



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL

**APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE JENGIBRE PARA
LA ELABORACIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES.**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: LIZETH VIVIANA PAREDES MACHUCA

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA PhD.

Riobamba - Ecuador

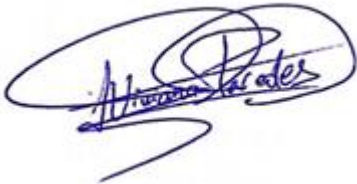
2023

©2021, Lizeth Viviana Paredes Machuca

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

Yo, Lizeth Viviana Paredes Machuca declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular 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 Integración Curricular; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 09 de noviembre del 2021.



Lizeth Viviana Paredes Machuca

060485812-6

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: Trabajo de Integración Curricular:
Tipo: Proyecto Técnico, **APROVECHAMIENTO DE LA CÁSCARA DE JENGIBRE PARA LA ELABORACIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES** realizado por la señorita: **LIZETH VIVIANA PAREDE MACHUCA**, 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.

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Paulina Fernanda Bolaños Moreno, Mgs PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-02-23
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina, PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-02-23
Ing. Juan Carlos Gonzáles García ASESOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN		2023-02-23

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico primeramente a Dios por ser mi fortaleza en el transcurso de mi vida para poder salir adelante con cada reto que me he propuesto. A mis amados padres Oswaldo y Mercy porque me han enseñado grandes valores que me han convertido en la mujer que ahora soy, además de demostrarme que con esfuerzo y dedicación puedo llegar a cumplir mis sueños. A mi hermana Diana, que con su cariño y comprensión me ha motivado y ha sido un ejemplo a seguir y a mis queridos sobrinos, que con sus ocurrencias me han sacado una sonrisa en mis momentos más difíciles.

Viviana

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme la sabiduría necesaria durante el transcurso de mi carrera universitaria. A mi familia, que me han apoyado y han confiado a pesar de las adversidades presentadas, que han estado animándome y aconsejándome para ser una mejor persona y una excelente profesional. A mi director de tesis Ing. Hannibal Brito por el apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo mediante sus asesorías y tiempo empleado. A mis amigos que desde un inicio hemos luchado conjuntamente hacia la misma meta, que nos hemos apoyado en los momentos más difíciles y que hoy podemos decir con alegría que hemos alcanzado nuestro sueño. Finalmente agradezco infinitamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de manera especial a la Facultad de Ciencias por brindarme una educación de excelencia, formando como un buen profesional.

Viviana

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	¡Error! Marcador no definido.
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	5
1.1. Antecedentes de la investigación.....	5
1.2. Marco conceptual o Glosario.....	7
1.2.1. <i>Jengibre</i>.....	7
1.2.1.1. <i>Definición</i>.....	7
1.2.1.2. <i>Características</i>.....	7
1.2.1.3. <i>Almidón</i>.....	8
1.2.1.4. <i>Origen</i>.....	8
1.2.1.5. <i>Cultivo</i>.....	9
1.2.1.6. <i>Zonas productoras de jengibre en el Ecuador</i>.....	9
1.2.1.7. <i>Clasificación Taxonómica</i>.....	10
1.2.1.8. <i>Composición Química</i>.....	11
1.2.2. <i>Almidón</i>.....	11
1.2.2.1. <i>Propiedades estructurales del almidón</i>.....	12
1.2.3. <i>Extracción del almidón</i>.....	13
1.2.3.1. <i>Extracción de almidón en cereales</i>.....	13
1.2.3.2. <i>Extracción de almidón en tubérculos y raíces</i>.....	14
1.2.3.3. <i>Extracción del almidón de jengibre</i>.....	14
1.2.4. <i>Operaciones unitarias empleadas en la obtención del almidón</i>.....	15
1.2.4.1. <i>Lavado y pelado</i>.....	15
1.2.4.2. <i>Proceso de reducción de tamaño</i>.....	15
1.2.4.3. <i>Filtración</i>.....	15
1.2.4.4. <i>Sedimentación</i>.....	15
1.2.4.5. <i>Decantación</i>.....	15

1.2.4.6.	<i>Secado</i>	16
1.2.4.7.	<i>Tamizado</i>	16
1.2.4.8.	<i>Gelatinización</i>	16
1.2.5.	<i>Bioplásticos</i>	16
1.2.5.1.	<i>Plásticos biobasados</i>	17
1.2.5.2.	<i>Plásticos biodegradables</i>	17
1.2.5.2.1.	Clasificación de los plásticos biodegradables	18
1.2.5.2.2.	¿Cuánto tardan en descomponerse los plásticos biodegradables?	18
1.2.5.2.3.	Tipos de plásticos biodegradables presentes en envases y embalajes	18
1.2.6.	<i>Componentes para la elaboración del bioplástico</i>	19
1.2.6.1.	<i>Plastificante</i>	19
1.2.6.2.	<i>Agua destilada</i>	20
1.2.6.3.	<i>Glicerina</i>	20
1.2.6.4.	<i>Modificador químico</i>	20
1.2.6.5.	<i>Ácido acético</i>	20
1.2.6.6.	<i>Desmoldante</i>	21
1.2.7.	<i>Fundamentos para la caracterización del bioplástico</i>	21
1.2.7.1.	<i>Determinación de humedad</i>	21
1.2.7.2.	<i>Determinación de espesor</i>	21
1.2.7.3.	<i>Determinación del ensayo de resistencia a la tracción</i>	22
1.2.7.4.	<i>Determinación de la permeabilidad al vapor de agua</i>	22
1.2.7.5.	<i>Determinación de la biodegradabilidad</i>	22
1.2.8.	<i>Propiedades Mecánicas</i>	23

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	24
2.1.	Planteamiento de las Hipótesis	24
2.1.1.	<i>General</i>	24
2.1.2.	<i>Específicas</i>	24
2.2.	Identificación de Variables	24
2.3.	Operacionalización de Variables	25
2.4.	Matriz de Consistencia	28
2.5.	Tipo y Diseño de Investigación	30
2.5.1.	<i>Tipo de investigación</i>	30
2.5.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	30
2.6.	Unidad de análisis	31

2.7.	Población de estudio	31
2.7.1.	<i>Tamaño de muestra</i>	31
2.7.2.	<i>Selección de muestra</i>	31
2.8.	Técnicas de recolección de datos	31
2.8.1.	Técnica de extracción del almidón	31
2.8.1.1.	<i>Caracterización fisicoquímica del almidón de la cáscara de jengibre.</i>	34
2.8.2.	Técnica de obtención de bioplástico	37
2.8.2.1.	<i>Caracterización del bioplástico</i>	39

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
3.1.	Datos obtenidos	43
3.1.1.	Almidón	43
3.1.1.1.	<i>Análisis sensorial de la materia prima</i>	43
3.1.1.2.	<i>Determinación del método adecuado para la extracción del almidón</i>	44
3.1.1.3.	<i>Datos obtenidos mediante el método de la vía húmeda</i>	44
3.1.2.	Pruebas para la elaboración del plástico biodegradable	45
3.1.2.1.	<i>Elaboración del blanco</i>	45
3.1.2.2.	<i>Ensayo de humedad</i>	46
3.1.2.3.	<i>Ensayo de solubilidad</i>	46
3.1.2.4.	<i>Espesor del plástico biodegradable</i>	47
3.1.2.5.	<i>Ensayo de permeabilidad</i>	48
3.1.2.6.	<i>Prueba de degradabilidad</i>	49
3.2.	Cálculos	51
3.2.1.	Cálculos realizados al almidón	51
3.2.1.1.	<i>Rendimiento del almidón de la cáscara de jengibre</i>	51
3.2.1.2.	<i>Índice de solubilidad de agua</i>	51
3.2.2.	Cálculos realizados a los ensayos del plástico biodegradable del almidón de cáscara de jengibre	51
3.2.2.1.	<i>Porcentaje de solubilidad</i>	52
3.2.2.2.	<i>Porcentaje de permeabilidad</i>	52
3.2.2.3.	<i>Porcentaje de degradabilidad</i>	52
3.3.	Resultados	53
3.3.1.	Almidón	53
3.3.1.1.	<i>Caracterización sensorial de la materia prima</i>	53
3.3.1.2.	<i>Rendimiento de extracción por vía húmeda</i>	53

3.3.1.3.	<i>Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos</i>	56
3.3.2.	<i>Bioplásticos</i>	57
3.3.2.1.	<i>Análisis preliminar</i>	57
3.3.2.2.	<i>Pruebas físicas del bioplástico</i>	58
3.3.2.3.	<i>Prueba de biodegradabilidad del bioplástico</i>	58
3.3.2.3.1.	Biodegradabilidad del bioplástico en condiciones de agua	60
3.3.2.3.2.	Biodegradabilidad del bioplástico en condiciones de suelo	62
3.3.2.3.3.	Biodegradabilidad del bioplástico en condiciones de ambiente	65
3.3.2.4.	<i>Ensayo de tracción del bioplástico</i>	67
3.4.	Prueba de Hipótesis	68
3.4.1.	<i>Prueba de Hipótesis General</i>	68
3.4.2.	<i>Prueba de Hipótesis específica 1</i>	68
3.4.3.	<i>Prueba de Hipótesis específica 2</i>	69
3.4.4.	<i>Prueba de Hipótesis específica 3</i>	69
	CONCLUSIONES	70
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	72
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica del jengibre (<i>Zingiber officinale</i>).....	10
Tabla 2-1: Composición química del jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)	11
Tabla 1-2: Identificación de Variables.....	24
Tabla 2-2: Operacionalización de Variables.....	25
Tabla 3-2: Matriz de consistencia	28
Tabla 4-2: Método de extracción del almidón por vía húmeda.....	30
Tabla 5-2: Diseño factorial 2k.....	30
Tabla 6-2: Técnica de extracción del almidón	32
Tabla 7-2: Caracterización fisicoquímica del almidón de la cáscara jengibre.	34
Tabla 8-2: Técnica de obtención de bioplásticos	37
Tabla 9-2: Caracterización del bioplástico.....	39
Tabla 1-3: Caracterización de la cáscara de jengibre	43
Tabla 2-3: Datos obtenidos mediante el método de la vía húmeda	44
Tabla 3-3: Datos del proceso de extracción vía húmeda.....	45
Tabla 4-3: Elaboración del blanco	45
Tabla 5-3: Ensayo de humedad	46
Tabla 6-3: Ensayo de solubilidad.....	47
Tabla 7-3: Espesor del plástico biodegradable.....	47
Tabla 8-3: Ensayo de permeabilidad	48
Tabla 9-3: Degradabilidad en agua	49
Tabla 10-3: Degradabilidad en suelo	49
Tabla 11-3: Degradabilidad al ambiente	50
Tabla 12-3: Análisis sensorial de la cascara jengibre.....	53
Tabla 13-3: Extracción por vía húmeda.....	53
Tabla 14-3: Estadística de la extracción de almidón.....	54
Tabla 15-3: ANOVA % de rendimiento de extracción de almidón	55
Tabla 16-3: Caracterización físico - química del jengibre y su almidón	56
Tabla 17-3: Caracterización de Bioplástico	57
Tabla 18-3: Pruebas físicas del bioplástico.....	58
Tabla 19-3: Resultados del ensayo de biodegradabilidad del bioplástico.....	59
Tabla 20-3: Resultados de la biodegradabilidad en condición agua	60
Tabla 21-3: Estadística de la biodegradabilidad en agua	60
Tabla 22-3: ANOVA % biodegradabilidad de agua por tratamientos	61
Tabla 23-3: Resultados de la biodegradabilidad en condición suelo	62

Tabla 24-3: Estadística de la Biodegradabilidad en suelo.....	63
Tabla 25-3: ANOVA % de biodegradabilidad de suelo por tratamientos.....	64
Tabla 26-3: Resultados de la biodegradabilidad en condición ambiente	65
Tabla 27-3: Estadística de la Biodegradabilidad en condición ambiente.....	65
Tabla 28-3: ANOVA para % biodegradabilidad ambiente por tratamientos	66
Tabla 29-3: Resultados del ensayo de tracción del bioplástico	67

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Jengibre fresco	7
Figura 2-1: Estructura de la amilosa	12
Figura 3-1: Estructura de la amilopectina	13
Figura 4-1: Proceso de extracción vía húmeda.....	14
Figura 1-2: Esquema del diseño factorial 2^k	31
Figura 2-2: Diagrama de flujo para el proceso de extracción del almidón vía húmeda.....	33
Figura 3-2: Diagrama de flujo del proceso de fabricación de bioplásticos.....	38
Figura 4-2: Diagrama de flujo del proceso de caracterización de bioplástico	42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3: Dispersión por código de nivel de extracción de almidón.....	55
Gráfico 2-3: Rendimiento de Extracción de almidón.....	56
Gráfico 3-3: Porcentaje de biodegradabilidad en diferentes medios	59
Gráfico 4-3: Dispersión por código de nivel para biodegradabilidad agua.....	61
Gráfico 5-3: Porcentaje de biodegradabilidad en agua.....	62
Gráfico 6-3: Dispersión por código de nivel para biodegradabilidad suelo	63
Gráfico 7-3: Porcentaje de biodegradabilidad en suelo	64
Gráfico 8-3: Dispersión por código de nivel para biodegradabilidad ambiente.....	66
Gráfico 9-3: Biodegradabilidad en condición ambiente	67
Gráfico 10-3: Resultados del ensayo de tracción del plástico biodegradable	68

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE LA CASCARA DE JENGIBRE POR VÍA
HÚMEDA

ANEXO B: CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS

RESUMEN

En la presente investigación el objetivo es obtener un plástico biodegradable a partir del almidón obtenido de la cáscara de jengibre variedad (*Zingiber officinale*) para su uso en la industria en diversas aplicaciones. En primera instancia se realizó la extracción de almidón mediante la vía húmeda, siendo ésta la de mejor rendimiento. Con el almidón alcanzado, se dio paso su particularización tanto física como química de acuerdo al reglamento INEN-1456, se obtuvo un producto adecuado, propicio para emplearlo en la producción de bioplástico. Para identificar el modo correcto a utilizarse en la generación de este producto se ejecutaron prácticas previas para conocer los valores correctos de almidón y plastificante a usarse, resultando 4 bioplásticos bajo diversas formulaciones. Para diagnosticar su calidad se llevaron a cabo diferentes ensayos. Por otra parte, en la valoración de solubilidad, la cuarta formulación alcanzó el 36,11%, valor que superó al resto de las formulaciones. En lo referente a la permeabilidad todos reflejaron ponderaciones parecidas. La evaluación de degradabilidad se ejecutó en 3 escenarios: agua, suelo y ambiente, de lo cual a la quinta semana se obtuvo una degradación cercana al 97,41% en el agua, no obstante, ésta no excedió el 50% en el ambiente. además, en términos de tracción los hallazgos fueron positivos dado que se percibió una alta resistencia en cada uno y su alargamiento superó el 50%. Entonces se puede afirmar que, al analizar los datos resultantes se deduce que el producto es de calidad, pero, se sugiere probarlos con otras sustancias que optimicen su calidad.

