



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE SEMILLAS
DE FRUTIPAN (*Artocarpus altilis*) PARA EL EMBALAJE DE
ALIMENTOS

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: ANDREA CAROLINA MERA ROJAS

DIRECTORA: Ing. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Andrea Carolina Mera Rojas**

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

Yo, ANDREA CAROLINA MERA ROJAS, 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, 22 de Marzo de 2022

Andrea Carolina Mera Rojas

235002690-8

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 BIOPELÍCULA A PARTIR DE SEMILLAS DE FRUTIPAN (*Artocarpus altilis*) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS**, realizado por la señorita: **ANDREA CAROLINA MERA ROJAS**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2022-03-22
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MSc. DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2022-03-22
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2022-03-22

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a las personas más importantes en mi vida: mi hermana, mis abuelos y en especial a mi madre.

Desde su amor y confianza son el apoyo e impulso fundamental para lograrlo todo.

Andrea

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por su infinito amor, por brindarme la fuerza en los momentos difíciles y la guía necesaria en el camino.

A mi madre por ser ese motor para todo en la vida, su incondicional apoyo me ha permitido llegar hasta aquí y cumplir la meta, gracias por mostrarme desde tu amor y paciencia que todo es posible si te esfuerzas en conseguirlo. Todo lo que soy te lo debo a ti.

A mi hermana, la persona que me sostiene en mis peores momentos, gracias por creer en mí y animarme a continuar.

A mis abuelos por la sabiduría de sus consejos, sus inagotables cuidados y por enseñarme que está bien cometer errores pero que siempre es importante corregirlos. Son la combinación perfecta de padres, mejores amigos y maestros.

A mis amigos/as quienes se convirtieron en familia y representan el verdadero significado de amistad, gracias por su lealtad y apoyo en todo momento; en especial a Kelly por ser mi dupla desde el día uno.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y a mis docentes de la Facultad de Ciencias gracias por sus enseñanzas, conocimientos impartidos y por permitirme adquirir una profesión.

Andrea

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Antecedentes de la Investigación.....	2
1.2. Marco Teórico.....	3
1.2.1. Fruta de pan o Frutipan (<i>Artocarpus altilis</i>).....	3
1.2.1.1. Semillas de Frutipan.....	4
1.2.1.2. Propiedades, composición química y proximal.....	5
1.2.2. Bioplásticos.....	6
1.2.2.1. Bioplásticos basados en almidón.....	6
1.2.2.2. Bioplásticos a partir de colágeno.....	6
1.2.2.3. Bioplásticos basados en celulosa.....	7
1.2.2.4. Bioplásticos a partir de polímeros sintéticos.....	7
1.2.2.5. Bioplásticos producidos por polímeros derivados de microorganismos.....	7
1.2.3. Almidón.....	7
1.2.4. Composición del almidón.....	8
1.2.4.1. Amilosa.....	8
1.2.4.2. Amilopectina.....	8
1.2.5. Propiedades del Almidón.....	9
1.2.5.1. Gelatinización.....	9
1.2.5.2. Retrogradación.....	9
1.2.5.3. Desestructuración.....	10
1.2.6. Plastificantes.....	10

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	11
2.1.	Objetivos	11
2.1.1.	<i>General</i>	11
2.1.2.	Específicos	11
2.2.	Hipótesis y especificación de variables	11
2.2.1.	<i>Hipótesis General</i>	11
2.2.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	11
2.2.3.	<i>Identificación de variables</i>	13
2.2.4.	<i>Operacionalización de variables</i>	13
2.2.5.	<i>Matriz de consistencia</i>	15
2.3.	Tipo y Diseño de la Investigación	17
2.3.1.	<i>Tipo de Investigación</i>	17
2.3.1.1.	<i>Según el método de investigación</i>	17
2.3.1.2.	<i>Según el objetivo de investigación</i>	17
2.3.1.3.	<i>Según el nivel de profundización en el objeto de estudio</i>	17
2.3.1.4.	<i>Según la manipulación de variables</i>	17
2.3.1.5.	<i>Según el tipo de inferencia</i>	18
2.3.1.6.	<i>Según el periodo temporal</i>	18
2.3.1.7.	<i>Según los medios para obtener los datos</i>	18
2.3.2.	<i>Diseño de la Investigación</i>	18
2.3.2.1.	<i>Diseño experimental factorial 2k</i>	18
2.4.	Unidad de Análisis	21
2.5.	Población de estudio	21
2.6.	Tamaño de muestra	22
2.7.	Selección de muestra	22
2.8.	Técnicas de recolección de datos	22
2.8.1.	<i>Técnica de extracción de almidón de semillas de Frutipan mediante el método húmedo</i>	22
2.8.2.	<i>Técnica de caracterización del almidón de semillas de frutipan (<i>Artocarpus altilis</i>)</i>	23
2.8.2.1.	<i>pH</i>	23
2.8.2.2.	<i>Ceniza</i>	23
2.8.2.3.	<i>Humedad</i>	24
2.8.2.4.	<i>Índice de solubilidad, Índice de absorción de agua y Poder de hinchamiento</i>	24

2.8.2.5.	<i>Temperatura de Gelatinización</i>	25
2.8.2.6.	<i>Viscosidad</i>	25
2.8.2.7.	<i>Proteína</i>	26
2.8.2.8.	<i>Grasa y Fibra</i>	26
2.8.2.9.	<i>Amilosa y amilopectina</i>	26
2.8.2.10.	<i>Análisis microbiológico</i>	26
2.8.3.	<i>Técnica para la elaboración de una biopelícula a partir de almidón de frutipan (Artocarpus altilis)</i>	26
2.8.4.	<i>Técnicas para la caracterización de la biopelícula obtenida de almidón de semillas de Frutipan</i>	27
2.8.4.1.	Humedad	27
2.8.4.2.	Solubilidad	27
2.8.4.3.	Espesor	28
2.8.4.4.	Permeabilidad al Vapor de Agua	28
2.8.4.5.	Biodegradabilidad	29
2.8.4.6.	Pruebas Mecánicas	29

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	30
3.1.	Resultados y discusión de resultados del almidón de semillas de frutipan	30
3.1.1.	<i>Análisis físico de Semillas de Frutipan</i>	30
3.1.2.	<i>Extracción del almidón mediante el Diseño Factorial 2k</i>	30
3.1.3.	<i>Análisis físico químicos y microbiológicos del almidón extraído de semillas de Frutipan</i>	34
3.1.3.1.	<i>Humedad y Ceniza</i>	34
3.1.3.2.	<i>pH</i>	35
3.1.3.3.	<i>Poder de Hinchamiento, Índice de solubilidad e Índice de absorción</i>	35
3.1.3.4.	<i>Viscosidad y Temperatura de gelatinización</i>	35
3.1.3.5.	<i>Amilosa y Amilopectina</i>	36
3.1.3.6.	<i>Proteína, Grasa y Fibra</i>	36
3.1.3.7.	<i>Análisis Microbiológicos del Almidón</i>	37
3.2.	Resultados y discusión de resultados de la biopelícula obtenida	37
3.2.1.	<i>Formulación de la Biopelícula</i>	37
3.2.2.	<i>Caracterización de la biopelícula obtenida a partir de almidón de semillas de Frutipan</i>	40

3.2.2.1.	<i>Espesor</i>	40
3.2.2.2.	<i>Porcentaje de Humedad</i>	41
3.2.2.3.	<i>Solubilidad en agua</i>	41
3.2.2.4.	<i>Permeabilidad al vapor de agua</i>	42
3.2.2.5.	<i>Pruebas Mecánicas</i>	44
3.2.2.6.	<i>Biodegradabilidad</i>	45
3.2.2.7.	<i>Recubrimiento del alimento</i>	50
 CONCLUSIONES		52
RECOMENDACIONES		53
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Taxonomía y Morfología de la fruta de pan	4
Tabla 2-1:	Composición nutricional de las semillas de frutipan por 100 gramos de porción comestible (peso seco).....	5
Tabla 1-2:	Variables dependientes e independientes para la obtención de almidón	13
Tabla 2-2:	Variables dependientes e independientes para la formulación de la biopelícula...	13
Tabla 3-2:	Operacionalización de variables para la extracción de almidón.....	13
Tabla 4-2:	Operacionalización de variables para la formulación de la biopelícula	14
Tabla 5-2:	Matriz de Consistencia	15
Tabla 6-2:	Diseño $2k$ para la extracción de almidón	19
Tabla 7-2:	Diseño $2k$ para la formulación de la biopelícula.....	20
Tabla 8-2:	Método húmedo para la extracción de almidón.....	22
Tabla 9-2:	Método de determinación de pH.	23
Tabla 10-2:	Método de determinación de cenizas por calcinación	23
Tabla 11-2:	Método de determinación de humedad.....	24
Tabla 12-2:	Método de evaluación de índice de solubilidad, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento.....	24
Tabla 13-2:	Método para la evaluación de la temperatura de gelatinización.....	25
Tabla 14-2:	Método para la determinación de viscosidad	25
Tabla 15-2:	Formulaciones usadas por tratamiento	26
Tabla 16-2:	Procedimiento para la obtención de la biopelícula	27
Tabla 17-2:	Método para la determinación del porcentaje de solubilidad en las biopelículas..	27
Tabla 18-2:	Método para la determinar la permeabilidad al vapor de agua de las biopelículas	28
Tabla 19-2:	Método para determinar el porcentaje de biodegradabilidad de las biopelículas ..	29
Tabla 1-3:	Análisis de peso, longitud y diámetro de las semillas de Frutipan	30
Tabla 2-3:	Rendimiento de la extracción de Almidón de Semillas de Frutipan	31
Tabla 3-3:	Análisis de Varianza de dos factores (ANOVA).....	32
Tabla 4-3:	Comparación múltiple con un nivel de confianza del 95%	32
Tabla 5-3:	Resultados del ISA, IAA y PH del almidón extraído	35
Tabla 6-3:	Resultados del porcentaje de amilosa y amilopectina	36
Tabla 7-3:	Resultados obtenidos del análisis microbiológico.....	37
Tabla 8-3:	Formulación de los cuatro tratamientos de las biopelículas	39
Tabla 9-3:	Resultados de espesor en las biopelículas.	40
Tabla 10-3:	Resultados del porcentaje de humedad en las biopelículas	41

Tabla 11-3: Resultados del porcentaje de solubilidad en las biopelículas	42
Tabla 12-3: Resultados de permeabilidad al vapor de agua de las biopelículas	42
Tabla 13-3: Resultados de las pruebas mecánicas en las biopelículas	44
Tabla 14-3: Resultados del porcentaje de biodegradabilidad de las biopelículas en agua.....	46
Tabla 15-3: Aspecto de las biopelículas a la biodegradación en agua	46
Tabla 16-3: Resultados del porcentaje de biodegradabilidad de las biopelículas bajo suelo	48
Tabla 17-3: Aspecto de las biopelículas a la biodegradación bajo suelo	48
Tabla 18-3: Resultados del porcentaje de biodegradabilidad de las biopelículas al ambiente..	49
Tabla 19-3: Aspecto de las biopelículas a la biodegradación en ambiente	49
Tabla 20-3: Resultado del recubrimiento de fresas por las biopelículas	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Árbol de Frutipan.....	4
Figura 2-2: Semillas de Frutipan	5
Figura 3-1: Estructura de la amilosa	8
Figura 4-2: Diseño factorial 22	19
Figura 1-3: Gránulos de almidón de semillas de Frutipan observados en un Microscopio Óptico con un lente de 40x.....	34

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Diagrama de flujo para la extracción de almidón.....	20
Gráfico 2-2:	Diagrama de flujo para la extracción de almidón.....	21
Gráfico 1-3:	Metodo LSD de Fisher	33
Gráfico 2-3:	Porcentajes de solubilidad de los tratamientos.....	42
Gráfico 3-3:	Permeabilidad al vapor de agua en los tratamientos.....	43
Gráfico 4-3:	Módulo de Elasticidad y Carga de Fluencia de los tratamiento	44
Gráfico 5-3:	Esfuerzo de Fluencia y Carga Máxima de los tratamientos	45
Gráfico 6-3:	Esfuerzo Máximo y Elongación de los tratamientos	45
Gráfico 7-3:	Porcentajes de la biodegradabilidad en agua.....	47
Gráfico 8-3:	Porcentajes de la biodegradabilidad bajo suelo.....	49
Gráfico 9-3:	Porcentajes de la biodegradabilidad en ambiente.....	50

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE LAS SEMILLAS DE FRUTIPAN (*ARTOCARPUS ALTILIS*)
- ANEXO B:** SECADO Y TAMIZADO DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO
- ANEXO C:** ASPECTO DEL ALMIDÓN EN AGUA, GELATINIZADO Y EN LA PRUEBA DE LUGOL
- ANEXO D:** PROCESO DE FORMULACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA BIOPELÍCULA
- ANEXO E:** ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN AL ALMIDÓN Y LA BIOPELÍCULA
- ANEXO F:** INFORME DE RESULTADOS DEL CONTENIDO DE AMILOSA EN EL ALMIDÓN
- ANEXO G:** INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN
- ANEXO H:** INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE BIOPELÍCULA 1
- ANEXO I:** INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE BIOPELÍCULA 2
- ANEXO J:** INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE BIOPELÍCULA 3
- ANEXO K:** INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE BIOPELÍCULA 4

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CA1	Cantidad de almidón uno
CA2	Cantidad de almidón dos
CAg1	Cantidad de agua destilada uno
CAg2	Cantidad de agua destilada dos
cP	Centipoise de viscosidad
IAA	Índice de absorción de agua
ISA	Índice de solubilidad en agua
PH	Poder de hinchamiento
PVA	Permeabilidad al vapor de agua
RPM A	Revoluciones por minuto alta
RPM B	Revoluciones por minuto baja
RVU	Unidades relativas de viscosidad
T1	Tratamiento de extracción de almidón uno
T2	Tratamiento de extracción de almidón dos
T3	Tratamiento de extracción de almidón tres
T4	Tratamiento de extracción de almidón cuatro
TB1	Tratamiento de formulación de biopelícula uno
TB2	Tratamiento de formulación de biopelícula dos
TB3	Tratamiento de formulación de biopelícula tres
TB4	Tratamiento de formulación de biopelícula cuatro
UB	Unidades Brabender de viscosidad

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo como objetivo la obtención de una biopelícula a partir de semillas de Frutipan (*Artocarpus altilis*) para el embalaje de alimentos. En principio se extrajo el almidón de las semillas mediante el uso del método húmedo junto con la aplicación de un diseño factorial 2^2 , estableciendo que la velocidad y el tiempo de licuado son las variables que influyen el rendimiento de extracción. A continuación, para precisar las propiedades particulares del almidón se realizó la caracterización a través de análisis físicos, químicos y microbiológicos. Posteriormente se desarrolló la obtención de las biopelículas por el mismo diseño factorial 2^2 , a partir de la mezcla de agua, almidón, glicerina, solución de gelatina al 1% y ácido acético; en este proceso se generó cuatro formulaciones distintas causadas por la variación de las cantidades de almidón y agua destilada. Por último, se evaluó el tiempo de vida útil de fresas recubiertas por la biopelícula. El tratamiento de extracción T2 realizado a una velocidad alta de licuado durante 60 segundos obtuvo el mejor rendimiento con un porcentaje de 12,84%, lo cual se corroboró mediante un análisis estadístico ANOVA; el almidón extraído presentó propiedades físicas y químicas acordes a valores que se encuentran ya establecidos, y un análisis microbiológico que cumple los requisitos de la norma NTE INEN 2051:1995. La formulación de la biopelícula más óptima fue TB2 la cual contiene una composición de 2,5 g de almidón, 35 ml de agua, 3 ml de ácido acético, 1 ml de glicerina y 1,5 ml de solución de gelatina al 1%. Concluyendo así que el almidón extraído de las semillas de Frutipan es capaz de generar biopelículas que presenten biodegradabilidad, buena solubilidad, una aceptable permeabilidad y aumenten el tiempo de vida útil en el alimento. Se recomienda realizar estudios con aditivos que mejoren las propiedades mecánicas en la biopelícula.

Palabras clave: <BIOPELÍCULA>, <ALMIDÓN>, <SEMILLAS DE FRUTIPAN (*Artocarpus altilis*)>, <TRATAMIENTOS DE EXTRACCIÓN>, <BIODEGRADABILIDAD>, <MÉTODO HÚMEDO >, <ADITIVOS >.

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: 2022.03.28 10:19:45 -05'00'



0540-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this research project consisted of obtaining a biofilm from Frutipan (*Artocarpus altilis*) seeds for food packaging. Initially, starch was extracted from the seeds using the wet method together with the application of a 2² factorial design, establishing that the speed and time of liquefaction are the variables that influence the extraction yield. Next, in order to determine the particular properties of the starch, a characterization was carried out through physical, chemical and microbiological analyses. Subsequently, the biofilms were obtained using the same 2² factorial design, from the mixture of water, starch, glycerine, 1% gelatine solution and acetic acid; in this process, four different formulations were generated, caused by the variation in the amounts of starch and distilled water. Finally, the shelf life of biofilm-coated strawberries was evaluated. The extraction treatment T2 performed at a high liquefaction speed for 60 seconds obtained the best yield with a percentage of 12.84%, which was corroborated by an ANOVA statistical analysis; the starch extracted presented physical and chemical properties according to values that are already established, and a microbiological analysis that meets the requirements of the NTE INEN 2051:1995 standard. The most optimal biofilm formulation was TB2 which contains a composition of 2.5 g starch, 35 ml water, 3 ml acetic acid, 1 ml glycerine and 1.5 ml 1% gelatine solution. Thus, concluding that the starch extracted from Frutipan seeds is capable of generating biofilms that exhibit biodegradability, good solubility, acceptable permeability and increased shelf life in the food. It is recommended to carry out studies with additives that improve the mechanical properties of the biofilm.

Keywords: <BIOFILM>, < STARCH >, <FRUTIPAN SEEDS (*Artocarpus altilis*)>, <EXTRACTION TREATMENTS>, < BIODEGRADABILITY>, <WET METHOD>, <ADDITIVES>.

ANA GABRIELA REINOSO ESPINOSA
Firmado digitalmente
por ANA GABRIELA
REINOSO ESPINOSA
Fecha: 2022.03.31
23:35:38 -05'00'

INTRODUCCIÓN

Actualmente la contaminación por plásticos es uno de los principales problemas ambientales que enfrenta el planeta, anualmente se consumen 5 billones de bolsas plásticas y cerca del 42% de todo el plástico producido a nivel mundial es destinado a envoltorios de alimentos que son de un solo uso, estos tardan aproximadamente 500 años en descomponerse. A la par de esto las envolturas plásticas en frutas y verduras se han visto necesarias con el fin de conservar y prevenir el deterioro de los alimentos, para evitar el desperdicio de los mismos. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), a nivel mundial se generan 1300 millones de toneladas de desechos alimentarios anuales, ya sea por disminución de su atributo cualitativo como aspecto o nutrición que se encuentra vinculado con la degradación o por mero desperdicio; América Latina y el Caribe cuenta con el 6% de estas pérdidas mundiales de alimentos.

