para el ambiente y también permitiendo una

reducción de combustibles fósiles con los que se elaboran un sinnúmero de plásticos a nivel mundial. En cuanto al tiempo aproximado para la biodegradación de estos bioplásticos con relación a los plásticos comunes, son 90 días cuando se encuentra en un compostaje natural, mientras que entre 28 a 60 días en ambientes húmedos (Villalta, 2018, p. 23).

Por esta razón este trabajo de Integración curricular **OBTENCIÓN DE UNA PELÍCULA A PARTIR DE CÁSCARA DE MANGO (*Mangifera indica*) PARA EL USO EN ALIMENTOS** se presenta como una alternativa amigable para el ambiente puesto que, a partir de la biomasa se extraerá el almidón haciendo posible la obtención de la biopelícula, cuyos análisis se los realizará dentro del laboratorio de Investigación de la ESPOCH. Además, se incluirá en el proyecto de investigación “**OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS DEL ECUADOR**” a cargo del grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH (GIADE).

Objetivos de la investigación

Objetivo General

- Obtener una película a partir de cáscara de mango (*Mangifera indica*) para el uso en alimentos.

Objetivos Específicos

- Obtener el almidón de cáscara de mango (*Mangifera indica*).
- Caracterizar el almidón obtenido de cáscara de mango (*Mangifera indica*).
- Obtener bioplástico con diferentes formulaciones a partir del almidón y variables del proceso a nivel de laboratorio.
- Realizar la caracterización mecánica y de biodegradabilidad de la biopelícula obtenida.
- Determinar el tiempo de vida útil del alimento cubierto con la película obtenida.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

La problemática del desecho de plásticos se ha tratado de corregir mediante la remediación del medio ambiente. Sin embargo, esto no ha sido suficiente. Es por ello que tras varios estudios con diferentes metodologías se ha obtenido bioplástico a partir de almidón. Los bioplásticos cumplen con las mismas características que los plásticos convencionales como: flexibilidad, resistencia, ductilidad y capacidad de barrera a la humedad (Villalta, 2018, p.23), características que proporciona el almidón, que es la base para la formación de dichos biopolímeros.

Jaramillo et al. (2018, p.33) basaron su artículo extracción de almidón utilizando el cotiledón y la cáscara de mango verde para la elaboración de un bioplástico. Dichos autores pulverizaron las muestras de partes de mango tras deshidratar a 50 °C. Llegaron a la conclusión que por cada 100 toneladas de mango utilizadas se pudo aprovechar de 25 a 46 toneladas tanto de semillas como de cáscara, dando así solución a la reutilización de estos desechos orgánicos.

Ortíz (2019, p. 23-24) para comenzar en su experimentación utilizó bisulfito de sodio (NaHSO_3) al 0,16% como agente antioxidante, por un tiempo de 12 horas a 50 °C, para inactivar las enzimas, evitar fermentación, prevenir la actividad microbiológica y ayudar al blanqueo del almidón. Además, las partículas obtenidas del cotiledón se licuaron con 250 mL de agua destilada, posteriormente se filtró en una tela fina y se lavó con agua destilada hasta su clarificación para después centrifugar a 3500 RPM durante 20 minutos. Finalmente, el almidón obtenido se secó al ambiente por tres horas para luego pulverizarlo en un mortero.

Por otra parte, Anticona y Torres (2020, p. 20-21) señala que para la elaboración de las películas biodegradables obtiene en primer lugar harina para después extraer el almidón de la almendra de mango contenido en ella. Para esto mezcla cierta 160 g de harina con 200 mL de agua destilada y deja reposar durante 2 horas, observando dos fases permitiendo eliminar el sobrenadante, mientras que el sedimento se lleva a estufa durante 24 horas a 40 °C para terminar con la molienda en un mortero, obteniendo un almidón de color marrón claro por la presencia de taninos.

Villalta realiza el procedimiento de la obtención de almidón a partir de la cáscara de mango comenzando de manera similar que Ortíz quien utiliza bisulfito de sodio para inactivar la fermentación y enzimas; Villalta (2018, p. 39-40) añade una solución de ácido ascórbico al 4% que cumple la misma función. Este autor licúa la cáscara para después diluir con agua destilada refrigerar durante 1 hora y decantar hasta que la muestra se clarifique; echo esto se coloca una solución buffer de sodio salino, se refrigera y se decanta. Por último se coloca el precipitado

dentro de un horno a 60 °C, se realiza el proceso de molienda y se vuelve a colocar el polvo dentro del horno a la misma temperatura.

Anticona y Torres (2020, p. 22) formulan una tabla con aditivos para la elaboración del bioplástico, de la cual la formulación D que contiene 7 g almidón de la almendra de mango, 50 mL agua, 3.5 mL glicerina, 2.1 mL ácido acético y con 140° C de la temperatura del agitador es la que presenta las mejores propiedades.

Villalta (2018, p.65) comprobó que, en su caso particular, la formulación a partir del almidón de cáscara de mango que contiene una mezcla de agua destilada y glicerina calentándolas a 80 °C, fue la que presentó mayor rendimiento, con un 66.91%. además de ello se evaluó la degradabilidad con el método a la intemperie y método por agua. Como resultado la formulación 1 y 2 fueron bastante similares por el método de agua con 15.58% y 15.51% respectivamente en un período de prueba de 30 días.

En los resultados y análisis del artículo de Jaramillo, Ferrer y Cárdenas (2018, p.35) realiza su investigación a partir de almidón de la almendra y cáscara de mango en conjunto para la elaboración de bioplástico. Donde los resultados del secado fueron similares con el secado al aire libre y con el horno de convección forzada . Sin embargo, al revisar los resultados, los autores afirman que no fue posible obtener una película con cáscara de mango pues, presentan una baja resistencia al rasgado (Jaramillo, Ferrer y Cárdenas, 2018, 35).

Tomando en cuenta los autores mencionados anteriormente, se puede deducir que a pesar de que se obtiene el almidón de diferentes partes de la fruta (*Mangifera indica*) dicho polisacárido tiene la misma estructura, es decir, la presencia de amilosa y amilopectina, estando presentes al momento de elaborar los bioplásticos. Además, se pudo constatar a través de bibliografía que la presencia en abundancia de agua no le confiere consistencia a los bioplásticos obtenidos llegando a afectar la degradabilidad antes del tiempo esperado.

1.2. Marco conceptual o glosario

1.2.1. Mango (*Mangifera indica*)

El género correspondiente a *Mangifera* proviene de árboles con hojas simples y flores pequeñas agrupadas en una panícula, además de un cáliz con corola pentámeros y estambres. El fruto en su interior posee una sola semilla (monospermo) rodeada de una carne fibrosa. El peso varía desde 150 g hasta los 2 kg y su forma es variable, comúnmente se la encuentra ovoide-oblonga, aplanada y redonda. Además, los colores que presenta la fruta dependen de su estado de maduración, presentándose de color verde, amarillo o anaranjado y con tonalidades rosa, rojo y violeta (Larios et al., 2015, p.1).

1.2.2. Principales variedades de mango

Tabla 1-1: Principales variedades de mango

Tipo	Descripción
Criollo	A este tipo de mango se le conoce como mango corriente. Al madurar su cáscara presenta un color amarillo en la punta y rojiza en la base, pulpa dulce y amarilla.
Diplomático	Tiene un tamaño mediano, su peso varía entre 170 a 300 g, su semilla ocupa del 11 al 13% de su peso total. Al madurar su color es amarillo rojizo.
Manila	Al madurar presenta un color amarillo, su cáscara es delgada y con pulpa amarilla y firme.
Manila Rosa	Tiene forma oval, al madurar su cáscara tiene colores amarillos y rojizos (más rojizos), su pulpa es de color amarillo-naranja y su pepa es mediana.
Manila Oro	Tiene forma alargada, conforme su maduración el color tiene tonos amarillos verdosos, su pulpa es de color amarillo claro con semilla mediana.
Haden	Tiene forma ovalada y su base es redonda, de 10.5 a 14.0 cm de largo, presenta color amarillo y rojo carmín. Su peso varía de 270 a 430 g, la semilla representa del 9 a 10% del peso de la fruta.
Kent	Su forma es ovalada y con base redonda, que va desde 11 a 13 cm de largo, variando su peso de 480 a 650 g. El color de su cáscara es rojo y amarillo.
Keitt	La forma de su fruto es ovalada con base redonda, de 13 a 15 cm de largo, con un peso entre 480 a 820 g, la fruta presenta color amarillo con rosa clara en la base, la semilla representa del 10.0 al 10.55 del peso total.
Tommy Atkins	Tiene forma ovalada a oblonga con su base redonda, de 12.0 a 14.5 cm de largo, variando con su peso de 250 a 550 g. Su piel es gruesa de color amarillo naranja con rojo oscuro en la base y pulpa firme de color amarillo

Fuente: Larios et al., 2015, p.3-5.

Realizado por: Proaño, E, 2020.

1.2.3. Botánica y origen

Tabla 2-1: Botánica y origen

No.	Reino	Plantae
1	Orden	Sapindale
2	Familia	Anacardiáceas
3	Género	<i>Mangifera</i>
4	Nombre científico	<i>Mangifera indica</i>
5	Nombre común	Mango

Fuente: Larios et al., 2015, p.1.

Realizado por: Proaño, E, 2020.

1.2.3.1. Cáscara

La cáscara de mango es gruesa, puede tener varias tonalidades dependiendo de su tiempo de maduración, presentando un color verde claro cuando la fruta está inmadura, el color amarillo y diferentes tonalidades de rosa, rojo y violeta cuando se madura. Además, contiene lenticelas las cuales aseguran la entrada de oxígeno e intercambio gaseoso entre los tejidos internos y externos (Larios et al., 2015, p.2).

1.2.3.2. Clima

El clima para el crecimiento de estos árboles pueden ser húmedos o secos. Cuando el climaterio empieza, los patrones de respiración de la fruta cambian, provocando de esta manera su maduración, a su vez se genera una gama de compuestos volátiles entre los que se encuentran aldehídos, cetonas, alcoholes, ésteres, terpenos, etc. (Ponce, 2006; citado en Larios et al., 2015, p.18).

1.2.3.3. Características físico-químicas

La caracterización fisicoquímica para el mango se encuentra gobernado por el proceso de maduración, puesto que mientras la fruta madura, los aromas, sabores, colores y componentes se van modificando. Es así que el mango verde a medida que empieza su maduración, el contenido de almidón disminuye. Además, al encontrarse madura la fruta los parámetros que la caracterizan se ven afectados. Visualmente el cambio de color pasa de un verde a tonalidades amarillas, se presenta una pérdida de textura de la pulpa y cáscara, el contenido de almidón en la fruta madura se hidroliza (actividad de agua), cambio de pH, aumento de sólidos solubles y disminución de acidez, son evidentes (Quintero C. et al., 2013, p.12).

1.2.4. Almidón

El almidón es un hidrato de carbono y polímero de origen natural que las plantas lo sintetizan en la fotosíntesis. Los almidones están compuestos de dos estructuras poliméricas que son la amilosa en un 20% aproximadamente y amilopectina con el 80%. Las moléculas de amilosa tienen algunas ramificaciones que no son muy largas y cortas, lo que le confiere el comportamiento de un polímero lineal para formar películas y fibras resistentes (Ruíz, 2006, p.7).

1.2.4.1. Amilosa

Tiene estructura lineal y consta de moléculas de glucosa enlazadas por puentes glucosídicos α -D (1-4). Generalmente existen mil unidades de glucosa por cada molécula de amilosa, aunque este número puede variar entre los almidones de diferentes fuentes. La abundancia de grupos -OH le provee de propiedades hidrofílicas, aunque esta tiende a disminuir debido a que las moléculas de amilosa, al ser lineales, tienen afinidad a agruparse formando puentes de hidrógeno (Aristizábal y Sánchez, 2007, pp.33-34).

1.2.4.2. Amilopectina

Es en su mayoría de estructura ramificada, formada por puentes glucosídicos α -D (1-4) unidos entre sí por enlaces α -D (1-6), lo que le forma los puntos de ramificación; además está formada de alrededor de diez mil moléculas de glucosa (Duprat et al., 1980; citado en Aristizábal y Sánchez, 2007, p.34). Aristizábal y Sánchez (2007,p.34) también mencionan que las soluciones acuosas de amilopectina no forman películas tan fuertes y flexibles como lo hace la amilosa.

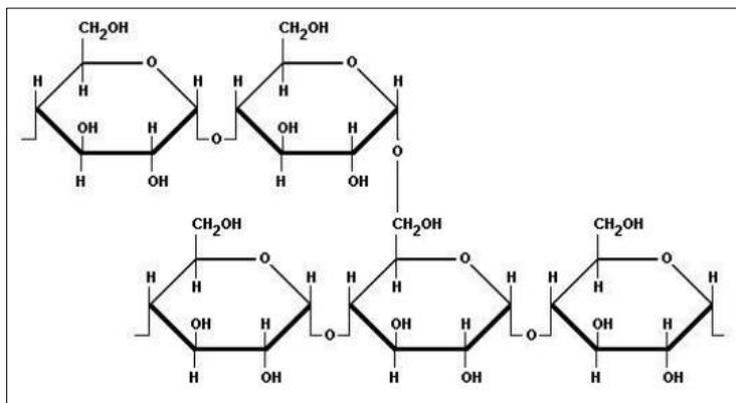


Figura 1-1: Estructura química de almidón.

Fuente: Arias, 2019; citado en Ortíz, 2019, p.14.

1.2.4.3. Propiedades funcionales del almidón

- Poder de hinchamiento

Es una propiedad de los almidones que tiene que ver con el contenido de amilopectina y amilosa, siendo esta última un diluyente e inhibidor del hinchamiento. Tiene una fuerte relación con la absorción de agua, pues esta ocasiona el hinchamiento del gránulo (Gamica et al., 2010; citado en Granados et al., 2014, p.94).