Palabras claves: <INGENIERÍA QUÍMICA>, <CÁSCARA DE JENGIBRE (*Zingiber officinale*)>, <ALMIDÓN>, <BIOPLÁSTICO>, <DECANTACIÓN>, <FORMULACIÓN>, <DEGRADABILIDAD>, <PROPIEDADES FÍSICAS>.

0425-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

This research aimed to obtain a biodegradable plastic from the starch obtained from the peel of the ginger variety (*Zingiber officinale*) for use in the industry in various applications. In the first instance, starch extraction was carried out using the wet method, being the one with the best performance. With the starch reached, its physical and chemical particularization was given according to the INEN-1456 regulation, a suitable product suitable for use in the production of bioplastic. To identify the correct way to use this product in the generation, previous practices were carried out to know the correct values of starch and plasticizer to be used, resulting in 4 bioplastics under different formulations. To diagnose its quality, different tests were carried out. On the other hand, in the solubility assessment, the fourth formulation reached 36.11%, a value that exceeded the rest of the formulations. Regarding permeability, all reflected similar weightings. The degradability evaluation was carried out in 3 scenarios: water, soil, and environment; of which; in the fifth week, a degradation close to 97.41% was obtained in the water; however, it did not exceed 50% in the environment. Furthermore, the findings were positive regarding traction since a high resistance was perceived in each one, and its elongation exceeded 50%. It can be affirmed that, when analyzing the resulting data, it can be deduced that the product is of quality. However, trying them with other substances that optimize their quality is suggested.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING>, <GINGER SHELL (*Zingiber officinale*)>, <STARCH>, <BIOPLASTIC>, <DECANTATION>, <FORMULATION>, <DEGRADABILITY>, <PHYSICAL PROPERTIES>.



Ing. Paul Obregón. Mgs
0601927122

INTRODUCCIÓN

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En la actualidad, no se deja de hablar acerca de la protección del medio ambiente, la contaminación del aire, los ríos, el calentamiento del planeta, entre otras situaciones. Al escuchar de estas cuestiones trascendentales nace la preocupación por salvar al planeta, incluso conlleva a considerar la concientización por el entorno, sin embargo, no se deja de contaminar.

Hemos pensado en lo que sucede con los frascos de los productos, las fundas que se entregan al adquirir algún producto. Para empezar, todos estos productos poseen plástico; se los desecha en los basureros indicados para tal efecto y con eso se considera que se ha ayudado al planeta, no obstante, esto es falso ya que únicamente se logra contaminar más de la cuenta. Aún más, lo que no se toma en cuenta es el lapso en el cual se degradan aquellos plásticos, por ejemplo, una funda requiere de un siglo para su degradación y una botella lo hace en un milenio. De este modo, la contaminación ambiental no se detiene.

El tercer uso del petróleo a nivel mundial es el plástico y anualmente se consumen 300 millones de toneladas, mismas que consecuentemente desechan toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera. Al elegir productos envasados en plásticos y botarlos, de forma inconsciente se perjudica al planeta. De ahí nace la interrogante sobre qué se podría realizar frente a esta realidad. Es ahí cuando interviene la bioingeniería, la cual ha generado bioplástico 100% degradable, cuyo periodo de degradación no excede el año dado que está constituido por resinas de tipo vegetal con un nivel de contaminación del 85% menor al de los plásticos comunes y, por ende, dichos productos se han considerado como una buena opción para reducir los daños ambientales.

La implementación del plástico, a inicios del siglo XX, se la consideró como un material con características resistentes, impermeable y duradero, en especial para aquellos productos que requerían niveles de rotación prolongados, una característica del plástico consiste en mantener su forma de manufactura luego de 1.000 años de su proceso de producción; sin embargo, con el pasar del tiempo, la misma contextura que lo hace único y viable para su comercialización, constituye uno de los principales problemas por las cuales, en la actualidad, es altamente cuestionado, la mayoría de sus componentes no son biodegradables, es decir que no se descompone con rapidez (Marín et al., 2019, p.2).

Se conoce que la capacidad del ser humano para enfrentar dicho contexto se ha sobrepasado ya que de los 9 mil millones de toneladas de este contaminante únicamente se ha reciclado el 9% en todo el planeta. Gran parte se halla en los centros de recolección de basura o en el entorno. Se estima que, si no se genera un cambio a tiempo, para el 2050 existirán cerca de 12 mil millones de toneladas de desechos tanto en los vertederos como en el medio ambiente. Por ello, si la industria del plástico convencional no se detiene en su actividad al ritmo que lleva hasta la actualidad, ésta será la consumidora del 20% de la producción mundial del petróleo (ONU Medio Ambiente, 2018, pp.4-5).

JUSTIFICACIÓN

Es necesario encontrar alternativas que permitan reemplazar el uso de plásticos sintetizados a partir de compuestos petroquímicos, como los “bioplásticos o plásticos verdes” que son 100% degradables. Su lapso de degradación es inferior al año, están hechas a partir de resinas vegetales, contaminan 85% menos que el plástico convencional y por consiguiente dichos productos innovadores se presentan como una buena opción para reducir la contaminación (Lamoreaux & Newland, 2016, p.61).

Para buscar soluciones a esta problemática se plantea una indagación como base para la elaboración de bioplástico a partir del almidón presente en la cáscara de jengibre (*Zingiber officinale*), ya que no ha sido empleado de forma adecuada y, generalmente culmina en los basureros.

El plástico tradicional que se genera con derivados del petróleo crea amplios inconvenientes que afecta al medio ambiente debido a su tardanza en degradación que, en consecuencia, los denotan como perjudiciales por un largo plazo. En relación con este aspecto se han desarrollado varios estudios con el fin de dar lugar a polímeros amigables con el ambiente con cualidades semejantes al plástico común, que los postulen como los más ideales y de gran utilidad (Marín et al., 2019, p.11).

Gran parte de estos polímeros comunes se desarrollan con elementos de carácter petroquímico, cuyos desechos se conservan en el entorno y propician una contaminación a gran escala con alto grado de peligro para la vida animal. Una manera de minimizar este panorama está en reciclar aquellos polímeros, sin embargo, varios no atraviesan este proceso porque se hallan contaminados con otras sustancias, por ello es indispensable ejecutar una asepsia que exige de costos (Ruiz, 2012, p.6).

De lo mencionado anteriormente, en consecuencia, se presenta la justificación del presente proyecto como un aporte al auge de la tecnología en el campo de la ingeniería de bioplásticos con base al almidón generado de la cáscara de jengibre. Debido a la aplicación de esta metodología, resulta una opción para minimizar el daño ambiental que generan los residuos plásticos, a través de su asimilación con el medio ambiente, es decir, la mayoría de los bioplásticos son 100% biodegradables siendo esta la principal ventaja frente a los polímeros de petróleo.

OBJETIVOS

General

Determinar la viabilidad del aprovechamiento de la cáscara de jengibre (*Zingiber officinale*) para la obtención de plástico biodegradable.

Específicos

- Efectuar la caracterizar de almidón obtenido a partir de la cáscara de jengibre mediante la normativa vigente para la elaboración de plástico biodegradable.
- Definir la metodología adecuada para la elaboración del plástico biodegradable a partir del almidón obtenido de la cascara de jengibre.
- Realizar la caracterización físico-química y mecánica del bioplástico obtenido a partir del almidón de la cascara de jengibre.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

El actual trabajo de investigación se enfocó en la revisión literaria de artículos científicos y estudios vinculados a la producción de bioplásticos con base a polímeros presentes en la materia natural renovable.

Se han creado propuestas en las que se obtenga un plástico biodegradable debido a la gran contaminación efectuada por los plásticos convencionales, usando recursos naturales y que cuente con características similares a los plásticos convencionales, pero con un tiempo de degradación menor. Muchas han sido las investigaciones acerca de los denominados bioplásticos, las cuales son detalladas a continuación:

Los primeros plásticos eran elaborados a base de materiales orgánicos, pese a que originalmente no fueron denominados bioplásticos como actualmente se los conoce. John Wesley Hyatt Jr., fue el primero, quien creó un plástico derivado de celulosa de algodón como remplazo del marfil en 1869 (ZeaPlast, 2020, pp.1-2). Con el avance científico, en 1947, el Rilsan (o Poliamida 11) fue el bioplástico técnico pionero que pudo ser ingresado en el mercado, siendo acreditado por la calidad que presentaba respecto a las cualidades químicas y mecánicas. A inicios de los años 90, se evidenciaron los plásticos verdes más destacados hoy en día como el PLA, los PHAs y los almidones plastificados, que adquirieron ventaja de aquellos fulminantes adelantos en el área de la química verde y blanca destinadas al uso de biomásas (almidón, azúcares, celulosa, etc.) (NaturePlast, 2020, p.16).

Muchas han sido las investigaciones realizadas referente a los almidones plastificados, ya que se han elaborado a base de granos como el trigo, maíz, cebada, avena, etc. de igual manera con lo que respecta a tubérculos y raíces como las de la papa, yuca, camote etc. Comúnmente la materia empleada referente a cereales ha sido la del almidón de maíz, uno de los plásticos obtenidos a base de esta materia prima fue realizado por las investigadoras del Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, del Departamento de Física de la Universidad de Buenos Aires (UBA), en conjunto con el personal de Ecomateriales del Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (Intema), de la Universidad Nacional del Mar del Plata, emplearon elementos renovables como el maíz y la mandioca. De este modo combinaron los almidones de la segunda materia prima con nano partículas cristalinas de almidón del maíz para elaborar un

polímero con características semejantes al papel film que comúnmente se utiliza en la cocina (Smink, 2020, p.14).

En varias de las investigaciones referente a tubérculos, se han utilizado comúnmente la papa y la yuca. Moreno et al. (2017, p.2), en su investigación realizada, denominada “Transformación del almidón de papa, mucílago de nopal y sábila en bioplásticos como productos de valor agregado amigables con el ambiente” se opera en el suplemento de aditivos análogos como es el ácido acético y la glicerina. Las películas elaboradas eran de 3 mm de ancho por 100 mm de longitud, desde diversas concentraciones de cada material, haciendo uso de un diseño experimental (DOE) 2^5 , dos niveles y cinco factores independientes, realizaron 32 tratamientos, con dos replicas por tratamiento.

En su trabajo de investigación Menoscal y Rodríguez (2017, p.12), “Elaboración de láminas biodegradables a partir de los residuos del almidón de yuca (*Manihot esculenta*)” realizaron algunos experimentos variando la proporción de almidón, glicerina, ácido acético y agua. Para conocer la biodegradabilidad que es una de las pruebas de gran importancia, éstas se probaron en contexto de entierro e intemperie (90 días) por dos veces a la semana observaciones cualitativas hasta obtener cerca del 90% de esta cualidad. El periodo degradativo más elevado lo alcanzó el primer tratamiento que aplicó gran parte del recurso primo (80%).

Riera (2020, p.1), por otra parte, en su investigación realizada elaboró un plástico biodegradable solo con el almidón del maíz donde pretendió la extracción de almidón del maíz para combinarlo con aditivos como son glicerina y ácido acético en la formulación de una lámina de plástico verde. Al obtener los resultados hacen mención que los biopolímeros elaborados poseen propiedades mecánicas con valores inferiores a los plásticos derivados de petróleo, a pesar de ello, al utilizar un 35% de glicerina, el porcentaje de elongación es comparable a un plástico derivado de petróleo

Souza et al (2020, p.3), realiza una de las investigaciones más innovadoras denominada “Ozonización del almidón de yuca para producir películas biodegradables” en la cual se elaboraron películas biodegradables con base a almidón de dicho tubérculo modificado por ozono a diferentes niveles. Las películas fueron elaboradas mediante la técnica de fundición utilizando almidón de yuca originario y ozonizado, glicerol como plastificante y agua como disolvente. Las películas se caracterizaron en términos de sus propiedades mecánicas, de barrera y funcionales, morfología, cristalinidad, color y opacidad. La morfología de las películas ozonizadas fue más homogénea en comparación con las películas producidas con el almidón no modificado y se consiguieron propiedades mejoradas.

1.2. Marco conceptual o Glosario

1.2.1. Jengibre

1.2.1.1. Definición

El jengibre o Kiomn (*Zingiber officinale*) es una planta que se encuentra dentro de la familia de las Zingiberáceas. Es denominada originalmente sringavera, que deriva de una terminología sánscrita, que se define como “en forma de cuernos”. Posee un tallo redondeado que oscila entre los 60-90 cm y sus hojas son lanceoladas y muy delgadas. Mayormente se hace uso de sus rizomas (Platinetti, Porcal Ruiz y Sánchez 2016, p.15), Con lo que respecta a su sabor el jengibre éste genera sensación de ardor debido su picor, semejante al del ajo, y sus raíces viejas y secas posee un sabor más fuerte (Torres y Acuña, 2018, p.61).



Figura 1-1: Jengibre fresco

Fuente: Acuña, 2018.

1.2.1.2. Características

Los rizomas de jengibre son tallos monomodales que alcanzan una longitud de hasta los 50 cm, su forma es achatada, también puede estar segmentado o entero similar a las falanges de la mano. Posee nudos que sobresalen y son el fundamento de las hojas, en la zona inferior se genera un sinnúmero de raíces. Al realizar una división de manera trasversal en los rizomas se demuestra la presencia de tres partes: región, corcho y cilindro, las capas del segundo se crean en la piel y crean de cuatro a ocho grupos de células de parénquima, las cuales se extienden de manera tangencial y poseen una permanente renovación, la cual le otorga la apariencia seca y corchosa. La zona cortical posee parénquima grisáceo oscuro, varias células con oleorresinas y haces vasculares, el cilindro de la zona céntrica es amarillento y se separa del anterior gracias a una cinta más clara,

la endodermis está constituida por parénquima rico en almidón y abundante oleoresina (Oscullo, 2017, p.135).