Generalmente las bolsas y envolturas plásticas están hechas de tres tipos de plásticos como polietileno, policloruro de vinilideno y policloruro de vinilo, el más utilizado para su fabricación es el polietileno, mismo que se obtiene de la polimerización del etileno, derivado del petróleo, es por eso que luego de ser desechadas estas no se pueden biodegradar y tardan más de medio siglo en descomponerse, contaminando principalmente los ecosistemas marino y terrestre, además de requerir gran cantidad de energía para su fabricación. De acuerdo con Ruiz (2005, p.7), establece que los desperdicios plásticos representan del 20%-40% en volumen de los desechos sólidos totales y que la mayor demanda de plásticos está en el sector de empaque siendo el mayor consumidor final el empaque de alimentos.

Pese a esto se ha visto la necesidad de desarrollar materiales poliméricos orgánicos a partir de biomasa que puedan ser biodegradables, los cuales según Ruiloba et al. (2018, p. 28), se han enfocado en ser elaborados a partir de almidón el cual es un material abundante y competitivo con el petróleo; para que puedan ser utilizados en la obtención de biopelículas que tengan como fin recubrir alimentos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la Investigación

La fabricación de productos plásticos convencionales se elabora a partir de materias primas basadas de combustibles fósiles, lo cual ha provocado un sin número de problemas ambientales; para reducir la dependencia a este tipo de combustibles se ha buscado la utilización de biomasa (Kim et al., 2020, p. 12419).

Según (Moreno et al., 2017, p. 366) se ha visto la necesidad de elaborar polímeros provenientes de distintas fuentes alternativas como el colágeno, la quitina, el quitosano, los lípidos, los polisacáridos, etc. Uno polisacárido de gran importancia para la elaboración de biopolímeros es el almidón, el cual mediante la correcta añadidura y variación de aditivos es capaz de convertirse en un bioplástico.

A lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes investigaciones enfocadas en la elaboración de bioplásticos a partir de distintas materias primas como fuentes aprovechables para la producción de almidón.

Como es el ejemplo de la investigación realizada por Avellán et al. (2020, p.4) denominada “Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays L.*)” en la cual buscaron extraer almidón de los granos de maíz amarillo mediante el uso de distintas operaciones unitarias como la maceración, molienda húmeda, filtración, sedimentación, lavado y secado, con un rendimiento del proceso de 5,72%. Para la elaboración del bioplástico utilizaron el almidón de maíz extraído junto con el uso de aditivos como la glicerina, agua y ácido acético, alcanzando un porcentaje de degradación del bioplástico de 89,40% para un periodo de 42 días de experimentación.

En el artículo investigativo “ Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca” (Meneses et al, 2007, pp. 61-63), desarrollaron un polímero a partir de almidón dulce de yuca comúnmente conocido como Almiyuca. En la fabricación del biopolímero utilizaron la adición de algunos componentes diferentes a los antes mencionados que ayudaron a mejorar características de humectación, plasticidad, lubricación, extensión y resistencia. Mismas que se lograron con el uso de aceites naturales, estearato de magnesio, cloruro de sodio, hidroxietilcelulosa y alcohol poli vinílico.

Se han desarrollado también investigaciones en las cuales se obtiene un biopolímero partiendo de la mezcla de dos tipos de almidones como es el caso de (Chapuel y Reyes, 2019, p. 105) en su proyecto investigativo titulado “Obtención de una película biodegradable a partir de los almidones de semilla de aguacate (*Persea americana Mill*) y banano (*Musa acuminata AAA*) para el recubrimiento de papaya”. La formulación idónea que los autores alcanzaron para lograr una

biopelícula con mejores características físicas fue con porcentajes iguales de almidón de semilla de aguacate y de pulpa de banano. Además, la biopelícula logro un buen recubrimiento en la fruta debido a los valores de pH, acidez titulable, solidos solubles, pérdida de peso, cambio de color, producción de etileno y análisis microbiológicos reportados en la investigación.

“Porcentajes de almidones con adición de plastificantes naturales en la elaboración de un recubrimiento” (Cusme y Gómez, 2019, p.25). En este estudio realizaron la formación de una biopelícula que sirva como recubrimiento evaluando el resultado que tiene los almidones de yuca y fruta de pan con el aditamento de dos plastificantes como la glucosa y glicerol. Los autores establecen que los plastificantes son los principales responsables que aumentar la flexibilidad, elasticidad y permeabilidad de la biopelícula, puesto que tienen la capacidad de atraer el agua al sistema contribuyendo la plastificación.

1.2. Marco Teórico

1.2.1. Fruta de pan o Frutipan (Artocarpus altilis)

Es un árbol verde arbustivo de clima cálido tropical que llega a medir aproximadamente hasta 26 metros de altura perteneciente a la familia de las Moraceae del género *Artocarpus*, que comprende un total de 50 especies de árboles que son originarios de Nueva Guinea y que se encuentran en la parte subtropical del Ecuador, la especie que es comúnmente cultivada durante los meses de junio a septiembre es la *Artocarpus altilis*. La taxonomía y morfología respectiva de la fruta de pan se establece en la Tabla 1-1. (Acero et al., 1998; citados en Ruilova, 2017, p. 10)

En todas las partes del árbol se encuentra un látex blanco y lechoso, presenta frutos característicamente redondos u ovalados de color verde claro y superficie espinosa, dentro de ellos se halla una pulpa blanca, fibrosa y cremosa; dependiendo de su especie, esta contiene semillas marrón redondas incrustadas en la pulpa (Ragone, 2011; citado en Calero y Yunga, 2020, p. 26).



Figura 1-1: Árbol de Frutipan

Realizado por: (Mera A, 2022).

Tabla 1-1: Taxonomía y Morfología de la fruta de pan

Reino	Plantae phylum
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsidae
Subclase	Hamamelidae
Orden	Urticales
Familia	Moraceae
Género	Artocarpus
Especie	Altilis
Nombre científico	Artocarpus altilis
Nombres comunes	Breadfruit (ingles), árbol de pan, fruta de pan (español), frutipan

Fuente: (Acero et al., 1998; citados en Ruilova, 2017, p. 10)

Realizado por: (Mera A, 2022).

1.2.1.1. Semillas de Frutipan

Las semillas representan el 49% de la fruta de pan y se encuentran en cantidades de 12 a 150 unidades en una fruta madura, presentan dimensiones de 27 mm de largo y 20 mm de ancho con un peso promedio de 5,4 gramos (Nuñez et al., 2011, p.4). La forma característica de las semillas es redonda y un poco aplanada, consta de dos cascara que le brindan protección: una rígida de aspecto leñoso en el exterior y otra muy delgada que se encuentra adherida a la parte comestible (Parrotta, 2010; citado en Zamora, 2016, p.9).



Figura 2-2: Semillas de Frutipan

Realizado por: (Mera A, 2022).

1.2.1.2. *Propiedades, composición química y proximal*

El frutipan es cultivado principalmente por sus semillas ya que estas contienen una grasa nutritiva similar a las nueces y almendras, son consumidas de manera general cuando están inmaduras y de diferentes formas ya sea hervidas, crudas o asadas. Son una fuente de nutrientes dado que presentan un alto contenido de carbohidratos, fibra, vitaminas y minerales además de proteínas, potasio, calcio, fósforo y contienen más niacina que otros frutos secos (Ragone, 2006; citado en Villaseñor, 2015, p.10).

Diferentes estudios han demostrado que la fruta de pan es una buena fuente de almidón, es así que Villaseñor (2015, p. 10), establece un contenido del mismo de 56,43% y Valdivié y Alvarez (2003, p.171), un 58%.

Tabla 2-1: Composición nutricional de las semillas de frutipan por 100 gramos de porción comestible (peso seco)

Agua (%)	56,0-66,2
Proteína (g)	13,3-19,9
Carbohidrato (g)	76,2
Grasa (g)	6,2-29,0
Calcio (mg)	66-70
Potasio (mg)	380-1620
Fósforo (mg)	320-360
Hierro (mg)	8,7
Magnesio (mg)	10,0
Niacina (mg)	8,3

Sodio (mg)	1,6
------------	-----

Fuente: (Ragone, 2006, p. 8).

Realizado por: (Mera A, 2022).

1.2.2. Bioplásticos

Los bioplásticos son un tipo de material polimérico que representa el 1,7% del mercado de polímeros mundial; se desarrollan a partir de fuentes naturales renovables, materia orgánica, biomasa e incluso a partir de residuos. No todos los bioplásticos implican biodegradabilidad pues pueden ser solamente biobasados, aunque existen algunos que cumplen ambas características como el PLA. Sin embargo, la degradabilidad de ciertos bioplásticos es causada por acción de microorganismos y condiciones ambientales usuales (Rimac y Salinas, 2019, p.6).

Es posible obtenerlos a partir de cuatro fuentes diferentes como: el colágeno y la gelatina de origen animal, la quitina y el quitosano de origen marino, de origen agrícola como lípidos, proteínas y polisacáridos, de origen microbiano a partir de polihidroxicanoatos (PHA) y a partir de polímeros sintéticos como el ácido poliláctico (PLA) (Villada et al., 2007, p.6).

1.2.2.1. Bioplásticos basados en almidón

El polisacárido más destacado para la formación de bioplásticos debido a su alta disponibilidad y bajo costo, es el almidón, su principal uso es en la producción de envases y embalajes. No obstante su uso se ve limitado por su baja resistencia a la humedad e incompatibilidad con ciertos polímeros hidrófobos (Valero et al., 2013, p.173). La realización de estos plásticos biodegradables está relacionada con la incorporación de almidón gelatinizado en formulaciones del bioplástico que serán sometidas a procesos de compresión, extrusión, soplado y moldeo (Villada et al., 2007, p.7).

1.2.2.2. Bioplásticos a partir de colágeno

El colágeno es una proteína fibrosa la cual se encuentra de forma abundante en la piel, tejido muscular, cartílagos, huesos y tendones. Este polímero es capaz de otorgar resistencia y estabilidad mecánica, (Villada et al., 2007, p.9) establece de manera general que este es usado en la elaboración de biopelículas o envolturas comestibles que son característicamente gruesas, flexibles y con buenas propiedades mecánicas.

1.2.2.3. Bioplásticos basados en celulosa

Es un polímero que se encuentra compuesto por moléculas de β -D-glucosa, está presente en plantas y bacterias con diferentes propiedades físico químicas y es capaz de convertirse en biodegradable mediante modificación química, estos polímeros se obtienen mediante procesos de extracción y moldeo (Valero et al., 2013, p.174).

1.2.2.4. Bioplásticos a partir de polímeros sintéticos

Dentro de este grupo tenemos al ácido poliláctico (PLA) el cual es un polímero (poliéster alifático) que se obtiene de forma sintética a partir del ácido láctico proveniente de la fermentación anaerobia de la glucosa, lactosa o almidón. Es logrado mediante polimerización o policondensación (Rimac y Salinas, 2019, p.12).

(Valero et al., 2013, p. 176) establecen que el PLA puede formar bioplásticos mediante procesos de moldeo, inyección, extrusión y soplado que sean biodegradables, reciclables y compostables; pues en comparación a otro polímeros este tiene muy buenas propiedades mecánicas y de barrera.

1.2.2.5. Bioplásticos producidos por polímeros derivados de microorganismos

Los polihidroxicanoatos o por su abreviatura PHA, es un polímero, específicamente un poliéster biodegradable que se produce por fermentación directa de una fuente de carbono por acción de las bacterias *Pseudomonas aeruginosa* (Rimac y Salinas, 2019, p.12).

Son de gran interés a nivel industrial pues a partir de ellos es posible formar bioplásticos que sean biodegradables, biocompatibles y con buenas propiedades mecánicas; incluso se pueden obtener de desechos agroindustriales. Además pueden llegar a ser interesantes sustitutos de los plásticos de origen petrolero ya que por su naturaleza microbiológica permite degradarlos en CO₂ o metano, dependiendo de su condición anaerobia o aerobia por acción de enzimas (Valero et al., 2013, p.177).

1.2.3. Almidón

El almidón es el polisacárido más importante y abundante en la naturaleza, se almacena en forma de gránulos, constituye hasta el 70% en peso del alimento y sirve como reserva energética en distintas plantas; se lo encuentra generalmente en cereales, tubérculos, raíces, semillas de leguminosas, frutas, en troncos de palma e inclusive en hojas de tabaco (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.33).

Según Solano (2010, p.9) el almidón presenta un tamaño granular de 2-100 μ m el cual varía dependiendo de la especie vegetal. Es utilizado en varios campos de aplicación como en la

fabricación de papel, empaques y adhesivos; su aplicación más conocida se presenta en la industria alimentaria pues es un ingrediente funcional en la elaboración de espesantes, gelificantes y estabilizantes (Cusme y Gómez, 2019, p.14).

1.2.4. Composición del almidón

Está constituido por cadenas ramificadas y lineales de glucosa dispuestas por dos moléculas como son la amilosa y amilopectina, presente en los gránulos de almidón en proporciones que dependerán de su tipo de fuente. De forma general el almidón presenta 30% de amilosa y 70% de amilopectina.

1.2.4.1. Amilosa

Está definida como “polímero lineal que contiene 6000 unidades de glucosa, con enlaces α 1-4; con algunas ramificaciones que contienen de 3-20 cadenas de glucosa” (Mendoza et al., 2017, p.3).

Su estructura lineal genera agrupaciones paralelas que tienden a formar puentes de hidrogeno lo cual reduce su afinidad con el agua, sin embargo se presenta soluble a temperaturas de 60-80°C; esta linealidad de la molécula favorece la formación de bioplásticos fuertes ya que un alto contenido de amilosa ayuda a la correcta gelificación del almidón. (Charro, 2015, p. 8)

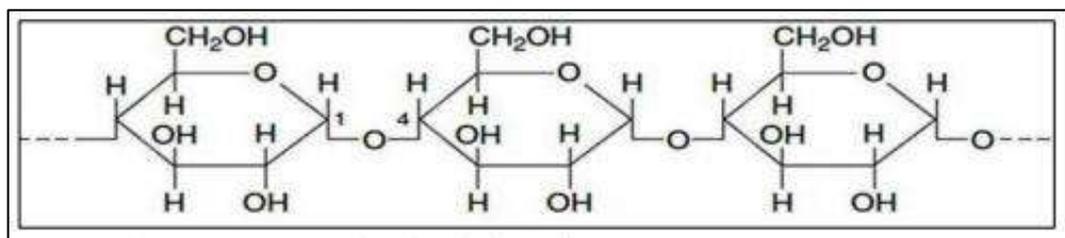


Figura 3-1: Estructura de la amilosa

Fuente: (Charro, 2015, p. 8).

1.2.4.2. Amilopectina

Se define como “polímero ramificado formado, con unidades de D-glucosa unidas a través de enlaces α 1-4 y las ramificaciones en uniones α 1-6, cada 20 a 25 unidades de glucosa” (Solano, 2010, p. 11).

Según Aristizábal y Sánchez (2007, p.34), la estructura ramificada de la amilopectina reduce la movilidad de los polímeros, brinda claridad de pasta y estabilidad de gelificación.

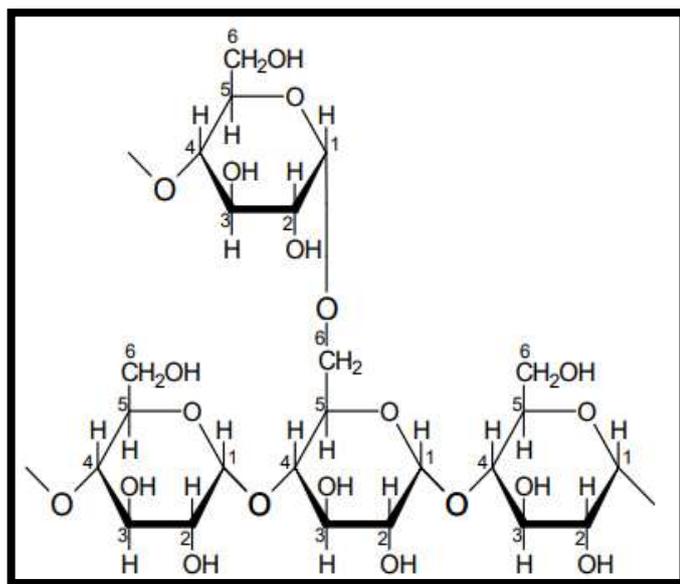


Figura 4-1: Estructura de la amilopectina

Fuente: (Solano, 2010, p. 11).

1.2.5. Propiedades del Almidón

De acuerdo con Aristizábal y Sánchez (2007, p.36), establecen que las propiedades del almidón dependen en su totalidad de la relación amilosa/amilopectina que exista, la cual es propia de la materia prima utilizada.

1.2.5.1. Gelatinización

Esta propiedad se define como “la pérdida de la semicristalinidad de los gránulos del almidón en presencia de calor y altas cantidades de agua” (Meneses et al., 2007, p.70).

Aquí ocurre una dispersión coloidal del almidón, se genera mediante dos fases; en la primera la fracción de amilosa se solubiliza en el solvente y en la segunda los gránulos de almidón se hinchan y enriquecen en amilopectina. Todo esto transcurre hasta llegar a una temperatura crítica y muy limitada denominada temperatura de gelatinización y es específica para cada tipo de almidón (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.37).

1.2.5.2. Retrogradación

La retrogradación es la reorganización y reorientación de las cadenas moleculares, aquí sucede la cristalización del polímero en donde el gel tiende a endurecerse y expulsa parte del disolvente (sinéresis) produciendo así un descenso de viscosidad. Es considerada como etapa de

enfriamiento que se da después de la gelatinización en donde deja de introducirse calor, se genera la gelificación y las moléculas tienden a agregarse en un gel (Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 38).

1.2.5.3. Desestructuración

Meneses et al. (2007, p.61), describen que la desestructuración del almidón es la transformación de los gránulos de almidón cristalinos en una matriz homogénea del polímero y se forma por acción de energética en el almidón como la aplicación de esfuerzos cortantes, extrusión, tiempo de residencia, inyectoras, etc.

1.2.6. Plastificantes

Son sustancias que actúan en la mezcla polimérica para la elaboración del bioplástico, su función es reducir las fuerzas intermoleculares mejorando su flexibilidad, permeabilidad y propiedades mecánicas. Es importante utilizar plastificantes con baja presión de vapor para evitar su volatilización en el calentamiento (Enríquez, Velasco y Ortiz, 2012, p. 186).

Los principales plastificantes son: el glicerol, el cual mejora las propiedades mecánicas del bioplástico como la elongación; el más efectivo, el agua, es el que permite la plastificación del almidón y el ácido acético que permite la descomposición de la amilopectina y actúa como conservador debido a su acidez; existen también otros plastificantes que actúan como aditivos aquí tenemos el ácido ascórbico, el ácido cítrico, alcohol polivinílico, gelatina, carboximetilcelulosa, sorbitol, metabisulfito de sodio, etc (Chapuel y Reyes, 2019, p.32).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos

2.1.1. General

- Obtener una biopelícula a partir de semillas de Frutipan (*Artocarpus altilis*) para el embalaje de alimentos.

2.1.2. Específicos

- Obtener almidón a partir de semillas de Frutipan (*Artocarpus altilis*) mediante el método húmedo.
- Caracterizar el almidón obtenido.
- Determinar las formulaciones y parámetros idóneos para la elaboración de una biopelícula a partir del almidón obtenido y aditivos.
- Evaluar la vida útil de los alimentos recubiertos por las biopelículas.