- **Temperatura de gelatinización**
Ocurre cuando el gránulo de almidón se calienta a una temperatura específica, que dependerá de la fuente del almidón, en una suspensión de agua lo que provoca que se hinche lentamente.
- **Gelatinización**
Es el proceso que ocurre cuando se llega a la temperatura de gelatinización, también llamada temperatura de transición vítrea. Es un proceso irreversible que depende de la concentración de la solución de almidón. En el proceso, las moléculas de agua que rodean a los gránulos rompen los enlaces de hidrógeno del interior de los mismos (Aristizábal y Sánchez 2007, p.37).
- **Gelificación y retrogradación**
Se da en la primera etapa de enfriamiento y consiste en que las moléculas de almidón se agregan entre sí por la pérdida de solubilidad del mismo. Es la segunda etapa del enfriamiento. Es la cristalización de las cadenas de los polímeros que comienza con la dilatación de las cadenas, pérdida del límite de agua y formación de enlaces de hidrógeno, lo que eventualmente forma la estructura cristalina mencionada (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.38).

1.2.5. Bioplástico

Son tipos de plásticos biodegradables que han sido obtenidos mediante materias primas renovables, estos provienen de recursos animales, agrícolas y forestales y tienen la capacidad de degradarse por la acción de microorganismos (ECOEMBES, 2009, p.7). Además, su bajo costo de obtención lo hace una alternativa fuerte en comparación a los polímeros derivados del petróleo (Tantaleán y Abanto, 2019, p.5). Otra de sus ventajas es que estos no poseen aditivos tóxicos sintéticos, como el bisfenol A que está presente en los plásticos convencionales y que son perjudiciales para la salud al convertirse en microplásticos (Valarezo, 2012; citado en Narváez, 2016, p.9).

1.2.6. Glicerol

El glicerol también es conocido como glicerina con fórmula $C_3H_8O_3$, a temperatura ambiente se presenta viscoso, inodoro, incoloro y ligeramente dulce. Las aplicaciones de la glicerina son varias predominando el uso en cosméticos, lubricante, como agente plastificante, entre otras.

Entre sus rutas de obtención está la saponificación y el proceso de obtención de biodiesel (Lafuente, 2017, pp.6-13). Para la elaboración de bioplásticos, la glicerina es clave, puesto que confiere propiedades de dureza y flexibilidad según la cantidad que se añade, es decir, si la cantidad es alta las películas tendrán un grado de unión muy bueno, de lo contrario la película se presentaría dura y quebradiza (Zeng, 2016, p.82).

1.2.7. Aditivos

La función que un aditivo puede cumplir en una película biodegradable va a depender del tipo de aditivo y del resultado que se desea. Es así que se suelen agregar en concentraciones que van desde 0,05 a 5 % del peso de la composición. Los aditivos como el carbonato de calcio disminuyen la capacidad de la amilosa para formar complejos y de realizar acciones hidrofílicas (como formación de puentes de hidrógeno) (Enríquez, Velasco y Ortíz, 2012, p.188).

1.2.7.1. Carboximetilcelulosa (CMC)

Es un polisacárido que se deriva de la celulosa, tiene un residuo lineal anónico de glucopiranosas β (1-4) (González et al., 2017; citado en Tantaleán y Abanto, 2019, p.10). Al añadir este componente a la biopelícula se mejoran propiedades mecánicas y disminuye la permeabilidad al vapor de agua, debido al aumento de las interacciones moleculares lo que ocasiona que la fuerza cohesiva incremente en las biopelículas (Aguilar et al., 2012; Fuentes et al., 2016; citado en Tantaleán y Abanto, 2019, p.10).

1.2.7.2. Cloruro de calcio

Es un compuesto mineral inorgánico con fórmula CaCl_2 . Es un aditivo higroscópico, es decir que absorbe la humedad de las formulaciones, lo que resulta favorable para la obtención de películas con apariencia seca y fuerte frente a la elongación (Iguardia, 2013, p.48).

1.2.7.3. Carbonato de calcio

Es un mineral natural de fórmula CaCO_3 , y es utilizado en una variedad de polímeros derivados del petróleo debido a su propiedad de mejorar las características mecánicas, térmicas y reológicas de estos plásticos convencionales, siendo también incorporado como extensor inerte y reforzador de textura (Rigail y Mendoza, 2011; Ponce, 2015; citado en Tantaleán y Abanto, 2019, p.10).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Hipótesis y especificación de variables

2.1.1. *Hipótesis general*

La película obtenida a partir de cáscara de mango (*Mangifera indica*), puede utilizarse como sustituyente de plásticos derivados del petróleo para el uso en alimentos.

2.1.2. *Hipótesis específicas*

- Es posible extraer almidón de cáscara de mango (*Mangifera indica*) utilizando el método por vía húmeda.
- El almidón obtenido cumple con los parámetros adecuados de calidad para su uso como materia prima en la elaboración de biopelículas.
- Formulaciones y condiciones adecuadas de proceso permiten obtener una biopelícula similar a un plástico.
- La biopelícula obtenida cumple con características mecánicas y biodegradables aceptables para el uso en alimentos.
- Las propiedades organolépticas del alimento cubierto con la película obtenida se mantendrán óptimas para el consumo humano durante al menos dos semanas.

2.2. Identificación de variables

Tabla 3-2: Identificación de variables

Etapas del proceso	Variables Independiente	Variables Dependiente
Obtención del almidón	Cantidad de materia prima	Trozos de cáscara
	Porcentaje de rendimiento de almidón	Estado de maduración de la fruta
Caracterización fisicoquímica del almidón	pH	Cantidad de muestra Tipo de electrodo Potencial de H ⁺
	Proteína	Cantidad de muestra Tiempo de operación en equipo Kjeldahl
	Grasa	Cantidad de muestra Tiempo de operación del equipo soxhlet

	Fibra	Cantidad de muestra desengrasada Tiempo de operación del equipo
	Humedad	Cantidad de muestra Temperatura
	Ceniza	Cantidad de muestra Temperatura
	Solubilidad	Temperatura Tiempo
	Temperatura de Gelatinización	Temperatura Tiempo
	Viscosidad	Temperatura Tiempo
Formulaciones para la biopelícula	Concentración de almidón y plastificantes	Temperatura Agitación Aditivos Punto de gelatinización de almidón Estabilización de películas
Caracterización de la biopelícula	Solubilidad en agua	Temperatura Tiempo Agitación
	Humedad	Temperatura Tiempo
	Biodegradabilidad	Tiempo
	Transmisión de vapor de agua	Tiempo Permeabilidad al vapor de agua
	Pruebas mecánicas	Cantidad de almidón, plastificantes y aditivos

Realizado por: Proaño, E, 2020.

2.3. Operacionalización de variables

Tabla 4-2: Operacionalización de variables en la obtención de almidón, caracterización de almidón-biopelícula y biodegradabilidad

Variable	Tipo de Variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición	Valor
Cantidad de muestra	Independiente, cualitativa	Porción de materia prima utilizada	-	Peso	Balanza	3 kg
Maduración de la fruta	Dependiente, cuali-cuantitativa	Cambios fisiológicos y bioquímicos en la formación del fruto	Selección de materia prima	Cambios organolépticos	Vista, Olfato, tacto	Adecuado
Temperatura	Dependiente, cuantitativa	Magnitud física de medición de energía interna y externa	Caracterización del almidón	Energía	Mufla	550 °C
			Formulación de biopelícula	Energía	Estufa	105 °C
			Caracterización de biopelícula	Energía	Termómetro	80-90 °C
pH	Dependiente, cuantitativa	Medición de la acidez o alcalinidad	Caracterización de materia prima	Acidez o alcalinidad	pHímetro	4-6
Humedad	Dependiente, cuantitativa	Cantidad de agua en el interior de un cuerpo	Obtención de almidón	% de humedad	Estufa	Según bibliografía
Espesor	Dependiente, cuantitativa	Diámetro de película de un cuerpo	Caracterización de biopelícula	Flexibilidad	Calibrador	Según bibliografía

Realizado por: Proaño, E, 2020.

2.4. Matriz de consistencia

Tabla 5-2: Matriz de consistencia

Aspectos Generales				
Problema General	Objetivo General		Hipótesis General	
Los plásticos han ido reemplazando a materiales como cerámicas, metales y maderas para distintas aplicaciones, por lo cual su producción ha ido en aumento con un 10% anualmente, lo que implica el aumento en residuos, lo que lleva a la contaminación del ambiente.	Obtener una película a partir de cáscara de mango (<i>Mangifera indica</i>) para el uso en alimentos.		La película obtenida a partir de cáscara de mango (<i>Mangifera indica</i>), puede utilizarse como sustituyente de plásticos derivados del petróleo para el uso en alimentos	
Aspectos Específicos				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables de las Hipótesis Específicas	Técnicas de recolección de datos
El almidón de la cáscara de mango debe estar inmaduro, evitando de esta manera que el almidón se convierta en azúcar	<ul style="list-style-type: none"> Obtener el almidón de cáscara de mango (<i>Mangifera indica</i>). 	Es posible extraer almidón de cáscara de mango (<i>Mangifera indica</i>) utilizando el método por vía húmeda.	<ul style="list-style-type: none"> Tiempo Velocidad de licuado 	<ul style="list-style-type: none"> Tratamientos de obtención
Cantidad escasa de almidón a utilizar	<ul style="list-style-type: none"> Caracterizar el almidón obtenido de la cáscara de mango (<i>Mangifera indica</i>). 	El almidón obtenido cumple con los parámetros adecuados de calidad para su uso como materia prima en la elaboración de biopelículas.	<ul style="list-style-type: none"> Temperatura Cantidad de reactivo 	<ul style="list-style-type: none"> Ensayos experimentales dentro de laboratorios
Se desconoce el porcentaje adecuado para la obtención de una biopelícula	<ul style="list-style-type: none"> Obtener bioplástico con diferentes formulaciones a partir del almidón y 	Formulaciones y condiciones adecuadas de proceso permiten obtener una biopelícula similar a un plástico.	<ul style="list-style-type: none"> Cantidad de almidón, plastificantes y aditivos 	<ul style="list-style-type: none"> Experimentaciones variando porcentajes de almidón,

	variables del proceso a nivel de laboratorio.		<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura 	plastificantes y aditivos
Formulaciones inadecuadas, confieren errores al espesor y resultado de las películas	<ul style="list-style-type: none"> • Realizar la caracterización mecánica y de biodegradabilidad de la biopelícula obtenida. 	La biopelícula obtenida cumple con características mecánicas y biodegradables aceptables para el uso en alimentos.	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor de película • Formulaciones de biopelículas 	<ul style="list-style-type: none"> • Según resultados obtenidos a través de pruebas mecánicas
No contacto con alimentos directamente	<ul style="list-style-type: none"> • Determinar el tiempo de vida útil del alimento cubierto con la película obtenida. 	Las propiedades organolépticas del alimento cubierto con la película obtenida se mantendrán óptimas para el consumo humano durante al menos dos semanas.	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura ambiente • Producto a cubrir 	<ul style="list-style-type: none"> • Observaciones en el transcurso de los días

Realizado por: Proaño, E, 2020.

2.5. Tipo y diseño de investigación

2.5.1. Tipo de investigación

El presente proyecto investigativo es de tipo exploratorio, puesto que se debe analizar en contenido de amilosa y amilopectina en cáscaras de mango, dicha composición se relaciona con el estado de maduración de la fruta. Al obtener el almidón de cáscara de mango, se realizará una caracterización del mismo, como son el pH, humedad, ceniza y proteína, entre otros, esperando resultados óptimos para que se convierta en una materia prima óptima para la formulación de películas biodegradables.

2.5.1.1. Método deductivo

Con el método deductivo se pretende partir de los conceptos asociados a la realización de películas con materia orgánica, posteriormente a través de observaciones y ensayos para cada etapa del proceso será posible la selección del mejor tratamiento que presente las mejores características.

2.5.2. Diseño de la investigación

El diseño de la investigación es experimental debido a la manipulación de variables, tratamientos, formulaciones y análisis necesarios para la obtención de almidón y características adecuadas que persigue el proyecto para la obtención de biopelículas para el uso en alimentos. Los resultados obtenidos reflejarán las condiciones experimentales en las que se ha trabajado, tanto para el almidón como para las películas, con lo cual, se determinarán las mejores formulaciones para que puedan ser aplicable.

2.5.2.1. Diseño factorial 2^k

Tabla 6-2: Diseño factorial 2^k para la extracción de almidón

Nº	Tiempo	Velocidad
1	-1,0	1,0
2	1,0	1,0
3	-1,0	-1,0
4	1,0	-1,0
5	1,0	-1,0
6	-1,0	-1,0
7	-1,0	1,0
8	1,0	1,0
9	-1,0	-1,0
10	1,0	1,0
11	-1,0	1,0

12	1,0	-1,0
13	-1,0	1,0
14	-1,0	-1,0
15	1,0	1,0
16	1,0	-1,0

Fuente: StantPoint 2010.

Realizado por: Proaño, E, 2021.

Para el Tiempo

- -1,0: 1,5 minutos
- 1,0: 2 minutos

Para la Velocidad:

- -1,0: Velocidad baja (VB)
- 1,0: Velocidad alta (VA)

Para cada tratamiento existen 4 repeticiones.

Tabla 7-2: Diseño factorial 2^k para la elaboración de la película

N°	Glicerina	Almidón
1	-1,0	1,0
2	1,0	1,0
3	-1,0	-1,0
4	1,0	-1,0
5	1,0	-1,0
6	-1,0	-1,0
7	-1,0	1,0
8	1,0	1,0
9	-1,0	-1,0
10	1,0	1,0
11	-1,0	1,0
12	1,0	-1,0
13	-1,0	1,0
14	-1,0	-1,0
15	1,0	1,0
16	1,0	-1,0

Realizado por: Proaño, E, 2021.

Para la Glicerina:

- -1,0: 1 gramo
- 1,0: 1,5 gramos

Para el caso del almidón:

- -1,0: 1,5 gramos
- 1,0: 2,5 gramos

Para cada tratamiento existen 4 repeticiones, por tanto 16 experimentos en total.

2.6. Unidad de análisis

El objetivo de estudio es la obtención de una biopelícula a partir de cáscara de mango (*Mangifera indica*) para el uso en alimentos, para ello se efectuarán diferentes formulaciones variando la concentración de almidón, plastificante y aditivos; en total se tendrán tres biopelículas, a las cuales se realizarán pruebas mecánicas y de degradabilidad por métodos físicos. Finalmente, se seleccionará la más adecuada para el uso en alimentos.

2.7. Población de estudio

La población de estudio son las muestras de mango (*Mangifera indica*), de diferentes mercados de la ciudad de Riobamba, de los cuales se seleccionarán los que se encuentren inmaduros y en las mejores condiciones organolépticas.