1.2.1.3. Almidón

Es un polisacárido conformado por dos polímeros: la amilosa y la amilopectina. El primero es soluble en agua y representa cerca del 16-35% de la materia que constituye el almidón, presenta de 200 a 300 elementos de glucosa enlazadas mediante uniones glucosídicas α -1,4, en forma de cadenas sin ramificación o plegadas como hélice. Por otra parte, las moléculas y la amilopectina contienen enlaces glucosídicos α -1,6 constituyen el 64% - 85% del almidón total, y posee alrededor de 2000000 elementos de glucosa presentes a modo de extensiones de la cadena principal (Narváez, 2016, p.9).

Elementalmente el almidón está conformado por una mezcla de polisacáridos compuesto por amilosa y amilopectina, y una fracción minoritaria de 1% a 2% de conformación no glucosídica. La mayoría de los almidones en su estructura glucosídica está constituida por 20 % de amilos y el restante 80% de amilopectina (Contreras et al., 2018, p.1).

En la estructura lineal de la amilopectina también se crean complejos, pero de dimensión corta, por ello en las hélices únicamente se introducen pequeñas moléculas. Además, puede crean complejos rosados con el yodo mas no con los ácidos grasos (Aristizábal y Sánchez, 2017, p.48). Incluso genera complejos no solubles con varias moléculas de tipo orgánico tales como los ácidos monoglicéridos, grasos lineales, determinados alcoholes; por lo general su precipitación y cristalización permite su disgregación de la amilopectina. Como preferencia la amilosa tiene al yodo y a las moléculas con divisiones hidrofílicas e hidrofóbicas (Aristizábal y Sánchez, 2017, p.49).

1.2.1.4. Origen

Se originó el jengibre en las islas al sudeste asiático (Malasia, Brunéi, Filipinas, Singapur, Indonesia y Timor del Este) y se cree que los responsables de su domesticación fueron los austronesios en el 5000 o 4000 a.n.e. de ahí lo desplazaron por todas las islas del indo-pacífico en la conquista austronesia y arribaron a Hawái. Asimismo, el jengibre se postuló como la especie pionera en ser exportada desde esta parte del planeta, por lo que llegó al continente europeo con la comercialización de especias y fue consumido por las antiguas civilizaciones griegas y romanas.

El jengibre (*Zingiber officinale*) es una planta empleada en la medicina, como especie aromática y para condimentar los alimentos que principalmente se cultiva en zonas tropicales y subtropicales

del planeta. Por su propagación vegetativa y mutabilidad genética suele ser baja; no obstante, es fácil identificar un alto grado de variabilidad genética sobre todo en China e India, por lo que en la actualidad se establece como el primordial centro de origen y diversidad de dicha especie (Zambrano-Blanco, 2018, p.90).

1.2.1.5. Cultivo

Necesita mucho sol, alto nivel de humedad, un suelo profundo con mucha sustancia orgánica, pese a que prospera también en los arenosos bien drenados. Se lo cultiva en la mayor parte de las áreas intertropicales del mundo. India, Sri Lanka, China continental, Jamaica, Nigeria, Brasil son sus principales naciones productoras.

1.2.1.6. Zonas productoras de jengibre en el Ecuador

Ecuador es un país de gran potencial agrícola, con un aporte al PIB del 7% además de contribuir a la generación de empleo en zonas rurales mediante la contratación de mano de obra en sistemas

Se cultiva el jengibre en las zonas subtropicales de Esmeraldas, Santo Domingo de los Tsáchilas, Pichincha, Los Ríos, Guayas, Napo, Morona Santiago, San Lorenzo, Quininde, La Concordia, Quevedo, El Triunfo, Tena, Misahuallí, Macas, El Coca (Oscullo, 2017, p.134).

Se caracteriza la provincia de Los Ríos, por basar su economía en la agricultura, favorece su clima la producción de productos agrícolas tradicionales como son el cacao y el banano; asimismo cultivos de ciclo corto como el maíz y arroz; su ubicación geográfica le ha permitido convertirse en una potencia agrícola; al contar con suelos fértiles y recursos hídricos la convierte en una potencia productiva (Laborde, 2019, p.1).

En el recinto Cuatro Mangas cantón Buena Fe en los últimos años, muchos agricultores han buscado otras opciones de cultivos que cubran sus necesidades y generen mayores beneficios económicos ya que las plantaciones de cacao, plátano, cítricos, y cultivos de ciclo corto las ganancias se han ido reduciendo; lo que hace que los agricultores se interesen por otros cultivos, dando origen a la producción de jengibre en el recinto (Laborde, 2019, p1).

El jengibre como materia prima se localiza en países de escasa tecnología e industrias, mientras que la fabricación de productos intermedios y finales está en países con desarrollo tecnológico. Su procesamiento en Ecuador y su utilización no es habitual por su sabor característico, además, se desconoce sus propiedades funcionales (Colorado y López, 2003; Arraiza, 2017. p32).

Estados Unidos es el destino primordial de las tres cuartas partes de los productos innovadores del área exportadora del país ya que todas, a excepción de las petroleras, alcanzaron los USD 3.228 millones en 2020. De todos ellos, solo cuatro se han presentado como revelación de exportación en dicho año, el cual fue complejo debido a la emergencia sanitaria mundial, así lo indicó la Federación Ecuatoriana de Exportadores (Fedexpor). Entre ellos están, la pasta de cacao, el banano orito, el jengibre y la madera de teca.

Clasifica El Banco Central a dichos productos como de exportación no tradicional, hecho que denota su participación en los últimos tiempos dentro del mercado mundial. “Nosotros como sector exportador tenemos que seguir velando por el crecimiento y la creación de nuevos exportadores, que a su vez se verán reflejados en nuevas fuentes de empleo”, sostiene Felipe Ribadeneira, líder de Fedexpor.

En 2020, el jengibre es fue el cuarto producto revelación con amplio auge en la exportación ya que alcanzaron los USD 3,8 millones, que se traduce en el 2.102% en relación al 2019. El importador más fuerte de jengibre a escala internacional en el 2020 fue Estados Unidos, país que al mismo tiempo fue el destino elemental del jengibre de Ecuador, seguido de Colombia y Países Bajos. El progreso de esta comercialización no solo tuvo lugar en el territorio nacional sino en todos los territorios que la producen, por ejemplo, Perú generó USD 106 millones por la exportación de jengibre, es decir, 156% más en contraste con 2019, de acuerdo a la información de la Asociación de Gremios Productores Agrarios del Perú (AGAP). Dicha nación se ubicó como la cuarta exportadora internacional. La alta demanda de este tubérculo radica en que se lo percibió como una opción de medicina ante el virus SARSCOVID19, a pesar de no existir evidencia científica, según lo indicado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). A lo cual se le añade que China, fuerte exportador de jengibre sufrió la escasez del producto en el 2020 debido a las lluvias que repercutieron en la cosecha (Primicias, 2020. p.18).

1.2.1.7. Clasificación Taxonómica

Tabla 1-1: Clasificación taxonómica del jengibre (*Zingiber officinale*)

No	Reino	Plantae
1	Clase	Magnoliophyta
2	Orden	Liliopsia
3	Familia	Zingiberales
4	Genero	Zingiber
5	Especie	Officinale
6	Nombre científico	Zingiber Officinale

7	Nombre común	Zingiber, jengibre.
---	--------------	---------------------

Fuente: Zalamea Luis, 2017, p.11.

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

1.2.1.8. Composición Química

Rosella, De Pfirter, & Mandrile (2016, p.38), mencionan, que la composición química de acuerdo a la variedad y calidad del jengibre varía. Por lo tanto, se puede establecer como término medio lo siguiente, como se indica a continuación en la tabla 2-1:

Tabla 2-1: Composición química del jengibre (*Zingiber officinale*)

No	Componente	Porcentaje
1	Agua	10%
2	Sustancias nitrogenadas (Proteínas)	7.5 %
3	Lípidos	3.5 %
4	Esencia	2 %
5	Almidón	54 %
6	Celulosa	4.5 %
7	Sustancias extractivas no Nitrogenadas	13 %
8	Cenizas	5.5 %

Fuente: Rosella, De Pfirter y Mandrile, 2016, p.38.

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

1.2.2. Almidón

Se define como un carbohidrato compuesto de tipo digerible de la familia de los glucanos, posee cuatro cadenas de glucosa con estructura, puede ser lineal (amilosa) o ramificada (amilopectina); almacena la energía en los vegetales. Se obtiene el almidón usualmente del maíz, arroz, patata, trigo y tapioca. Cuando se origina en un tubérculo se lo llama fécula, pero si se lo obtiene de los cereales se lo denomina almidón. Varían las propiedades del almidón, depende del producto y la variedad de la cual se obtiene dado que la dimensión de las cadenas en relación al par de cadenas que constituyen la amilosa conserva el predominio de una constitución gelificada puesto que genera tramas en tres dimensiones, por su parte la amilopectina crea más viscosidad en los líquidos (Acevedo Correa et al. 2018, p.91).

Los almidones en general disponen de una relación 20 - 80 % de amilosa y amilopectina

respectivamente. Además, la segunda es insoluble mientras que la primera se conoce como soluble (Holguin, 2019, pp. 24-25).

1.2.2.1. *Propiedades estructurales del almidón*

Está formado por un par de estructuras poliméricas distintas: la amilosa y la amilopectina, que poseen elementos de glucosa de forma respectiva. De modo que la amilosa es un polímero lineal y la amilopectina es ramificado. Su relación es crucial en el desarrollo de películas con poder en sus cualidades físicas y mecánicas. Los más comunes como el trigo y maíz tienen alrededor del 25% de amilosa y el 75% de amilopectina. Entre tanto que el almidón de papa contiene generalmente 20% de amilosa y 80% de amilopectina (Acevedo Correa et al., 2018, p.94).

La propiedad de interés radica en el almidón natural en su semicristalinidad, de ahí que la amilopectina es el elemento imperioso que contribuye a la cristalización en gran parte de estos. Las características comerciales de valor del almidón, que denotan su flexibilidad y resistencia mecánica, son las que se distinguen en la fuerza y naturaleza del área cristalina, e incluso, la unión entre la amilopectina y la amilosa. De igual manera se considera la variedad, la ramificación, la segmentación del peso molecular y el sistema de estructuración de los diversos elementos del polímero (Acevedo Correa et al., 2018, p.94).

- **Amilosa.** - Polímero de unidades de glucosa. Sus moléculas ubicadas en las zonas internas poseen cerca 200 a 20.000 moléculas de glucosa vinculadas por uniones glucosídicas α -1,4 de tipo lineal, las ramificaciones se ubican en un campo intermedio entre cortas y largas, y se desacoplan por grandes distancias, esto permite que actúe como un polímero lineal. Los almidones con amplia amilosa conservan su estructura cuando son moldeados y gelifican, pero aquellos que no la tienen se espesan mas no gelifican. Sus partículas integran casi la cuarta parte de todo almidón (Acevedo Correa et al., 2018, p.94), como se indica en la Figura 2-1:

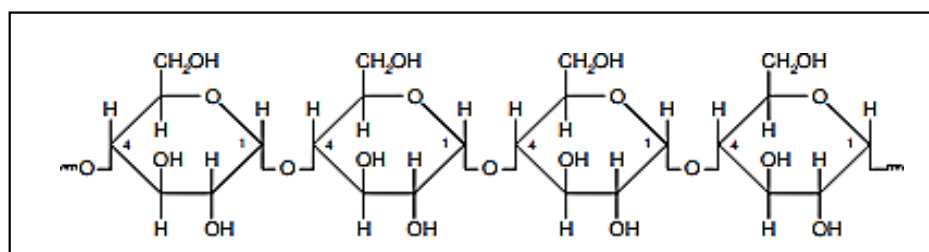


Figura 2-1: Estructura de la amilosa

Fuente: Ruiz Avilés, 2018, p. 8.

- **Amilopectina.** - La estructura de la amilopectina, que se encuentra en la capa externa, difiere de la amilosa. Se estructura de cadenas de glucosa anexadas por enlaces glucosídicos α -

1,4. En contraste de la amilosa, por cada 15 o 30 unidades existe una ramificación debido a enlaces glucosídicos α -1,6 y otras moléculas de glucosa como se observa en la Figura 3-1. Estas permiten que la amilopectina tenga menor solubilidad en el agua. Sus moléculas más grandes que las de la amilosa dado que presentan entre 10.000 y 20 millones de elementos de glucosa. De 50.000 a 200.000 g/mol., varia la densidad molecular de la amilosa y entre 1.000000 a varios millones de la amilopectina, la susceptibilidad a retrogradación en la amilosa mientras que en la amilopectina es baja (Acevedo Correa et al., 2018, p.94).

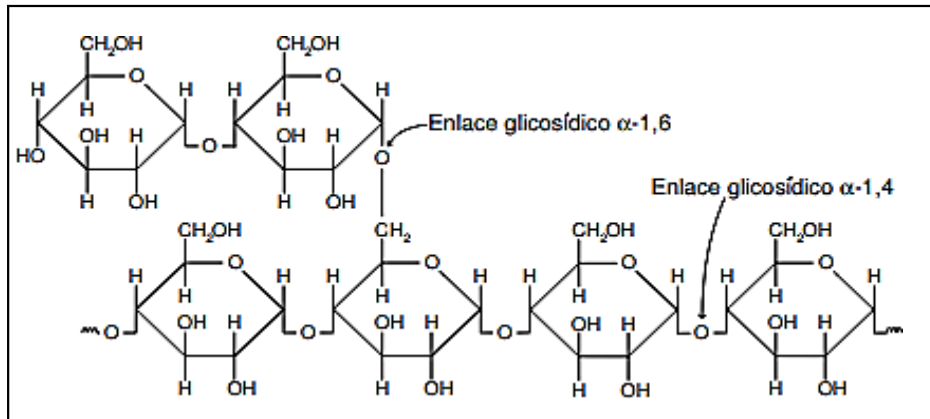


Figura 3-1: Estructura de la amilopectina

Fuente: Ruiz Avilés, 2018, p. 9.