2.2. Hipótesis y especificación de variables

2.2.1. Hipótesis General

El material polimérico obtenido a partir de semillas de Frutipan tendrá las características necesarias para la formulación de biopelículas con propiedades óptimas para el embalaje de alimentos.

2.2.2. Hipótesis Específicas

H1: La aplicación del método húmedo es el más idóneo para la obtención de almidón a partir de semillas de Frutipan.

H2: La caracterización y el contenido de amilosa y amilopectina del almidón obtenido intervendrán en la elaboración de las biopelículas.

H3: Las formulaciones entre almidón y aditivos influyen en la calidad de la biopelícula.

H4: La biopelícula obtenida podrá mantener las propiedades organolépticas de los alimentos embalados.

2.2.3. Identificación de variables

Tabla 1-2: Variables dependientes e independientes para la obtención de almidón

Variables dependientes	Variables independientes
Obtención del Almidón	Revoluciones por minuto
	Tiempo de trituración

Realizado por: (Mera A, 2022).

Tabla 2-2: Variables dependientes e independientes para la formulación de la biopelícula

Variables dependientes	Variables independientes
Formulación de Biopelícula	Porcentaje de almidón
	Porcentaje de plastificante (glicerina)

Realizado por: (Mera A, 2022).

2.2.4. Operacionalización de variables

Tabla 3-2: Operacionalización de variables para la extracción de almidón

Variable	Tipo de variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición / Técnica o Método
Obtención del Almidón	Dependiente	Producción o extracción de almidón, a partir de semillas de Frutipan	-	Porcentaje de amilosa y amilopectina (%)	Análisis proximal

Tiempo	Independiente	Magnitud física con que se mide la duración o separación de acontecimientos.	Tiempo de licuado en la obtención del almidón.	Segundos(s)	Cronómetro
Revoluciones por minuto de triturado	Independiente	Magnitud física que mide el número de giros por unidad de tiempo en el triturado	Trituración de Frutipan,	Velocidades alta y baja (rpm)	Licuadora

Realizado por: (Mera, A. 2022).

Tabla 4-2: Operacionalización de variables para la formulación de la biopelícula

Variable	Tipo de variable	Definición Operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición / Técnica o Método
Formulación de Biopelícula	Dependiente	Desarrollo y fabricación de un producto por asociación y mezcla de diversas materias primas de origen sintético o natural.	Porcentajes de formulación	-	Pruebas físico-mecánicas
Porcentaje de Almidón	Independiente	Porción en gramos significativa del material a usar	Medida para formulación	Peso (g)	Balanza
Porcentaje de Plastificante	Independiente	Cantidad total de glicerina a usar para moldear la mezcla.	Medición de glicerina para la formulación	Volumen (ml)	Probeta

Realizado por: (Mera A, 2022).

2.2.5. Matriz de consistencia

Tabla 5-2: Matriz de Consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Problema general	Objetivo general	Hipótesis general		
¿Se obtendrá un bioplástico con características similares a uno convencional capaz de ser suplantado a partir del almidón de semillas de frutipan?	Obtener una biopelícula a partir de semillas de Frutipan (<i>Artocarpus altilis</i>) para el embalaje de alimentos.	El material polimérico obtenido a partir de semillas de Frutipan tendrá las características necesarias para la formulación de biopelículas con propiedades óptimas para el embalaje de alimentos.		
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables	Técnicas
¿Se obtiene almidón de semillas de Frutipan mediante el método húmedo?	Obtener almidón a partir de semillas de Frutipan (<i>Artocarpus altilis</i>) mediante el método húmedo.	La aplicación del método húmedo es el más idóneo para la obtención de almidón a partir de semillas de Frutipan.	Variables Dependientes	<ul style="list-style-type: none"> Extracción de almidón por método húmedo. Calculo del rendimiento. Formulación de la biopelículas con aditivos y el almidón obtenido.
			<ul style="list-style-type: none"> Obtención del almidón. Formulación de biopelícula 	
¿Cómo se caracterizara el almidón obtenido?	Caracterizar el almidón obtenido.	La caracterización y el contenido de amilosa y amilopectina del almidón obtenido intervendrán en	Variables Independientes	

		la elaboración de las biopelículas.	<ul style="list-style-type: none"> • Revoluciones por minuto. 	
¿Cómo se determinará las formulaciones idóneas para la obtención de un bioplástico de calidad?	Determinar las formulaciones y parámetros idóneos para la elaboración de una biopelícula a partir del almidón obtenido y aditivos	Las formulaciones entre almidón y aditivos influyen en la calidad de la biopelícula.	<ul style="list-style-type: none"> • Tiempo de trituración. 	
¿Cómo se evaluará la vida útil de la biodegradabilidad de la biopelícula?	Evaluar la vida útil de los alimentos recubiertos por la biopelícula.	La biopelícula obtenida podrá mantener las propiedades organolépticas de los alimentos embalados.	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de almidón. • Porcentaje de plastificante 	

Realizado por: (Mera A, 2022).

2.3. Tipo y Diseño de la Investigación

2.3.1. Tipo de Investigación

La investigación es de tipo exploratoria puesto que se realiza con el propósito de obtener datos fieles y seguros que sirvan de base en estudios futuros. Es un estudio exploratorio, debido a que el tema seleccionado busca explorar en el uso del almidón a partir de semillas de frutipan para su aplicación en bioplásticos siendo este un argumento poco estudiado a nivel nacional y cual es muy novedoso desde el punto de vista ecológico.

2.3.1.1. Según el método de investigación

La investigación que se va a llevar a cabo es cuantitativa debido a que el análisis del almidón, la formulación de los bioplásticos y los análisis de biodegradación se los realiza obteniendo datos específicos que permitan caracterizar la materia prima y determinar las cantidades óptimas para cumplir con el objetivo de la investigación que es obtener en bioplástico para el embalaje de alimentos.

2.3.1.2. Según el objetivo de investigación

La investigación que se está llevando a cabo es aplicada debido a que se aplican todos los conocimientos adquiridos en el tiempo de estudio, para dar la mejor solución al problema planteado.

2.3.1.3. Según el nivel de profundización en el objeto de estudio

Se la determina como una investigación explicativa, debido a que se especifican las variables a utilizar y las condiciones en que se obtiene el almidón, y las formulaciones para la creación de la biopelícula.

2.3.1.4. Según la manipulación de variables

Se la conoce como una investigación experimental debido a que tanto las variables dependientes como independientes varían en función de encontrar el bioplástico que cubra las expectativas de la investigación, en este caso las variables independientes de concentración de glicerina y

concentración de almidón darán lugar a las variables dependientes, que es la formulación del bioplástico.

2.3.1.5. Según el tipo de inferencia

Se la determina como hipotética deductiva, debido a que al analizar la investigación se deduce si las hipótesis se rechazan o se confirman.

2.3.1.6. Según el periodo temporal

Se la considera como una investigación longitudinal debido a que se le dará un seguimiento al proceso de compostaje con la fruta embalada, en un tiempo determinado, lo que permite determinar la evolución de las características y variables que se pueden observar.

2.3.1.7. Según los medios para obtener los datos

La investigación es de laboratorio debido a que todos los análisis realizados en la caracterización y en el análisis de las formulaciones de bioplástico son procesos controlados, que necesitan precisión tanto en volumen como en peso, además se considera de campo porque se pondrán a consideración la evaluación de la vida útil al embalar el alimento.

2.3.2. Diseño de la Investigación

La presente investigación es de tipo experimental, debido a que se busca determinar la composición adecuada para la obtención de la biopelícula a partir del almidón de frutipan, aquí se manipulara variables y unidades de análisis, las variables independientes serán sometidas a manipulación probando los efectos en las variables dependientes, además de identificar las características de calidad. Para ello se estudiaron las diferentes investigaciones existentes para analizar los métodos descritos en cada una de ellas y guiarnos en la realización de este proyecto de tesis, el cual resulta útil para evaluar qué modelo de pronóstico debería considerarse más preciso para esta investigación.

2.3.2.1. Diseño experimental factorial 2^k

El diseño factorial 2^k tiene k factores cada uno a 2 niveles, cuyos niveles pueden ser cuantitativos o cualitativos. Las k columnas y 2^k renglones que componen la matriz para este diseño,

considerando una réplica, se construyen de la siguiente manera: en la primera columna, que corresponde a los niveles del factor A, se alternan signos + y -, empezando con - hasta llegar a los renglones; en la segunda columna se alternan dos signos menos con dos signos más; en la tercera, se alternan cuatro signos menos y cuatro signos más, y así sucesivamente hasta la k -ésima columna compuesta por 2^{k-1} signos -, seguidos de 2^{k-1} signos +. Es decir que se cumple que para 2^k la siguiente condición ($k \leq 5$), con el diseño factorial completo. (Guamán, 2019, p. 27)

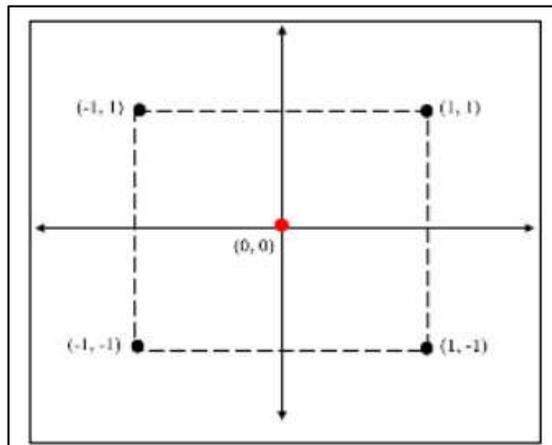


Figura 5-2: Diseño factorial 2^2

Fuente: (Guamán, 2019, p. 27).

El diseño factorial 2^k que se sigue para la extracción de almidón de las semillas de frutipan es el siguiente; en donde se realizaran cuatro tratamientos con cuatro repeticiones por tratamiento, teniendo en total 16 experimentaciones:

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

Revoluciones por minuto (RPM)	Tiempo (segundos)	Tratamientos	
<ul style="list-style-type: none"> • Alta (A) • Baja (B) 	<ul style="list-style-type: none"> • 45 	T1	45 s, Alta
		T2	60 s, Alta
	<ul style="list-style-type: none"> • 60 	T3	45 s, Baja
		T4	60 s, Baja

Realizado por: (Mera A, 2022).

Para el diseño experimental 2^k en la formulación de la biopelícula se variará dos factores que son cantidad de almidón y cantidad de agua destilada, teniendo así 4 tratamientos con 3 repeticiones por tratamiento con un total de 12 experimentaciones.

Tabla 7-2: Diseño 2^k para la formulación de la biopelícula

Formulación de biopelícula	Cantidad de almidón	Tratamientos	
	<ul style="list-style-type: none"> • CA_1 • CA_2 	TB1	$CA_1: CAg_2$
		TB2	$CA_2: CAg_2$
	Cantidad de agua destilada	TB3	$CA_1: CAg_1$
<ul style="list-style-type: none"> • CAg_1 • CAg_2 	TB4	$CA_2: CAg_2$	

Realizado por: (Mera A, 2022).

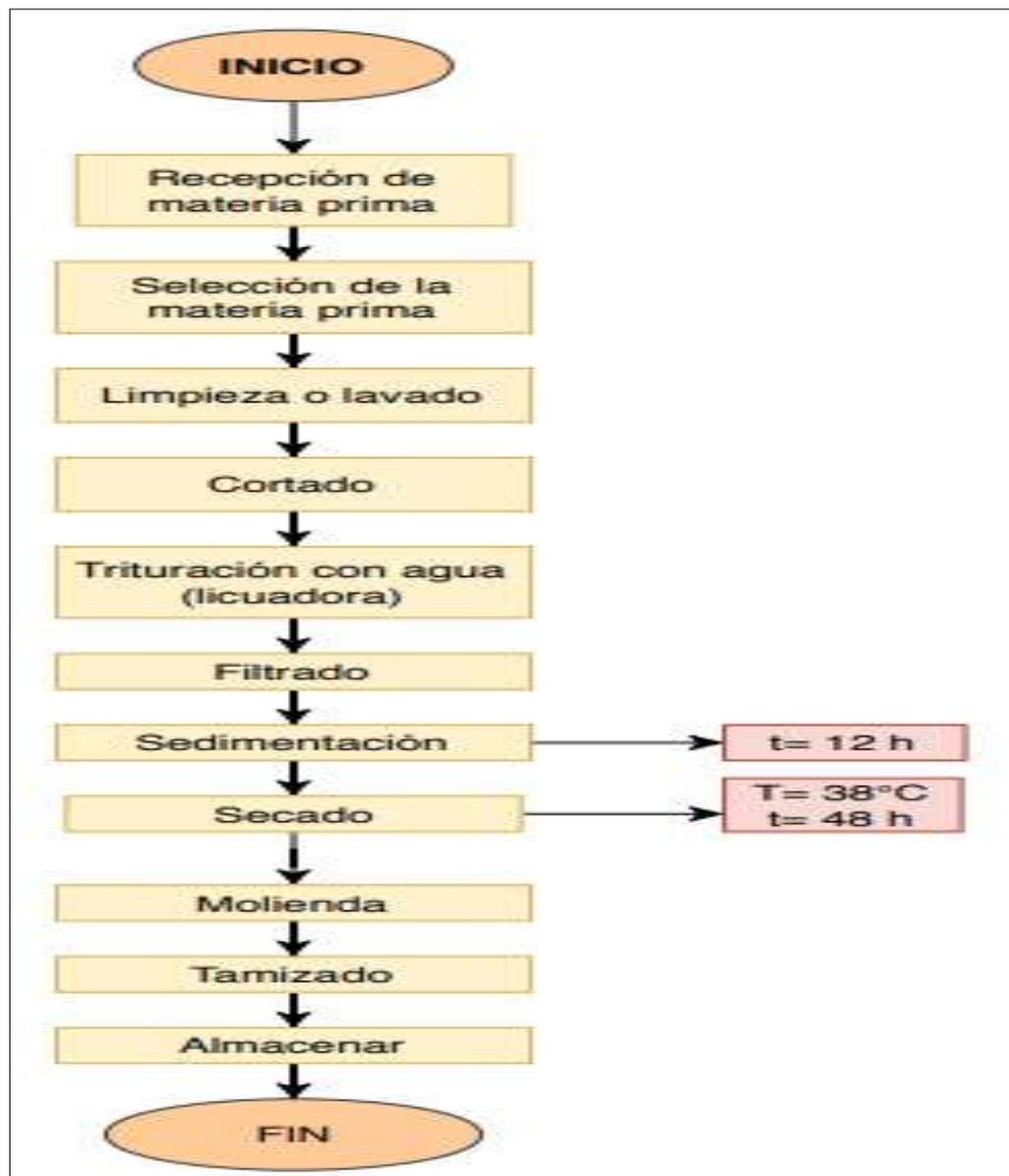


Gráfico 1-2: Diagrama de flujo para la extracción de almidón

Realizado por: (Mera A, 2022).

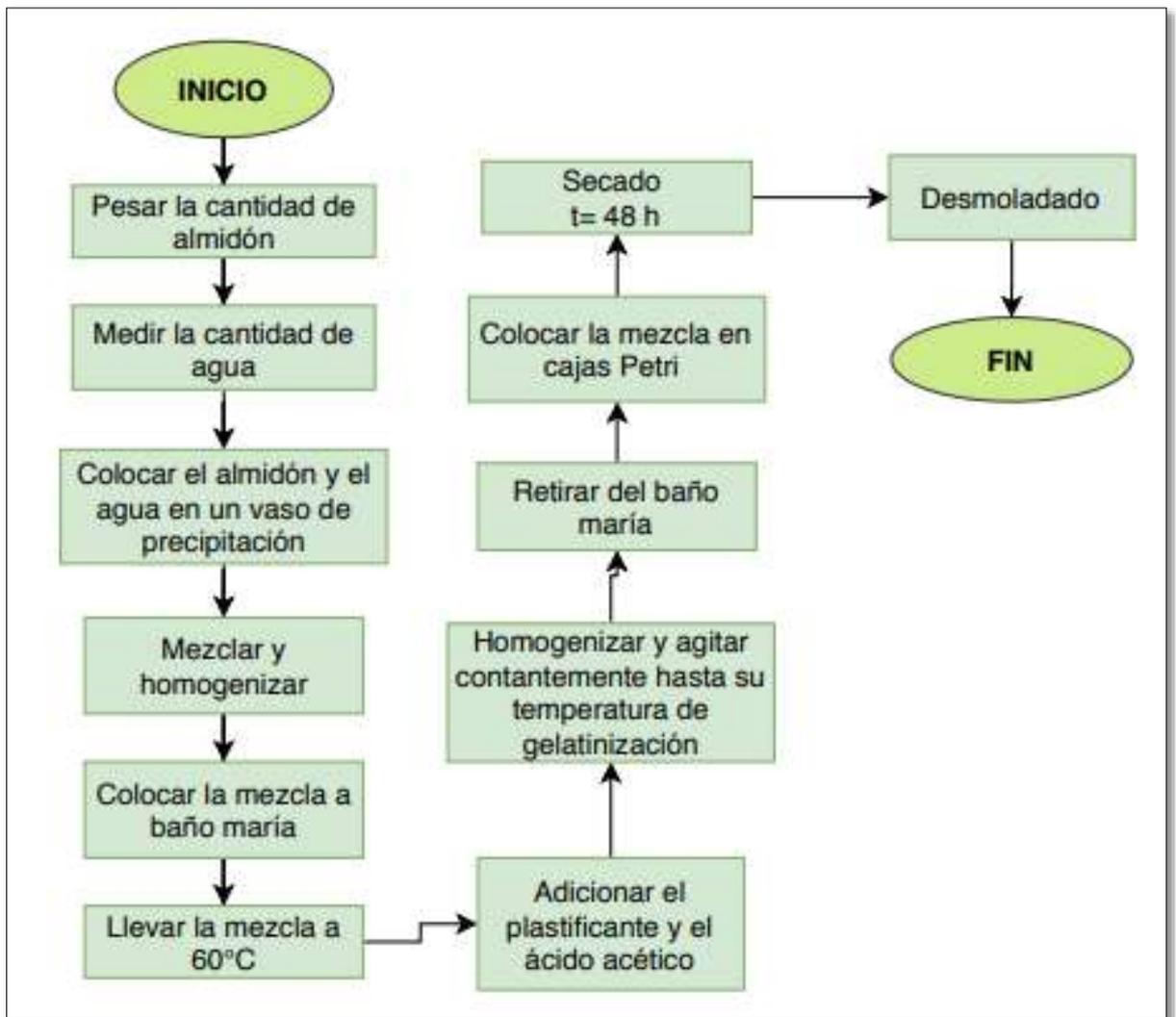


Gráfico 2-2: Diagrama de flujo para la extracción de almidón

Realizado por: (Mera A, 2022).

2.4. Unidad de Análisis

Para la presente investigación la unidad de análisis es el almidón obtenido de las semillas de frutipan, el cual será sometido a métodos de ensayo, la concentración de almidón y plastificante para formar la biopelícula, así como los ensayos de caracterización de la misma.