2.8. Tamaño de muestra

La obtención de almidón se obtuvo a partir del método por vía húmeda. Para las biopelículas se variarán las concentraciones del almidón obtenido con plastificantes y aditivos hasta tener resultados favorables.

2.9. Selección de muestra

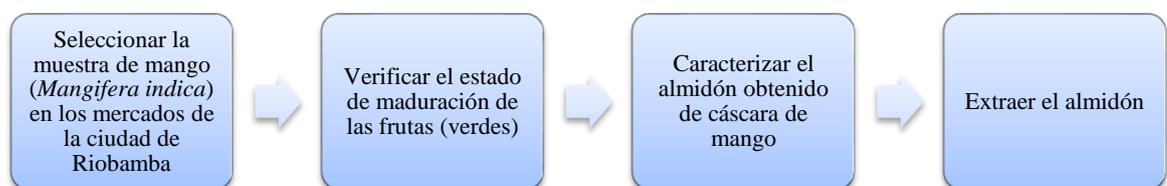


Gráfico 1-2. Selección de la materia prima.

Realizado por: Proaño, E, 2020.

2.10. Técnicas de recolección de datos

2.10.1. Extracción de almidón

Tabla 8-2: Extracción del almidón de cáscara de mango (*Mangifera indica*)

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
Vía húmeda	<ul style="list-style-type: none"> • Cuchillos • Cronómetro • Tela para filtrar • Recipientes • Fundas herméticas • Guantes aislantes • Materiales de vidrio para elaboración de soluciones • Varilla de agitación • Tamices • Licuadora industrial • Balanza • Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de cáscara de mango • Agua destilada • Ácido acético 	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar, pelar y trocear la fruta para obtener la cáscara. • Sumergir los trozos de cáscara en agua con detergente para eliminar residuos, posteriormente colocar las cáscaras en ácido acético durante 5 minutos. • Triturar las cáscaras con agua en proporción 1:2. • Dejar reposar el licuado en recipientes limpios. • Decantar el sobrenadante y repetir hasta que las muestras clarifiquen. • Colocar el precipitado en la estufa entre 60 a 70 °C hasta obtener una pasta sólida. • Disminuir la temperatura a 45°C y secar la muestra hasta obtener polvos. • Moler la muestra seca e introducir a la estufa a 45 °C durante 45 minutos para eliminar la humedad. 	(Villalta A. , 2018), con algunas modificaciones

Realizado por: Proaño, E, 2020.

2.10.1.1. Diagrama de extracción de almidón

Gráfico 2-2. Diagrama de flujo de extracción de almidón.



Realizado por: Proaño, E, 2020.

2.10.1.2. *Proceso para la obtención de películas*

Tabla 9-2: Proceso para la obtención de películas

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
Obtención de películas	<ul style="list-style-type: none"> • Guantes • Placas de vidrio • Varilla de agitación • Vasos de precipitación de 1000 mL y 500 mL • Reverbero • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de cáscara de mango • Agua destilada • Cloruro de calcio • Carbonato de calcio • CMC • Glicerol 	<ul style="list-style-type: none"> • En un vaso de precipitación disolver el CMC y en otro preparar una solución de almidón. • Colocar a esta solución el aditivo correspondiente, mezclar y añadir glicerina. • Verter la solución al vaso que contiene CMC. • Colocar la solución dentro del baño maría y agitar hasta homogenizar y obtener una pasta. • Colocar la pasta obtenida en una placa de vidrio y dejar enfriar. 	(Iguardia, 2013, pp.28-29)

Realizado por: Proaño, E, 2020.

2.10.1.3. Diagrama de obtención de películas

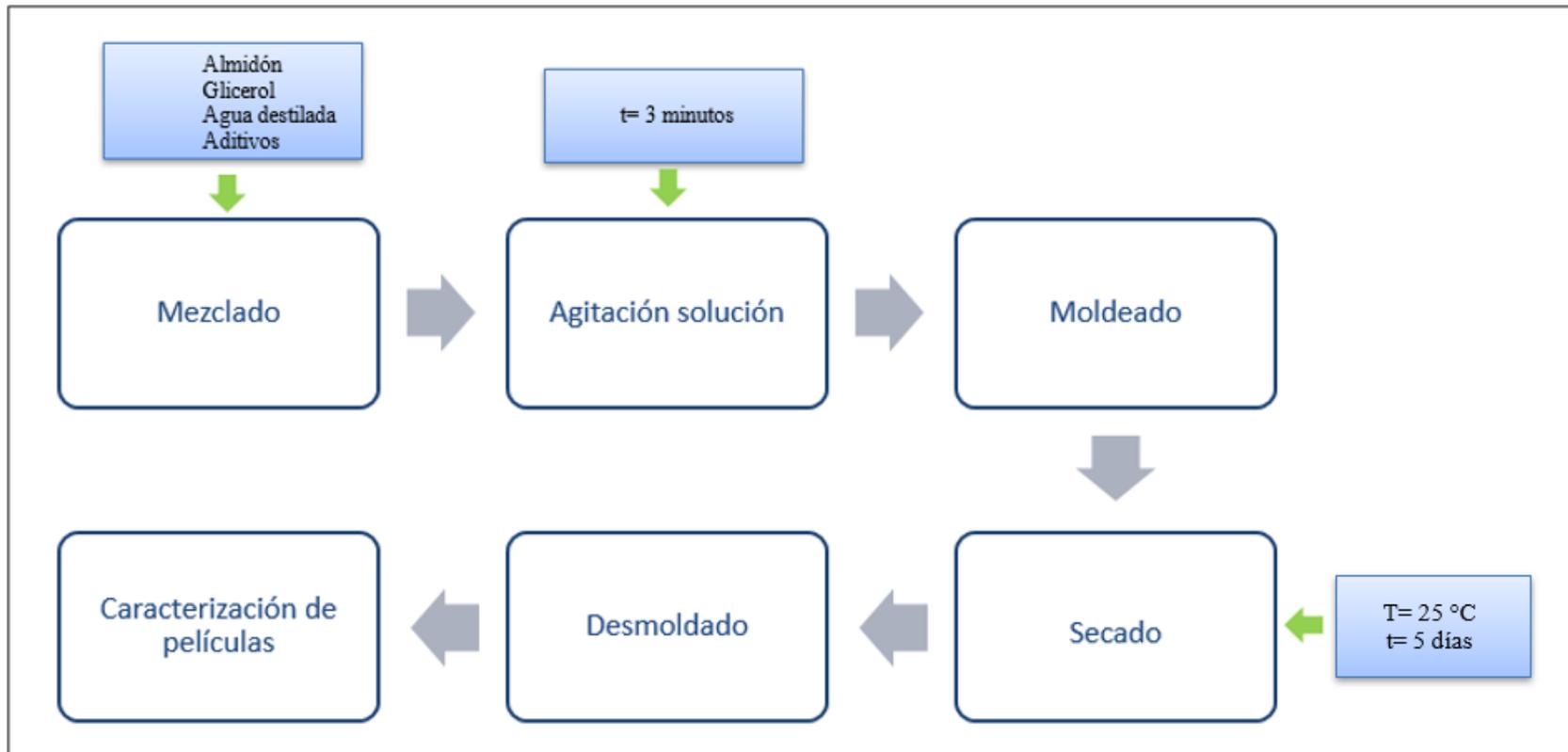


Gráfico 3-2. Diagrama de obtención de películas.

Realizado por: Proaño, E, 2020.

2.10.2. Análisis para la caracterización de la muestra

2.10.2.1. Caracterización de almidón

Tabla 10-2: Caracterización de almidón obtenido

No.	Análisis	Procedimiento	Fórmula para el cálculo	Método de ensayo
1	Índice de Solubilidad en Agua (ISA), Índice de Absorción de Agua (IAA), Poder de Hinchamiento (PH)	<p>Pesar tubos de centrífuga secados a 60 °C.</p> <p>En los tubos pesar 1,25 g de almidón y agregar 30 mL de agua destilada previamente calentada a 60 °C y agitar.</p> <p>Colocar en baño de agua a 60 °C durante 30 minutos; agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento.</p> <p>Centrifugar a temperatura ambiente a 4900 RPM durante 30 minutos.</p> <p>Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar (máximo un minuto después) y medir el volumen.</p> <p>Tomar 10 mL del sobrenadante y colocar en un vaso de precipitación de 50 mL (previamente pesado).</p> <p>Secar el sobrenadante en un horno durante toda la noche a 70 °C.</p> <p>Pesar el tubo de centrífuga con el gel.</p> <p>Pesar el vaso de precipitados con los insolubles.</p>	$IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}}$ <p>Ecuación 1-2: Índice de absorción de agua</p> $ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \times 10}{\text{Peso muestra (g)}}$ <p>Ecuación 2-2: Índice de solubilidad en agua</p> $PH = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)} - \text{Peso solubles (g)}}$ <p>Ecuación 3-2: Poder de hinchamiento</p>	(Aristizábal y Sánchez, 2007, pp.73-74)
2	pH	<p>Ajustar el electrodo a un pH de 7 con agua destilada y secarlo.</p> <p>Sumergir el electrodo en la solución.</p>	Medición directa arrojada por el pHmetro	NTE INEN 1456:1986
3	Humedad	<p>Eliminar la humedad de la cápsula en la estufa con a 105 °C.</p> <p>Pesar la cápsula vacía.</p> <p>Pesar en la cápsula 1.5 g de almidón.</p>	$\%humedad = \frac{\text{Peso inicial (g)} - \text{Peso final (g)}}{\text{Peso final (g)}} \times 100$ <p>Ecuación 4-2: Porcentaje de humedad</p>	NTE INEN 1456:1986

		Colocar la muestra en la estufa, hasta que obtenga un peso constante a 105 °C. Dejar enfriar al ambiente y posteriormente introducir en el desecador. Pesar la muestra.		
4	Ceniza	Eliminar la humedad en la estufa a 105 °C. Pesar el crisol vacío. Pesar en el crisol 1.5 g de almidón. Colocar la muestra en la mufla hasta peso constante a una temperatura de entre 500 a 550 °C. Dejar enfriar el crisol y posteriormente introducirlo en el desecador. Pesar la muestra	Ecuación 5-2: Porcentaje de ceniza	NTE INEN 1456:1986
5	Proteína	Procedimiento seguido mediante la técnica proporcionada en el laboratorio de Bromatología	$\%P = 1.4 \times f \times V \times N/m$ Ecuación 6-2: Porcentaje de proteína Donde: f= factor para transformar el $N_2\%$ en proteína, y es específico para cada alimento. V= volumen en mL de HCl empleado para titular la muestra. N= normalidad del HCl. m= masa en gramos	Técnica manejada en el laboratorio de Bromatología de la ESPOCH
6	Temperatura de Gelatinización	Pesar 10 g de almidón y disolver en agua destilada hasta completar 100 mL. Calentar agua en un vaso de precipitación de 250 mL a 85 °C. Tomar 50 mL de suspensión en un vaso de precipitación de 100 mL. Introducir el vaso de precipitación con la muestra en el agua a 85°C. Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forme una pasta y la temperatura permanezca estable por unos segundos.	Medición directa con el termómetro	(Aristizábal y Sánchez, 2007, p.72)

7	Viscosidad Brookfield	Pesar 25 g de almidón y disolver en agua hasta completar un volumen de 500 mL. Colocar la suspensión en un vaso de precipitación de 1000 mL hasta ebullición durante 15 minutos. Enfriar el gel hasta los 25 °C.	Medición directa arrojada por el viscosímetro	(Institute International Starch, 2002)
8	Grasa	Procedimiento seguido mediante la técnica proporcionada en el laboratorio de Bromatología	Ecuación 7-2: Porcentaje de grasa	Técnica manejada en el laboratorio de Bromatología de la ESPOCH
9	Fibra	Procedimiento seguido mediante la técnica proporcionada en el laboratorio de Bromatología	Ecuación 8-2: Porcentaje de fibra	Técnica manejada en el laboratorio de Bromatología de la ESPOCH
10	Amilosa y Amilopectina	Pesar 0,1 g de almidón y añadir 1 mL de etanol al 99% y 9 mL de NaOH 1 M. Calentar la solución durante 10 minutos hasta gelatinizar el almidón. Dejar enfriar y aforar en un matraz volumétrico a 100 mL. Extraer una alícuota de 5 mL y añadir 1 mL de ácido acético 1 M y 2 mL de solución de yodo. Aforar a 100 mL dentro del matraz volumétrico y leer la absorbancia a 620 nm.	<i>Contenido de amilosa (%)</i> $= 3,06 \times Absorbancia \times 20$ Ecuación 9-2: Contenido de amilosa <i>Contenido de amilopectina = 100 - % amilosa</i> Ecuación 10-2: Contenido de amilopectina	(Hassan et al., 2013; citado en Ortíz, 2019, p.25)

Realizado por: Proaño, E, 2020.

2.10.3. Análisis para la caracterización de las películas

2.10.3.1. Caracterización de las películas

Tabla 11-2: Caracterización realizada a las películas

No.	Análisis	Procedimiento	Fórmula para el cálculo	Método de ensayo
1	Solubilidad en agua	Colocar las películas secas en un vaso de precipitación con 80 mL de agua destilada. Agitar a 100 rpm durante 1 hora. Filtrar y colocar en la estufa a 40 °C. Colocar en la estufa a 105 °C hasta peso constante.	$\%Solubilidad = \frac{Peso\ inicial\ seco - Peso\ final\ seco}{Peso\ inicial\ seco} \times 100$ <p>Ecuación 11-2: Porcentaje de humedad de la película</p>	(Escobar et al., 2009, p.34)
2	Humedad	Pesar las películas secas. Colocar las películas en la estufa a 105 °C durante 24 horas.	$\%Humedad = \frac{Peso\ inicial\ de\ la\ película - Peso\ final\ de\ la\ película}{Peso\ final\ de\ la\ película} \times 100$ <p>Ecuación 12-2: Porcentaje de humedad de la película</p>	(Escobar et al., 2009, p.34)
3	Transmisión de vapor de agua	Colocar la sílica en el desecador durante 24 horas. Llenar con sílica 2/4 los tubos de ensayo, cuyas medidas son 10 cm de altura y 16 mm de diámetro. Recortar películas de 2,5 cm ² y colocar en la boca de los tubos con cinta. Pesar los tubos y colocarlos en el desecador, durante 1 hora. Pesar los tubos cada hora, durante 6 horas.	$WVTR = \frac{\left(\frac{Q}{t}\right)}{A}$ <p>Ecuación 13-2: Tasa de transmisión de vapor expresada en (g/h*m²)</p> <p>Donde: Q= Peso ganado del desecante en gramos. A= Área total de la película t= Tiempo de la prueba en horas</p> $WVP = \frac{WVTR * e}{\Delta p}$	ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico.