1.2.3. Extracción del almidón

Con base a las distintas fuentes naturales los mecanismos de extracción varían. Extracción de almidones por decantación utilizando como disolvente el agua destilada, se los considera como un método de alto rendimiento e inversión económica. En el informativo de servicios agrícolas de la FAO, el mecanismo de extracción de almidón de yuca se lleva a cabo de la siguiente manera: recolección de las raíces, enjuagado y trasquilado de las raíces, rallado, extracción, sedimentación, secado y adecuación (añade el proceso de trituración, tamizado y de embalaje) (Cobana y Antezana, 2017, p.70).

La producción de almidón a nivel industrial hace uso habitualmente de materias primas como cereales para estos fines, principalmente el maíz, algunos tubérculos y raíces como la papa, yuca, mapuey.

1.2.3.1. Extracción de almidón en cereales

A nivel comercial, uno de los métodos consiste, en la molienda húmeda de maíz o del cereal que vaya a utilizarse, para lo cual se siguen los siguientes pasos: Los granos son previamente

higienizados y se procede a macerar en agua con un intervalo de tiempo de 24 a 48 horas a una temperatura de 50 °C. En esta etapa el maíz o cereal, absorbe agua hasta que alcance un contenido de 45 a 50 %, lo que permite que se ablande el grano y de tal manera se facilite su trituration; aquí se separa el germen y se rescata por flotación o a través de un mecanismo de hidrociclones. La interrupción generada se lleva al proceso de molienda y posteriormente se filtra, separándose el almidón de las proteínas por divergencia en el peso; finalmente, se retira la humedad con ayuda del tambor rotatorio o con el de aspersion (Marín, 2017, p.4).

1.2.3.2. Extracción de almidón en tubérculos y raíces

Algunos autores han reportado modificaciones, en el método tradicional de aislamiento de almidón, (el empleado en cereales) al trabajar con tubérculos como mandioca, batata, papa, guapo, etc. Se basa en que luego de la molienda se aplica un proceso de filtrado, obteniendo el almidón en solución acuosa a la cual se le llama “lechada de almidón”. La centrifugación es una de las operaciones requeridas para la recuperación del almidón, sin embargo, muchos de los autores hacen mención de que no es necesario, ya que por simple decantación el almidón decanta con resultados análogos (Marín, 2017, p. 4).

1.2.3.3. Extracción del almidón de jengibre

Al ser un tubérculo, para extraer el almidón de jengibre se puede seguir los procedimientos comunes que se desarrollan en el mismo. El método regularmente utilizado es el de vía húmeda y los procedimientos a seguir son los siguientes:

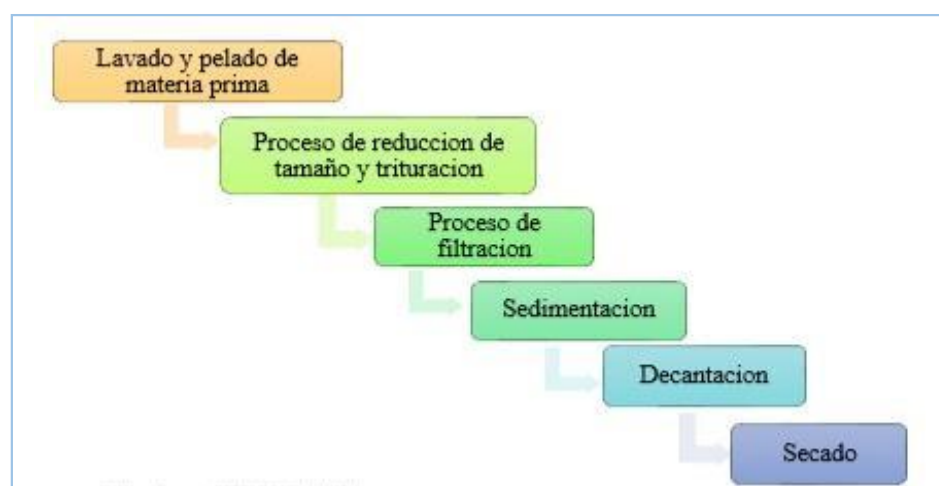


Figura 4-1: Proceso de extracción vía húmeda

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

1.2.4. Operaciones unitarias empleadas en la obtención del almidón

Se requiere llevar a cabo una serie de operaciones para extraer el almidón, las cuales se detallan a continuación:

1.2.4.1. Lavado y pelado

La materia prima debe ser la de mejor calidad para este proceso y se procede a eliminar toda impureza presente como tierra, insectos u otros objetos que vayan a generar algún efecto negativo durante la obtención del almidón. Además, se procede a remover la piel del tubérculo a utilizarse haciendo uso de un cuchillo.

1.2.4.2. Proceso de reducción de tamaño

El termino de reducción de tamaño se refiere a todas las formas existentes en las que un alimento se puede cortar, romper, desmenuzar, triturar o descomponer en piezas o partículas de menor tamaño (Colina, 2016, p.2).

1.2.4.3. Filtración

Es un proceso unitario que genera la segregación de los sólidos presentes en un líquido, estos sólidos poseen un diámetro grande (Brito, 2017, p. 25). En la filtración sólido-líquido, a la separación del primero se la conoce como filtrado, efluente, permeato o agua clara. Una de las más comunes es la filtración de torta (cake filtration), en la cual las partículas de sólido se asientan en el filtro; el mecanismo filtrante tiene unos poros que impiden el paso de las partículas de sólidos, formándose dicha torta (Martín, Salcedo y Font, 2018, p.14).

1.2.4.4. Sedimentación

Se refiere la sedimentación, a la operación unitaria que se basa en la separación por acción de la gravedad, de un sólido totalmente segmentado de un líquido, de lo que se obtiene un líquido clarificado y un lodo sutilmente espeso con valor superior de sólidos. Esta operación unitaria puede generarse de manera permanente o discontinua. Normalmente, los sedimentadores industriales abordan de forma constante (Martín, Salcedo y Font, 2018, p. 3).

1.2.4.5. Decantación

Este mecanismo físico permite la separación de hetero mezclas, estas pueden ser líquido - líquido o sólido - líquido. Se basa en la divergencia de los pesos entre los elementos que, al reposar se separan, de modo que el más pesado se queda en la zona inferior del contenedor (Calan, 2020, p.33).

1.2.4.6. Secado

A la separación total o parcial del líquido hace referencia el proceso de secado, que contiene un sólido húmedo mediante la evaporización en una corriente gaseosa; es realizado habitualmente por convención de un fluido caliente que atraviesa al producto y de esta manera va eliminando la humedad contenida en el mismo; el secado es una operación que implica transferencia de calor y masa simultáneamente (Brito, 2017, p.16).

1.2.4.7. Tamizado

Este proceso también denominado cribado, tiene como objetivo principal la separación de diversas fragmentaciones que constituyen un sólido de tipo granular o pulverulento debido al distinto tamaño de las partículas que los integran, para lo cual, se utilizan los equipos denominados Cribas o tamices (Brito, 2017, p. 33).

1.2.4.8. Gelatinización

Se genera en este proceso la pérdida de cristalinidad de los gránulos por acción del calor y excesivos valores de agua con precaria o nula despolimerización. Carecen de solubilidad tanto en el agua como en biosolventes. En suspensión acuosa suelen hincharse por la alta temperatura y pierden las cualidades que le otorga su constitución semicristalina, mientras que a temperatura específica forman un gel (Ruiz, 2016, p.9).

1.2.5. Bioplásticos

Es “un plástico de origen natural producido por un organismo vivo y con carácter biodegradable, sintetizado a partir de fuentes de energía renovables, por lo que apenas produce contaminación” (Meza, Quipuzco y Meza, 2019, p.68).

De acuerdo a la Organización Europea Bioplastic (2018), los define como polímeros biobasados, biodegradables o que poseen las dos cualidades. Estos bioplásticos pueden ser:

- Materias primas de origen renovable y ser biodegradables
- Materias primas renovable y no biodegradables
- Materias primas de origen petroquímico y ser biodegradables.

Son fabricados con insumos orgánicos que provienen de recursos renovables tales como la fécula de la papa que al ser desechado se degrada en un lapso reducido con ayuda de organismos y, al mismo tiempo, es empleado como fertilizante.

Los bioplásticos son plásticos biodegradables obtenidos a partir de materias primas renovables diferenciándose del plástico corriente, la síntesis de bioplásticos es un campo emergente, pero sus usos se han diversificados en varios campos: medicina, nutrición, juguetería y en la moda al desarrollar bolsos amigables con el planeta (Cerdan et al., 2019, p.16).

Ventajas que estos materiales presentan:

- Reducen la huella de carbono.
- En la producción suponen un ahorro energético.
- No emplean recursos no renovables.
- Minimizan los desechos no biodegradables, que contaminan al mundo.
- Carecen de insumos dañinos para la salud.

Desventaja. - entre las principales desventajas asociadas a los bioplásticos de almidón, en comparación con los plásticos convencionales actualmente en uso, se citan una limitada estabilidad dimensional cuando son expuestos a la humedad; la degradación térmica a mínimas temperaturas; e inferiores cualidades mecánicas.

1.2.5.1. Plásticos biobasados

Son aquellos obtenidos a partir de la biomasa, la materia orgánica que compone a los seres vivos, aunque, generalmente son elaborados de plantas, algas y microorganismos. En algunos casos es posible producirlos incluso a partir de residuos (Morillas et al., 2015, p.4).

1.2.5.2. Plásticos biodegradables

Hace referencia a que en su biodegradación las sustancias son transformadas por microorganismos o por las enzimas que estos generan. En dicho proceso, el carbono orgánico presente en las moléculas se transforma en compuestos simples como el dióxido de carbono (CO₂) y el metano (CH₄), a través de un proceso conocido como mineralización. Cabe recalcar que la biodegradabilidad de un plástico depende de su estructura química, y no del proceso o la materia prima mediante la cual se haya producido (Morillas et al., 2017, p. 4).

Al compararlos con otros polímeros, los plásticos biodegradables se diferencian porque, en ciertas temperaturas y grado de humedad, son alimento de microorganismos e ingresan en un mecanismo de oxidación que beneficia su transformación en agua, biomasa y dióxido de carbono. Así se vuelve a incorporar en el ciclo del carbono con ausencia de desechos.

Por otra parte, el plástico común únicamente se desintegra con la participación de la luz ultravioleta del sol. Con el tiempo se fracciona en partículas reducidas las cuales no alteran su estructura y, consecuentemente, resulta imposible su consumo a cargo de los microorganismos (Morillas et al., 2017, p. 6).

1.2.5.2.1. Clasificación de los plásticos biodegradables

La taxonomía de estos plásticos se da con base a su origen y capacidad para compostar.

a. Por su origen

- Polímeros biodegradables de procedencia fósil.
- Polímeros biodegradables procedencia biológica.

b. Por su compostabilidad

- Polímeros biodegradables incompostable.
- Polímeros biodegradables BioCom que, de acuerdo a la Asociación Española de Plásticos Biodegradables Compostables (Asobiocom), son plásticos de procedencia vegetal, un tanto vegetal o sintético de tipo biodegradable y compostable (Enríquez, Velasco & Ortiz, 2012, pp. 183-184).

1.2.5.2.2. ¿Cuánto tardan en descomponerse los plásticos biodegradables?

Más allá de ser inofensivo para el medio ambiente su degradación es más veloz en comparación a la del plástico común. Por lo general, los bioplásticos pueden emplearse por un año y medio desde su producción. Posteriormente necesitan desde 18 meses a tres años para descomponerse totalmente con asistencia de los microorganismos (Enríquez, 2017, p.185).

Por otra parte, su uso en la producción de envases y material para embalar genera inconvenientes dado que estos plásticos biodegradables carecen de la capacidad para combinarse con el polímero común, lo cual limita el reciclaje de todo lo producido. Al momento de segregar los desechos, los de procedencia orgánica deben separarse de los no biodegradables (Enríquez, 2017, p.186).

1.2.5.2.3. Tipos de plásticos biodegradables presentes en envases y embalajes

Existen distintos tipos de plásticos biodegradables para la fabricación de envases y embalajes:

a. Tipos de plásticos biodegradables de origen sintético

- **PBS (succinato de polibutileno).** – adecuado como empaques, para botellas y bandejas.
- **PES (polietersulfona).** – de amplio uso en la industria de los alimentos y fármacos.
- **PBAT (polibutileno de tereftalato adipato).** – poseen excelente grado de tolerancia al calor, se particularizan por su flexibilidad y su transparencia.
- **PCL (policaprolactona).** – debido a su resistencia se los recomienda para los films.
- **TPS (almidón termoplástico).** – combina el poliéster con almidón de plantas (Ortiz, 2017, p.12).

b. Tipos de plásticos biodegradables de origen biológico

- **PLA (ácido poliláctico).** – se los obtiene del ácido láctico junto con recursos primos totalmente renovables. Son adecuados para fabricar envases y embalajes que mantendrán contacto con productos alimenticios.
- **PHA (polihidroxialcanoatos).** – nacen con la fermentación ejercida por las bacterias de insumos primos de origen vegetal. Se usa para fundas y tapones.
- **Bioplásticos basados en almidón.** – a pesar de su fragilidad se desintegran con mayor agilidad, sin embargo, se consideran insolubles.
- **Bioplásticos basados en celulosa.** – son resistentes de manera apreciable, se emplean en la elaboración de tapones y etiquetas (Ortiz, 2017, p.12).

1.2.6. Componentes para la elaboración del bioplástico

A partir de almidón, para la producción de bioplástico, se requiere el aditamento de algunos insumos en la combinación que resguarden las circunstancias indispensables para su elaboración. Por ello requieren de componentes que provean propiedades de elasticidad, resistencia, humectación, lubricación, espesantes y desmoldantes. Posee los siguientes componentes:

1.2.6.1. Plastificante

Según el reglamento ASTM D883, se conoce como plastificante al elemento que se agrega a un polímero para permitir su transformación y optimizar tanto su flexibilidad como distensibilidad. El plastificante es una sustancia regularmente líquida con mayor viscosidad en comparación con el agua que se añade a la combinación con el propósito de optimizar la flexibilidad del recurso a través de la minimización de la presión intermolecular. Los plastificantes generalmente utilizados son los polioles, en especial el glicerol o glicerina (Enríquez, M; Velasco & Ortiz, 2012, p.5).