2.5. Población de estudio

La población de estudio corresponde a los muestreos de frutipan; realizados en la provincia de Santo Domingo de los Tsachilas en el cantón Santo Domingo. Beneficiando de manera directa el estudio del GRUPO DE INVESTIGACIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO (GIAD) de la

ESPOCH, en el proyecto de “Obtención de bioplásticos a partir de productos agrícolas del Ecuador”.

2.6. Tamaño de muestra

El tamaño de muestra utilizado para esta investigación es de 5kg-10 kg de semillas de frutipan con el fin de extraer una cantidad de almidón significativa, se realizará por muestreo aleatorio simple para tener una muestra variada en los ensayos experimentales.

2.7. Selección de muestra

La selección de la muestra se da mediante un método no probabilístico, las principales características que tomamos en cuenta es el estado de maduración del frutipan.

2.8. Técnicas de recolección de datos

2.8.1. Técnica de extracción de almidón de semillas de Frutipan mediante el método húmedo.

Tabla 8-2: Método húmedo para la extracción de almidón.

Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Seleccionar, lavar, y cortar las semillas de Frutipan. • Pesar 200 gramos de semillas cortadas y licuar con 500 ml de agua destilada. • Filtrar mediante el uso de una tela filtrante, para separar el líquido de los sólidos, añadir agua para remover completamente el almidón del bagazo. • Dejar reposar 6 horas para que se forme el sedimento (almidón). • Retirar el exceso de agua, enjuagar el precipitado y dejar reposar nuevamente. • Secar el sedimento (almidón húmedo) a una temperatura de 38°C durante 48 horas, distribuyendo en bandejas de forma homogénea para un mejor secado. 	
Cálculo	
$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón obtenido}}{\text{Peso inicial de la materia prima}} * 100$	(Ecu. 1-2)

Realizado por: (Mera A, 2022).

Fuente: (Mogrovejo, 2019, p. 19).

2.8.2. Técnica de caracterización del almidón de semillas de frutipan (*Artocarpus altilis*)

2.8.2.1. pH

Tabla 9-2: Método de determinación de pH.

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none">• Estandarizar el pH metro con soluciones tampón de pH 4.0 y pH 7.0.• Pesar 10 gramos de muestra y colocar en un vaso.• Agregar 50 ml de agua destilada.• Homogenizar con agitación constante.• Dejar decantar las suspensiones resultantes.• Retirar una alícuota y medir el pH.
Cálculos
Reportar el valor arrojado por el medidor de pH.

Realizado por: (Mera A, 2022).

Fuente: (Adeleke y Odedeji, 2010, p. 536).

2.8.2.2. Ceniza

Tabla 10-2: Método de determinación de cenizas por calcinación.

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none">• Colocar un crisol durante 2 horas aproximadamente en la estufa a 105°C.• Se retiran los crisoles de la estufa y se dejan enfriar en el desecador por 30 min.• Tomar el peso del crisol vacío.• Pesar de 2,5 a 5 gramos de muestra seca en el crisol.• Coloque el crisol con la muestra en una mufla y calcínelo a 550°C durante 12 horas.• Retira de la mufla y dejar enfriar en el desecador.• Pesar nuevamente el crisol conteniendo la ceniza.• Calcular el porcentaje de ceniza obtenido.
Cálculos
$\% \text{ Ceniza} = \left(\frac{\text{peso crisol con muestra} - \text{peso crisol con ceniza}}{\text{peso de la muestra}} \right) * 100 \quad (\text{Ecu. 2-2})$

Realizado por: (Mera A, 2022).

Fuente: (FAO et al., 1993, p. 7).

2.8.2.3. Humedad

Tabla 11-2: Método de determinación de humedad.

Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Colocar una capsula durante 2 horas a 105°C en la estufa. • Dejar enfriar y pesar la capsula luego de las 2 horas. • Pesar 5 gramos de muestra previamente molida en la capsula. • Introducir la capsula con la muestra en la estufa a 105°C y pesarlo luego de 2 horas. • Dejar enfriar la muestra en un desecador. • Pesar la muestra cuidadosamente de que no esté expuesta al medio ambiente (hasta obtener un peso constante). • Calcular el porcentaje de humedad obtenido 	
Cálculos	
$\%Humedad = \frac{\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso muestra seca}}{\text{Peso muestra húmeda}} * 100$	(Ecu. 3-2)

Realizado por: (Mera A, 2022).

Fuente:(FAO et al., 1993, p. 3)

2.8.2.4. Índice de solubilidad, Índice de absorción de agua y Poder de hinchamiento.

Tabla 12-2: Método de evaluación de índice de solubilidad, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento.

Procedimiento	
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar tubos de centrifuga secados a 60°C. • Añadir 1,25 gramos de almidón en cada tubo. • Adicionar 30 ml de agua destilada precalentada a 60°C y se agita cuidadosamente. • Colocar los tubos en baño maría a 60°C durante 30 minutos. • Agitar la suspensión a los 10 minutos de haber iniciado el calentamiento. • Centrifugar a temperatura ambiente a 3000 RPM durante 30 minutos. • Decantar el sobrenadante inmediatamente después de centrifugar y se mide el volumen. • Tomar 10 ml del sobrenadante y colocarlo en un vaso de precipitación de 50 ml previamente pesado. • Colocar el sobrenadante en una estufa a 70°C durante 24 horas. • Pesar el tubo de centrifuga con el gel. • Pesar el vaso de precipitación con los insolubles (después del secado). 	
Cálculos	
$\text{Índice de solubilidad en agua (ISA)} = \frac{\text{Peso solubles (g)} * V * 10}{\text{Peso de la muestra (g)}}$	(Ecu. 4-2)
$\text{Índice de absorción de agua (IAA)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)}}$	(Ecu. 5-2)

$$\text{Poder de hinchamiento (PH)} = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso de la muestra (g)} - \text{Peso solubles (g)}} \quad \text{(Ecu. 6-2)}$$

Realizado por: (Mera A, 2022).

Fuente: (Anderson et al., 1969; citado en Torres, Durán y Montero, 2013, p. 32).

2.8.2.5. Temperatura de Gelatinización

Tabla 13-2: Método para la evaluación de la temperatura de gelatinización.

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 gramos de almidón. • Disolver en agua destilada y completar a 100 ml. • Calentar agua en un vaso de precipitado de 250 ml a 85°C. • Tomar de la solución de almidón preparada 50 ml de la suspensión en un vaso de precipitación de 100 ml. • Introducir el vaso de precipitación con la muestra en el agua a 85°C. • Agitar constantemente la suspensión de almidón hasta que se forme una pasta y la temperatura permanezca estable. • Tomar la temperatura de gelatinización.
Cálculos
Reportar el valor arrojado por el termómetro.

Realizado por: (Mera A, 2022).

Fuente: (Grace, 1977; citado en Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 72).

2.8.2.6. Viscosidad

Tabla 14-2: Método para la determinación de viscosidad.

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25 gramos de almidón. • Disolver en agua destilada y completar a 500 ml. • Colocar la suspensión en un vaso de precipitación de 1000 ml. • Calentar con agitación constante hasta ebullición. • Enfriar el gel hasta 25°C. • Tomar una alícuota de 15 ml. • Medir la viscosidad mediante un viscosímetro Brookfield con una velocidad de 10 RPM.
Cálculos
Reportar el valor arrojado por el viscosímetro Brookfield.

Realizado por: (Mera A, 2022).

Fuente: (ISI, 2002; citado en Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 66).

2.8.2.7. Proteína

Se determinó el porcentaje de proteína presente en el almidón de semillas de Frutipan mediante el Método de MACROKJELDHAL, en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia, ESPOCH.

2.8.2.8. Grasa y Fibra

El análisis del porcentaje de grasa y porcentaje de fibra se realizó mediante los procedimientos establecidos por el Laboratorio de Bromatología, Facultad de Ciencias, ESPOCH.

2.8.2.9. Amilosa y amilopectina

El porcentaje de amilosa y amilopectina se determinó mediante una muestra de almidón en base seca, analizada por el Método MO-LSAIA-01.01 realizado en el Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP), departamento de Nutrición y Calidad, Laboratorio de Servicio de Análisis e Investigación de Alimentos.

2.8.2.10. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó en el laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos en Aguas y Alimentos (AQMIC), siguiendo los métodos experimentales correspondientes para la determinación de coliformes totales, coliformes fecales (*E.coli*), mohos y levaduras.

2.8.3. Técnica para la elaboración de una biopelícula a partir de almidón de frutipan (*Artocarpus altilis*)

En la formulación idónea para la elaboración de la biopelícula se mantuvo constante la cantidad de vinagre, glicerina y la solución al 1% de gelatina. En cantidades de 3mL, 1mL y 1,5mL correspondientemente para cada tratamiento.

Tabla 15-2: Formulaciones usadas por tratamiento.

Tratamiento	Almidón (gr)	Agua destilada (ml)	Ácido acético (ml)	Glicerina (ml)	Solu.gelatina (ml)
TB1	CA ₁ =2,0	CAg ₂ =35	3	1	1,5

TB2	$CA_2=2,5$	$CAg_2=35$			
TB3	$CA_1=2,0$	$CAg_1=30$			
TB4	$CA_2=2,5$	$CAg_1=30$			

Realizado por: (Mera A, 2022).

Tabla 16-2: Procedimiento para la obtención de la biopelícula.

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • En un vaso de precipitación colocar las cantidades de agua destilada y almidón dispuestas en la Tabla 17-2, y agitar. • Colocar el vaso de precipitación con la mezcla a baño maría, sobre un reverbero protegido con una malla metálica. • Agitar la solución de forma constante y moderada hasta una temperatura próxima al punto de gelatinización del almidón. • Agregar el plastificante (glicerina), el conservante (ácido acético) y la solución de gelatina; agitar hasta homogenizar la mezcla y llevar a la temperatura gelatinización (74°C). • Verter una cantidad de esta mezcla sobre una caja petri (17-18 ml) y dejar secar por un tiempo determinado.

Realizado por: (Mera A, 2022).

2.8.4. Técnicas para la caracterización de la biopelícula obtenida de almidón de semillas de *Frutipan*

2.8.4.1. Humedad

La determinación del porcentaje de humedad para las biopelículas obtenidas de los diferentes tratamientos se realizó en una balanza de humedad marca Radwag SKU: MA110.R, con una precisión de 0,001%, en la cual se colocó muestras de las biopelículas con una dimensión de 2,5*2,5 cm.

2.8.4.2. Solubilidad

Tabla 17-2: Método para la determinación del porcentaje de solubilidad en las biopelículas.

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Cortar muestras de la biopelícula de dimensiones 2,5 cm x 2,5 cm • Llevar a la balanza de humedad para obtener muestras libres de la misma y pesar. • Colocar las muestras en recipientes con tapa y adicionar 80 ml de agua destilada. • Llevar los recipientes a agitación de 100 RPM durante 1 hora. • Filtrar las muestras y posteriormente colocarlas a 40°C hasta que se encuentren secas. • Aumentar la temperatura a 105°C, hasta que las muestras obtengan peso constante.

Cálculos	
$\%Solubilidad = \frac{\text{peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{peso inicial seco}} * 100$	(Ecu. 7-2)

Realizado por: (Mera A, 2022).

Fuente: (Morocho et al., 2021, p. 629).

2.8.4.3. Espesor

Para establecer el espesor se mide las muestras de biopelículas de 2,5*2,5 cm, de cada tratamiento, con un calibrado pie de rey digital (Carbin Fibra Electrónico Digital Vernier Caliper 6" 150mm) y se realiza un promedio de las mediciones de las repeticiones.

2.8.4.4. Permeabilidad al Vapor de Agua

Tabla 18-2: Método para la determinar la permeabilidad al vapor de agua de las biopelículas.

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none"> • Medir el diámetro de cada tubo de ensayo. • Activar la sílica gel a 105°C por 24 horas. • Llenar las ¾ del tubo de ensayo con la sílica previamente activada (HR 0%). • Cubrir la boca del tubo con la biopelícula de dimensiones 3,5cm x 3,5cm y sellar con cinta. • Colocar el tubo en un desecador que contenga en la base una solución saturada de cloruro de sodio a una temperatura de 20°C (HR 75%). • Pesar el tubo cada hora durante seis horas. • Realizar el ensayo por triplicado para cada biopelícula.
Cálculos
<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de transmisión de vapor de agua $VTVA = \frac{J}{t * A} \quad \text{(Ecu. 8-2)}$ <p>Donde:</p> <p>J= Pendiente de la curva Peso vs Tiempo de cada biopelícula.</p> <p>t= Tiempo (h).</p> <p>A= Área de permeabilidad de la biopelícula (m²).</p> • Permeabilidad al vapor de agua $PVA = \frac{VTVA * e}{P_w * (HR2 - HR1)} \quad \text{(Ecu. 9-2)}$ <p>Donde:</p> <p>e= Espesor de la biopelícula (m)</p> <p>P_w= Presión del vapor de agua a 20°C (MPa).</p> <p>HR= humedad relativa</p>

Realizado por: (Mera A, 2022).

Fuente: (ASTM E96, 2005; citado en Carballo y Martínez, 2010, p. 71).

2.8.4.5. Biodegradabilidad

Tabla 19-2: Método para determinar el porcentaje de biodegradabilidad de las biopelículas.

Procedimiento
<ul style="list-style-type: none">• Cortar muestras de los tratamientos de la biopelícula de 2,5cm x 2,5cm• Medir el área inicial de la muestra en el programa Imagej.• Colocar las muestras en: un recipiente con 50 ml agua, en un recipiente a 3cm de profundidad en tierra y en uno que se encuentre al contacto con la atmosfera (aire).• Determinar el área de las muestras cada semana durante un mes.
Cálculos
$\%Biodegradabilidad = \frac{\text{Área inicial} - \text{Área final}}{\text{Área inicial}} * 100 \quad (\text{Ecu. 10-2})$

Realizado por: (Mera A, 2022).

Fuente:(López et al., 2010, p. 135).

2.8.4.6. Pruebas Mecánicas

El ensayo de tracción fue realizado en el Laboratorio de Ensayo de Materiales LENMAV por el Ing. Anibal Viñán, se analizó una probeta por cada tratamiento de la biopelícula mediante la norma NTE INEN 2635;012, el quipo utilizado para este análisis fue una maquila universal de ensayos WAW600B de la serie 7136.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados y discusión de resultados del almidón de semillas de frutipan

3.1.1. Análisis físico de Semillas de Frutipan

Tabla 1-3: Análisis de peso, longitud y diámetro de las semillas de Frutipan.

No.	SEMILLAS DE FRUTIPAN		
	PESO (g)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)
1	5,560	2,80	2,00
2	4,687	3,30	2,10
3	5,741	3,50	1,85
4	6,003	2,50	2,20
5	5,320	2,70	1,90
PROMEDIO	5,462	2,96	2,01

Realizado por: (Mera A, 2022).

Para poder realizar el análisis físico se tomaron aleatoriamente 5 muestras de semillas de Frutipan (*Artocarpus altilis*) analizando parámetros de longitud, peso y diámetro obteniendo en promedio los siguientes datos: 2,96 cm, 5,462 g y 2,01 cm respectivamente. Estas características son similares a las descritas por Nuñez et al., (2011, p.4) en donde establecen que el largo de las semillas se encuentra entre 2,71-2.74 cm, el peso entre 5,29-5,42 g y el ancho entre 2,02-2,08 cm.

3.1.2. Extracción del almidón mediante el Diseño Factorial 2^k

En el proceso de extracción del almidón se aplicó un diseño factorial 2^2 , debido a que se trabajó con dos variables como son tiempo y revoluciones por minuto; analizadas en niveles alto y bajo, con tiempos de 45 y 60 segundos. Mediante este diseño se logró obtener los rendimientos de extracción para cuatro tratamientos diferentes, tal y como se muestra en la Tabla 2-3, en la cual se evidencia que el mayor porcentaje de extracción se presenta en el tratamiento dos.

Tabla 2-3: Rendimiento de la extracción de Almidón de Semillas de Frutipan.

TRATAMIENTO	VARIABLES	REPETICIÓN	VOLUMEN AGUA (ml)	PESO (g)			RENDIMIENTO (%)		TIEMPO SECADO (h)	
				PRODUCTO	ALMIDÓN		R	PROMEDIO		
					PESO	PROMEDIO				TOTAL
T1	RPM A:45	R1	500	200	18,463	18,133	72,530	9,2315	9,066	48
		R2			18,447			9,2235		
		R3			17,240			8,62		
		R4			18,380			9,19		
T2	RPM A:60	R1			24,614	25,696	102,782	12,307	12,848	52
		R2			24,880			12,44		
		R3			27,508			13,754		
		R4			25,780			12,89		
T3	RPM B:45	R1			11,011	10,493	41,970	5,5055	5,246	48
		R2			11,222			5,611		
		R3			11,541			5,7705		
		R4			8,196			4,098		
T4	RPM B:60	R1			14,517	14,269	57,076	7,2585	7,135	35
		R2			15,108			7,554		
		R3			15,121			7,5605		
		R4			12,330			6,165		

Realizado por: (Mera A, 2022).

En función de los rendimientos calculados para cada tratamiento se realiza un análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo (ANOVA), para determinar si existen o no diferencias significativas en los tratamientos usados para la extracción de almidón y un análisis de Tukey para establecer entre que tratamientos se presentan dichas diferencias.

Tabla 3-3: Análisis de Varianza de dos factores (ANOVA).

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Muestra	90,883	1	90,883	234,306	3,08187E-09	4,747
Columnas	32,146	1	32,146	82,876	9,78188E-07	4,747
Interacción	3,584	1	3,584	9,241	0,010275818	4,747
Dentro del grupo	4,655	12	0,388			
Total	131,268	15				

Realizado por: (Mera A, 2022).

El análisis ANOVA nos ayudó a estudiar los potenciales efectos de los factores sobre la varianza de una variable, como en nuestro caso es el tiempo y las RPM sobre el porcentaje de rendimiento. A partir de esto se deduce dos tipos de hipótesis, con una confianza del 95% y un nivel de significancia de 0,05. Si la probabilidad de la interacción de los factores es menor al nivel de significancia, entonces se considera un resultado estadísticamente significativo y se rechaza la hipótesis nula.

- **H0** = La interacción de los factores no representa diferencia significativa en el rendimiento de los tratamientos.
- **H1** = La interacción de los factores representa diferencia significativa en el rendimiento de al menos un tratamiento.

La tabla 3-3 indica que el valor de probabilidad de la interacción de los factores es menor al nivel de significancia, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, teniendo así que la interacción del tiempo y las RPM representan una diferencia estadísticamente significativa sobre el porcentaje de rendimiento de al menos un tratamiento.

Dado que existen diferencias significativas en al menos un tratamiento, para completar el análisis se procede a realizar un análisis de comparaciones múltiples el cual nos permitirá establecer en donde residen dichas diferencias. Para determinar esto se realizó una prueba de múltiples rangos en el programa STATGRAPHICS Centurion.

Tabla 4-3: Comparación múltiple con un nivel de confianza del 95%.