			$\Delta p = s'(HR_2 - HR_1)$ <p>Ecuación 14-2: Transmisión de vapor de agua</p> <p>Donde:</p> <p>WVP= permeabilidad al vapor de agua en (g*h-1*m-1*MPa-1).</p> <p>WVTR= es la pendiente de la curva (g/h) sobre el área expuesta de la lámina (g/h*m).</p> <p>s´= es la presión de vapor de agua a la temperatura del ensayo (MPa) T= 20°C..</p>	
4	Pruebas mecánicas	El equipo para tracción consta de una parte fija y una móvil, con la cual, se realiza el ensayo mecánico de la muestra.	Medición directa arrojada por el equipo.	INEN 2635: Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas
5	Biodegradabilidad	Tomar foto a la película sobre una hoja de papel y trazando una línea de 5 cm como referencia. Abrir el programa ImageJ y marcar las áreas de la película. Colocar una foto nueva y señalar las áreas de la película cada 2 días.	Medición directa arrojada por el programa.	Elaboración propia

Realizado por: Proaño, E, 2020.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados

3.1.1. Datos de los ensayos realizados a la materia prima

En la Tabla 12-3. Se presentan los resultados físicos realizados a la materia prima, la población que se tomó fue de 5 unidades para determinar la media de las mediciones de cada fruto.



Figura 2-3: Muestreo de la materia prima.

Realizado por: Proaño, E. 2020.

Tabla 12-3: Datos de los análisis físicos realizados a la materia prima

No.	MANGO		
	PESO (g)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)
1	513	14,970	9,50
2	232	10,360	7,75
3	383	13,230	8,85
4	387	13,780	8,90
5	295	12,540	9,00
PROMEDIO	362	13,04	8,80

Realizado por: Proaño, E. 2020.

3.1.2. Datos obtenidos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda

Para este proceso se tomaron los datos en intervalos de 1.5 y 2 minutos con 4 repeticiones para cada tratamiento, se determinó la media y el porcentaje de rendimiento para una mayor precisión.

Tabla 13-3: Datos del proceso de extracción de almidón por vía húmeda

VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (mL)	PESO (g)				RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (H)	
			PRODUCTO	ALMIDÓN			R	PROMEDIO		
				R	PROMEDIO	TOTAL				
VEL BAJA: 1.5	R1	500	400	8,10	8,53	34,10	2,025	2,131	48	
	R2			8,30			2,075			
	R3			9,00			2,25			
	R4			8,70			2,175			
VEL BAJA: 2	R1			11,20	11,70	46,80	2,8	2,925		48
	R2			11,80			2,95			
	R3			12,10			3,025			
	R4			11,70			2,925			
VEL ALTA: 1.5	R1			9,20	10,38	41,50	2,3	2,594		48
	R2			11,10			2,775			
	R3			10,40			2,6			
	R4			10,80			2,7			
VEL ALTA: 2	R1			13,20	13,68	54,70	3,3	3,419		48
	R2			13,50			3,375			
	R3			14,10			3,525			
	R4			13,90			3,475			

Realizado por: Proaño, E. 2020.

3.1.2.1. Análisis ANOVA

Tras la obtención de los rendimientos de la extracción de almidón se realiza un análisis estadístico (ANOVA) para determinar si los tratamientos son iguales entre sí, o si al menos uno de ellos es diferente, es decir, la hipótesis nula y la alternativa.

- Hipótesis nula (H_0): el rendimiento de extracción de almidón es igual en todos los tratamientos, con un 95% de confiabilidad.
- Hipótesis alternativa (H_1): el rendimiento de extracción de almidón es diferente al menos en un tratamiento, con un 95% de confiabilidad.

Tabla 14-3: Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo

RESUMEN	T1	T2	Total
VB			
Cuenta	4	4	8
Suma	8,525	11,7	20,225
Promedio	2,13125	2,925	2,528125
Varianza	0,01015625	0,00875	0,188113839
VA			
Cuenta	4	4	8
Suma	10,375	13,675	24,05
Promedio	2,59375	3,41875	3,00625
Varianza	0,043489583	0,01015625	0,217455357
Total			
Cuenta	8	8	
Suma	18,9	25,375	
Promedio	2,3625	3,171875	
Varianza	0,084107143	0,077756696	

Realizado por: Proaño, E. 2020.

Tabla 15-3: Análisis de varianza

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	0,914	1	0,914	50,414	1,25E-05	4,747
Columnas	2,620	1	2,620	144,467	4,75E-08	4,747
Interacción	0,001	1	0,001	0,054	8,20E-01	4,747
Dentro del grupo	0,218	12	0,018			
Total	3,753	15				

Realizado por: Proaño, E. 2020.

Tabla 16-3: Rendimiento de extracción de almidón de cáscara de mango

Rendimiento de extracción
3,41 %

Realizado por: Proaño, E. 2020.

3.1.3. Ensayos fisicoquímicos para el almidón

Luego del proceso de extracción de almidón por vía húmeda se realizó la prueba de Lugol en una muestra.



Figura 3-3: Resultado positivo para muestra de almidón.

Realizado por: Proaño, E. 2020.

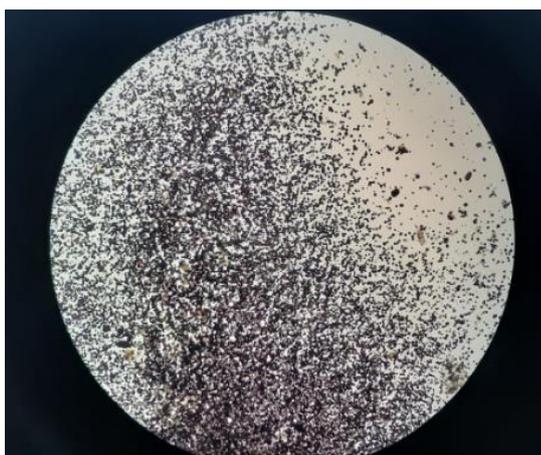


Figura 4-3: Muestra de almidón vista desde el microscopio.

Realizado por: Proaño, E. 2020.

Tabla 17-3: Identificación de almidón de cáscara de mango (*Mangifera indica*) mediante la prueba de Lugol

Muestra	Coloración antes de la prueba	Coloración después de la prueba	Resultado
A	Amarillo-verdoso	Azul oscuro	Positivo

Realizado por: Proaño, E. 2021.

Tabla 18-3: Análisis proximal realizado en el almidón obtenido

Ensayo	Unidad	Valor
Humedad	%	10,12
Ceniza	%	0,49
Grasa	%	1,65
Fibra	%	< 1
Proteína	%	0,24
Carbohidratos totales	%	87,50
Viscosidad	mPa·s	645,90
pH	-----	4,10
Temperatura de gelatinización	°C	70

Realizado por: Proaño, E. 2021.

Tabla 19-3: Resultados del Índice de solubilidad en Agua (ISA), Índice de Absorción de Agua (IAA) y Poder de Hinchamiento (PH)

Ensayo	Unidad	Valor
ISA	g soluble/g muestra	2,80
IAA	g de gel/ g muestra	2,41
PH	%	2,43

Realizado por: Proaño, E. 2021.

Tabla 20-3: Porcentaje de amilosa y amilopectina en el almidón

Ensayo	Resultado
Amilosa	26, 81 %
Amilopectina	73,19 %

Realizado por: Proaño, E. 2021.

Tabla 21-3: Ensayos microbiológicos realizados en el almidón

Parámetro	Unidad	Valor
Hongos y levaduras	UFC/mL	6
Coliformes totales	NMP/mL	9
Coliformes fecales	NMP/mL	0
Mesófilos aerobios	UFC/mL	333

Realizado por: Proaño, E. 2021.

3.1.4. Ensayos para la formulación de películas

Tabla 22-3: Nomenclatura para las formulaciones y aditivos

Bioplástico	Tratamiento	Gramos					
		Almidón	Glicerina	Agua	Aditivos		
					CMC	CaCO ₃	CaCl ₂
FB1	T1	1	2,5	70			
	T2	1,5	2,5				
	T3	1	1,5				
	T4	1,5	1,5				
FB2	T1	1	2,5	70	1,62	2,16	
	T2	1,5	2,5				
	T3	1	1,5				
	T4	1,5	1,5				
FB3	T1	1	2,5	70	1,62		2,16
	T2	1,5	2,5				
	T3	1	1,5				
	T4	1,5	1,5				
FB4	T1	1	2,5	70	1,62	2,16	2,16
	T2	1,5	2,5				
	T3	1	1,5				
	T4	1,5	1,5				

Realizado por: Proaño, E. 2021.

Cada tratamiento, representado en la Tabla 22-3 corresponde al diseño experimental presentado en la Tabla 6-2, realizando 4 repeticiones para cada tratamiento. Las variables Agua, CMC (Carboximetilcelulosa), CaCO₃ (Carbonato de Calcio), CaCl₂ (Cloruro de Calcio) son constantes.

Tabla 23-3: Ensayos físicos a las películas obtenidas

Bioplástico	Almidón, plastificante, aditivo	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad	Observaciones
FB1	Almidón Glicerina Agua	Sí	Sí	Si	Sí	Flexible, poco resistente
FB2	Almidón Glicerina Agua Carboximetilcelulosa Carbonato de calcio	Sí	Sí	No	Sí	Rígido, buena elongación
FB3	Almidón Glicerina Agua Carboximetilcelulosa Cloruro de calcio	Sí	Sí	Sí	Sí	Rígido, poco flexible
FB4	Almidón Glicerina Agua Carboximetilcelulosa Cloruro de calcio Carbonato de calcio	Sí	Sí	No	Sí	Rígido, con ligera humedad

Realizado por: Proaño, E. 2021.

3.1.5. Resultados de caracterización a las películas

Tabla 24-3: Resultados de ensayos para la caracterización de las películas

Tratamientos	Ensayos		
	Humedad (%)	Solubilidad en agua (%)	Transmisión de vapor ($\text{g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}$)
FB1	61,95	29,35	2,026E-06
FB2	26,27	16,95	1,990E-06
FB3	29,22	36,36	3,575E-06
FB4	28,81	61,02	2,753E-06

Realizado por: Proaño, E. 2021.

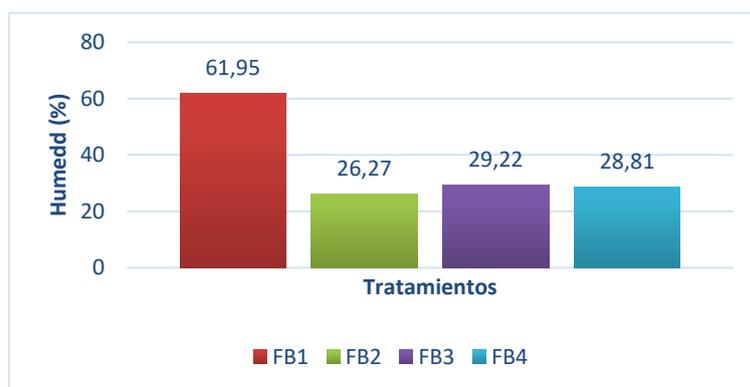
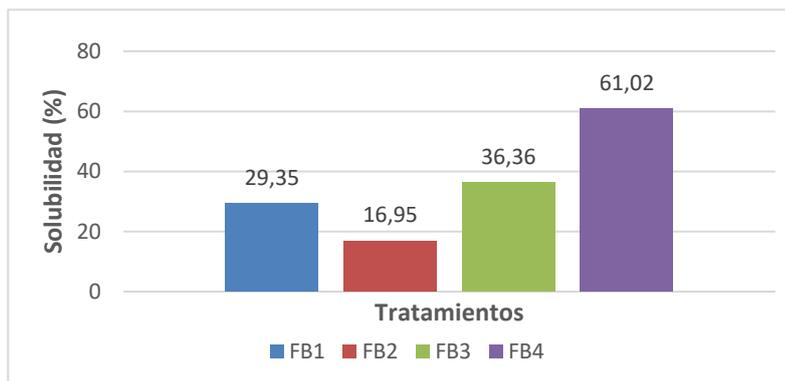


Gráfico 4-3. Porcentaje de humedad en los tratamientos.

Realizado por: Proaño, E. 2021.

Gráfico 5-3. Porcentaje de solubilidad en los tratamientos.



Realizado por: Proaño, E, 2021.

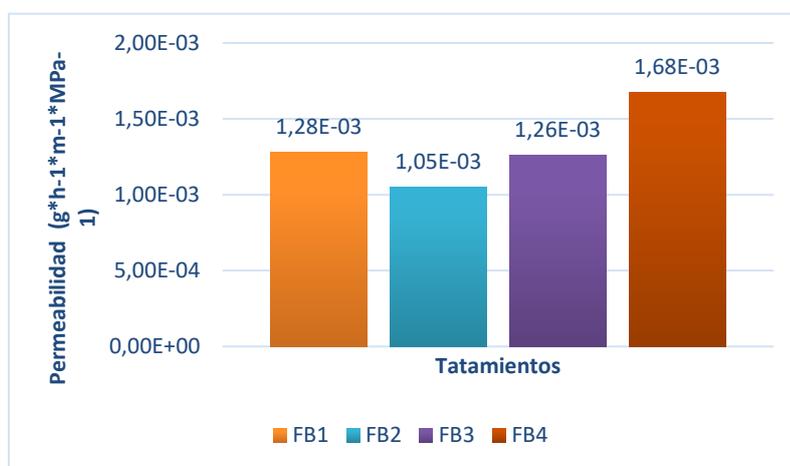


Gráfico 6-3. Permeabilidad al vapor de agua en los tratamientos.

Realizado por: Proaño, E, 2021.

Tabla 25-3: Resultados de pruebas mecánicas

Tratamiento	Módulo de elasticidad (MPa)	Esfuerzo máximo (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Porcentaje de elongación (%)
FB2	1,023E+01	5,26	5,00	50,15

Realizado por: Proaño, E, 2021.