1.2.6.2. *Agua destilada*

Resulta de un mecanismo meticuloso de destilación, del cual fue sujeto, con el propósito de eliminar los desechos. Mediante este proceso se obtiene un líquido sin cloruro, fluoruro, calcio y magnesio; el agua destilada, es determinada como un tipo de agua en la que su estructura se fundamenta en la unión de moléculas de agua. Esta clase de líquido se utiliza como un plastificador para conseguir la descomposición del almidón a lo largo de la formulación de la mezcla para crear uno de tipo termoplástico, mismo que se aplica con el fin de obtener cualidades mecánicas y de protección bajo la consideración de que el agua es el plastificador más amplio y accesible (Reactivos Química MEYER, 2017).

1.2.6.3. *Glicerina*

Se define como un elemento viscoso con sabor dulce y aroma peculiar, estructurado por alcohol con tres grupos hidroxilos (OH), su connotación molecular es $C_3H_8O_3$. Además, carece de toxicidad, es soluble en el agua y se descompone en altas temperaturas. El glicerol, así como el agua destilada se presenta como plastificador, mismo que entrega suavidad y humedece al almidón. Juega un rol clave en la retrogradación de objetos termo plastificados, incluso actúa como lubricante para generar el desplazamiento requerido por las cadenas de polímeros propios del almidón (Contreras, 2021, p.6).

1.2.6.4. *Modificador químico*

De acuerdo a Peñaranda (2018) y su equipo de investigadores, la transformación química que padece el almidón es compatible con la reacción que adolecen las funciones del grupo hidroxilo del aquel polímero. Así, las determinaciones como: la oxidación, la formulación de ésteres, la hidrólisis del grupo hidroxilo y el comportamiento vía éter, son ciertas alteraciones químicas que se ajustan al almidón. Habitualmente la esterificación del polisacárido con el ácido orgánico es una de las transformaciones mayormente inconstante para este biopolímero (Monroy, 2020, pp.620-623).

1.2.6.5. *Ácido acético*

Se caracteriza por carecer de color con aroma característico totalmente soluble en el agua. También se lo conoce como ácido etanoico y se particulariza por constituirse como un ácido orgánico que se identifica primordialmente en el vinagre, mismo que le otorga la sensación avinagrada. Su ecuación molecular es $C_2H_4O_2$. Este aditivo modifica de manera química la elaboración del monómero del acetato de vinilo, el cual denota alrededor de un tercio del ácido

acético debido a su reducción de manera hidrofílica que le aporta propiedades hidrofóbicas al insumo con el que se combine (Rosales, 2016, citado en Guamán, 2019, p.21).

1.2.6.6. Desmoldante

Resulta elemental que los bioplásticos no se combinen con el equipo de fabricación a lo largo del proceso de modo que los objetos se desvinculen fácilmente del molde. Por ello se toma en consideración como aceites, sales sódicas de ácido esteárico, creas, entre otros. A partir de esto se sacan los objetos del molde ya que los lubricantes exudan al biopolímero y eluden su adhesión. Además, suministran cualidades de anti adherencia y desplazamiento, incluso son insumos determinados para cada plástico a elaborar (García y Huerta, 2013, citado en Guamán, 2019, p.21).

1.2.7. Fundamentos para la caracterización del bioplástico

1.2.7.1. Determinación de humedad

La humedad denota el líquido que se esparce en reducidos porcentajes a modo de vapor en el interior de un sólido presente en una superficie (Oxford, 2019, citado en Guamán, 2019, p.21).

Los mecanismos de secado son ampliamente reiterativos para precisar el valor de la humedad en algunos productos, los cuales se efectúan con el calor y de acuerdo a parámetros establecidos. El cálculo del valor de la humedad actúa para posibilitar la certificación de calidad de cada producto en el campo de la industria (Mettler Toledo, 2019 citado en Guamán, 2019, p.21).

Su cálculo a través del secado por estufa requiere de la reducción de la densidad de la muestra por medio de la evaporación del líquido, consecuentemente, dicho método se ampara en la báscula analítica y la estufa para propiciar su secado, peso, enfriamiento y demás aspectos (Mettler Toledo, 2019 citado en Guamán, 2019, p.21).

Para las pruebas de determinación de humedad en almidones se debe estabilizar la estufa a una temperatura de 130 °C por un lapso de 45 minutos, posterior a ellos se introducen 2 g de muestra en la estufa por el período de una hora, se analiza la cantidad de sólidos totales y pérdida de peso como humedad, todo esto en base a la norma que rige a los cereales y sus productos INEN 1462 (Ruiloba, 2018, pp. 3-5).

1.2.7.2. Determinación de espesor

Se conoce como espesor al ancho de la capa de algún objeto. En el campo de la ingeniería se lo conceptualiza como la capacidad de elasticidad y resistencia de una materia la cual puede

ponderarse directamente con ayuda de un micrómetro (Sánchez, 2017, citado en Guamán, 2019, p.21).

Dentro de los revestimientos industriales, el valor más sustancial corresponde al del grosor de la lámina seca dado que aporta un dato elemental en relación a su tiempo de utilidad, su capacidad frente a las metas esperadas y su aspecto incluso respalda la certificación por parte de organismos internacionales (Elcometer, 2016, citado en Guamán, 2019, p.21).

1.2.7.3. Determinación del ensayo de resistencia a la tracción

Según lo establecido en la normativa INEN 2637, este ensayo da paso a la identificación del punto culminante de la desintegración, dicho de otro modo, el punto débil para láminas y películas a base de polietileno/polipropileno con capacidad de descomposición. La cualidad de estiramiento ante la tracción cambia con el grosor de la probeta, la forma de elaboración, el tiempo, la clase de mordazas usadas y el modo de valorar la magnitud del ensayo. Entonces, evidencia la resistencia a la tracción y su cambio ante la segmentación capaz de soportar por parte de cada elemento o material.

1.2.7.4. Determinación de la permeabilidad al vapor de agua

La permeabilidad es el vapor de un líquido como el tiempo de su traspaso por una sola parte del área del material y por cada valor de la presión ejercida en un par de superficies determinadas en un contexto de temperatura y humedad preciso (Escobar et al. 2009, citado en Guamán, 2019, p.22).

La norma ASTM E96 “Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials” plantea que mediante simples objetos se obtienen cifras fiables de transferencia de vapor de agua por medio insumos tanto permeables como semipermeables. Cada valor se emplea en el diseño, elaboración y expendio de insumos, el contexto de evaluación se elige acorde a la utilidad dado que dicho vapor es crucial tanto en el plástico, papel y lámina (Chicaiza, 2019, citado en Guamán, 2019, p.22).

1.2.7.5. Determinación de la biodegradabilidad

El reglamento ASTM D-5488-94d considera como biodegradable a la capacidad de descomponerse en dióxido de carbono, agua, metano o biomasa con acción primordial de los microorganismos, además se puede valorar a través de ensayos en un lapso determinado que denote las circunstancias presentes para la eliminación.

Se define la compostabilidad como la biodegradabilidad del material en un contexto fijado con asistencia del compost. De tal forma que la compostabilidad según lo indicado por la ASTM,

necesita que el plástico se desintegre en biomasa, agua y dióxido de carbono, lo cual conlleva a una importante transformación en la composición química de cada material (Ipsita y Visakh, 2015, citado en Guamán, 2019, p.23).

El reglamento europeo EN 13432 indica que los productos culminantes de las reacciones con participación del oxígeno y sin este son:

- Descomposición aeróbica (con oxígeno): $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{biomasa}$.
- Descomposición anaeróbica (sin oxígeno): $\text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{biomasa}$.

Vale la pena mencionar que los recientes insumos bioplásticos generados de forma industrial con fines desechables son totalmente biodegradables, se desintegran y no son tóxicos con el ambiente por lo que se pueden quemar dado que el dióxido de carbono que se genera en la combustión se absorbe por las plantas, las cuales lo emplean en su desarrollo. Dichos materiales suplen la reglamentación europea EN 13432, la cual exige del 90% de biodegradabilidad en un lapso no superior al semestre, y en lo referente a su descomposición, se debe segmentar en pequeñas partes en un periodo máximo de tres meses (Ambienta, 2007, citados en Guamán, 2019, p.23).

1.2.8. Propiedades Mecánicas

Están sometidos la mayoría de los materiales a fuerzas o cargas. Es importante conocer las características del material de tal manera que este pueda ser utilizado antes de una deformación excesiva que comprometa la integridad física del mismo. Estas cualidades denotan el vínculo entre la presión ejercida y el comportamiento de un objeto a la misma. Las propiedades mecánicas más importantes son la resistencia $[\text{N}/\text{m}^2]$ y elongación $[\text{m}]$ (Narvárez, 2016, p. 11).

Se pueden medir las propiedades mecánicas por ensayo de tracción, el cual mide la deformación de la probeta entre dos puntos establecidos, mismos que aumentan la densidad aplicada. Los bioplásticos derivados de almidón son materiales que presentan propiedades mecánicas bajas: es soluble en agua, el bioplástico puede presentar propiedades de ablandamiento y deformación cuando este entra en contacto con la humedad, resultando en un producto quebradizo. Esta clase de bioplásticos posee aplicaciones limitadas porque no se puede crear películas flexibles y resistentes (Narvárez, 2016, p. 14).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Planteamiento de las Hipótesis

2.1.1. General

- Al procesar el almidón de las cáscaras de jengibre (*Zingiber officinale*) conjuntamente con plastificantes, humectantes, espesantes y desmoldantes, se obtendrán láminas de bioplástico (biofilm) que posean características similares a los plásticos sintéticos tradicionales cumpliendo con las normativas planteadas.

2.1.2. Específicas

- Las propiedades físico-químicas del almidón de la cascara de jengibre son óptimas para la obtención de bioplástico.
- Las formulaciones planteadas permiten la obtención de un biofilm con características similares a las de un plástico sintético convencional.
- La caracterización físico-química y mecánica del almidón obtenido determina que el producto final es óptimo para su uso comercial.

2.2. Identificación de Variables

Tabla 1-2: Identificación de Variables

N.º	Etapas del Proceso	Variables Independientes	Variables Dependientes
1	Extracción del almidón.	Materia Prima (jengibre).	Almidón obtenido
2	Caracterización físicoquímica del almidón	Peso de almidón obtenido	pH Solubilidad Humedad Residuo de calcinación

3	Obtención de plástico biodegradable	Temperatura. Aditivos	Humedad. Espesor. Permeabilidad. Solubilidad. Propiedades de tracción. Biodegradabilidad.
---	-------------------------------------	--------------------------	--

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

2.3. Operacionalización de Variables

Tabla 2-2: Operacionalización de Variables

N.º	VARIABLE	TIPO DE VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADOR	INSTRUMENTO
1	Materia prima (jengibre)	Independiente	Es la fracción del material utilizado que es medible.	Cantidad (g)	Balanza analítica
2	Almidón	Dependiente	Contenido de almidón presente en el jengibre	Peso (g)	Balanza analítica
3	Ph	Dependiente	Medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución		Potenciómetro
4	Solubilidad	Dependiente	Capacidad que posee determinada sustancia para disolverse en otra y formar un sistema homogéneo.	Peso (g)	Balanza Analítica
5	Temperatura	Dependiente	Magnitud física que mide la cantidad de calor o energía térmica que posee un sistema.	Calor (°C)	Termómetro
5	Aditivos	Independiente	Los aditivos son compuestos químicos que permiten la obtención de un material plástico con posibilidad de diversas aplicaciones. No obstante, su selección será fundamental para obtener un producto propicio que supla las necesidades de implementación porque los aditivos alterarían de forma importante las propiedades del material.	Cantidad	Balanza analítica

6	Espesor	Dependiente	Grosor de un elemento, es decir, que tan grueso o ancho es una capa de material. En ingeniería el espesor define la resistencia o elasticidad de un material (Chariguamán 2015, pp.20-21).	Longitud (mm)	Calibrador
7	Humedad	Dependiente	Agua que se dispersa en una pequeña cantidad en forma de vapor, dentro de un sólido o condensado en una superficie (Oxford, 2019, citado en Guamán, 2019, p.21).	Porcentajes de humedad	Balanza de humedad
8	Permeabilidad	Dependiente	La velocidad de transmisión de vapor de agua por unidad de área del material y por unidad de diferencia de presión entre dos superficies específicas bajo determinadas condiciones de temperatura y humedad (Escobar et al. 2009).	WVTR (g)	Balanza analítica
9	Propiedades de tracción	Dependiente	Cualidad de un sólido para resistir la presión y fuerza ejercida sin segmentarse, deformarse o sufrir deterioros (Oxford, 2019).	Esfuerzo máximo (MPa)	Equipo de tracción

10	Biodegradabilidad	Dependiente	<p>Capacidad que tiene un material de sufrir descomposición ante la acción enzimática de microorganismos, obteniéndose como productos dióxido de carbono, metano, agua, componentes no orgánicos o biomasa. Puede medirse mediante ensayos estándar, en un periodo específico de tiempo, que refleja las condiciones de eliminación disponibles (Oxford, 2019, citado en Guamán, 2019, p.21).</p>	Área (mm)	Calibrador
----	-------------------	-------------	---	-----------	------------

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

2.4. Matriz de Consistencia

Tabla 3-2: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Problema General		Objetivo General		Hipótesis General
Los plásticos sintéticos convencionales no son biodegradables, lo cual genera problemas de contaminación progresiva.		Determinar la viabilidad para aprovechar el almidón proveniente de la cáscara de jengibre (<i>Zingiber officinale</i>) en la fabricación de plásticos biodegradabl		Al procesar el almidón de las cáscaras de jengibre (<i>Zingiber officinale</i>) conjuntamente con plastificantes, humectantes, espesantes y desmoldantes, se obtendrán láminas de bioplástico (biofilm) que posean características similares a los plásticos sintéticos tradicionales.
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables de las Hipótesis Específicas	Técnicas de Recolección de Datos
¿Es viable el uso del almidón de la cáscara de jengibre para la elaboración de bioplásticos?	Efectuar la caracterizar el almidón obtenido a partir de la cáscara de jengibre	Las propiedades físico-químicas del almidón de la cascara de jengibre son óptimas para la obtención de bioplástico.	Materia prima pH Solubilidad Humedad Temperatura de Gelatinización	Extracción de almidón por vía húmeda Métodos físicos NTE INEN 1456
¿Cómo se procedería con la metodología de trabajo para la elaboración del bioplástico?	Definir la metodología adecuada para la elaboración del bioplástico	Las formulaciones planteadas permiten la obtención de un biofilm con características similares a las de un plástico sintético convencional.	Combinación de aditivos.	Diversas formulaciones

¿Es de buena calidad el plástico biodegradable obtenido para su uso comercial?	Realizar la caracterización físico-química del almidón obtenido de la cascara de jengibre.	En la caracterización físico-química del bioplástico obtenido, se conocerá que la materia prima es de buena calidad para la elaboración del plástico biodegradable.	Espesor Humedad Permeabilidad Propiedades de tracción Biodegradabilidad	Métodos físicos Métodos mecánicos NTE INEN 2542 NTE INEN 2635
--	--	---	---	--

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

2.5. Tipo y Diseño de Investigación

2.5.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo exploratoria, debido a que el tema en cuestión pretende determinar la utilidad del almidón de las cáscaras de jengibre en la fabricación de bioplásticos, dado a que es un proyecto innovador desde una perspectiva ecológica. Los resultados obtenidos serán una premisa para futuros proyectos ya que mediante revisión bibliográfica no se cuenta con investigaciones de estas características.