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	-3,78125	0,959692

T1 - T3	*	3,82	0,959692
T1 - T4	*	1,93175	0,959692
T2 - T3	*	7,60125	0,959692
T2 - T4	*	5,713	0,959692
T3 - T4	*	-1,88825	0,959692

* indica una diferencia significativa.

Fuente: (STATGRAPHICS Centurion).

Realizado por: (Mera A, 2022).

Con este análisis en la Tabla 4-3 se puede afirmar que existen diferencias en el porcentaje de rendimiento de cada uno de los tratamientos, es decir que T1, T2, T3 y T4 son todos diferentes entre sí, esto también se puede confirmar mediante el Grafico 1-3 en donde las medias de las cuatro columnas de datos están establecidas de tal manera que si dos medias son iguales sus intervalos se traslaparán verticalmente. Como se puede observar ningún de los cuatro intervalos se traslapa lo cual indica que los tratamientos presentan diferencia estadísticamente significativa. Teniendo esto en cuenta se puede concluir que al ser todos diferentes el tratamiento óptimo es el T2 puesto que presenta mayor rendimiento.

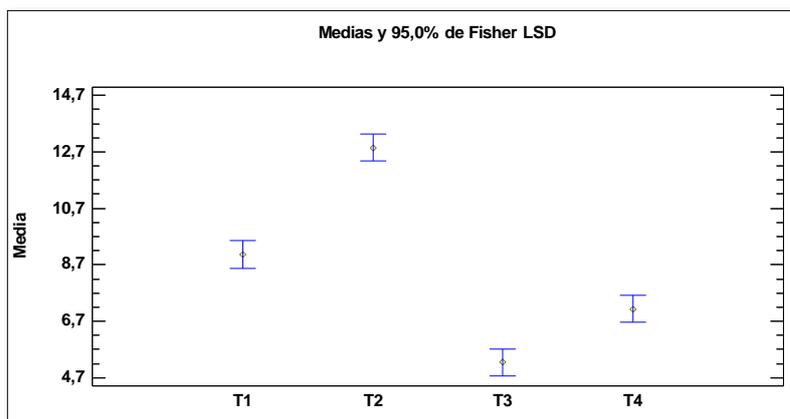


Gráfico 1-3: Metodo LSD de Fisher

Realizado por: (Mera A, 2022).

De manera general se obtuvo 2,91 kg de almidón de semillas de Frutipan partiendo de 22,68 kg de materia prima, teniendo así un rendimiento de 12,84%. De modo similar Madrigal et al. (2020, p.39), logró un rendimiento de 10%, mientras que Rincón y Padilla (2004, p.449), alcanzo un rendimiento de 18,3% y un rendimiento de 14,26%. Esta leve diferencia puede deberse al estado de maduración de la materia prima, las condiciones climáticas en las que se obtuvo y a los procesos de extracción y purificación comprendidos. Cabe mencionar que estos rendimientos de extracción del almidón fueron obtenidos mediante una adaptación del método húmedo realizado de manera artesanal.

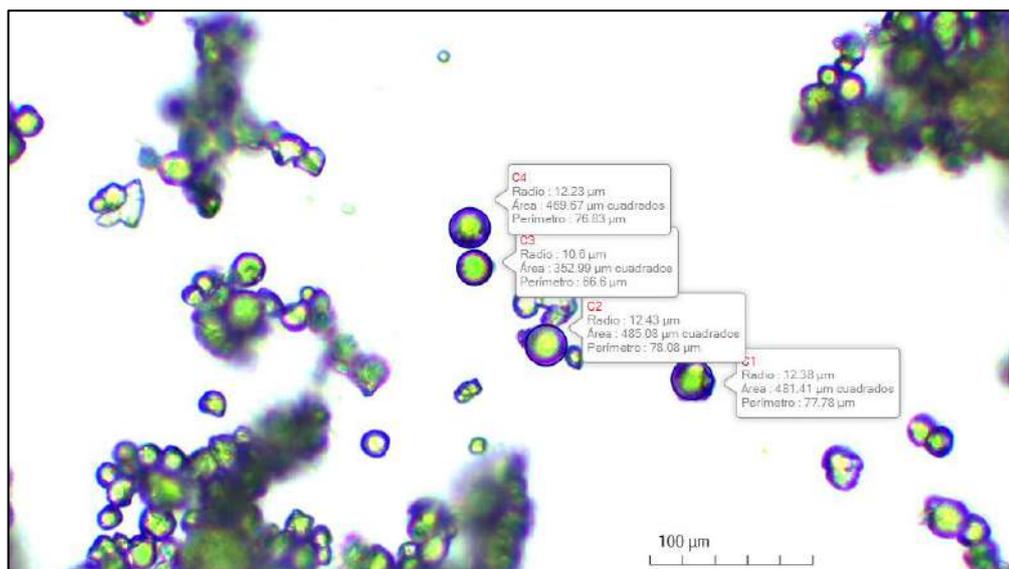


Figura 1-3: Gránulos de almidón de semillas de Frutipan observados en un Microscopio Óptico con un lente de 40x

Realizado por: (Mera A, 2022).

La microscopia de los gránulos de almidón extraídos se observa en la Figura 1-3 en la cual se puede evidenciar que estos presentan una forma esférica irregular, el tamaño de granulo promedio es de 23,82 µm similar al reportado por Villaseñor (2015, p.49), el cual se encuentra en intervalo de 25-30 µm. Además, se puede notar que los gránulos de almidón no se encuentran destrozados o lesionados por lo tanto el método de extracción no altero el gránulo.

3.1.3. Análisis físico químicos y microbiológicos del almidón extraído de semillas de Frutipan

3.1.3.1. Humedad y Ceniza

El porcentaje de humedad determinado en el almidón extraído de las semillas de Frutipan es de 10,55%. De modo similar los autores Villaseñor et al. (2015, p.1), reportan un valor de 10,53% y Rincón et al. (2007, p.289), presentan un porcentaje de humedad de $9,97 \pm 0,07$ %; estos resultados son análogos al nuestro lo cual se considera aceptable.

El análisis del porcentaje ceniza en el almidón es 0,28%, el cual es menor al 0,50 % que señalan Collaguazo (2017, p.37) y Piña (2017, p.23), muy similar al reportado por Calero y Yunga (2020, p.57) de $0,30 \pm 0,016$ % y mayor al $0,15 \pm 0,05$ % obtenido por Rincón et al. (2007, p. 289); estos porcentajes se encuentran similares sin embargo ciertas variaciones pueden deberse a un aumento en el contenido de minerales.

3.1.3.2. pH

El resultado de pH en el almidón extraído de las semillas es 4,74, este se encuentra afín al compararlo con el mencionado por Akanbi et al. (2009, p.155), de $6,513 \pm 0,0058$ y el reportado por Calero y Yunga (2020, p.56) de $3,93 \pm 0,074$. La norma (NTE INEN 1456:1986) establecen que el valor de pH en el almidón debe estar en un rango de 5,0-7,0 constatando así que nuestro valor se encuentra dentro de los límites.

3.1.3.3. Poder de Hinchamiento, Índice de solubilidad e Índice de absorción

Tabla 5-3: Resultados del ISA, IAA y PH del almidón extraído.

Muestra	ISA (g/100 g)	IAA (g/100 g)	PH (g/100 g)
Almidón de semillas de Frutipan	4,8	5,50	5,61

Realizado por: (Mera A, 2022).

La tabla 5-3 detalla los resultados obtenidos de índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento correspondientes a nuestro almidón. Los autores Rincón et al. (2007, p.290), presentan en su investigación valores mínimamente mayores de $7,3 \pm 0,05$ % de PH, $6,3 \pm 0,04$ % de IAA y $5,8 \pm 0,09$ % de ISA; por otro lado Calero y Yunga (2020, p.55), mencionan resultados muy similares de índice de absorción e índice de solubilidad con $5,35$ % y $4,297$ % respectivamente; mientras que Loos et al. (1981, p.284), reporta un valor PH cercano al obtenido de $5,10$ %.

Aristizábal y Sánchez (2007, p.73), definen que un almidón presenta buena calidad cuando el índice de solubilidad es bajo y posee alto índice de absorción y poder de hinchamiento. El elevado índice de solubilidad obtenido puede corresponder al tamaño de granulo del almidón y su composición molecular dado que según Tó et al. (2020, p.103), el nivel de solubilidad puede ser apropiado a la lixiviación de las moléculas en agua. Además Rincón et al. (2007, p.291), explica que como consecuencia directa del hinchamiento del granulo se genera un incremento en la solubilidad.

3.1.3.4. Viscosidad y Temperatura de gelatinización

La viscosidad resultante del almidón es $658,4$ cP establecido a 25°C , el cual se encuentra contiguo a los valores adquiridos por Akanbi et al. (2009, p.156) de $153,42$ RVU a 84°C , (Rincón y Padilla, 2004, p.454) de 790 BU a 73°C y Rincón et al. (2007, p.290) de 807 BU a 50°C ; estos datos equivalen a $547,93$; $568,15$ y $847,35$ cP respectivamente, determinados a 25°C .

(Taggart, 2004; citado en Aristizábal y Sánchez, 2007, p.36) presenta un análisis de la temperatura de gelatinización evaluada en distintos tipos de almidones como el de maíz, yuca, papa, trigo y arroz; cuyos rangos oscilan entre 58-78°C. El valor de temperatura de gelatinización derivado del almidón extraído se encuentra dentro del rango establecido por el autor con un valor de 74°C; sin embargo de la misma manera (Rincón et al., 2007, p.289), (Akanbi et al., 2009, p.155), (Rincón y Padilla, 2004, p.454) y (Calero y Yunga, 2020, p.28), establecen valores similares al nuestro de 79,6; 70-80; 73,3 y 69,3 °C.

3.1.3.5. Amilosa y Amilopeptina

Tabla 6-3: Resultados del porcentaje de amilosa y amilopeptina.

Almidón de semillas de Frutipan	
% Amilosa	% Amilopeptina
23,74	76,26

Realizado por: (Mera A, 2022).

La tabla 6-3 muestra los porcentajes de amilosa y amilopeptina obtenidos, dichos datos se encuentran cercanos a los establecidos por Piña (2017, p.17), de 22,7% de amilosa y 77,5% de amilopeptina, los autores Loos et al. (1981, p.282), establecen 18,2% de amilosa y 81,5% de amilopeptina, Calero y Yunga (2020, p.30), por su lado determinan 22,52% en amilosa y 77,48% en amilopeptina y finalmente Rincón y Padilla (2004, p 453), logran $27,68 \pm 0,75\%$ de amilosa y por diferencia 73,32% de amilopeptina.

Aristizábal y Sánchez (2007, p.36), detallan que las propiedades funcionales de un almidón se deben específicamente a la relación que existe entre amilosa y amilopeptina, y esta variará en función de la especie de almidón. De manera general un elevado contenido de amilosa beneficia una mayor solubilidad, viscosidad y tendencia a la retro degradación, mejor claridad de engrudo y que además forman geles fuertes, opacos y que presentan sinéresis; contrario a esto bajos porcentajes de amilosa generan dispersiones claras y viscosas que no gelifican. (Montúfar et l., 2019, p. 38) constituyen que el contenido de amilosa está asociado al proceso de gelificación del almidón, no obstante almidones en donde predomina la amilopeptina pueden volverse más cohesivos.

3.1.3.6. Proteína, Grasa y Fibra

El almidón extraído presento 0,946% de proteína, el cual se encuentra mínimamente elevado al porcentaje presentado por Rincón y Padilla (2004, p.453) de $0,61 \pm 0,01\%$ y Rincón et al. (2007, p.289) registra un valor de proteína un tanto menor al anterior de $0,36 \pm 0,05\%$.

El porcentaje de grasa encontrado es de 4,76%, coincidiendo con Villaseñor (2015, p.49), y Villaseñor et al. (2015, p.4) que reportan valores similares de 5,17% y 4,3% respectivamente. En el almidón extraído de las semillas de frutipan el porcentaje de grasa es elevado al compararlo con otro tipo de almidones como el de maíz y arroz que contienen de 0,6% y 0,8% de grasa correspondientemente; (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.35) precisa que un bajo contenido de grasa es favorable dado que los lípidos forman un complejo con la amilosa que reprime el poder de hinchamiento y la solubilidad de los gránulos de almidón y que además causa rancidez durante su almacenamiento.

El contenido de fibra no pudo ser definido con exactitud ya que en el proceso de obtención la masa del residuo (fibra) se encontraba muy mínima que no podía ser determinada, sin embargo es posible asumir que el porcentaje se encontraba menor a 0,001%. Del mismo modo Rincón et al. (2007, p.289) define un valor de fibra similar al asumido de 0,005% y Rincón y Padilla (2004, p.453) establece un porcentaje nulo de fibra.

3.1.3.7. Análisis Microbiológicos del Almidón

Tabla 7-3: Resultados obtenidos del análisis microbiológico.

Almidón de semillas de Frutipan		
Levaduras y Mohos (UFC/g)	Coliformes Totales (UFC/g)	Coliformes fecales (<i>E.coli</i>) (UFC/g)
200	20	Ausente

Realizado por: (Mera A, 2022).

La Tabla 7-3 presenta los resultados obtenidos del análisis microbiológico realizado al almidón, estos valores se encuentran dentro de los requisitos establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2051:1995) donde el límite máximo de Mohos y levaduras es de 500 ufc/g, para Coliformes totales un máximo de 100 ufc/g y 0 ufc/g para E.coli. también cabe comparar que (Aristizábal y Sánchez, 2007, pp. 96-98) exponen que los valores de referencia para hongos y levaduras en el almidón no debe ser mayor de 1000-5000 ufc/g y el valor de E.coli debe ser menor a 10 ufc/g.

3.2. Resultados y discusión de resultados de la biopelícula obtenida

3.2.1. Formulación de la Biopelícula

Para el proceso de obtención de la biopelícula se aplicó un diseño factorial 2^2 , en donde se varió dos de los cinco componentes de la mezcla, como son la cantidad de almidón y el volumen de

agua, cada uno desarrollado para un nivel alto de 35 ml y 2,5 g; y un nivel bajo de 30 ml y 2 g. Los componentes restantes como son el vinagre, la glicerina y la solución de gelatina al 1% se mantuvieron en valores constantes de 3 ml, 1 ml y 1,5 ml respectivamente; tal como se expresa en la Tabla 15-2, de esta forma se obtienen cuatro tratamientos con distintas formulaciones que presentaran características sensoriales, mecánicas, de humedad, espesor, solubilidad, permeabilidad y biodegradabilidad diferentes con la finalidad de establecer que tratamiento presenta mejores resultados.

Tabla 8-3: Formulación de los cuatro tratamientos de las biopelículas.

Tratamiento	Variable	Repetición	Tiempo de Secado (h)	Espesor (mm)		Moldeo	Transparencia	Características	
TB1	CA1 : CAg 2	R1	48	0,1	0,103	CIRCULAR	Transparencia media (coloración característica leve amarillo-café)	Estable con flexibilidad y resistencia media.	
		R2		0,11					
		R3		0,1					
		R4		0,1					
TB2	CA2 : CAg 2	R1		0,13	0,125			0,113	Estable con una mejor flexibilidad y resistencia.
		R2		0,12					
		R3		0,12					
		R4		0,13					
TB3	CA1 : CAg 1	R1		0,13	0,113			0,120	Estable con flexibilidad y resistencia media.
		R2		0,1					
		R3		0,12					
		R4		0,1					
TB4	CA2 : CAg 1	R1		0,11	0,120			0,120	Estable con resistencia y flexibilidad.
		R2		0,13					
		R3		0,12					
		R4		0,12					

Realizado por: (Mera A, 2022).

La formación de las biopelículas correspondiente a la formulación de cada tratamiento se realizó mediante la técnica establecida en la Tabla 16-2 en cajas Petri con un área 9 cm², teniendo así un molde circular característico y la cantidad de mezcla dispuesta en cada caja es de 17-18 ml.

Todos los tratamientos de biopelículas presentaron transparencia media con una peculiar coloración amarillo-café que se debe característicamente al almidón extraído de las semillas. El TB1 y TB3 mostraron particularidades similares en sus biopelículas las cuales se encontraban estables, pero con una flexibilidad y resistencia media, TB2 y TB4 demostraron un mejor aspecto y análisis sensorial dado que su flexibilidad y resistencia fue mayor a los tratamientos anteriores, con la diferencia de que TB2 estableció mejores cualidades físicas que TB4.

Esto puede deberse a que la relación de las variables agua/almidón fue idónea pues (Charro, 2015, p. 18) precisa que el agua junto a la glicerina es uno de los mejores plastificantes ya que logra la desestructuración del almidón y mejora las propiedades mecánicas y de barrera; Meneses et al. (2007, p.61) en su investigación recomiendan que esta no debe encontrarse en altas proporciones con relación al almidón, debido a que se necesitaría elevar la temperatura de ebullición del agua para poder extraerla, lo cual ocasionaría una degradación en la estructura del almidón. No solo la relación agua/almidón fue importante en la elaboración de las biopelículas sino también la añadidura de aditivos como la glicerina, el ácido acético y la gelatina ayudaron a mejorar aspectos como humectación, flexibilidad, conservación y resistencia.

3.2.2. Caracterización de la biopelícula obtenida a partir de almidón de semillas de Frutipan

3.2.2.1. Espesor

Tabla 9-3: Resultados de espesor en las biopelículas.

Tratamientos	Espesor (mm)
TB1	0,103
TB2	0,125
TB3	0,113
TB4	0,120

Realizado por: (Mera A, 2022).

Los resultados del espesor medido para cada tratamiento de la biopelícula que se muestran en la Tabla 9-3 se encuentran menores a los reportados por Calero y Yunga (2020, p.62) de 0,345; 0,302; 0,223 y 0,224 mm. Sin embargo están acorde a los requisitos específicos de dimensiones para laminas plásticas establecidos en de la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2542:2010) en donde se delimita que el espesor máximo es 0,2 mm.

3.2.2.2. Porcentaje de Humedad

Tabla 10-3: Resultados del porcentaje de humedad en las biopelículas.

Tratamientos	Porcentaje de humedad (%)
TB1	18,74
TB2	18,28
TB3	15,84
TB4	17,70

Realizado por: (Mera A, 2022).

Los autores (Sanyang et al., 2016, p.331) puntualizan que el contenido de humedad es directamente proporcional a la concentración de plastificante, puesto que la humedad aumenta a medida que se incrementa la cantidad de glicerina. Solano (2010, p.52) explica que esto se le atribuye a que la glicerina eleva el carácter hidrofílico de las biopelículas haciéndolas más susceptibles a la hidratación; la autora establece que la humedad de las biopelículas realizadas a partir de almidón de yuca se encuentra entre 18,09-26,33%, cuyo rango se encuentran acorde para nuestros valores de humedad obtenidos en los tratamientos TB1 y TB2.

Los resultados del porcentaje de humedad establecidos en la Tabla 10-3 se determinaron con un contenido de 3% en peso de glicerina; en cambio, los recubrimientos a base de almidón de frutipan obtenidos por Calero y Yunga (2020, p.62) fueron reportados con el doble de cantidad porcentual de glicerina de 6% lograron contenidos de humedad que oscilan entre 31,51-33,93%; corroborando así que los resultados obtenidos se encuentran acordes.