Tabla 26-3: Resultados de biodegradabilidad de las películas

Tratamiento	Biodegradabilidad		
	Agua (%)	Suelo (%)	Intemperie (%)
FB2	41,99	53,84	9,43

Realizado por: Proaño, E, 2021.

3.2. Discusión

3.2.1. Obtención de almidón

A partir de la extracción de almidón de la cáscara de mango se obtuvo 170 g, lo que supone un rendimiento del 2,13% y 3,41% como valores mínimos y máximos respectivamente mediante el método por vía húmeda. Al realizar el respectivo análisis estadístico se pudo verificar que, al ser la probabilidad de las interacciones $p > 0,05$ (Tabla 15-3) se acepta la hipótesis nula, esto significa que el rendimiento de la extracción de almidón es igual en todos los tratamientos con un 95% de confiabilidad, es decir, se puede utilizar cualquiera de los tratamientos. Al realizar un análisis gráfico de las muestras se puede apreciar de mejor manera el tratamiento que genera mejor rendimiento, aunque la diferencia porcentual sea insignificante, los cuales se muestran en los siguientes gráficos.

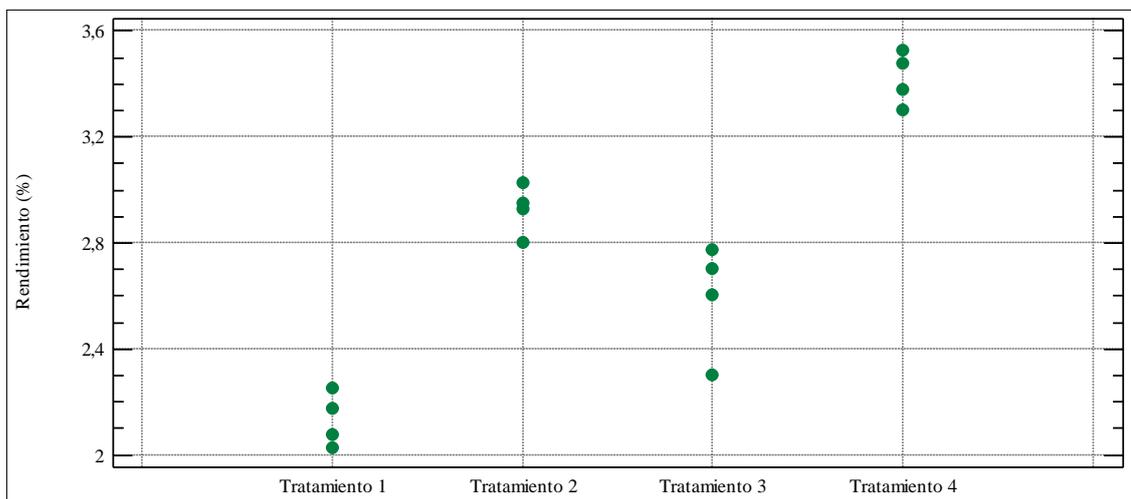


Gráfico 7-3. Dispersión de cada tratamiento con respecto al rendimiento.

Realizado por: Proaño, E. 2021.

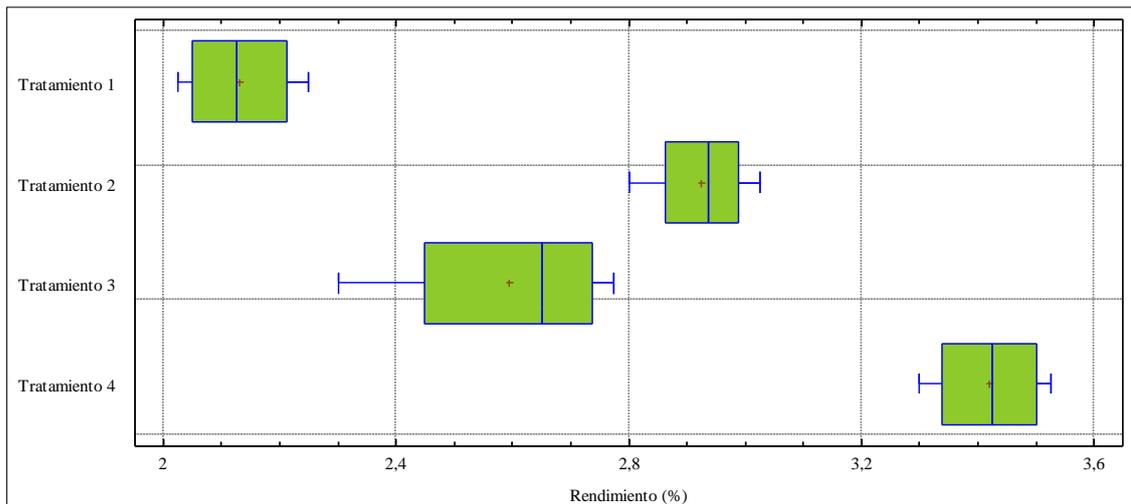


Gráfico 8-3. Cajas y bigotes con rendimientos para cada tratamiento.

Realizado por: Proaño, E. 2021.

El Gráfico 4-3 representa la dispersión de cada tratamiento respecto al porcentaje de rendimiento. Visualmente se puede constatar que el Tratamiento 3 posee mayor dispersión y el Tratamiento 2 menor dispersión, esta variación puede deberse a diversos factores del equipo, por ejemplo, la inclinación de las aspas y el tamaño de la materia prima. El Grafico 5-3 por su parte, expresa en los bigotes los valores mínimos y máximos de los rendimientos, mientras que la caja representa la medida central de los valores (50% de la muestra), señalando con el signo (+) la media y la línea que separa la caja la mediana. Se puede notar que la caja perteneciente al Tratamiento 4 posee un mayor rendimiento en comparación a los demás tratamientos.

Ruiloba et al. (2018, p.30) en sus resultados muestran un rendimiento de almidón a partir de semillas de mango del 4,67%, así como Ramírez (2020, p.47) con el 1,15% para almidón de guanábana, dichos valores son similares al obtenido en la presente investigación a partir de cáscara con el de 3,41% de almidón, este rendimiento pudo deberse a las características intrínsecas y extrínsecas del mango, así como en la deficiencia en el método de extracción del almidón. Anticona y Torres (2020, p.20) obtienen almidón de la almendra de mango a partir de la harina del mismo, obteniendo un rendimiento de 69,50% de almidón, este es un porcentaje relativamente alto considerando que es un residuo. El mismo autor menciona que la pureza de almidón de mango se podría mejorar con la adición de bisulfito de sodio, el cual extrae los taninos residuales (Saavedra, 2000; citado en Anticona y Torres, 2020, p.21); además que ayuda como desinfectante, conservante, prevenir la actividad microbiana y reducir el pH (Sun, et al., 2008; citado en Ortíz, 2019, p.36).

3.2.2. Caracterización fisicoquímica del almidón

3.2.2.1. Humedad

El valor obtenido para la humedad presente en el almidón de cáscara de mango se encuentra en la Tabla 17-3 con un valor de 10,12%, que es similar al mencionado por Medina et al. (2010), con un valor de 12,25% para almidón de cotiledón del mango. Estos resultados son inferiores al reportado por la investigación de Ruiloba et al. (2018, p.30) quienes registran una humedad del 33,5%. Esta variación de porcentajes puede deberse a condiciones en el medio y al momento de almacenar el almidón, lo que provoca este cambio. La normativa presenta un porcentaje máximo aceptado de humedad del 13%, de esta manera se puede verificar que la muestra de almidón de cáscara de mango cumple con dicha norma (NTE INEN 2051:1995).

3.2.2.2. Ceniza

El contenido de ceniza en almidón de cáscara de mango es de 0,49%. Stefanello y Rosa (2012, p.36), en su investigación reporta el análisis proximal de cáscaras de varias frutas tropicales entre las cuales, el que más se acerca al contenido de ceniza del presente proyecto es el de la cáscara de ciruela, con el 0,51% de ceniza. Al hacer una comparación más directa con la cáscara de mango, el mismo autor menciona que esta posee el 0,62% de ceniza, valor que está por encima del obtenido en el presente proyecto. Serna y Torres (2015, p.113) por su parte registra un valor aún mayor con el 2,93%, explicando que un valor alto de ceniza representa una fuente potencial de minerales. Según la normativa ecuatoriana, el porcentaje máximo de ceniza aceptado es 1%, por lo que la ceniza analizada de cáscara de mango cumple con este estándar (NTE INEN 2051:1995).

3.2.2.3. Fibra y proteína

En la investigación realizada, gracias al equipo Micro Kjendhal, se obtuvo un valor de proteína de 0,24%; mientras que Stefanello y Rosa (2012, p.36) un 1% de proteína en la cáscara. Es así que, la muestra analizada al tener un bajo contenido de proteína, se encuentra dentro de valores permitidos de la FDA en almidones de maíz con el estándar de 0,35%; permitiéndoles ser utilizados para la elaboración de jarabes (Zajac, 1989; citado en Medina et al., 2008, p.721). Otros autores mencionan valores superiores de proteína en la semilla y almendra del mismo fruto como es el caso de Ruiloba et al.(2018, p.30), que reporta un 3,9% en la semilla de mango y Anticono y Torres (2020, p.29) que obtuvieron un valor similar con el 2,39%, en la almendra de mango criollo.

Al realizar el ensayo de fibra se pudo observar, como se muestra en la Tabla 22-3, la escasa existencia de este polisacárido no digerible, por lo que se considera que está dentro de la norma, es decir, el 1% de fibra (NTE INEN 2051:1995).

Tabla 27-3: Presencia de fibra en almidón de cáscara de mango (*Mangifera indica*)

Foto sin aumento de muestra de fibra obtenida	Foto con aumento de muestra de fibra obtenida
	

Realizado por: Proaño, E. 2021.

3.2.2.4. Grasa

En el análisis de grasa para el almidón de cáscara de mango se obtuvo un valor de 1,65% el cual es similar al obtenido por Serna y Torres (2015, p.113) quién hace el análisis de dos variedades de mango que son Tommy Atkins y Keitt con un 1,78% y 1,87%, respectivamente. En comparación con la normativa, el valor de grasa es menor en 0,35 puntos al porcentaje máximo permitido por la misma, siendo este de 2% (NTE INEN 2051:1995). Se debe tomar en cuenta que este valor de referencia de la norma es para alimentos consumibles, mas no para bioplástico; un alto contenido de lípidos forma un complejo con la amilosa lo que desencadena una serie de consecuencias en ciertas propiedades como el poder de hinchamiento y la limitada solubilización de la amilosa (Hurtado, 1997; citado en Aristizábal y Sánchez, 2007, pp.35-36).

3.2.2.5. Carbohidratos totales

El contenido de los carbohidratos totales o también conocidos como carbohidratos digeribles en el almidón de cáscara de mango es de 87,5%, cuyo valor es similar reportado en el mango criollo con 80,51% (Anticona y Torres, 2020, p.27). A su vez, al comparar con Serna y Torres (2015, p.113) es

cercano a los que registra para la variedad Tommy Atkins con 91,41% y 93,23% para Keitt. Además, el autor menciona que el contenido de proteína y carbohidratos totales altos pueden aprovecharse como fuentes de nitrógeno y carbono en fermentaciones orgánicas, aportando de esta manera en sustratos a la industria de fermentaciones.

3.2.2.6. *Temperatura de gelatinización*

La temperatura de gelatinización para el almidón de cáscara de mango tuvo un valor de 70 °C, siendo similar a los reportados por Casarrubias-Castillo et al. (2012, p.463) con el 71,2 °C y 71,9 °C para maíz y mango, respectivamente. Otros almidones que registraron temperaturas dentro de los 70 son el sagú con 74,9 °C y makal con 78,4°C, y para almidones de plátano registró la mayor temperatura de gelatinización siendo de 77,4 °C. (Tester, 1997; citado en Casarrubias-Castillo et al., 2012, p.464) aporta que temperatura de gelatinización tiene relación con la perfección de los gránulos.

3.2.2.7. *Viscosidad*

La viscosidad se determinó con el viscosímetro de Brookfield, el cual arrojó un valor de 645,9 mPa·s, mismo que se encuentra dentro del rango a los encontrados en el almidón nativo de banano inmaduro de la especie *Musa sapientum* L, con sus variedades Filipino, Valery, Cavendish y Orito, con valores de 556,5 mPa·s, 543,9 mPa·s, 548 mPa·s y 567,0 mPa·s, respectivamente, los mismos que no cuentan con diferencias significativas (Martínez et al., 2015, p.19). A su vez (Won et al., 2017; citado en Solarte-Montúfar et al., 2019, p.41) reporta un valor inferior a los expuestos, con 165 mPa·s para los almidones nativos de maíz híbrido. Las viscosidades mencionadas son inferiores a los de Solarte-Montúfar et al. (2019, p.40) con almidones de papa criolla con las variedades Latina, Colombia y Jardinera, siendo la variedad Latina la de mayor viscosidad con 7202 mPa·s, seguida por Colombia con 5102 mPa·s y Jardinera con 3725,5 mPa·s.

La diferencia entre los valores de viscosidad reportados puede deberse al tamaño de los gránulos de almidón, poder de hinchamiento, rigidez y la relación de amilosa y amilopectina presente en cada uno (Sandlu et al, 2015; citado en Solarte-Montúfar et al., 2019, p.41). Además, (Enríquez et al., 2013; citado en Solarte-Montúfar et al., 2019, p.41) concuerda con dicho autor al evidenciar que los almidones que tienen mayor contenido de amilosa disminuyen su viscosidad.

3.2.2.8. *Índice de Solubilidad de Agua (ISA), Índice de Absorción de Agua (IAA) y Poder de Hinchamiento (PH)*

Los resultados obtenidos para estos tres parámetros fueron 2,80 g soluble/g muestra el índice de solubilidad (ISA), 2,41 g de gel/g muestra en el índice de absorción de agua (IAA) y 2,43% en el poder de hinchamiento (PH), estos medidos a los 60 °C, según la técnica mencionada por (Aristizábal y Sánchez, 2007, pp.73-74). Valores similares se encuentran en la variedad de mango Tommy Atkins con un ISA de 1,43 g soluble/g muestra, un IAA de 3,85 g de gel/g muestra y un PH de 3,87%, reportados por López-Flores et al. (2020, p.697). En la experimentación de (Garnica et al., 2010; citado en Solarte-Montúfar et al., 2019, p.39) para papa nativa (*Solanum tuberosum* L.) sus datos son de 2,42 g soluble/ g muestra, 11,2 g de gel/g muestra y 11,4% respectivamente. Los resultados para el ISA son cercanos entre los obtenidos en experimentación y los comparados con los autores mencionados, en cuanto al IAA y PH de la papa nativa son superiores a los obtenidos para el mango. Estas diferencias, según (Rodríguez et al., 2012; citado en Solarte-Montúfar et al. 2019, p.39), se pueden fundamentar al decir que, altos ISA, IAA y PH se debe a la gran cantidad de grupos fosfato presentes en la amilopectina, generando así la repulsión en las cadenas vecinas. Además, el bajo poder de hinchamiento en comparación con almidones de otras fuentes puede deberse al contenido de lípidos, pues este reprime dichas características (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.35-36).