2.5.2. Diseño de la investigación

La ejecución del presente proyecto se realizó a través de un diseño experimental, dado a que se controlan diferentes variables en los procesos de obtención del almidón, manufactura del bioplástico y caracterización del mismo. Con lo que respecta a la manufactura del plástico biodegradable se realizarán diferentes experimentaciones para evitar la aglomeración de los componentes principales como son el plastificante y el almidón, hasta obtener las concentraciones óptimas para el diseño factorial 2^k .

Tabla 4-2: Método de extracción del almidón por vía húmeda

Tratamiento	Velocidades de la licuadora	Tiempo (Segundos)	Repeticiones
1	1era	30	4
2	1era	45	4
3	2da	30	4
4	2da	45	4

Realizado por: Paredes, Lizeth,2022.

Tabla 5-2: Diseño factorial 2^k

Diseño factorial 2^k	V(rpm)	t(s)
	Limite alto	Limite alto
	Limite bajo	Limite bajo

Realizado por: Paredes, Lizeth,2022.

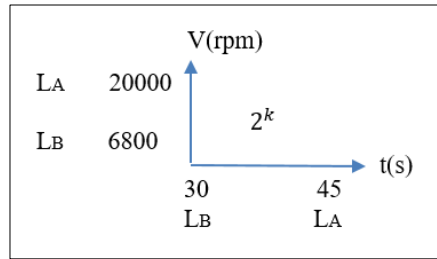


Figura 1-2: Esquema del diseño factorial 2^k

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

2.6. Unidad de análisis

En la investigación realizada, la unidad de análisis es el plástico biodegradable obtenido del almidón de la cáscara de jengibre (*Zingiber officinale*), el cual será analizado para conocer sus características y de esta manera considerarlo de buena o mala calidad.

2.7. Población de estudio

La población de estudio la integra la cáscara de jengibre (*Zingiber officinale*) que proviene de supermercados de la Ciudad de Riobamba, Provincia de Chimborazo.

2.7.1. Tamaño de muestra

En la presente investigación se trabajará con una muestra de 8 kg de cáscara de jengibre (*Zingiber officinale*). Según fuentes bibliográficas el contenido del almidón en este producto es del 60 % si se considera que su materia seca es aproximadamente el 12 %.

2.7.2. Selección de muestra

La muestra elegida responde a un muestreo no probabilístico ya que se obtuvieron 0,707305 g de almidón a partir de la cáscara de jengibre (*Zingiber officinale*), utilizando un mecanismo de extracción por decantación de tipo natural para su estudio.

2.8. Técnicas de recolección de datos

2.8.1. Técnica de extracción del almidón

Tabla 6-2: Técnica de extracción del almidón

Método	Materiales y equipos	Reactivos	Procedimiento	métodos de ensayo
Método por vía húmeda	Licuadora Cuchillo Guantes de nitrilo Balanza Probeta Vasos plásticos Cernidor Media nylon Estufa con recirculación de aire Mortero y pistilo Tamices malla 150 μ y 300 μ Fundas ziploc	Agua destilada Cascara de jengibre Metabisulfito de sodio (Na ₂ S ₂ O ₅).	Lavar y pelar los jengibres de mejor calidad, para así obtener la cáscara adecuada que se utilizará como materia prima. Sumergir la materia prima en una solución de metabisulfito de sodio al 0.5% para evitar su oxidación. Retirar de la solución anterior la cáscara de jengibre y licuar 500 g por cada 1000 ml de agua. Filtrar la solución para separar la materia sólida de la líquida y sedimentar por aproximadamente 8 horas. Expulsar el sobrenadante y secar durante 40 horas a una temperatura ambiente de 25 °C. El almidón seco obtenido es pulverizado con un mortero para ser tamizado por una malla de 150 μ y 300 μ respectivamente. Finalmente se introducir en una funda ziploc y pesar.	(Caicedo, 2022, p.24)

Realizado por: Paredes, Lizeth, 2022.

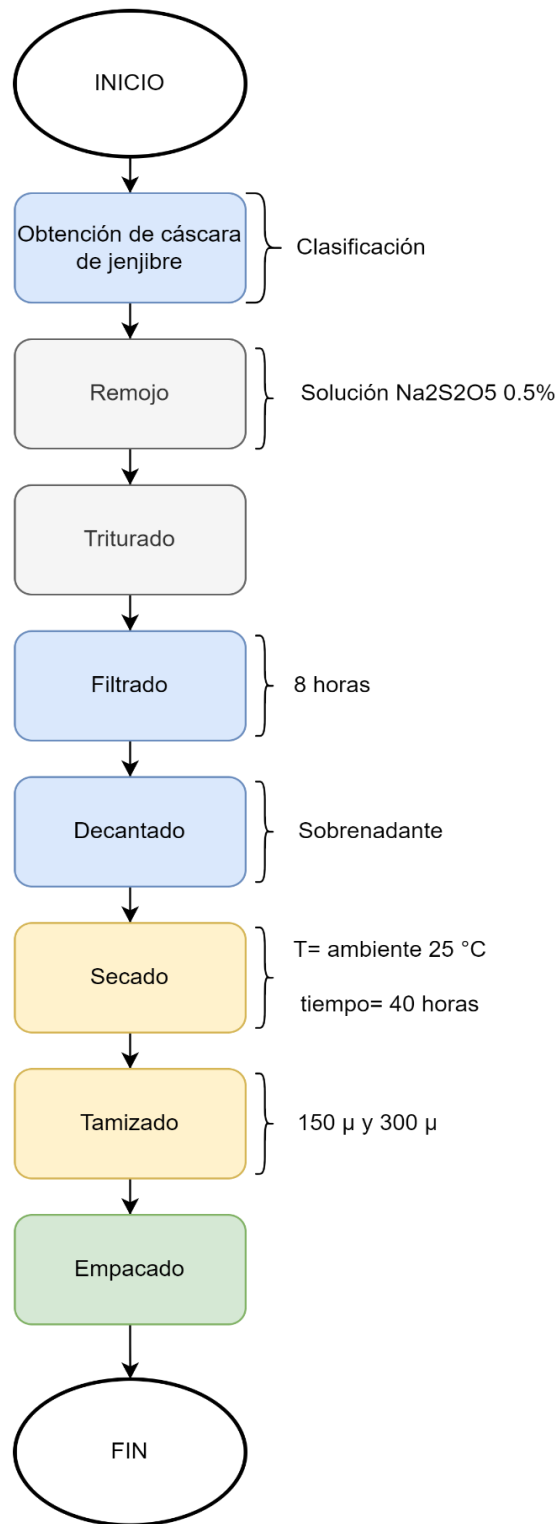


Figura 2-2: Diagrama de flujo para el proceso de extracción del almidón vía húmeda
 Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

2.8.1.1. *Caracterización fisicoquímica del almidón de la cáscara jengibre.*

Tabla 7-2: Caracterización fisicoquímica del almidón de la cáscara jengibre.

N.º	Análisis	Reactivos, Materiales y Equipos	Procedimiento	Cálculo o fórmula	Método de Ensayo
1	Humedad	Termobalanza Vidrio reloj Espátula Almidón de la cáscara jengibre	Se mide directamente con una termobalanza. Se toman de muestra 5 g que serán ubicados en el platillo previamente tarado y se introducen en la balanza de humedad. Se cierra la tapa superior, se registra la medida del contenido de humedad y el peso final.	La técnica se basa en la operación de secado, según la cual, al someter a una muestra a una fuente de calor, el agua presente en ella se evaporará. Esta humedad perdida se puede medir por variación de peso. La termobalanza realiza estos cálculos de manera automática y nos muestra en el display la humedad presente en la muestra.	(Buenrostro, 2018, p.35)
2	Solubilidad	Vaso de precipitación de 25 ml y 100 ml Vidrio reloj Reverbero Varilla de agitación Agua destilada Almidón de cáscara jengibre	En un vaso de 25 mL, pesar 2g de la muestra, añadir 5mL de agua de agua fría y agitar. Transferir totalmente la suspensión sobre 100 mL de agua hirviendo (90 °C), contenida en un vaso de precipitación de 200 mL y continuar con la ebullición por 2 minutos. Guardar la solución para la determinación de pH.	Medición cualitativa, a es decir mediante un análisis sensorial	(NTE INEN 1456, 2012)

3	pH	Almidón de cáscara jengibre Agua destilada Vaso de precipitación pH metro normalizado Solución del ensayo de solubilidad	Normalizar el medidor de pH a 25°C sumergiendo los electrodos en solución tampón pH 7. Con el control correspondiente retornar el equipo a su lugar de reposo. Enjuagar los electrodos con agua destilada y secarlo con toallitas absorbentes. Sumergir los electrodos en la solución realizada para la prueba de solubilidad anteriormente elaborada. Operar el control de lectura y leer el pH. La muestra deberá encontrarse dentro de los rangos de pH 5,0 y 7,0.	Medición directa con el equipo	(NTE INEN 1456, 2012)
4	Residuos por calcinación	Almidón de cáscara jengibre Reactivo analítico (ácido sulfúrico) Vidrio reloj Crisol de porcelana Pinza para crisol Pesa analítica mufla Desecador	En un crisol de porcelana pesar 1 g de muestra. Calentar hasta ignición bajo campana de extracción. Añadir al material carbonizado 1 cm ³ de ácido sulfúrico. El calentamiento debe ser suave, bajo al principio, y continuando en tal forma que requiera 1 a 2 horas para carbonizar totalmente la materia orgánica. Calcinar a 800 ± 25°C por 15 min, enfriar en desecador y posteriormente pesar.	El contenido de residuo por calcinación se determina mediante la ecuación siguiente: $R = \frac{m_1}{m} \times 100$ Ecuación 1-2: Residuo por calcinación Siendo: R = residuo por calcinación, en g/100 g. m ₁ = masa del residuo, en g. m = masa de la muestra, en g.	(NTE INEN 1456, 2012)

			Repetir hasta obtener una masa constante.		
5	Temperatura de Gelatinización	Almidón de cáscara jengibre Agua destilada Vidrio reloj Vaso de 250 mL Vaso de 100 mL Reverbero Malla de asbesto Termómetro	Se debe pesar 10 g de almidón y disolver en agua destilada hasta completar los 100 mL de solución. Se debe calentar el agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85 °C. Se toma 50 mL de la solución en un vaso de precipitación de 100 mL. Se introduce el vaso y se procede llevarlo a baño maría. Se debe agitar la suspensión de almidón hasta que se forme un gel y con el termómetro tomar la temperatura cuando permanezca estable por unos segundos.	La medición se la realiza de forma directa haciendo uso del termómetro	(Caicedo, 2022, p.29)

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

2.8.2. Técnica de obtención de bioplástico

Tabla 8-2: Técnica de obtención de bioplásticos

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Métodos de Ensayo
Obtención de Biofilms	Estufa Baño María Vasos de precipitación de 250 mL Varilla de agitación Termómetro Balanza Analítica Cajas petri Moldes de vidrio Espátula Probetas de 250 mL y 50 mL	Agua destilada (H ₂ O) Glicerina 50% (v/v) Ácido Acético 0,1 M Almidón de cáscara Jengibre	Colocar en un vaso de precipitación 5 g de almidón, agregar, mezclando bien, 40 mL de agua destilada, 4 mL de glicerina, 4 mL de ácido acético Colocar en baño maría (85 °C) hasta que la solución alcance la temperatura de gelatinización, mientras se agita constantemente. Verter la mezcla en las cajas petri y los moldes de vidrio y secar en la estufa a una temperatura de 75 °C por un tiempo determinado hasta obtener las cualidades deseadas.	(Amorim, 2015) con modificaciones

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

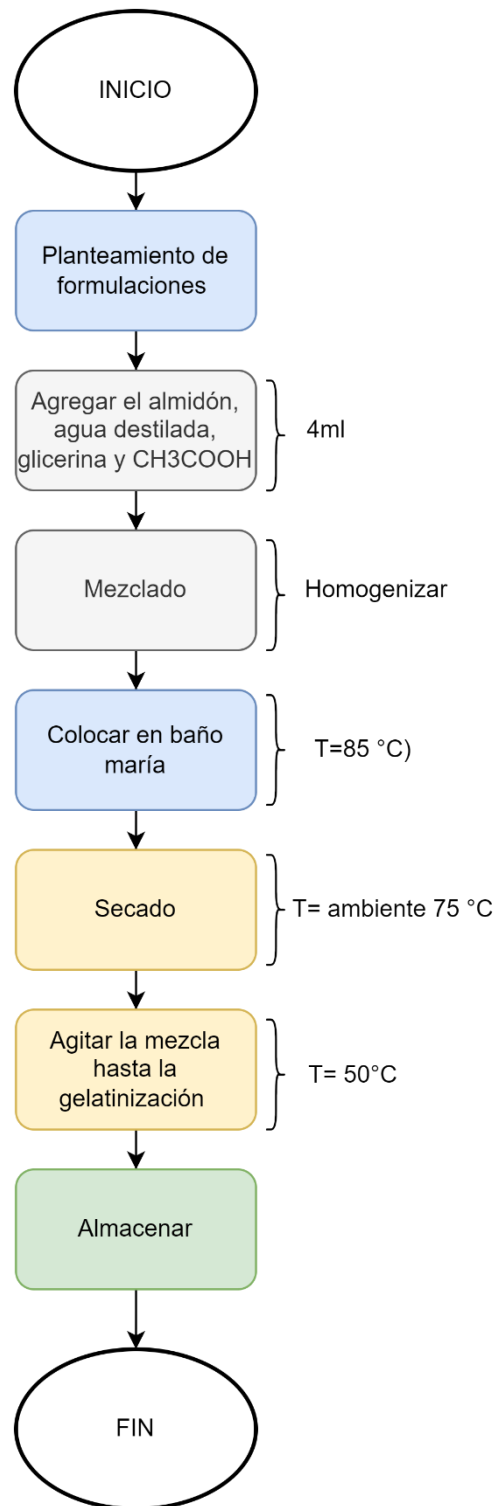


Figura 3-2: Diagrama de flujo del proceso de fabricación de bioplásticos.