3.2.2.3. Solubilidad en agua

El porcentaje de solubilidad de las biopelículas en agua es una característica muy importante que determinara el uso de la misma, en vista de que biopelículas con una baja solubilidad proporcionara mayor resistencia al agua y la humedad siendo aplicadas en almacenamiento de alimentos con el fin de aumentar su vida útil, por otro lado biopelículas con un alto valor de solubilidad son aplicadas como recubrimientos comestibles diseñados para ser solubles antes de su consumo, tal y como lo expresa (Sanyang et al., 2016, p.331).

En consecuencia, a esto y al uso que se le brindara a la biopelícula en el embalaje de alimentos con la finalidad de mantener la duración del mismo, se escoge el tratamiento TB2 ya que presenta menor porcentaje de solubilidad.

En el trabajo investigativo de (Reis et al., 2014; citado en Oropeza; Montes y Padrón, 2016, p.69) especifican que conforme se aumente la concentración de glicerina, el porcentaje de solubilidad también se verá en aumento. Para nuestro caso en la formulación de las biopelículas se mantuvo constante la cantidad de glicerina por ende la solubilidad se presenta similar en cada tratamiento, como se

muestra en la Tabla 11-3 y se demuestra en el Gráfico 2-3. No obstante Cusme y Gómez (2019, p.57) exponen una solubilidad muy análoga de 39,82% en su recubrimiento elaborado a partir cantidad iguales de almidón de fruta de pan y glicerol.

Tabla 11-3: Resultados del porcentaje de solubilidad en las biopelículas.

Tratamientos	%Solubilidad
TB1	36,64
TB2	31,44
TB3	37,12
TB4	34,70

Realizado por: (Mera A, 2022).



Gráfico 2-3: Porcentajes de solubilidad de los tratamientos

Realizado por: (Mera A, 2022).

3.2.2.4. Permeabilidad al vapor de agua

Tabla 12-3: Resultados de permeabilidad al vapor de agua de las biopelículas.

Tratamientos	PVA (g/h*m*Mpa)	PVA (g/s*m*Pa)
TB1	8,53 E-04	2,36 E-13
TB2	9,56 E-04	2,66 E-13
TB3	9,54 E-04	2,65 E-13
TB4	7,09 E-04	1,96 E-13

Realizado por: (Mera A, 2022).

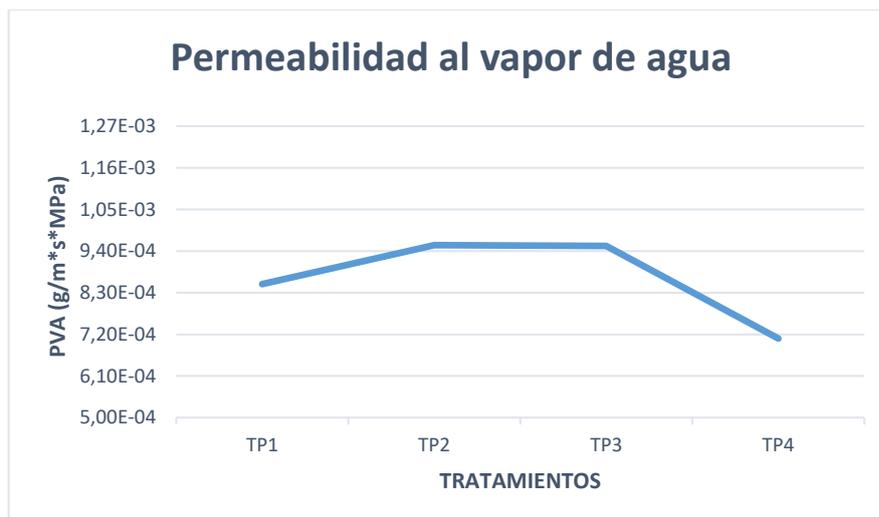


Gráfico 3-3: Permeabilidad al vapor de agua en los tratamientos

Realizado por: (Mera A, 2022).

Villada et al. (2008, p. 7), determino que al igual que la humedad, la permeabilidad se encuentra fuertemente relacionada con la cantidad de plastificante, pues el aumento de una es directamente proporcional al aumento de la otra y recomiendan el uso de aditivos que presenten un carácter hidrófobo. Por ejemplo (Ghanbarzadeh et al., 2011; citados en Oropeza, Montes y Padrón, 2016, p.75) menciona que el uso de ácido cítrico en las biopelículas disminuye los valores de permeabilidad debido a que los grupos hidroxilo de carácter hidrofílico son sustituidos por grupos éster de carácter hidrófobo.

Los valores de permeabilidad para cada tratamiento expresados en la Tabla 12-3 no presentan una gran diferencia significativa entre ellos, pues como se mencionó anteriormente esto sucede a causa de que la cantidad de glicerina es constante en las formulaciones de las biopelículas. A pesar de ello los datos obtenidos se encuentran ligeramente menores al señalado por (Joaqui y Villada, 2013, p. 62) de $2,18 \text{ E-}11 \text{ g/m*s*Pa}$ en almidón nativo de yuca y al determinado por (Enríquez, 2015, p. 92) de $1,77 \text{ E-}11 \text{ g/m*s*Pa}$ en almidón modificado de yuca.

Es importante aclarar que tal y como lo enuncian (Sanyang et al., 2016; Trejo et al., 2001; Oropeza et al., 2016) las biopelículas deben reducir la transferencia de humedad del medio hacia el alimento almacenado para que tengan un funcionamiento eficaz, para esto la permeabilidad al vapor de agua debe ser lo más baja posible; teniendo en cuenta esto el tratamiento TB4 es el que presenta una permeabilidad menor a los demás.

3.2.2.5. Pruebas Mecánicas

Tabla 13-3: Resultados de las pruebas mecánicas en las biopelículas.

Tratamiento	Módulo elasticidad (MPa)	Carga de fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (Mpa)	Elongación (%)
TB1	9,82E+00	0,67	1,21	0,79	1,44	0,88
TB2	2,78E+01	1,39	1,82	1,62	2,12	2
TB3	1,572E+01	0,97	1,04	1,19	1,27	1,36
TB4	1,66E+01	1,09	1,38	1,26	1,59	3,12

Realizado por: (Mera A, 2022).

Sanyang et al. (2015, p. 1111) enuncian que el porcentaje de elongación es la extensibilidad de la biopelícula desde su longitud inicial hasta su punto de ruptura, mediante este parámetro se puede determinar el nivel de estirabilidad. Según (Liu et al., 2016; citados en Oropeza, Montes y Padrón, 2016, p.70) el esfuerzo máximo y la elongación se ve en aumento con un alto contenido de amilosa; como se puede observar en la Tabla 13-3 los porcentajes de elongación y esfuerzo máximo de los tratamientos son menores comparados a los obtenidos por Guamán (2019, p.45), el cual presentan una elongación de 20,62-24,63% y un esfuerzo máximo de 6,0-14,58 MPa en biopelículas a base de cascaras de papa, esto puede deberse a que el elevado contenido de grasa en el almidón afecto las propiedades de la amilosa. Sin embargo Calero y Yunga (2020, p. 66), en su recubrimiento a base de almidón modificado de fruta pan demuestro valores menores de esfuerzo máximo (tensión) de 0,286 y 0,041 MPa.

Por consiguiente, el tratamiento que mostro mejores características mecánicas en su biopelícula a comparación con de los demás es el TB2, esto se puede constatar mediante los Gráficos 4-3,5-3 y 6-3.

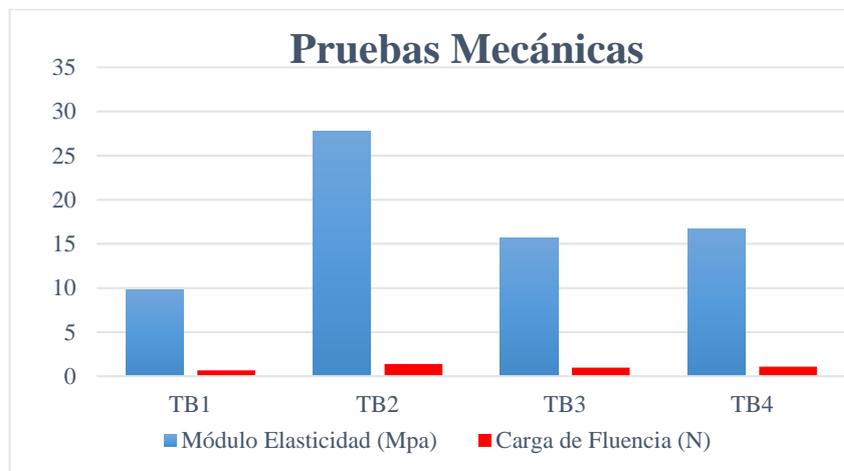


Gráfico 4-3: Módulo de Elasticidad y Carga de Fluencia de los tratamientos

Realizado por: (Mera A, 2022).

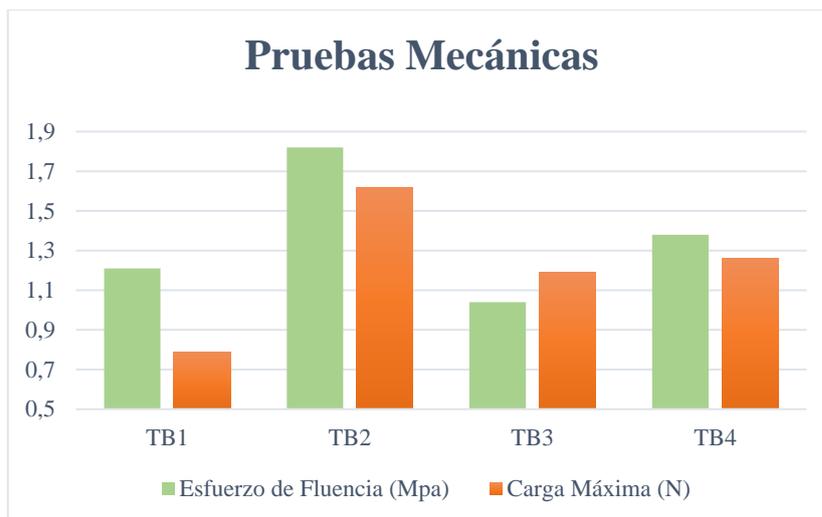


Gráfico 5-3: Esfuerzo de Fluencia y Carga Máxima de los tratamientos
Realizado por: (Mera A, 2022).

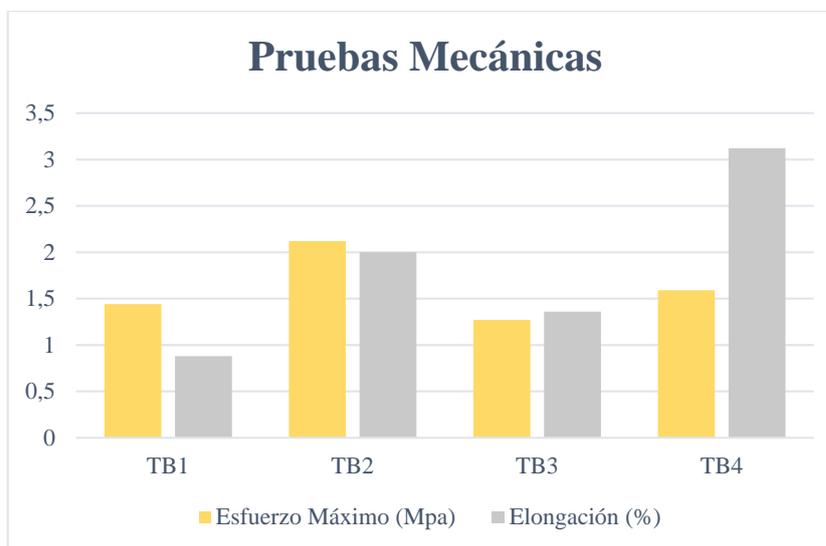


Gráfico 6-3: Esfuerzo Máximo y Elongación de los tratamientos
Realizado por: (Mera A, 2022).

3.2.2.6. Biodegradabilidad

Esta es la característica más importante que debe presentar un bioplástico, por tal motivo para la presente investigación se evaluó el porcentaje de biodegradabilidad de las biopelículas al ser sometidas a tres tipos de entorno: al agua, al ambiente (medio aerobio) y bajo suelo (medio anaerobio). Este análisis fue efectuado durante 4 semanas (30 días) con la finalidad de estimar el tiempo de degradación de las mismas.

En medio acuoso las biopelículas exhibieron un alto porcentaje de biodegradación, los resultados de cada tratamiento se establecen en la Tabla 14-3, de la semana dos a la semana tres se evidenció

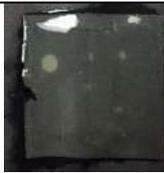
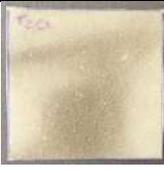
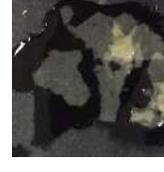
un elevado aumento en el porcentaje de degradabilidad pues como se muestra en la Tabla 15-3 las biopelículas presentaron una tendencia a desvanecerse. Los altos valores de biodegradabilidad en agua están estrechamente relacionados con la solubilidad de las biopelículas, es por eso que TB3 tiene un mayor porcentaje de biodegradabilidad dado que su contenido de solubilidad es alto.

Tabla 14-3: Resultados del porcentaje de biodegradabilidad de las biopelículas en agua.

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
TB1	2,164%	4,786%	54,798%	80,920%
TB2	1,516%	2,032%	47,873%	76,881%
TB3	1,366%	4,404%	54,356%	81,605%
TB4	0,727%	2,433%	52,377%	70,797%

Realizado por: (Mera A, 2022).

Tabla 15-3: Aspecto de las biopelículas a la biodegradación en agua.

BIODEGRADABILIDAD EN AGUA					
	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
TB1					
TB2					
TB3					
TB4					

Realizado por: (Mera A, 2022).

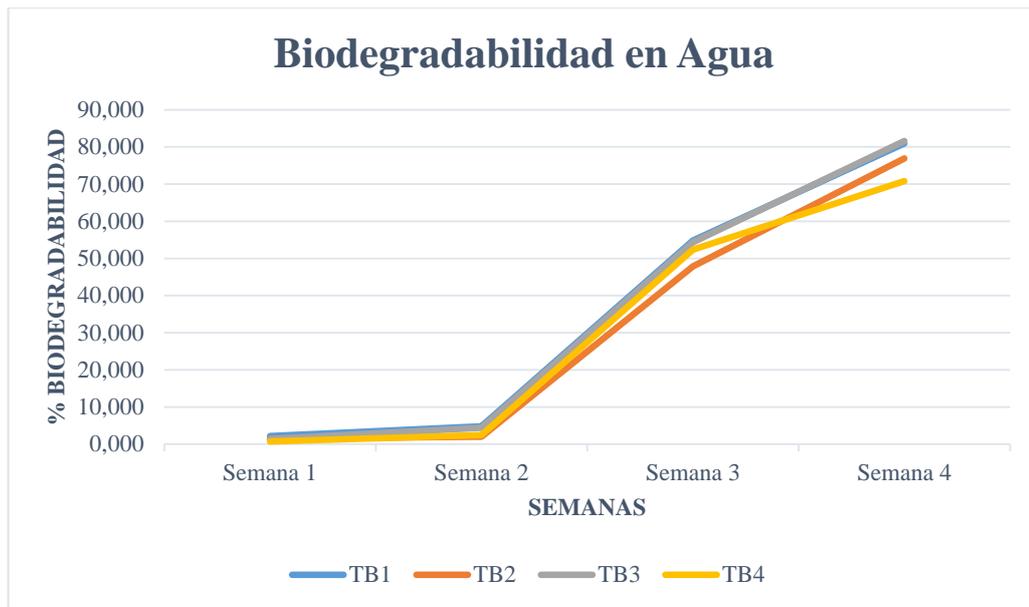


Gráfico 7-3: Porcentajes de la biodegradabilidad en agua

Realizado por: (Mera A, 2022).

Los resultados de biodegradabilidad de las biopelículas bajo suelo se presentaron en menor porcentaje a las del medio acuoso y a su vez mayor a las expuestas al ambiente, como se muestra en la Tabla 16-3 y 18-3. La descomposición de las biopelículas bajo suelo y al ambiente se lleva a cabo mediante dos formas: en presencia de oxígeno (aeróbica) y en ausencia de él (anaeróbica), y se da por la acción de microorganismos y por bacterias anaerobias. Rodríguez (2012, p. 71) menciona que existen factores que influyen en la biodegradación de las biopelículas tales como el pH, la temperatura y la humedad.

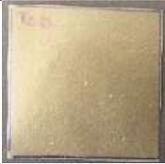
La biodegradabilidad de las biopelículas al ambiente va a depender mucho de las características que esté presente, en ambientes con climas húmedos existirá mayor transferencia de humedad hacia la biopelícula generando hinchazón y aumentando el crecimiento microbiano. Como se observa en la Tabla 19-3 las biopelículas no mostraron un gran cambio en su aspecto pues el ambiente en el que se encontraban era seco y con poca humedad; sin embargo, los cambios se notaron en la pérdida de espesor y reducción de su área. Las biopelículas que se encontraban bajo suelo con el pasar de los días exhibieron pérdida de su flexibilidad volviéndose rígidas y quebradizas como se puede ver en la Tabla 17-3.

Tabla 16-3: Resultados del porcentaje de biodegradabilidad de las biopelículas bajo suelo.

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
TB1	23,203%	31,436%	34,475%	45,106%
TB2	21,628%	32,902%	35,207%	45,257%
TB3	24,558%	36,852%	42,350%	50,607%
TB4	29,293%	34,367%	40,290%	48,502%

Realizado por: (Mera A, 2022).

Tabla 17-3: Aspecto de las biopelículas a la biodegradación bajo suelo.

BIODEGRADABILIDAD BAJO SUELO					
	Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
TB1					
TB2					
TB3					
TB4					

Realizado por: (Mera A, 2022).

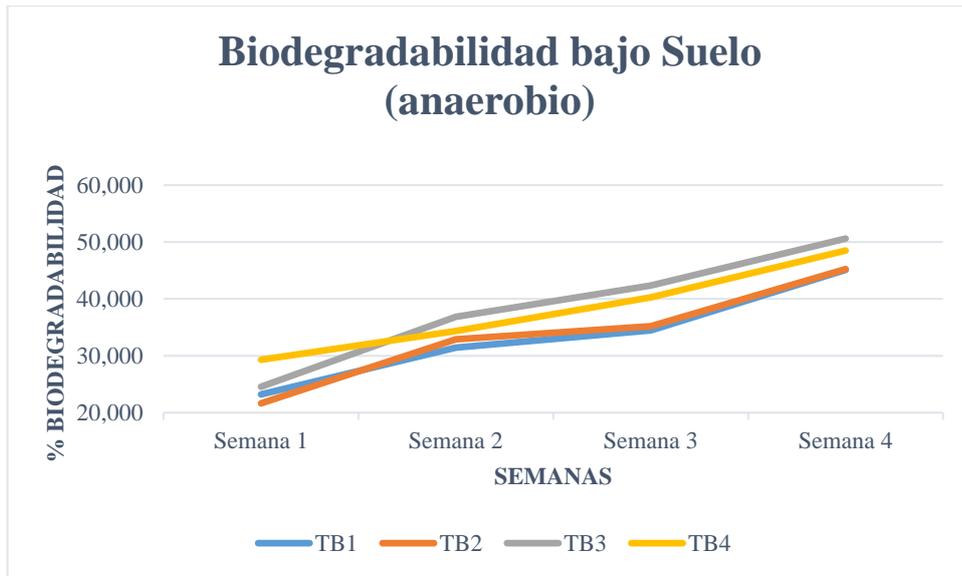


Gráfico 8-3: Porcentajes de la biodegradabilidad bajo suelo

Realizado por: (Mera A, 2022).