3.2.2.9. *pH*

Al medir directamente con el potenciómetro la muestra de almidón de cáscara de mango, se obtuvo un pH de 4,1, siendo este ácido. Breymann, Chaves y Arias (2013, p.55) encontraron datos de pH similares en pulpas de guanábana, mango y maracuyá, con valores de 3,1, 3,9 y 3,3, respectivamente. Estos valores de pH bajos, se relacionan con el estado de maduración de las mismas y al sistema de autorregulación del pH (Menéndez et al., 2006; citado en Torres et al., 2013, p.54).

3.2.2.10. *Análisis microbiológicos*

En la muestra de almidón de mango hubo la presencia de 6 UFC/mL de hongos y levaduras, valores similares se encuentra en la investigación llevada a cabo por el Municipio de Suesca en frutas cítricas donde en su recuento obtuvo 2 UFC/mL de hongos y levaduras, tanto el almidón y la muestra proveniente de otras frutas cítricas son inferiores a 1000 UFC/mL, por lo cual son permitidos por la norma (Resolución 7992/1991; citada en Ávila y Fonseca, 2008, p.21). El crecimiento de hongos y levaduras se refleja en las condiciones inapropiadas de higiene y desinfección de utensilios, humedad y pH. Además, el autor menciona que un pH inferior a 4,5 inhibe el

crecimiento de bacterias, pero permite la aparición de hongos y levaduras (Ávila y Fonseca 2008, pp-21-22).

La aparición de mesófilos representa la vida útil que puede crecer en los alimentos, es así que el recuento de mesófilos aerobios en el almidón fue de 333 UFC/mL, mientras que en el estudio de Ávila y Fonseca (2008, pp.23-24) sus muestras fueron inaceptables pues fueron superiores a 20000 UFC/mL que es el rango adecuado.

Para el recuento de coliformes totales y coliformes fecales, el almidón presentó 9 NMP/mL para coliformes totales, por lo que se encuentra dentro del rango permitido entre 9 y 29 NMP/mL. Por otro lado, los coliformes fecales, se representan por *E. coli* y, en la muestra de almidón su resultado fue negativo, es decir, ausencia de los mismos. No obstante, para las muestras de Ávila y Fonseca (2008, pp.24-26), los resultados tanto de coliformes totales como fecales, presentaron resultados inaceptables, debido a una ineficiente manipulación e higiene antes y después del proceso de elaboración, lo que representa un peligro en la salud, principalmente en niños (Borbolla et al., 2004; citado en Ávila y Fonseca, 2008, p.25). Además, el autor sustenta la presencia de coliformes fecales, con los indicadores que provocan contaminación intestinal que son las fuentes contaminadas para la irrigación y la deficiencia en la calidad de agua (Ávila y Fonseca, 2008, p.26).

3.2.2.11. Amilosa y amilopectina

El contenido de amilosa y amilopectina es muy importante en esta investigación, debido al comportamiento que presentan estos al estar en presencia de agua y calor, lo que permite o no la formación de películas bioplásticas (Ortíz, 2019, p.46). Es así que el almidón de cáscara de mango presentó el 26,81% de amilosa y el 73,19% de amilopectina. Valores similares reportados por otros autores se encuentra el de Anticon y Torres (2020,p.29), quienes presentan una composición para el almidón de almendra de mango criollo con 29,7% de amilosa y 70,30% de amilopectina. López-Flores et al. (2020, p.696), con su estudio para frutos de mango y otros productos, obtuvo el 28,30% de amilosa y 71,70% de amilopectina en almidón de maíz, el 21% en amilosa y 79% en amilopectina en el almidón de papa y, valores inferiores para cotiledones de mango con el 12,45% en amilosa y 87,55% en amilopectina. Por su parte (Hassan et al., 2013; citado en Ortíz, 2019, p.47) en su estudio sobre el efecto de los plastificantes para una película biodegradable a partir de almidón de mango, obtiene el 15,20% de amilosa y 84,80% de amilopectina.

Al disolver el almidón en agua caliente, los gránulos se hinchan y se libera la amilosa y amilopectina presente. La amilosa al estar en solución y tener una estructura con cadenas lineales, interactúa con los enlaces de hidrógeno, lo cual permite la formación de geles y películas fuertes y rígidas. En el caso de la amilopectina, sus cadenas ramificadas no tienen buena interacción y los geles y películas que formarán se presentarán flexibles y débiles (Ortíz, 2019, p.46).

Al considerar estos datos y, sabiendo que el contenido habitual de amilosa se encuentra entre 15 a 30% y de amilopectina de 70 a 85% Pizá et al. (2017, p.33), se puede decir que el almidón del presente estudio está acorde a estos rangos, lo que supone la formación de una buena biopelícula.

3.2.3. Obtención de películas biodegradables

Para cada formulación descrita en la Tabla 11-3 se utilizaron cajas Petri con un diámetro aproximado de 9,63 cm y un tiempo de secado de aproximadamente cinco días a temperatura ambiente o tres días a 45 °C en una estufa. Al llevar a cabo una extensa revisión bibliográfica y experimentación dentro del laboratorio, se añadieron plastificantes y aditivos para mejorar cualidades de elongación, flexibilidad y dureza en las películas. De esta manera, en el primer tratamiento FB1, la película se encuentra flexible, pero poco resistente, esto se debe a la adición de glicerina, pues esta confiere suavidad al almidón permitiendo obtener una película con buena flexibilidad (Enríquez, Velasco y Ortíz, 2012, p.186). En el caso de FB2, a más de la adición de glicerina contiene los aditivos de CMC y carbonato de calcio, los mismos que en conjunto funcionan como materiales de relleno y aumentan la elongación en la película (Iguardia, 2013, p.48). Con el tratamiento FB3, se presentó rígido y poco flexible al momento de estirarlo, puesto que los aditivos de CMC y cloruro de calcio en conjunto le confieren una buena dureza, pero no elongación a la película (Iguardia, 2013, p.50). Finalmente, FB4 contiene la mezcla de todos estos aditivos, presentándose como una película rígida y ligeramente húmeda, esto debido a que el CMC y cloruro de calcio presentes son aditivos higroscópicos (Iguardia, 2013, p.48). Por los ensayos físicos realizados a cada tratamiento, y al alto contenido de material graso presente en el almidón de cáscara de mango que está respaldado por dos autores, quienes realizaron esta caracterización (Serna y Torres, 2015, p.113), mencionan que este parámetro es particularmente negativo al momento de realizar películas biodegradables, puesto a que estos, junto con la amilosa, forman un complejo el cual se ve reflejado en la obstaculización del hinchamiento y la solubilización del gránulo de almidón, específicamente la fracción de amilosa, necesitándose temperaturas muy elevadas para romper la estructura amilosa-lípido (Hurtado, 1997; citado en Aristizábal y Sánchez, 2007, pp.35-36). Sin embargo, en esta ocasión la presencia de grasa en el almidón es aprovechada de manera positiva, puesto que, al juntarse con CMC y carbonato de calcio, no permiten la absorción de humedad Iguardia (2013, p.48), factor importante dentro de la solubilidad y permeabilidad al vapor para una película utilizada en el recubrimiento de alimentos Enríquez, Velasco y Ortíz (2012, p.185), por estos motivos y al realizar un análisis sensorial, se pudo determinar que la película más adecuada es el tratamiento FB2.

3.2.4. Caracterización a las películas obtenidas

3.2.4.1. Humedad

En el ensayo de humedad, las películas FB1, FB2, FB3 y FB4 obtuvieron valores de 61,95%, 26,27%, 29,22% y 28,81%, respectivamente; los mismos se asemejan a los obtenidos por Parra (2019, p.51) con el 26,98% en C1B, 29,85% en C2A, y como valor máximo el 37,88% en C1C, en biofilms de camote. (Trujillo, 2014, p.69) en su investigación obtuvo un valor de humedad del 14,84%, dato que lo considera óptimo, en comparación a tres muestras de su experimentación que presentaron una humedad elevada con valores de 42,34% al 60,54%, lo que vuelve a las películas débiles y frágiles con su manipulación y posteriormente, con el almacenamiento la aparición de hongos. Tomando en cuenta dicho análisis, la película FB1 presenta una humedad elevada, siendo la película desfavorable entre los tratamientos, mientras que FB2 se encuentra con una humedad aceptable.

3.2.4.2. Solubilidad

La solubilidad que presenta una película biodegradable está relacionada con la capacidad de disolverse al estar en contacto con el agua, siendo fácilmente digerible y aportando a una descomposición natural (Escobar, 2020, p.45). De esta manera, datos obtenidos de solubilidad para FB1 representa el 29,35%, FB2 el 16,95%, FB3 el 36,36% y FB4 con el 61,02%. Resultados semejantes a estos se registra en la investigación de (Oliveira, 2009; citado en Trujillo, 2014, p.75) con valores bajos de 14,84% y altos de 60,96% en películas de almidón de yuca, así como Parra (2019, pp.51-52) con 62,96% para biofilms de zanahoria blanca y 63,81% para biofilms de camote; por su parte Trujillo (2014, p.76) presenta el 20,54% en su experimentación, considerándolo como un valor óptimo de solubilidad, pues según (Kim et al., 2002; Pérez-Gago et al., 1999; Sothornvit y Krochta, 2000; citado en Trujillo, 2014, p.75) menciona que una película insoluble al agua le permite mantener su estructura siendo ideal para la cobertura en frutas y hortalizas y, un alto contenido de solubilidad es una ventaja para ser aplicable en envolturas de dulces y películas comestibles donde estas se disuelvan en la boca, siendo el último caso para FB1, FB3 y FB4. En cuanto a FB2 por la solubilidad baja que presenta, puede aplicarse para el recubrimiento de alimentos con baja humedad (Escobar, 2020, p.45). Enríquez, Velasco y Ortíz (2012, p.185) en su estudio menciona que la adición de carboximetilcelulosa (CMC) disminuye la solubilidad y permeabilidad al vapor de agua, es por esta razón que, el tratamiento FB2 presenta el valor más bajo de solubilidad.

3.2.4.3. *Permeabilidad al vapor de agua*

La solubilidad se encuentra relacionada con la permeabilidad, debido a que esta última ayuda a la protección y preservación de los alimentos (Ortíz, 2019, p.81). Es así que, para verificar si los tratamientos de esta investigación, cumplen o no con dicha protección, se realizó el método desecante durante 6 horas. Los valores para los tratamientos FB1 es de $2,026E-06 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}$, FB2 el $1,990E-06 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}$, FB3 el $3,575E-06 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}$ y para FB4 el $2,753E-06 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}$, siendo estos inferiores a los reportados por Joaqui y Villada (2013, p.63) con $0,299 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}$, $0,356 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}$, $0,508 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}$ y $0,713 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{MPa}^{-1}$, películas formadas a partir de almidón de yuca, ñame, maíz y plátano, respectivamente. La variación de estos datos se los relaciona con la adición de glicerina en la formulación de películas, debido a que, puede aumentar o disminuir la permeabilidad de vapor de agua, así como la concentración del plastificante higroscópico (Sobral y Ocuno, 2000; CUQ et al., 1997; citado en Trujillo, 2014, p.86). Los datos para los tratamientos FB1, FB3 y FB4, presentan aumento de permeabilidad, es decir, el paso de agua en su estructura y rápida modificación de la misma, debido a la presencia de aditivos higroscópicos como el cloruro de calcio (CaCl_2) y carboximetilcelulosa (CMC) Iguardia (2013, p.48), en cambio para FB2 con carbonato de calcio (CaCO_3), no le permite absorber humedad como los demás.

3.2.4.4. *Pruebas mecánicas*

Por los análisis de humedad, solubilidad y permeabilidad realizados a los 4 tratamientos, se tomó el tratamiento FB2 para analizar las pruebas mecánicas, dicho tratamiento se presenta como el más favorable para el objetivo perseguido en la investigación. De esta manera, se obtuvieron resultados para el tratamiento de $1,023.E+01 \text{ MPa}$ en el módulo de elasticidad, siendo semejante al reportado por Parra (2019, p.53) con el $1,651.E+01$ en biofilms de camote. Para el esfuerzo máximo un valor de $5,260 \text{ MPa}$, valor similar al registrado por Bonilla, Hoyos y Velasco (2013, p.214) con $5,461 \text{ MPa}$ en su estudio con películas de yuca, y el $50,15\%$ de elongación en la película, este cercano al mencionado por Iguardia (2013, p.39) con el $55,18\%$ para bioplástico de yuca, además el autor menciona que la unión del carboximetilcelulosa (CMC) y carbonato de calcio (CaCO_3) a más de cumplir la función de materiales para rellenos, aumentan la elongación en las películas. Enríquez, Velasco y Ortíz (2012, p.186) fundamenta que la elongación y deformación se ven incrementadas, mientras que el esfuerzo de ruptura y módulo de elasticidad disminuyen, es así que, el tratamiento FB2 cumple con dicha afirmación.

3.2.4.5. *Biodegradabilidad*

La película en contacto con el agua se observó durante 35 días evidenciado en el Anexo I, siendo este el medio que afectó más rápido a la estructura de la película, pues la superficie empezó a hincharse y perder forma conforme pasaba el tiempo, debido a la característica hidrofílica que presenta la glicerina presente en la película Trujillo (2014, p.75), lo que permite interactuar de manera inmediata con el agua. En cuanto a la película observada a la intemperie presentó el 9,43% de biodegradabilidad y la película bajo suelo el 53,84%, este presentando la reducción de tamaño y cambio en la superficie, las películas en ambos medios se evaluaron durante 53 días. Iguardia (2013, p.5) menciona que de manera general, cuando un material se encuentra en contacto con un medio húmedo, el tiempo de degradación se presenta entre 28 a 60 días, mientras que 90 días en medios secos y compostaje natural. Es por ello que concuerda con lo observado para la película en agua, mientras que, a la intemperie y suelo su proceso de degradación continua lentamente.