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

2.8.2.1. Caracterización del bioplástico

Tabla 9-2: Caracterización del bioplástico.

N°	Análisis	Reactivos, Materiales y Equipos	Procedimiento	Cálculo o fórmula	Método de Ensayo
1	Humedad	Balanza analítica Termobalanza Láminas de bioplástico de cáscara jengibre	Se utilizan muestras de bioplástico de 3*3. Se coloca la muestra sobre el platillo previamente tarado. Se cierra la tapa superior y se registra la medida de humedad y el peso final de la muestra, el procedimiento se realiza de manera directa con ayuda de la termobalanza. Realizar 3 repeticiones de cada tratamiento.	Las balanzas para medición de humedad determinan la sustancia seca que queda tras un proceso de secado con energía infrarroja de la sustancia total previamente pesada y calcula así la humedad de la masa pesada húmeda.	(Tobarra, 2018)
2	Espesor	Calibrador digital Láminas de bioplástico de cáscara jengibre Cúter	Se usa un calibrador digital para medir las longitudes entre sus dos contactos de medida.	El sistema de medición es directo, ya que consta con un cuerpo de tope fijo y otro móvil que tiene una regleta micrométrica.	(Nivelo, 2021, p.40)
3	Permeabilidad	Tubos de ensayo Gradilla Balanza Analítica Desecador Sílica gel Láminas de bioplástico de cáscara de jengibre	El día anterior antes de realizar la prueba se debe secar la sílica gel en la estufa a una temperatura de 65 °C para que sea activada. Pesar el biofilm y colocar sobre un tubo de ensayo, que debe contener ¾ partes de la sílica activada y sellar con cinta transparente.	La fórmula para determinar la permeabilidad del plástico es la siguiente: $wvp = \frac{(P2 - P1) \times e}{t \times pv \times (\varphi2 - \varphi1)}$ Ecuación 3-2: Permeabilidad del	ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento

		Solución de NaCl sobresaturada Calibrador	Colocar los tubos de ensayo en el desecador, el cual debe contener una solución sobresaturada de NaCl. Pesar 8 repeticiones durante cada hora y el peso final a las 24 horas.	plástico. Siendo: P2 = peso final (g). P1 = peso inicial (g). e = espesor (mm). t = tiempo (h).	orgánico
4	Solubilidad	Láminas de bioplástico de cáscara de jengibre Probeta Papel filtro Balanza Analítica Shaker Vaso de precipitación de 100 mL	Las muestras para analizar deben ser previamente secadas. Colocar las probetas en un vaso de precipitación con un volumen de agua destilada de 50 mL. Agitar las muestras a 100 rpm durante una hora en el shaker. Filtrar haciendo uso de un papel filtrante y secar en la estufa a una temperatura de 40 °C. Una vez que perdió toda la cantidad de agua proceder a pesar.	Para determinar la solubilidad del plástico se hace uso de la siguiente formula: $\% \text{solubilidad} = \frac{mi - mf}{mi} \times 100$ Ecuación 4-2: Solubilidad del plástico Siendo: mi= masa inicial seco del plástico (g) mf= masa final seco del plástico (g)	(Innotec, 2009, p. 37)
5	Propiedades de tracción	Máquina universal de pruebas de tracción Probetas	El equipo descrito por la norma es una máquina de prueba del tipo velocidad constante de movimiento de cruceta que comprende una parte fija que lleva una mordaza y una parte móvil que lleva una segunda mordaza.	Se determina el cálculo mediante los centímetros de elongación y la fuerza ejercida por el equipo. Método de medición directa.	INEN 2635: Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de

			Acondicionar el equipo, e introducir la probeta, sujetarla a ambos extremos y tomar los datos generados.		Laminas Plásticas Delgadas.
6	Biodegradabilidad	Recipientes herméticos Láminas de bioplástico de cáscara de jengibre Programa Image J Tierra orgánica Agua	La prueba se realiza en los tres medios: suelo, agua y ambiente. Tomar la muestra del biofilm de 4*4 cm y colocarlos en los tres medios antes mencionados. Analizar la muestra cada 5 días.	Se determina la degradabilidad del plástico haciendo uso del programa Image J mismo que permite conocer la disminución del área de cada muestra del plástico biodegradable.	Método de pérdida de área

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022

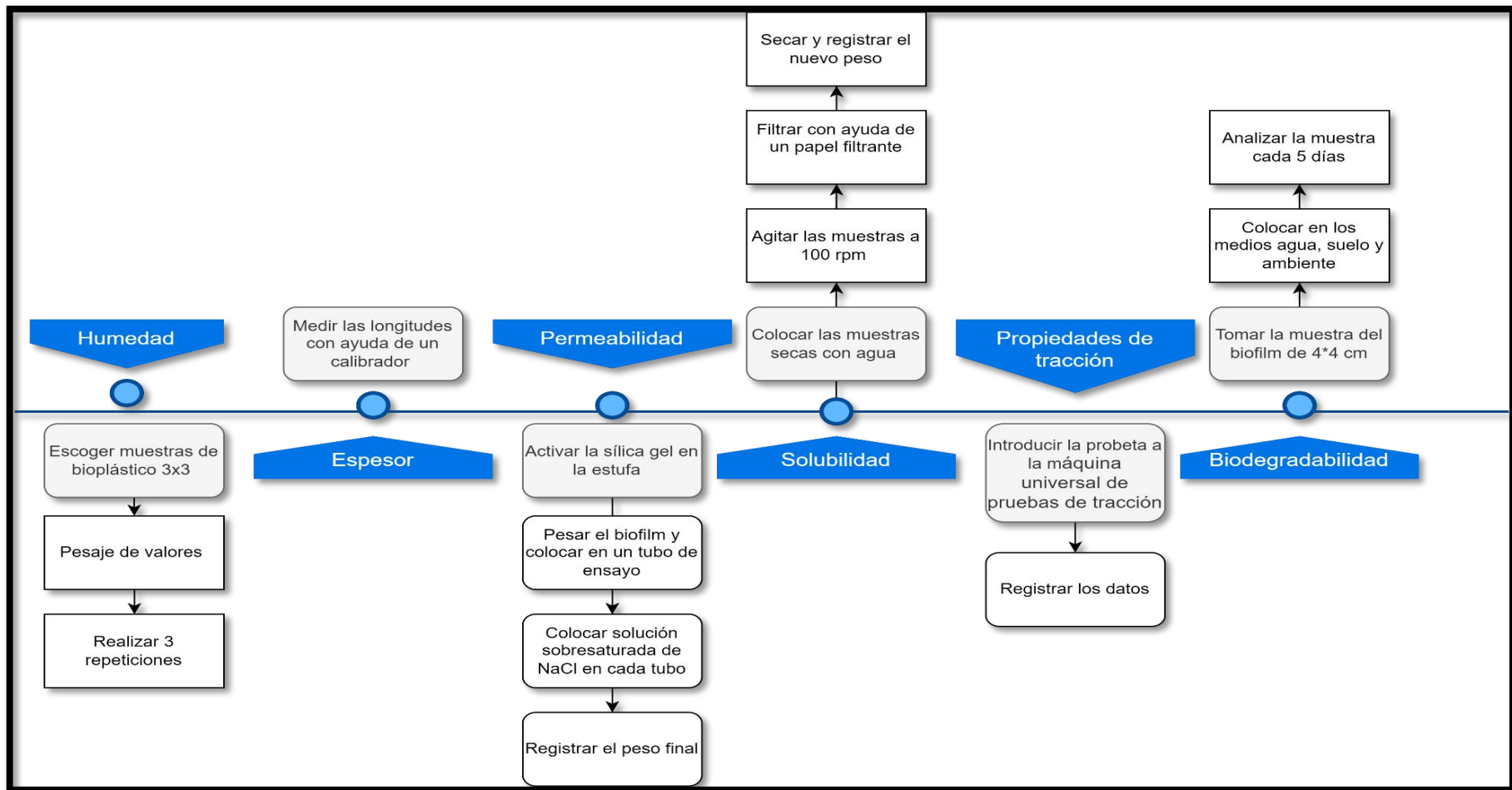


Figura 4-2: Diagrama de flujo del proceso de caracterización de bioplástico

Realizado por: Paredes Lizeth, 2022.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Datos obtenidos

3.1.1. Almidón

3.1.1.1. Análisis sensorial de la materia prima

Se realizó el análisis sensorial y la caracterización física de la cáscara del jengibre tomando como muestra una población de 20 unidades debidamente clasificadas por su frescura teniendo en cuenta los siguientes datos:

Tabla 1-3: Caracterización de la cáscara de jengibre

Nº DE MUESTRA	ANCHO (mm)	LONGITUD (mm)
1	20,3	55,7
2	21,1	38,5
3	14,6	27,6
4	18,2	27,5
5	21,0	38,1
6	13,2	31,3
7	13,4	28,5
8	11,7	26,9
9	17,5	21,2
10	14,1	35,9
11	20,5	64,0
12	17,3	33,2
13	19,8	24,1
14	15,5	18,1
15	15,3	40,8
16	17,5	21,5
17	13,4	20,9
18	9,4	35,2
19	14,1	20,8
20	10,1	22,3
Promedio Total	16,9	31,6

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

3.1.1.2. Determinación del método adecuado para la extracción del almidón

El método de extracción utilizado en este experimento fue el expuesto por (Nivelo, 2021, p.44), debido a que este presenta un rendimiento del 8.395 % para conseguir la mayor cantidad de almidón a partir de la cáscara de jengibre.

3.1.1.3. Datos obtenidos mediante el método de la vía húmeda

En esta experimentación se trabajó con 2 velocidades de la licuadora y usando diferentes tiempos de 30 y 45 segundos, generando un total de 6 tratamientos, cada uno con 4 repeticiones mismos que son detallados en la tabla 1-3:

Tabla 2-3: Datos obtenidos mediante el método de la vía húmeda

No.	Tratamiento	Variables	Repeticiones	Vol. Agua (mL)	Secado			
					Producto(g)	Almidón(g)	Tiempo(s)	
1	TA1	6800 *RPM 1: t1	R1	1000	500		14,030	30
2			R2				15,036	30
3			R3				17,010	30
4			R4				21,051	30
5	TA2	6800 *RPM 1: t2	R1			17,251	45	
6			R2			19,678	45	
7			R3			22,430	45	
8			R4			32,678	45	
9	TA3	20000 **RPM 2: t1	R1			9,823	30	
10			R2			14,079	30	
11			R3			8,987	30	
12			R4			9,234	30	
13	TA4	20000 **RPM 2: t2	R1			16,948	45	
14			R2			15,012	45	
15			R3			14,631	45	
16			R4			23,009	45	

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

En todos los tratamientos el proceso de secado del almidón con sus respectivas repeticiones se mantuvo a una temperatura ambiente (25°C) durante 30 horas, y se realizó 6 pesos hasta obtener un peso constante del almidón, el cual es detallado en la tabla 2-3

Tabla 3-3: Datos del proceso de extracción vía húmeda

Tratamiento	Repeticiones	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Peso 3 (g)	Peso 4 (g)	Peso 5 (g)	Peso 6 (g)
TA1	R1	27,025	22,230	19,250	18,350	14,030	14,030
	R2	31,080	26,420	23,010	22,160	15,036	15,036
	R3	33,150	28,320	25,980	23,830	17,010	17,010
	R4	37,560	32,870	29,740	27,950	21,051	21,051
TA2	R1	32,650	27,450	24,470	22,560	16,251	16,251
	R2	33,980	28,670	24,940	22,080	18,678	18,678
	R3	34,150	29,770	26,090	25,110	22,430	22,430
	R4	46,890	41,070	37,430	35,890	32,678	32,678
TA3	R1	17,980	13,230	11,870	10,650	9,823	9,823
	R2	22,860	18,570	16,750	15,980	14,079	14,079
	R3	15,150	12,060	10,870	9,050	8,987	8,987
	R4	16,890	13,650	11,090	10,980	9,234	9,234
TA4	R1	25,110	22,560	20,830	18,450	18,948	18,948
	R2	28,650	25,340	22,380	19,070	18,012	18,012
	R3	27,980	23,130	20,880	20,350	19,631	19,631
	R4	38,650	35,760	32,460	29,330	28,009	28,009

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

3.1.2. *Prepruebas para la elaboración del plástico biodegradable*

3.1.2.1. *Elaboración del blanco*

Para la elaboración de bioplástico hemos tomado como referencia las concentraciones de almidón, glicerina, agua destilada y ácido acético que (Nivelo, 2021, p.49) expuso en su investigación, teniendo un tiempo de secado de 24 horas al ambiente de la ciudad de Riobamba con una temperatura de 19°C. Para la asignación de la nomenclatura de las repeticiones será mediante las letras a, b, c y d para un total de 4 repeticiones en cada tratamiento en cada una de las pruebas a realizarse. Así se lo indica en la tabla 5-3.