Tabla 18-3: Resultados del porcentaje de biodegradabilidad de las biopelículas al ambiente.

Tratamientos	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
TB1	1,175%	4,338%	5,708%	7,612%
TB2	4,402%	5,273%	6,886%	9,068%
TB3	1,628%	2,622%	4,241%	7,900%
TB4	0,494%	1,296%	2,192%	6,597%

Realizado por: (Mera A, 2022).

Tabla 19-3: Aspecto de las biopelículas a la biodegradación en ambiente.

BIODEGRADABILIDAD ATMOSFÉRICA				
Inicial	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
				

Realizado por: (Mera A, 2022).

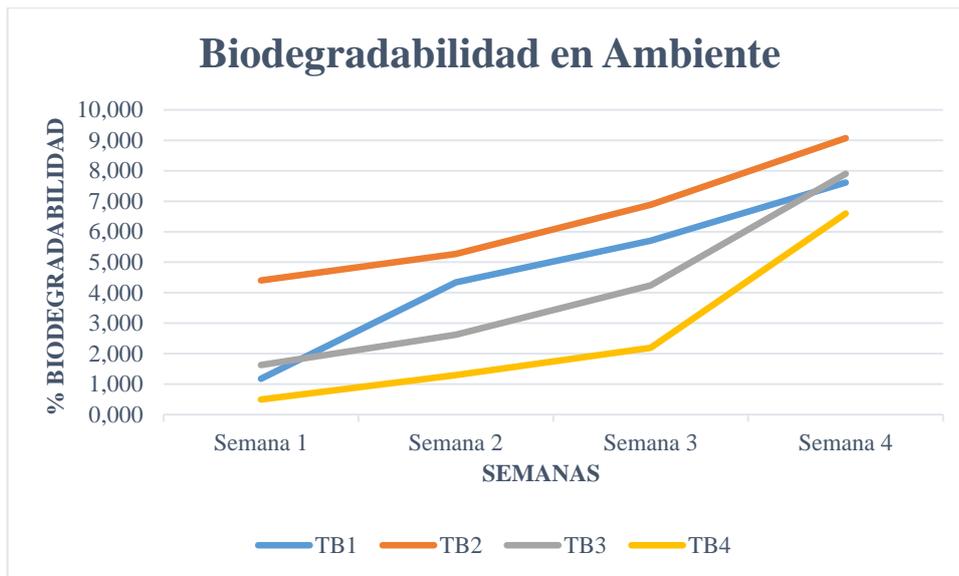


Gráfico 9-3: Porcentajes de la biodegradabilidad en ambiente

Realizado por: (Mera A, 2022).

3.2.2.7. Recubrimiento del alimento

Se seleccionó fresas como alimento destinado al recubrimiento, para lo cual se adquirió fresas frescas que se encuentren intactas, sin cortes o imperfecciones y sobre todo correctamente limpias. Las fresas se envolvieron con las biopelículas del tratamiento correspondiente de dimensiones 15*10 cm², los resultados del recubrimiento se evidencian en la Tabla 20-3 en donde se puede apreciar físicamente una reducción de tamaño, un cambio de color y aumento en la maduración de la fresa sin recubrir en comparación con las recubiertas. A pesar de ello las biopelículas que mantuvieron un mejor recubrimiento en la fresa fueron TB2 y TB4 debido a que generaron mayor barrera a la humedad por su baja solubilidad y permeabilidad.

Tabla 20-3: Resultado del recubrimiento de fresas por las biopelículas.

Aspecto de las fresas recubiertas vs sin recubrir	
Día 1	Día 3
	
Día 6	Día 8
	

Realizado por: (Mera A, 2022).

CONCLUSIONES

- La extracción del almidón de semillas de Frutipan (*Artocarpus altilis*) se llevó a cabo mediante el método húmedo, utilizando un diseño factorial 2^2 en el cual se varió dos niveles distintos de tiempo y de revoluciones por minuto. Un análisis de varianza (ANOVA) y una Prueba de Rangos Múltiples determinó la existencia de diferencias significativas en todos los tratamientos de extracción, sin embargo, el mayor rendimiento se presentó en el tratamiento T2 con 12,84%, logrado en un tiempo de 60 segundos a una velocidad alta de RPM's.
- Al almidón de semillas de Frutipan se lo caracterizó a través de análisis físico-químicos, bromatológicos y microbiológicos. Los valores resultantes de 10,55% de humedad; 0,28% de ceniza; pH de 4,74; 4,8 de índice de solubilidad; 658,4 cP en viscosidad; 74°C de temperatura de gelatinización; 4,76% de grasa; 0% en fibra; 0,946% de proteína y sobretodo 23,74% de amilosa y 76,26% de amilopectina se hallaron acordes al compararlos con investigaciones similares. El análisis microbiológico de coliformes totales, *E.coli*, mohos y levaduras se encontró dentro de los requisitos establecidos en la normativa NTE INEN 2051:1995; con valores de 20 ufc/g, 0 ufc/g y 200 ufc/g respectivamente, lo cual constituyó un almidón aceptable a ser usado en la elaboración de las biopelículas.
- Las formulaciones de las biopelículas se determinaron mediante un diseño factorial 2^2 en donde se varió en un rango alto y bajo las cantidades de dos componentes de la mezcla formulada, como fue la cantidad de almidón extraído de las semillas de Frutipan (2g-2,5g) y el volumen de agua destilada (30mL-35mL), mientras se mantuvo cantidades constantes de glicerina, ácido acético y solución de gelatina al 1%. La biopelícula TB2 presentó mejores características que los otros tratamientos y su caracterización presentó los siguientes resultados: 18,28% de humedad; 0,125mm de espesor; 31,44% en solubilidad; permeabilidad al vapor de agua de $7,09E-04$ g/h*m*MPa; esfuerzo máximo de 2,12 MPa; 3,12% de elongación y una biodegradabilidad alta en agua (70-80%), media bajo suelo (45-50%) y baja al contacto con el ambiente (6,5-7,9%).
- El tiempo de vida útil del alimento fue evaluado al comparar fresas recubiertas por las biopelículas de cada tratamiento, con una fresa sin recubrir que actuó como testigo en un lapso de tiempo de ocho días. Mediante esto se pudo evidenciar físicamente que el testigo perdió peso, cambio de color, se tornó seca con un sabor rancio y un tanto amargo al transcurrir los días en comparación con las fresas recubiertas; TB2 y TB4 presentaron un mejor recubrimiento con mayor tiempo de vida útil en las fresas.

RECOMENDACIONES

- Mantener las condiciones de extracción del almidón para así evitar pérdida de masa del mismo y consecuentemente disminuir su rendimiento.
- Reducir el contenido de grasa en el almidón mediante un método de extracción sólido-líquido, antes de ser usado en la formulación de la biopelícula con el fin de que esto no afecte sus características.
- Llevar a cabo estudios en los que se busque añadir aditivos a las formulaciones de tal manera que mejoren las características y propiedades mecánicas de la biopelícula como aceites, celulosa, carboximetil celulosa, sorbitol, ácido cítrico o láurico, sorbato de potasio, quitosano, mezcla de almidones, etc.
- Realizar un estudio más específico a la prueba de recubrimiento con la biopelícula, mediante pruebas físico-químicas y microbiológicas que determinen el tiempo de vida útil del alimento de manera cuantitativa y no solo cualitativa.

BIBLIOGRAFÍA

ADELEKE, R.O. & ODEDEJI, J.O. "Functional properties of wheat and sweet potato flour blends". *Pakistan Journal of Nutrition* [en línea], 2010, (Pakistán) 9(6), pp. 535-538. [Consulta: 25 febrero 2022]. ISSN 1680-5194. Disponible en: [10.3923/PJN.2010.535.538](https://doi.org/10.3923/PJN.2010.535.538)

AKANBI, T.; et al. "Functional and pasting properties of a tropical breadfruit (*Artocarpus altilis*) starch from Ile-Ife, Osun State, Nigeria". *International Food Research Journal* [en línea], 2009, (Malasia) 16(2), pp. 151-157. [Consulta: 15 febrero 2022]. ISSN 1985-4668. Disponible en: [http://www.ifrj.upm.edu.my/16 \(2\) 2009/04- IFRJ-2008-129 Akanbi Nigeria 2nd proof.pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/16%20(2)%202009/04-IFRJ-2008-129-Akanbi-Nigeria-2nd-proof.pdf)

ARISTIZÁBAL, J. & SÁNCHEZ, T. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea]. Roma-Italia: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 2007. [Consulta: 17 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>

AVELLÁN, A.; et al. "Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays* L.)". *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios* [en línea], 2020, (Ecuador) 7(1), pp. 1-11. [Consulta: 9 febrero 2022]. ISSN 2313-7819. Disponible en: https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1134/948

CALERO, M. & YUNGA, A. Diseño de un recubrimiento comestible a base de almidón modificado de fruta pan (*Artocarpus altilis*) (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud. Machala-Ecuador. 2020. pp.55-68. [Consulta: 2022-02-16]. Disponible en: [http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15490/1/T-3555_CALERO JIMENEZ MANUEL ANTONIO.pdf](http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/15490/1/T-3555_CALERO_JIMENEZ_MANUEL_ANTONIO.pdf)

CARBALLO, E. & MARTÍNEZ, E. Determinación de la permeabilidad al vapor de agua por el método ASTM E96/E 96M-05 en películas de quitosano (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. San salvador-El Salvador. 2010. pp. 10-210. [Consulta: 2022-02-27]. Disponible en: [https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2497/1/Determinación_de_la_permeabilidad_al_vapor_de_agua_p or_el_método_ASTM_E96M-05_en_películas_de_quitosano.pdf](https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2497/1/Determinación_de_la_permeabilidad_al_vapor_de_agua_por_el_método_ASTM_E96M-05_en_películas_de_quitosano.pdf)

CHAPUEL, A. & REYES, J. Obtención de una película biodegradable a partir de los almidones de semilla de aguacate (*Persea americana* Mill) y banano (*Musa acuminata* AAA) para el recubrimiento de papaya (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad de Guayaquil, Facultad de Ingeniería Química. Guayaquil-Ecuador. 2019. pp. 15-100. [Consulta: 2022-02-10]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/39933/1/401-1355> - Obtenc pelicula biodegradable partir almidones semilla de aguacate.pdf

CHARRO, M. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Química. Quito-Ecuador. 2015. pp. 5-67. [Consulta: 2022-02-26]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

COLLAGUAZO, N. Evaluación sensorial de una pasta elaborada con harina de trigo y almidón nativo de fruta pan (*Artocarpus altilis*) (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Técnica de Machala, Carrera de Ingeniería en Alimentos. Machala-Ecuador. 2017. pp. 36-48. [Consulta: 2022-02-16]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11442/1/COLLAGUAZO> COLLAGUAZO NANCY YADIRA.pdf

CUSME, K. & GÓMEZ, A. Porcentajes de almidones con adición de plastificantes naturales en la elaboración de un recubrimiento (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea] Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Calceta-Ecuador. 2019. pp. 6-58. [Consulta: 2022-02-11]. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1062/1/TTMAI8.pdf>

ENRÍQUEZ, M. Obtención y caracterización de películas activas obtenidas por extrusión de almidón modificado de yuca (*Manihot sculenta* crantz) (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea] Universidad del Valle. Cali-Colombia. 2015. pp. 48-99. [Consulta: 2022-02-20]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/handle/10893/7918>

ENRÍQUEZ, M.; et al. "Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón". *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2012, (Colombia) 10(1), pp. 182-192. [Consulta: 24 febrero 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>

FAO; et al. *Manual de técnicas para laboratorio de nutrición de peces y crustáceos* [en línea]. México D.F.-México: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1993. [Consulta: 30 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/ab489s/AB489S03.htm>

GUAMÁN, J. Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cascaras de papa para su aplicación industrial (Trabajo de titulación). [En línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador. 2019. pp. 24-53. [Consulta: 25 febrero 2022]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>

JOAQUI, D. & VILLADA, H. "Propiedades ópticas y Permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón". *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2013, (Colombia) 1(2), pp. 59-68. [Consulta: 20 febrero 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v11nspe/v11nespa07.pdf>

KIM, H.; et al. "Sustainable Production of Bioplastics from Lignocellulosic Biomass: Technoeconomic Analysis and Life-Cycle Assessment". *ACS Sustainable Chemistry and Engineering* [en línea], 2020, (United State of America) 8(33), pp. 12419-12429. [Consulta: 04 diciembre 2021]. ISSN 2168-0485. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.0c02872>

LOOS, P.; et al. "Isolation and Characterization of Starch from Breadfruit". *Química de Cereales* [en línea], 1981, (United States of America) 58(4), pp. 282-286, 1981. [Consulta: 17 febrero 2022]. ISSN 0009-0352. Disponible en: https://www.cerealsgrains.org/publications/cc/backissues/1981/Documents/chem58_282.pdf

LÓPEZ, Á.; et al. "Degradación de películas plastificadas de quitosano obtenidas a partir de conchas de camarón (*L.vannamei*)". *Revista de la Facultad de Ingeniería Universidad Central de Venezuela* [en línea], 2010, (Venezuela) 25(2), pp. 133-143. [Consulta: 25 febrero 2022]. ISSN 0798-4065. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-40652010000200014&lng=es&nrm=iso&tlng=es

MADRIGAL, F.; et al. "Preparación y caracterización de bioplástico a partir de almidón del fruto de pan de sopa (*Artocarpus altilis* (s. park) fosberg)". *Agro Productividad* [en línea], 2020, (México) 13(1), pp. 38-41. [Consulta: 15 febrero 2022]. ISSN 2594-0252. Disponible en:

<https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1569/1264>

MENDOZA, G.; et al. *Alimentación de ganado bovino con dietas altas en grano* [en línea]. México D.F-México: Guzón diseño-publicidad y editorial, 2017. [Consulta: 24 febrero 2022]. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/150-Estructura_del_Amidon.pdf

MENESES, J.; et al. "Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca". *Rev.EIA.Esc.Ing.Antioq* [en línea], 2007, (Colombia) 1(8), pp. 57-67. [Consulta: 9 febrero 2022]. ISSN 2463-0950. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006

MOGROVEJO, A. Determinación de la Influencia de dos métodos distintos en la obtención de almidón a partir de la Oca (*Oxalis tuberosa* Molina) variedad amarilla (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Politécnica Salesiana, Escuela de Ingeniería en Biotecnología de los Recursos Naturales. Cuenca-Ecuador. 2019. pp. 6-54. [Consulta: 2022-02-25]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17712/1/UPS-CT008394.pdf>

MONTÚFAR, J.; et al. "Propiedades Reológicas y Funcionales del Almidón. Procedente de Tres Variedades de Papa Criolla". *Información tecnológica* [en línea], 2019, (Colombia) 30(6), pp. 35-44. [Consulta: 18 febrero 2022]. ISSN 0718-0764. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>

MORENO, A.; et al. "Transformación del almidón de papa, mucílago de nopal y sábila en bioplásticos como productos de valor agregado amigables con el ambiente". *Ra Ximhai* [en línea], 2017, (México) 13(3), pp. 365-382. [Consulta: 04 diciembre 2021]. ISSN 1665-0441. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46154070021>

MOROCHO, M.; et al. "Caracterización físico química y mecánica de bioplásticos obtenidos a partir del trigo y cebada". *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2021, (Ecuador) 7(4), pp. 623-637. [Consulta: 25 febrero 2022]. ISSN 2477-8818. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/2114/html>

NTE INEN 1456:1986. *REACTIVOS PARA ANÁLISIS. ALMIDÓN SOLUBLE (PARA IODOMETRÍA). METODOS DE ENSAYO.*

NTE INEN 2051:1995. GRANOS y CEREALES. MAÍZ MOLIDO, SÉMOLA, HARINA, CRITZ. REQUISITOS.

NTE INEN 2542:2010. LAMINAS PLÁSTICAS.REQUISITOS.

NUÑEZ, J.; et al. "Caracterización del fruto y semilla de frutopan (*Artocarpus camansi* blanco)". *Bioagro* [en línea], 2011, (Venezuela) 23(1), pp. 1-8. [Consulta: 22 febrero 2022]. ISSN 1316-3361. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1316-33612011000100007

OROPEZA, R.; et al. "Películas biodegradables a base de almidón: propiedades mecánicas, funcionales y biodegradación". *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos* [en línea], 2016, (Venezuela) 7(1), pp. 66-93. [Consulta: 20 febrero 2022]. ISSN 2218-4384. Disponible en: <https://sites.google.com/site/1rvcta>

PIÑA, K. Comportamiento reológico de masas destinadas para panificación: harina de trigo – almidón nativo de fruta pan (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Técnica de Machala, Escuela de Ingeniería en Alimentos. Machala-Ecuador. 2017. pp. 23-28. [Consulta: 16 febrero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/11443/1/PIÑA RAMÍREZ KEVIN ARTURO.pdf>

RAGONE, D. "*Artocarpus camansi* (breadnut)". *Species Profiles for Pacific Island Agroforestry* [en línea], 2006, (United States of America) 2(1), pp. 2-9. [Consulta: 23 febrero 2022]. Disponible en: www.traditionaltree.org

RIMAC, A. & SALINAS, A. Bioplásticos (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Científica del Sur, Facultad de Ciencias Ambientales, Escuela de Ingeniería Ambiental. Lima-Perú. 2019. pp. 3-17. [Consulta: 24 febrero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/806/TB-Rimac A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

RINCÓN, A.; et al. "Efecto de la acetilación y oxidación sobre algunas propiedades del almidón de semillas de Fruto de pan (*Artocarpus altilis*)". *Archivos latinoamericanos de nutrición* [en línea], 2007, (Venezuela) 57(3), pp. 287-294. [Consulta: 16 febrero 2022]. ISSN 0004-0622. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/237566088>.