CONCLUSIONES

- Al realizar la extracción de almidón de cáscara de mango a través de vía húmeda y mediante un diseño experimental 2^k se pudo constatar mediante análisis estadístico (ANOVA) que, al no existir diferencias significativas entre los tratamientos, se puede tomar cualquiera de ellos para realizar dicho proceso. El porcentaje se encuentra entre 2,2% y 3.41%; el mismo que puede deberse, de cierta manera, al grado de maduración, puesto que los gránulos de almidón se convierten en azúcares fermentables a medida que la fruta alcanza su punto máximo de maduración, disminuyendo de esta manera el contenido de almidón.
- Al realizar el análisis proximal del almidón de cáscara de mango, y a través de la comparación directa mediante normas nacionales (NTE INEN) e internacionales (FDA) se pudo comprobar que se encuentra dentro de los parámetros establecidos para alimentos consumibles. A pesar de ello el contenido de grasa, en el almidón es desfavorable, debido a que influye de una manera negativa en el ISA (Índice de Solubilidad en Agua) y PH (Poder de Hinchamiento), lo que a su vez reprime el hinchamiento de gránulo de la fracción de amilosa en el almidón por la formación del complejo amilosa-lípido.
- Mediante un diseño experimental 2^k , se realizaron diferentes formulaciones con condiciones adecuadas, como la temperatura de gelatinización; el tratamiento FB2 conformado de agua, glicerina, carboximetilcelulosa (CMC) y carbonato de calcio (CaCO_3), al presentar valores menores en parámetros de humedad, solubilidad y permeabilidad se considera como la formulación ideal perseguida en esta investigación, mientras que FB1, FB3 y FB4 son ideales para recubrimientos en medicamentos y caramelos por valores superiores en los parámetros mencionados.
- La caracterización mecánica realizada a la biopelícula obtenida FB2 muestra que se encuentra con rangos aceptables comparados con diferentes autores, presentando buenos valores en el módulo de elasticidad y porcentaje de elongación, lo que lo hace ideal para la cobertura en alimentos. En cuanto a la biodegradabilidad, la película en agua tarda menor tiempo comparado con el que demora en suelo y aire.
- Los frijoles recubiertos con la película tuvieron una vida útil mayor al de los frijoles en un ambiente húmedo sin control, puesto que a los 20 días se observó la aparición de moho en ciertos granos y algunas arrugas en el tegumento de los mismos; mientras que los de ambiente sin control presentaron arrugas muy pronunciadas en los tegumentos de la mayoría de semillas a los 10 días. A pesar de todos los valores adquiridos en el transcurso de la presente investigación, se puede finalizar mencionando que, debido al porcentaje de rendimiento de almidón de cáscara de mango, es poco viable su extracción, esto por la cantidad de materiales e insumos que se deben utilizar a costa del bajo rendimiento (3.41%).

RECOMENDACIONES

- En el proceso de limpieza y desinfección de la fruta, se recomienda la utilización de una mezcla con agua y detergente para eliminar los coliformes presentes, enjuagar con abundante agua.
- Es necesario realizar un tratamiento previo a las cáscaras sumergiéndolas en bisulfito de sodio para eliminar taninos y así aumentar la pureza de obtención de almidón.
- Controlar el medio en el cual se realiza el proceso de extracción de almidón, puesto que al ser una fuente de pH ácido permite la formación de hongos y levaduras.
- En el proceso de filtrado, se recomienda tapar el recipiente mientras precipita el almidón, para evitar la contaminación con moscos y pelusas del ambiente.

BIBLIOGRAFÍA

ALMEIDA, N., 2006. *Ensayos preliminares de pirólisis de residuos sólidos municipales para obtención de biocombustibles*. S.l.: Uniandes.

ANTICONA, G. y TORRES, L., 2020. *Efecto de la concentración de almidón de almendra de mango criollo (mangifera indica L.) en la obtención de películas* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional «Pedro Ruíz Gallo». Disponible en: http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/8715/Anticona_Cabellos_Gerson_Jahir_y_Torres_Diaz_Luis_Bernabé.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T., *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea]. 1. Roma: s.n. 2007. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>.

ÁVILA, G. y FONSECA, M., 2008. *Calidad microbiológica de jugos preparados en hogares de bienestar Familiar en la zona norte de Cundinamarca* [en línea]. S.l.: Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/8643/tesis105.pdf?isAllowed=y&sequence=1>.

BONILLA, R., HOYOS, J. y VELASCO, R., "Efecto de oxidación de almidón de yuca sobre propiedades mecánicas y térmicas de películas biodegradables". *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], vol. 11, no. 1, (2013), pp. 208-217. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a24.pdf>.

BREYMAN, J., CHAVES, C. y ARIAS, M., "Análisis de la calidad microbiológica y potencial presencia de *Listeria monocytogenes* en pulpas de guanábana (*Annona muricata*), mango (*Mangifera indica*) y maracuyá (*Passiflora edulis*) costarricenses". *Centro de Investigación en Enfermedades Tropicales y Facultad de Microbiológica* [en línea], vol. 63, no. 1, (2013), pp. 53-57. Disponible en: <http://ve.scielo.org/pdf/alan/v63n1/art07.pdf>.

CASARRUBIAS-CASTILLO, G., MÉNDEZ-MONTEALVO, G., RODRÍGUEZ-AMBRIZ, L., SÁNCHEZ-RIVERA, M. y BELLO-PÉREZ, A., "Diferencias Estructurales y Reológicas entre almidones de frutas y cereales". *Agrociencia* [en línea], vol. 46, (2012), pp. 455-466. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v46n5/v46n5a3.pdf>.

ECOEMBES, 2009. "Proyecto de Análisis de Bioplásticos". *Cátedra ECOEMBES DE MEDIO AMBIENTE* [en línea]. España: Disponible en: https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_estudios_idi/proyecto_bioplasticos_-_resumen_ejecutivo.pdf.

ELTELÉGRAFO, 2011. "Ecuador, país tropandino". *eltelegrafo* [en línea]. 25 agosto 2011. Disponible en: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/columnistas/1/ecuador-pais-tropandino#:~:text=Pero el Ecuador es también,su clima cálido y húmedo.>

EMASEO EP, 2017. "EMASEO EP". *El plástico tarda 100 años en descomponerse, reutilízalo* [en línea]. Disponible en: <http://www.emaseo.gob.ec/plastico-tarda-100-anos-descomponerse-reutilizalo/#:~:text=El plástico tarda más o,aproximadamente 500 años en desintegrarse.>

ENRÍQUEZ, M., VELASCO, R. y ORTÍZ, V., "Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón". *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], vol. 10, no. 1, (2012), pp. 182-192. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>.

ESCOBAR, D., SALA, A., SILVERA, C., HARISPE, R. y MÁRQUEZ, R., "Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador". *Revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay* [en línea], vol. 4, (2009), pp. 33-36. Disponible en: https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=462.

ESCOBAR, J., 2020. *Elaboración y caracterización de biopelículas elaboradas con quitosano y adicionadas con partículas de almidón* [en línea]. S.l.: Universidad Autónoma del Estado de México. Disponible en: <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/109321/TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

EUREKA ZIEN MUSEOA, 2020. "Eureka". *¿Es verdad que la fruta madura engorda más que la fruta inmadura?* [en línea]. [Consulta: 11 octubre 2020]. Disponible en: <https://www.eurekamuseoa.eus/es/blog/item/341-es-verdad-que-la-fruta-madura-engorda-mas-que-la-fruta-inmadura#:~:text=La fruta inmadura tiene su,como sacarosa%2C fructosa o glucosa.>

GRANADOS, C., GUZMAN, E., ACEVEDO, D., DÍAZ, M. y HERRERA, A., "Propiedades

Funcionales del almidón de Sagu (*Maranta arundinacea*). *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], vol. 12, no. 2, (2014), pp. 90-96. Disponible en: <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/339/533>.

GUERRERO, G., "La producción del mango ecuatoriano". *Perspectiva* [en línea], vol. 1, (2018), pp. 8-15. Disponible en: https://perspectiva.ide.edu.ec/investiga/wp-content/uploads/2018/06/Perspectiva-Junio-2018_1-P.pdf.

IGUARDIA, C., 2013. *Síntesis y caracterización de bioplástico a partir de almidón de banano verde (Musa sapientum variedad Cavendish)* [en línea]. S.l.: Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3523.pdf.

INSTITUTE INTERNATIONAL STARCH, 2002. "Determinación de la viscosidad del almidón por Brookfield". *Science Park Aarhus* [en línea]. Disponible en: <http://www.starch.dk/ISI/methods/17brookfield.htm>.

JARAMILLO, M., FERRER, S. y CÁRDENAS, Y., "Residuos de *Mangifera indica*, como materia prima para elaboración de biopolímeros". *CON-Ciencia y Técnica* [en línea], vol. 1, no. 2, (2018), pp. 31-35. Disponible en: <http://revistas.sena.edu.co/index.php/conciencia/article/view/1957/2076>.

JOAQUI, D. y VILLADA, H., "Propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón". *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], vol. 2, (2013), pp. 59-68. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11nespa07.pdf>.

LAFUENTE, G., 2017. *Glicerol: Síntesis y Aplicaciones* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Educación a Distancia. Disponible en: http://e-spacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Glafuente/Lafuente_Aranda_Gustavo_TFM.pdf.

LARIOS, I., CAMPOS, M. de J. y PADILLA, M. del C., "Introducción a la tecnología del mango". *Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco, A.C.* [en línea], vol. 1, (2015), pp. 276. Disponible en: https://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1023/388/1/Libro_Mango.pdf.

LÓPEZ-FLORES, Y., RAMIREZ-BALBOA, G., BALOIS-MORALES, R., BAUTISTA-

ROSALES, P., LÓPEZ-GUZMÁN, G. y BELLO-LARA, J., "Caracterización fisicoquímica y funcional de almidón extraídos de frutos de mango «Tommy atkins» del estado de Nayarit". *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* [en línea], vol. 5, (2020), pp. 694-699. Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/10/136.pdf>.

MARTÍNEZ, O., LAPO-CALDERÓN, B., PÉREZ-RODRÍGUEZ, J., ZAMBRANO-CABRERA, C. y MAZA-VALLE, F., "Mecanismo de gelatinización del almidón nativo de banano exportable del Ecuador". *Rev. Colomb. Quim.* [en línea], vol. 44, no. 2, (2015), pp. 16-21. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v44n2/v44n2a03.pdf>.

MEDINA, C., PAREDES, A., RODRÍGUEZ, M., MORENO, M., CAMACHO, D., GARCÍA, D. y OJEDA, C., "Evaluación de dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango". *Bioagro* [en línea], vol. 22, no. 1, (2010). Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612010000100009.

MEDINA, M., TORRUNO-UCO, J., CHEL, L. y BETANCUR-ANCONA, D., "Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México". *Ciencia y Tecnología de Alimentos* [en línea], vol. 28, no. 3, (2008), pp. 718-726. Disponible en: <https://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>.

NARVÁEZ, M., 2016. *Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón* [en línea]. S.l.: Universidad San Francisco de Quito. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6299/1/129278.pdf>.

ORTÍZ, M., 2019. *Evaluación de un bioplástico de semillas de mango (Mangifera indica) con aplicación potencial en envases* [en línea]. S.l.: Universidad El Bosque. Disponible en: https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2106/Ortiz_Ramirez_Maria_Alejandra_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

PARRA, J., 2019. *Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (Arracacia xanthorrhiza) y de camote (Ipomoea batatas) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo* [en línea]. S.l.: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/13808/1/96T00573.pdf>.

PIZÁ, H., ROLANDO, S., RAMIREZ, C., VILLANUEVA, S. y ZAPATA, A., 2017. *Análisis experimental de la Elaboración de Bioplástico a partir de la Cáscara de Plátano para el Diseño*

de una Línea de Producción Alternativa para las Chifleras de Piura, Perú [en línea]. S.l.: Universidad de Piura. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplástico.pdf.

QUINTERO C., V., GIRALDO G., G., LUCAS A., J. y VASCO L., J., "CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL MANGO COMUN (*Mangifera indica* L.) DURANTE SU PROCESO DE MADURACION". *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], vol. 11, no. 1, (2013), pp. 10-18. ISSN 16923561. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11n1/v11n1a02>.

RAMÍREZ, G., 2020. *Extracción con ultrasonido y su efecto sobre las propiedades funcionales y estructurales del almidón de frutos de Guanábana (*Annona muricata* L.)* [en línea]. S.l.: Universidad Autónoma de Nayarit. Disponible en: [http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2317/1/EXTRACCIÓN CON ULTRASONIDO Y SU EFECTO SOBRE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES Y ESTRUCTURALES DEL ALMIDÓN DE FRUTOS DE GUANÁBANA %28Annona muricata L.%29_compressed.pdf](http://dspace.uan.mx:8080/jspui/bitstream/123456789/2317/1/EXTRACCIÓN%20CON%20ULTRASONIDO%20Y%20SU%20EFECTO%20SOBRE%20LAS%20PROPIEDADES%20FUNCIONALES%20Y%20ESTRUCTURALES%20DEL%20ALMIDÓN%20DE%20FRUTOS%20DE%20GUANÁBANA%20Annona%20muricata%20L.%29_compressed.pdf).

RUILOBA, I., LI, M., QUINTERO, R. y CORREA, J., "Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango". *Grupo Ciencia y Tecnología Innovadora de Alimentos (CYTIA)*, vol. 4, no. Especial, (2018), pp. 28-32.

RUÍZ, G., "Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca". *Ingeniería y Ciencia* [en línea], vol. 2, no. 4, (2006), pp. 5-28. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/835/83520401.pdf>.

SERNA, L. y TORRES, C., "Potencial agroindustrial de cáscara de mango (*Mangifera indica*) variedades Keitt y Tommy Atkins". *Acta Agronómica* [en línea], vol. 64, no. 2, (2015), pp. 110-115. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/acag/v64n2/v64n2a2.pdf>.

SOLARTE-MONTÚFAR, J., DÍAZ-MURANGAL, A., OSORIO-MORA, O. y MEJÍA-ESPAÑA, D., "Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla". *Información Tecnológica* [en línea], vol. 30, no. 6, (2019), pp. 35-44. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v30n6/0718-0764-infotec-30-06-00035.pdf>.

STANTPOINT, T., 2010. *STATGRAPHICS Centurion XVI*. 2010. S.l.: s.n. 16.1.03.

STEFANELLO, C. y ROSA, C., "Composición aproximada de las cáscaras de diferentes frutas". *Rev. Cienc. Tecnol.* [en línea], vol. 17, (2012), pp. 34-37. Disponible en: <https://www.fceqyn.unam.edu.ar/recyt/index.php/recyt/article/view/478/399>.

TANTALEÁN, G. y ABANTO, V., 2019. *Influencia del porcentaje en peso de Carboximetilcelulosa y CaCO₃ en la resistencia mecánica del biopolímero obtenido a base de almidón de cáscara de Musa paradisiaca (plátano)* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Trujillo. Disponible en: https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/12653/TantaleanJara_G - AbantoLeyva_V.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

TORRES, R., MONTES, E., PÉREZ, O. y ANDRADE, R., "Relación del Color y del Estado de Madurez con las Propiedades Físicoquímicas de Frutas Tropicales". *Grupo de Investigación GIPPAL* [en línea], vol. 24, no. 3, (2013), pp. 51-56. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v24n3/art07.pdf>.

TRUJILLO, C., 2014. *Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (Manihot esculenta Crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

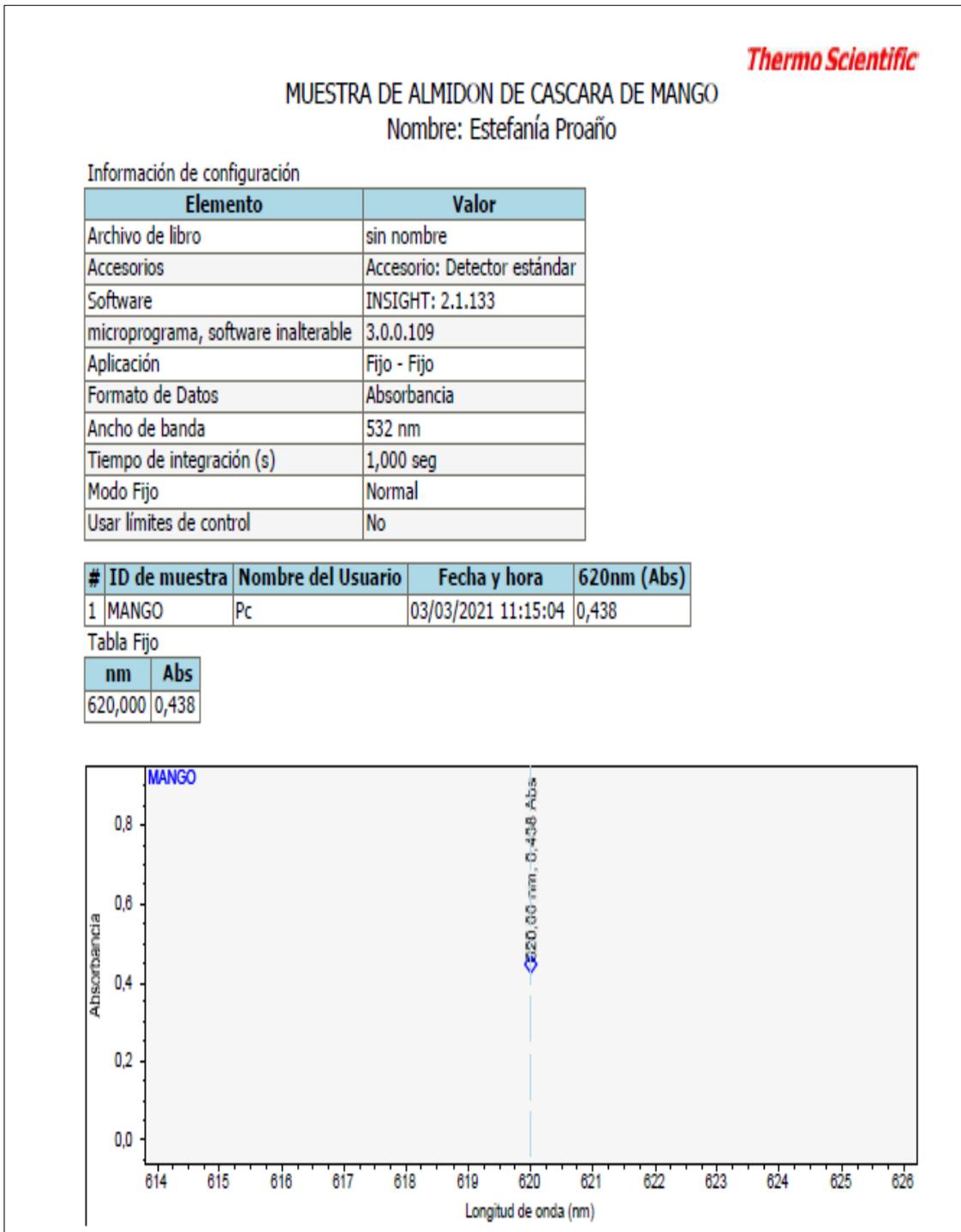
VILLALTA, A., 2018. *Evaluación de la biodegradabilidad de diferentes formulaciones de un bioplástico sintetizado, a partir del almidón obtenido de la cáscara de mango (Mangifera indica L.) a escala laboratorio* [en línea]. S.l.: Universidad San Carlos de Guatemala. Disponible en: [http://www.repositorio.usac.edu.gt/10915/1/Antonio Adolfo Villalta Estrada.pdf](http://www.repositorio.usac.edu.gt/10915/1/Antonio%20Adolfo%20Villalta%20Estrada.pdf).

VILLARROEL, D., 2020. "Riobamba Genera Aproximadamente 200 Toneladas Diarias De Basura". *¿Qué hacemos con estos desecho?* [en línea]. Disponible en: <http://eldiarioderiobamba.com/2020/02/06/riobamba-genera-aproximadamente-200-toneladas-diarias-de-basura/>.

ZENG, X., "Bioplastics". *Kunststoffe International*, vol. 106, no. 10, (2016), pp. 94-100. ISSN 18624243.

ANEXOS

ANEXO A: ABSORBANCIA EN MUESTRA DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE MANGO



ANEXO B: INFORME DE RESULTADOS DE PRUEBAS MECÁNICAS

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 1B - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Victoria Estefanía Proaño Galarrza
PROYECTO DE TESIS:	OBTENCIÓN DE UNA PELÍCULA A PARTIR DE CÁSCARA DE MANGO (<i>Mangifera indica</i>) PARA EL USO EN ALIMENTOS.
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	PELICULA - CASCARA DE MANGO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 04
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	23-abr-21
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 COD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	FB2
CARACTERÍSTICA	CAFE
ESPESOR [mm]	0.17
ANCHURA [mm]	7.36
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	1.25
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.023.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	6.26
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	5.00
CARGA MAXIMA [N]	6.58
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	5.26
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	50.15
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no es responsable por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO C: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE MANGO POR VÍA HÚMEDA



a)



b)



c)



d)

- a) Lavado y pelado de mango
- b) Selección de cáscaras y licuado de cáscaras
- c) Almidón de cáscara de mango húmedo
- d) Secado de almidón de cáscara de mango en la estufa

Continuación - ANEXO C



e)



f)

e) Pulverización de almidón de cáscara de mango

f) Tamizado de almidón de cáscara de mango

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE MANGO



a)



b)



c)



d)



e)



f)

- a) Ensayo de humedad
- b) Ensayo de ceniza
- c) Porcentaje de proteína
- d) Porcentaje de grasa
- e) Porcentaje de fibra
- f) Solubilidad

Continuación – ANEXO D



g)



h)



i)



j)



k)

g) Ensayo de la temperatura de gelatinización

h) Viscosidad

i) pH

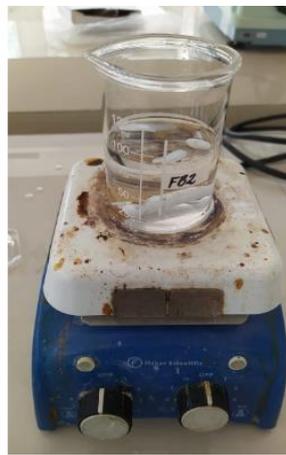
j) Análisis de amilosa y amilopeptina

k) Pruebas microbiológicas

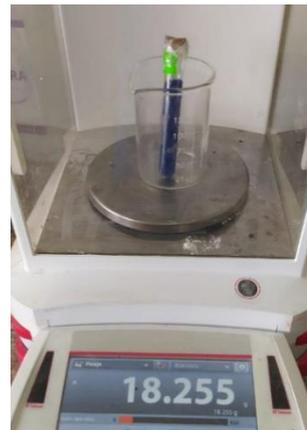
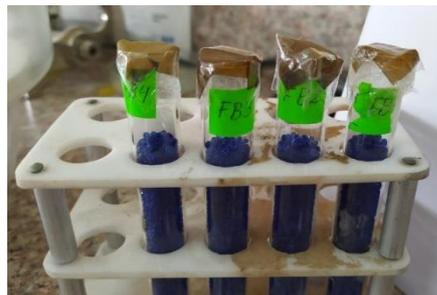
ANEXO E: CARACTERIZACIÓN A LAS PELÍCULAS



a)



b)



c)

a) Ensayo de humedad

b) Ensayo de solubilidad

c) Ensayo de permeabilidad

ANEXO F: PRUEBAS MECÁNICAS REALIZADAS A LAS PELÍCULAS



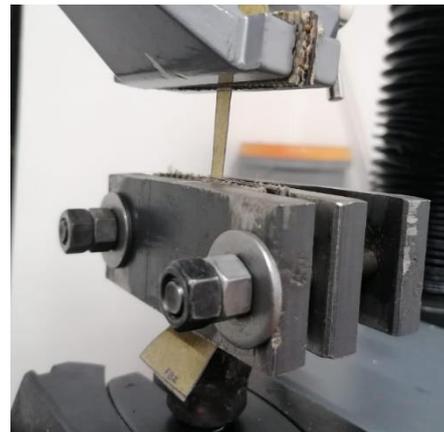
a)



b)



c)



d)

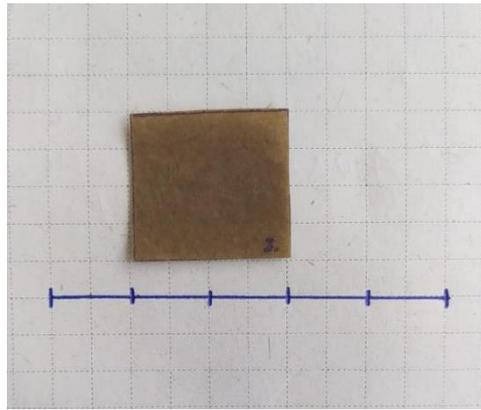
a) Elaboración de películas

b) Moldeado y secado de películas

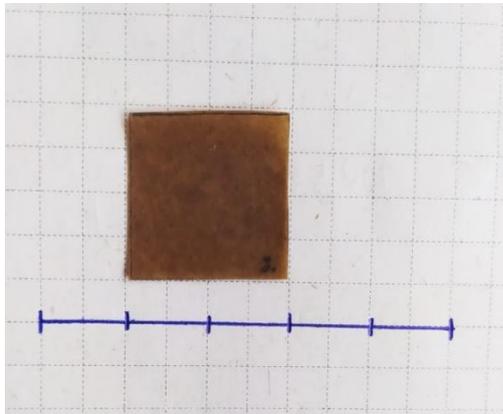
c) Diseño de probeta

d) Máquina universal de ensayos – WAW600B

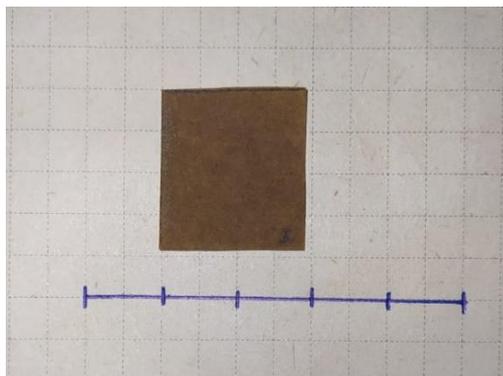
ANEXO G: PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD A LA INTEMPERIE



a)



b)



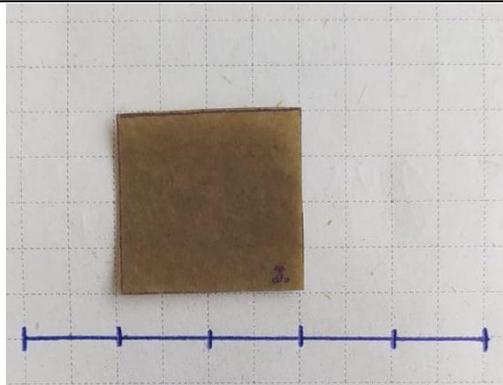
c)

a) Día 1

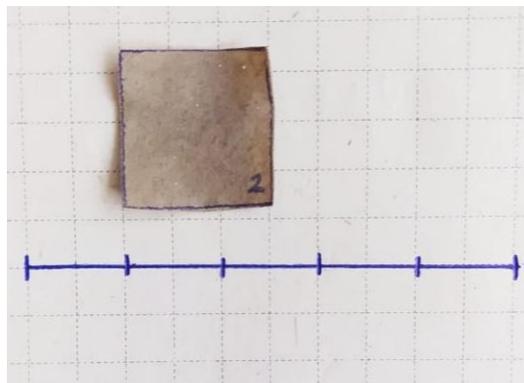
b) Día 26

c) Día 53

ANEXO H: PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD EN SUELO



a)



b)



c)

a) Día 1

b) Día 26

c) Día 53

ANEXO I: PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD EN AGUA



a)



b)



c)

a) Día 1

b) Día 15

c) Día 35

ANEXO J: VIDA ÚTIL DEL ALIMENTO RECUBIERTO CON LA PELÍCULA



a)



b)



c)

a) Día 1

b) Día 20

c) Día 43



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 07 / 02 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Victoria Estefanía Proaño Galarza</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Química</i>
Título a optar: <i>Ingeniera Química</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente
por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.02.07
12:37:02 -05'00'



0102-DBRA-UTP-2022