RINCÓN, A.M. & PADILLA, F.C. "Physicochemical properties of breadfruit (*Artocarpus Altilis*) starch from Margarita island, Venezuela". *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* [en línea], 2004, (Venezuela) 54(4), pp. 449-456, 2004. [Consulta: 15 febrero 2022]. ISSN 0004-0622. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222004000400013&lng=es&nrm=iso&tlng=en

RODRÍGUEZ, A. "Biodegradabilidad de materiales bioplásticos". *Ciencia y Tecnología de Alimentos* [en línea], 2012, (Cuba) 22(3), pp. 69-72. [Consulta: 21 febrero 2022]. ISSN 0864-4497. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/328676031_Biodegradabilidad_de_materiales_bioplásticos

RUILOBA, I.; et al. "Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango". *Revista de Iniciación Científica* [en línea], 2018, (Panamá) 4(1), pp. 28-32. [Consulta: 24 febrero 2022]. ISSN 2413-6786. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1815/html>

RUILOVA, R. Efecto del consumo de dietas a base de fruta de pan (*Artocarpus altilis*) sobre la digestibilidad de los nutrientes en ovinos (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Ambato-Ecuador. 2017. pp. 9-14. [Consulta: 26 febrero 2022]. Disponible en: [https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25096/1/tesis 026 Ingeniería Agropecuaria - Ruilova Ruth - cd 026.pdf](https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25096/1/tesis%20026%20Ingenier%C3%ADa%20Agropecuaria%20-%20Ruilova%20Ruth%20-%20cd%20026.pdf)

RUIZ, G. Polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea] Universidad EAFIT. Medellín-Colombia. 2005. pp. 9-90. [Consulta: 24 febrero 2022]. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2&isAllowed=y

SANYANG, M.; et al. "Effect of Plasticizer Type and Concentration on Tensile, Thermal and Barrier Properties of Biodegradable Films Based on Sugar Palm (*Arenga pinnata*) Starch" . *Polymers* [en línea], 2015, (Malasia) 7(6), pp. 1106-1124. [Consulta: 21 febrero 2022]. ISSN 2073-4360. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4360/7/6/1106/htm>

SANYANG, M.; et al. "Effect of plasticizer type and concentration on physical properties of biodegradable films based on sugar palm (*arenga pinnata*) starch for food packaging". *Journal of*

Food Science and Technology [en línea], 2016, (India) 53(1), pp. 326-33. [Consulta: 20 febrero 2022]. ISSN 0975-8402. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4711441/>

SOLANO, V. Elaboración y caracterización de biopelículas a partir de almidón de yuca (manihot esculenta crantz) (Trabajo de titulación). [En línea] Instituto Politécnico Nacional, Escuela de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. México D.F-México. 2010. pp. 43-62. [Consulta: 20 febrero 2022]. Disponible en: [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25079/Elaboración y caracterización de biopelículas a partir de almidón de yuca %28Manihot esculenta crantz%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/25079/Elaboración_y_caracterización_de_biopelículas_a_partir_de_almidón_de_yuca_%28Manihot_esculenta_crantz%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

TÓ, H.; et al. "Effect of blending and pregelatinizing order on properties of pregelatinized starch from rice and cassava". *Food Research* [en línea], 2020, (Tailandia) 4(1), pp. 102-112. [Consulta: 17 febrero 2022]. ISSN 2550-2166. Disponible en: [https://doi.org/10.26656/fr.2017.4\(1\).245](https://doi.org/10.26656/fr.2017.4(1).245)

TORRES, A.; et al. "Evaluación de las propiedades funcionales del almidón obtenido a partir de malanga (Colocasia esculenta)". *Revista Ciencias e Ingeniería al Día* [en línea], 2013, (Colombia) 8(2), pp. 2357-5409. [Consulta: 25 febrero 2022]. ISSN 2357-5409. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11227/5195>

TREJO, V.; et al. "Estimación de la permeabilidad al vapor de agua en películas a base de quitosán". *Revista de la Sociedad Química de México* [en línea], 2001, (México) 45(1), pp. 1-5. [Consulta: 20 febrero 2022]. ISSN 0583-7693. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0583-76932001000100001

VALDIVIÉ, M. & ALVAREZ, R.. "Nota sobre la utilización del árbol de la fruta del pan (*Artocarpus communis*) en pollos de engorde". *Revista Cubana de Ciencia Agrícola* [en línea], 2003, (Cuba) 37(2), pp. 169-172. [Consulta: 24 febrero 2022]. ISSN 0034-7485. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=193018061011>

VALERO, M.; et al. "BIOPOLÍMEROS: AVANCES Y PERSPECTIVAS". *DYNA* [en línea], 2013, (Colombia) 80(181), pp. 171-180. [Consulta: 24 febrero 2022]. ISSN 0012-7353. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/dyna/article/view/20642>

VILLADA, H.; et al. "Biopolímeros naturales usados en empaques biodegradables". *Temas Agrarios* [en línea], 2017, (Colombia) 12(2), pp. 5-13. [Consulta: 24 febrero 2022]. ISSN 2389-9182. Disponible en: <https://revistas.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/652>.

VILLADA, H.; et al. "Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables". *Información Tecnológica* [en línea], 2008, (Colombia) 19(2), pp. 3-14. [Consulta: 20 febrero 2022]. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642008000200002

VILLASEÑOR, D. Evaluación nutricional y funcional de almidón de la fruta de pan (*Artocarpus altilis*) como potencial componente en alimentos, en la provincia de El Oro (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Químicas y de la Salud, Escuela de Ingeniería en Alimentos. Machala-Ecuador.2015. pp. 7-52. [Consulta: 16 febrero 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/2884/1/CD000019-TRABAJO COMPLETO-pdf>

VILLASEÑOR, D.; et al. "Contenido de β -glucanos en almidón nativo extraído de la fruta de pan (*artocarpus altilis*)". *Educación y Salud Boletín Científico de Ciencias de la Salud del ICSA* [en línea], 2015, (Ecuador) 4(7), pp. 1-4. [Consulta: 16 febrero 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.29057/icsa.v4i7.841>

ZAMORA, A. Caracterización de la fruta de pan (*Artocarpus altilis*) en estado fresco y cocido, de la provincia de Santo Domingo de los Tsáchilas del Ecuador (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Facultad de Ciencias Pecuarias. Quevedo-Ecuador. 2016. pp. 7-51. [Consulta: 22 febrero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/1837/1/T-UTEQ-0016.pdf>

ANEXOS

ANEXO A: PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE LAS SEMILLAS DE FRUTIPAN (*Artocarpus altilis*)

 <p>a)</p>	 <p>b)</p>	 <p>c)</p>			
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</p> <p>ELABORADO POR: Mera, A. 2022</p>	<p>OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE SEMILLAS DE FRUTIPAN (<i>Artocarpus altilis</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS</p>		
<p>a) Cortado de las semillas de Frutipan</p> <p>b) Proceso de licuado de las semillas.</p> <p>c) Filtración del almidón y el bagazo.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p>			<p>LÁM:</p>	<p>ESC:</p>
			<p>1</p>	<p>1:1</p>	<p>22/02/2022</p>

ANEXO B: SECADO Y TAMIZADO DEL ALMIDÓN EXTRAÍDO



d)



e)



f)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE SEMILLAS DE FRUTIPAN (<i>Artocarpus altilis</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS								
d) Almidón sedimentado.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Mera, A. 2022									
e) Almidón secado.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th data-bbox="1496 1023 1671 1066">LÁM:</th> <th data-bbox="1671 1023 1771 1066">ESC:</th> <th data-bbox="1771 1023 2022 1066">FECHA:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1496 1066 1671 1160" style="text-align: center;">2</td> <td data-bbox="1671 1066 1771 1160" style="text-align: center;">1:1</td> <td data-bbox="1771 1066 2022 1160" style="text-align: center;">22/02/2022</td> </tr> </tbody> </table>			LÁM:	ESC:	FECHA:	2	1:1	22/02/2022
LÁM:	ESC:		FECHA:								
2	1:1	22/02/2022									
f) Tamizado del almidón.	<input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar										

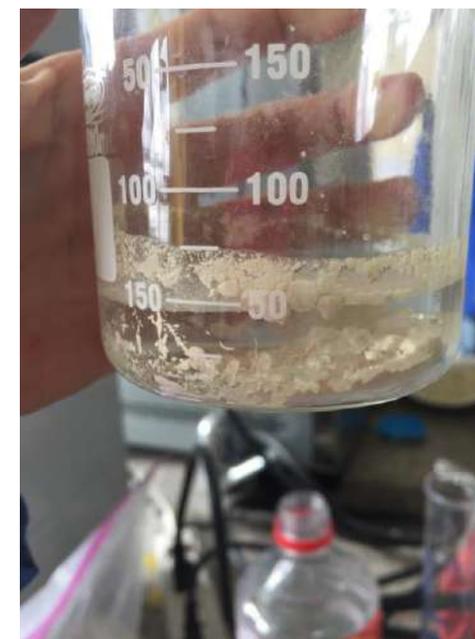
ANEXO C: ASPECTO DEL ALMIDÓN EN AGUA, GELATINIZADO Y EN LA PRUEBA DE LUGOL



g)



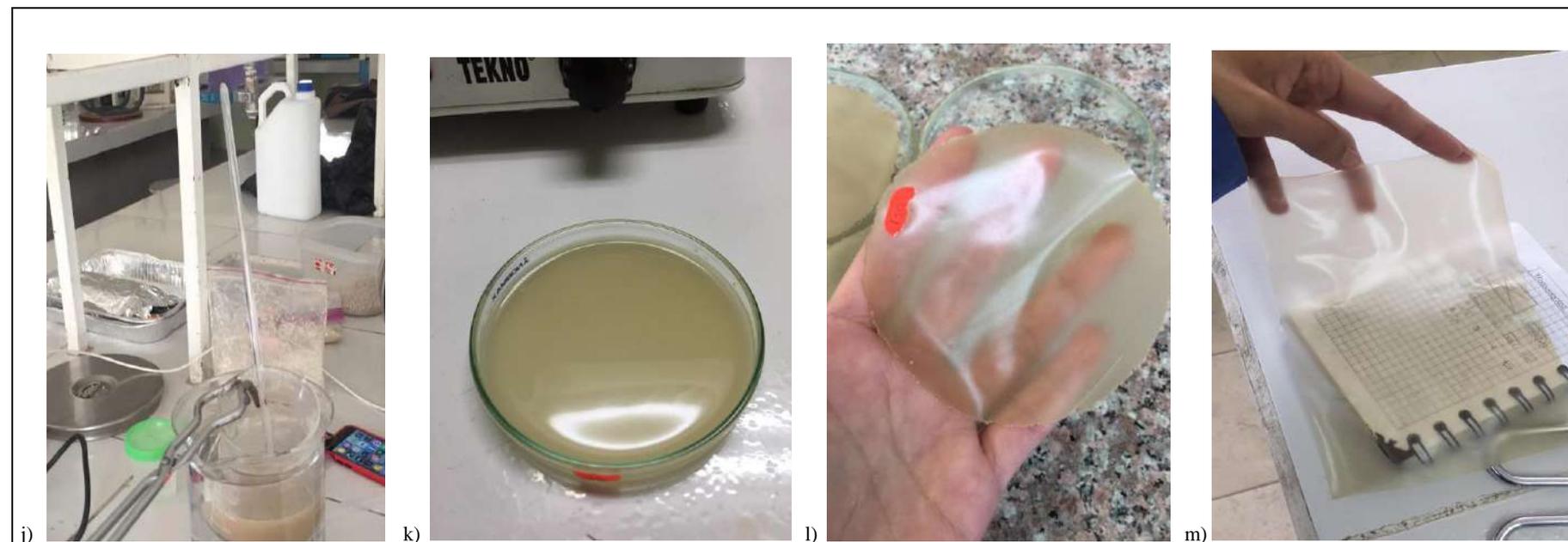
h)



i)

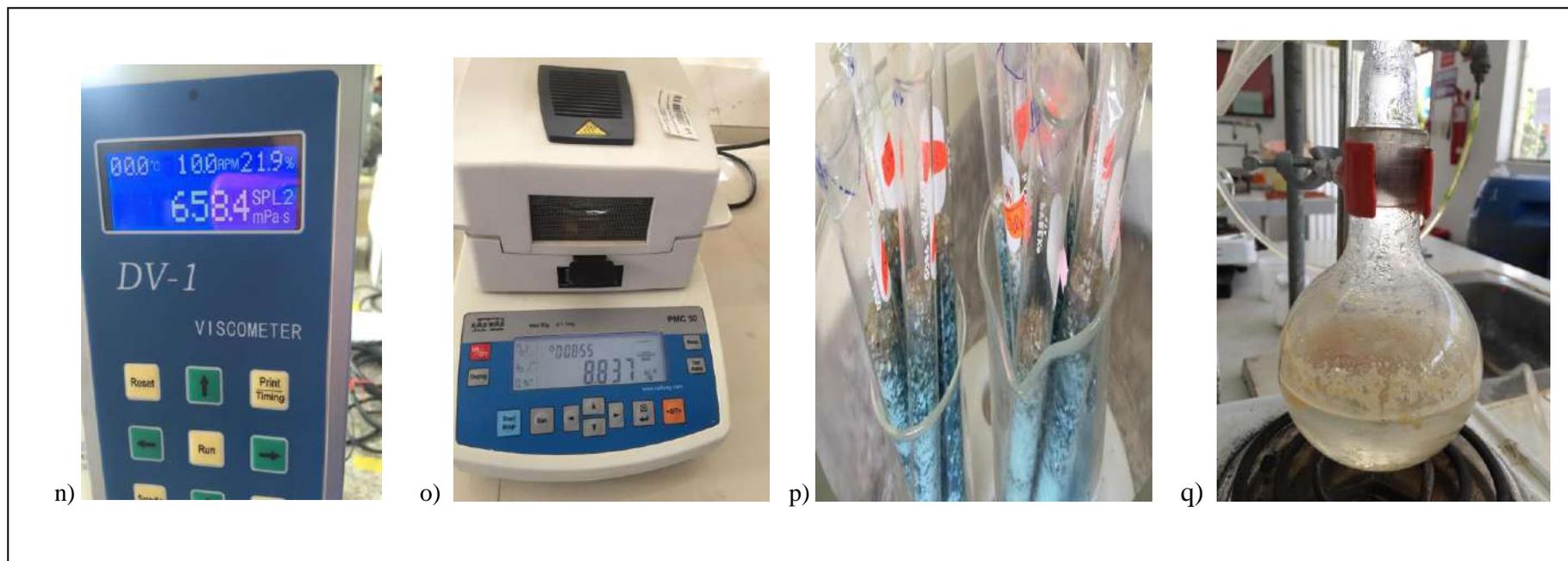
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA	OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE SEMILLAS DE FRUTIPAN (<i>Artocarpus altilis</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS		
g) Aspecto del almidón gelatinizado. h) Prueba de Lugol. i) Aspecto del porcentaje de grasa en el almidón.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Mera, A. 2022	LÁM:	ESC:	FECHA:
			3	1:1	22/02/2022

ANEXO D: PROCESO DE FORMULACIÓN Y OBTENCIÓN DE LA BIOPELÍCULA



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Mera, A. 2022	OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE SEMILLAS DE FRUTIPAN (<i>Artocarpus altilis</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS			
j) Proceso de formulación de biopelículas.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar		LÁM:	ESC:	FECHA:	
k) Moldeo de la mezcla.	<input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar		4	1:1	22/02/2022	
l) Biopelícula obtenida.	<input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar					
m) Lamina de la biopelícula.						

ANEXO E: ANÁLISIS DE CARACTERIZACIÓN AL ALMIDÓN Y LA BIOPELÍCULA



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO	OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE SEMILLAS DE FRUTIPAN (<i>Artocarpus altilis</i>) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS		
n) Análisis de viscosidad en el almidón. o) Análisis de humedad en la biopelícula. p) Prueba de permeabilidad de las biopelículas. q) Análisis del porcentaje de grasa en el almidón.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: Mera, A. 2022			
			5	1:1	22/02/2022

ANEXO F: INFORME DE RESULTADOS DEL CONTENIDO DE AMILOSA EN EL ALMIDÓN

MC-LSAIA-2201-03

	<p>INSTITUTO NACIONAL AUTONOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANALISIS E INVESTIGACION EN ALIMENTOS Panamericana Sur Km. 1. Cutuglagua Tlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</p>	
---	---	---

INFORME DE ENSAYO No: 21-044

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Andrea Carolina Mera Rojas	INSTITUCIÓN: Particular	
DIRECCIÓN: Ricobamba	ATENCIÓN: Srta. Andrea Carolina Mera Rojas	
FECHA DE EMISIÓN: 12/02/2021	FECHA DE RECEPCIÓN: 02/02/2021	
FECHA DE ANÁLISIS: Del 2 al 11 de febrero de 2021	HORA DE RECEPCIÓN: 12H22	
	ANÁLISIS SOLICITADO: Amilosa	

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^Ω				IDENTIFICACIÓN
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970					
UNIDAD	%	%				
21-0275	4,76	23,74				Almidón de semilla de frutipan

Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.
 OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME

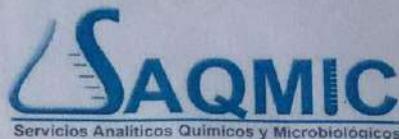

Dr. Ivan Samartago
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del Laboratorio.
 Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo
 NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

**ANEXO G: INFORME DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL
ALMIDÓN**



Contáctanos: 0998580374 - 032924322

Av. 11 de noviembre y Milton Reyes

Riobamba – Ecuador

**RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRA DE
ALMIDÓN**

NOMBRE: Andrea Carolina Mera Rojas
TIPO DE MUESTRA: Almidón de semillas de Frutipan
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2020-12-16
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-01-21

Examen Físico

COLOR: Característico
OLOR: Característico
ASPECTO: Polvo

Examen Microbiológico

Determinaciones	Unidades	Método de Análisis	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	Siembra en masa	20
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	Siembra en masa	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	Siembra en masa	200

RESPONSABLE:

Dra. Gina Álvarez R.

RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO.

Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada.

ANEXO H: INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE BIOPELÍCULA 1



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
Nº 01	
SOLICITADO POR:	Andrea Mera Rojas
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE SEMILLAS DE FRUTIPAN (-Artocarpus altilis-) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	24-ago-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	M1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.09
ANCHURA [mm]	6.15
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	0.55
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	9.817.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.67
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.21
CARGA MAXIMA [N]	0.79
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.44
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	0.88
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 se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO I: INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE BIOPELÍCULA 2



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
Nº 02	
SOLICITADO POR:	Andrea Mera Rojas
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE SEMILLAS DE FRUTIPAN (-Artocarpus altilis-) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	24-ago-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136 CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	M2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.12
ANCHURA [mm]	6.35
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.76
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	2.777.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.39
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.82
CARGA MAXIMA [N]	1.62
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	2.12
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	2.00
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 se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO J: INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE BIOPELÍCULA 3



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Andrea Mera Rojas
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE UNA BIOPELÍCULA A PARTIR DE SEMILLAS DE FRUTIPAN (-Artocarpus altilis-) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	24-ago-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	M3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.13
ANCHURA [mm]	7.20
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.94
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.572.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.97
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.04
CARGA MAXIMA [N]	1.19
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.27
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	1.36
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 se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO K: INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS MECÁNICOS DEL TRATAMIENTO DE BIOPELÍCULA 4



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Andrea Mera Rojas
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE UNA BIOPELICULA A PARTIR DE SEMILLAS DE FRUTIPAN (-Artocarpus altilis-) PARA EL EMBALAJE DE ALIMENTOS
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	24-ago-21
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136 CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	M4
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.11
ANCHURA [mm]	7.20
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.79
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.663.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	1.09
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	1.38
CARGA MAXIMA [N]	1.26
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.59
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	3.12
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 se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL*

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 28 / 03 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Andrea Carolina Mera Rojas</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
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: 2022.03.28 10:23:48 -05'00'



0540-DBRA-UTP-2022