Tabla 4-3: Elaboración del blanco

N.º	Tratamiento	Cantidad de almidón (g)	Cantidad de glicerina (mL)	Cantidad de agua destilada (mL)	Cantidad de ácido acético (mL)	Repeticiones	Tiempo de secado (h)	Temperatura de secado (°C)
1	T1	2	1	35	5	4	24	19

2	T2	2	1.5	35	5	4	24	19
3	T3	3	1	35	5	4	24	19
4	T4	3	1.5	35	5	4	24	19

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

3.1.2.2. Ensayo de humedad

Este ensayo se desarrolló en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, utilizando la termobalanza con muestras de 4*4 cm.

Tabla 5-3: Ensayo de humedad

Nº	Tratamiento	Repetición	Peso inicial (g)	Peso final (g)
1	T1	R1	0,446	0,364
		R2	0,418	0,347
		R3	0,385	0,303
		R4	0,356	0,269
2	T2	R1	0,489	0,387
		R2	0,364	0,271
		R3	0,346	0,299
		R4	0,336	0,279
3	T3	R1	0,432	0,343
		R2	0,395	0,303
		R3	0,357	0,258
		R4	0,335	0,249
4	T4	R1	0,459	0,361
		R2	0,416	0,327
		R3	0,377	0,285
		R4	0,316	0,228

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

3.1.2.3. Ensayo de solubilidad

Para el ensayo de solubilidad se utilizaron las muestras obtenidas en la prueba de humedad y lograr un cálculo más exacto. Se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, haciendo uso de un shaker a 100 rpm y una estufa a 40°C, para el secado del plástico biodegradable.

Tabla 6-3: Ensayo de solubilidad

Nº	Tratamiento	Repetición	Peso inicial seco (g)	Peso final seco (g)
1	T1	R1	0,364	0,219
		R2	0,347	0,209
		R3	0,303	0,194
		R4	0,269	0,133
2	T2	R1	0,387	0,242
		R2	0,371	0,215
		R3	0,299	0,162
		R4	0,279	0,132
3	T3	R1	0,343	0,227
		R2	0,303	0,182
		R3	0,258	0,125
		R4	0,249	0,130
4	T4	R1	0,361	0,236
		R2	0,327	0,199
		R3	0,285	0,154
		R4	0,228	0,112

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

3.1.2.4. Espesor del plástico biodegradable

De todos los ángulos posibles se tomó muestras del bioplástico para medir el espesor, siendo un total de 10 mediciones en cada una de las muestras de cada tratamiento. Lo podemos mirar en la tabla 9-3:

Tabla 7-3: Espesor del plástico biodegradable

N.º	TRATAMIE NTO	REPETICI ÓN	E1 (mm)	E2 (mm)	E3 (mm)	E4 (mm)	E5 (mm)	E6 (mm)	E7 (mm)	E8 (mm)	E9 (mm)	E10 (mm)
1	T1	R1	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100
2		R2	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100
3		R3	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
4		R4	0,200	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
5	T2	R1	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100
6		R2	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200
7		R3	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100
8		R4	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100
9	T3	R1	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
10		R2	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200

11	T3	R3	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
12		R4	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
13	T4	R1	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100
14		R2	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
15		R3	0,100	0,100	0,100	0,200	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
16		R4	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

Acorde a los resultados de la tabla 9-3, nos podemos dar cuenta que el espesor del plástico biodegradable en promedio es igual en cada una de las muestras.

3.1.2.5. Ensayo de permeabilidad

El ensayo de permeabilidad se realizó en el Laboratorio de Química Analítica de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, haciendo uso de láminas de bioplástico de 4*4 cm, poniendo el día anterior a activar la sílica gel a 65°C, tomando 6 pesos totales, los cuales fueron durante 8 horas seguidas y a las 24 horas, se lograron los siguientes resultados tal como se describe a continuación en la tabla 10-3:

Tabla 8-3: Ensayo de permeabilidad

N.º	TRATAMIENTO	REPETICIÓN	Peso (g)					
			Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Peso 3 (g)	Peso 4 (g)	Peso 5 (g)	Peso 6 (g)
1	T1	R1	32,875	32,877	32,880	32,886	32,890	32,893
2		R2	32,874	32,875	32,879	32,884	32,889	32,892
3		R3	32,876	32,879	32,882	32,887	32,892	32,894
4		R4	32,877	32,880	32,883	32,888	32,893	32,896
5	T2	R1	33,411	33,413	33,419	33,422	33,425	33,427
6		R2	33,413	33,415	33,420	33,424	33,426	33,429
7		R3	33,410	33,412	33,417	33,420	33,424	33,426
8		R4	33,412	33,414	33,418	33,422	33,425	33,428
9	T3	R1	32,854	32,856	32,862	32,868	32,870	32,874
10		R2	32,856	32,858	32,864	32,870	32,872	32,874
11		R3	32,857	32,869	32,866	32,872	32,874	32,876
12		R4	32,858	32,862	32,868	32,874	32,880	32,886
13	T4	R1	33,741	33,743	33,749	33,752	33,759	33,761
14		R2	33,738	33,740	33,747	33,750	33,757	33,759
15		R3	33,742	33,745	33,750	33,754	33,761	33,763
16		R4	33,744	33,748	33,754	33,762	33,768	33,874

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

3.1.2.6. Prueba de degradabilidad

Este ensayo se realizó con ayuda del programa llamado Image J que permite medir el área del material plástico obtenido y su degradación con el transcurso de los días, expuesto a los ambientes, suelo, aire y agua, dando como resultado los siguientes datos, que se los puede confirmar en las siguientes tablas:

Tabla 9-3: Degradabilidad en agua

N.º	Tratamiento	Repetición	Área Inicial (cm ²)	Área 1 (cm ²)	Área 2 (cm ²)	Área 3 (cm ²)	Área 4 (cm ²)	Área 5 (cm ²)	Área 6 (cm ²)
1	T1	R1	17,409	19,402	19,309	18,779	18,660	17,433	16,374
		R2	17,303	19,609	18,871	18,653	17,155	16,357	15,162
		R3	17,897	19,123	19,113	18,814	18,194	17,054	16,159
		R4	17,902	18,430	18,356	17,734	16,421	15,765	15,145
2	T2	R1	15,750	17,965	17,149	15,985	15,001	7,756	7,117
		R2	15,490	17,540	17,456	16,543	15,348	14,456	13,478
		R3	15,887	17,897	17,650	17,432	16,253	15,306	14,438
		R4	15,112	17,345	16,543	15,342	14,764	15,604	13,066
3	T3	R1	14,379	19,032	17,607	17,183	14,665	11,459	11,155
		R2	14,835	19,291	17,756	17,156	15,456	13,391	12,987
		R3	14,492	19,782	18,876	17,654	15,495	13,882	12,582
		R4	14,521	19,108	17,148	16,450	14,478	13,105	12,673
4	T4	R1	13,709	18,351	18,140	17,563	13,703	10,644	9,631
		R2	13,652	18,567	17,654	15,467	13,429	10,762	9,784
		R3	13,467	18,876	17,456	17,942	14,726	12,672	10,721
		R4	13,884	17,983	16,782	15,730	13,826	10,927	8,821

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

Tabla 10-3: Degradabilidad en suelo

N.º	Tratamiento	Repetición	Área Inicial (cm ²)	Área 1 (cm ²)	Área 2 (cm ²)	Área 3 (cm ²)	Área 4 (cm ²)	Área 5 (cm ²)	Área 6 (cm ²)
1	T1	R1	15,039	13,521	13,396	12,204	12,096	10,896	9,896
		R2	15,274	13,672	13,402	12,738	11,728	10,810	9,818
		R3	15,573	13,782	13,671	12,246	11,728	10,883	9,123
		R4	15,897	13,981	13,782	12,781	11,783	9,918	9,430
2	T2	R1	13,738	13,288	12,885	11,664	11,389	9,012	8,850
		R2	13,320	12,982	12,782	11,748	10,918	9,281	8,540
		R3	13,674	13,671	12,891	11,730	11,519	9,981	8,897

		R4	13,784	12,881	12,781	11,738	11,464	9,780	8,345
3	T3	R1	14,148	13,835	13,805	11,430	10,986	9,657	8,700
		R2	14,865	13,610	13,591	12,210	10,810	9,717	8,156
		R3	14,364	13,738	13,582	12,728	10,721	9,829	7,654
		R4	14,673	13,781	13,680	11,739	10,810	9,713	8,450
4	T4	R1	13,555	13,492	12,648	10,880	9,785	5,315	3,520
		R2	13,780	12,992	12,831	10,718	9,714	6,813	4,654
		R3	13,672	13,581	12,272	10,782	9,718	5,717	3,876
		R4	13,972	12,783	12,318	10,881	8,891	5,017	3,756

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

Tabla 11-3: Degradabilidad al ambiente

N.º	Tratamiento	Repetición	Área Inicial (cm ²)	Área 1 (cm ²)	Área 2 (cm ²)	Área 3 (cm ²)	Área 4 (cm ²)	Área 5 (cm ²)	Área 6 (cm ²)
1	T1	R1	13,238	12,741	12,550	12,404	11,902	11,180	9,623
		R2	13,673	12,982	12,820	12,718	11,718	11,636	9,860
		R3	13,727	12,378	12,838	12,472	11,210	11,124	9,863
		R4	13,710	12,814	12,613	12,342	11,372	11,279	10,867
2	T2	R1	14,411	14,018	12,342	11,870	11,624	11,315	10,780
		R2	14,631	14,441	12,630	11,472	11,372	11,261	10,869
		R3	14,892	14,738	12,641	11,740	11,730	11,381	10,876
		R4	14,642	14,421	12,641	11,741	11,471	11,371	10,558
3	T3	R1	14,478	14,216	14,040	13,826	12,759	12,524	11,397
		R2	14,631	14,327	13,781	13,641	12,740	12,481	11,556
		R3	14,313	14,182	13,642	13,420	12,482	12,382	11,565
		R4	14,271	14,101	13,642	13,541	12,742	12,611	11,943 3
4	T4	R1	13,455	11,866	10,621	10,585	10,485	10,057	8,954
		R2	13,731	11,913	10,613	10,241	10,120	9,381	8,160
		R3	13,731	11,178	10,631	10,462	10,211	9,471	8,986
		R4	13,371	11,819	10,420	10,127	9,472	9,381	8,005

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

En lo que se refiere a las pruebas de degradabilidad, los resultados obtenidos en los 3 medios tratados indican que el T4 en promedio tiene mayor nivel de descomposición.

3.2. Cálculos

3.2.1. Cálculos realizados al almidón

3.2.1.1. Rendimiento del almidón de la cáscara de jengibre

Para saber el rendimiento obtenido del almidón, se lo realizó en cada una de las repeticiones, con cada uno de los tratamientos elaborados para el mismo, haciendo uso de la siguiente ecuación.

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Peso del almidón obtenido}}{\text{Peso inicial de la cáscara jengibre}} \times 100$$

Ecuación 6-3: Rendimiento del almidón

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{32,678}{500} \times 100$$

$$\% \text{ Rendimiento} = 6,536$$

3.2.1.2. Índice de solubilidad de agua

Para el cálculo del índice de solubilidad de agua para el almidón y la materia prima se utiliza la siguiente fórmula aplicada en cada una de las repeticiones:

$$ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} * \text{Volumen del sobrenadante (mL)} * 10/\text{mL}}{\text{Peso de la muestra en base seca (g)}}$$

$$ISA = \frac{0,002 \text{ g} * 26 \text{ mL} * 10/\text{mL}}{1,251 \text{ g}}$$

$$ISA = 0,416$$

3.2.2. Cálculos realizados a los ensayos del plástico biodegradable del almidón de cáscara de jengibre

3.2.2.1. Porcentaje de solubilidad

Para el cálculo del porcentaje de solubilidad del plástico biodegradable se aplicó la siguiente fórmula en cada una de las repeticiones de cada tratamiento:

$$\%Solubilidad = \frac{\text{Peso inicial seco (g)} - \text{Peso final seco (g)}}{\text{Peso inicial seco (g)}} \times 100$$

$$\%Solubilidad = \frac{0,364 \text{ g} - 0,219 \text{ g}}{0,364 \text{ g}} \times 100$$

$$\%Solubilidad = 39,835$$

3.2.2.2. Porcentaje de permeabilidad

Para realizar el cálculo de la permeabilidad del plástico al vapor de agua se debe utilizar la siguiente fórmula en cada tratamiento, en sus 3 repeticiones:

$$WVP = \frac{(P2 - P1) * e}{t * pv * (\varphi2 - \varphi1)}$$

$$WVP = \frac{(32,893 \text{ g} - 32,875 \text{ g}) * 0,200 \text{ mm}}{24 * 0,0028 \text{ MPa} * (75 - 0)}$$

$$WVP = 0,0007 \frac{\text{g} \times \text{mm}}{\text{hxMPa}}$$

3.2.2.3. Porcentaje de degradabilidad

El porcentaje de degradabilidad es calculado en función de la pérdida de área que sufre cada tratamiento con el programa Image J en los distintos ambientes con la siguiente fórmula:

$$\%Degradabilidad = \frac{\text{Área inicial (cm}^2\text{)} - \text{Área final (cm}^2\text{)}}{\text{Área inicial (cm}^2\text{)}} \times 100$$

$$\%Degradabilidad = \frac{17,309 \text{ cm}^2 - 15,374 \text{ cm}^2}{17,309 \text{ cm}^2} \times 100$$

$$\%Degradabilidad = 11,179$$

3.3. Resultados

3.3.1. Almidón

3.3.1.1. Caracterización sensorial de la materia prima

Tabla 12-3: Análisis sensorial de la cascara jengibre

N.º	CARACTERÍSTICAS	
1	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
	31,6	16,9

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

Se realizó la caracterización física de la cascara de jengibre utilizado en la experimentación, donde se procedió a medir su longitud y diámetro, siendo previamente clasificadas, mediante los estándares de calidad de la materia prima.

3.3.1.2. Rendimiento de extracción por vía húmeda

Tabla 13-3: Extracción por vía húmeda

No.	Tratamiento	Repeticiones	Rendimiento %
1	TA1	R1	2,806
2		R2	3,007
3		R3	3,402
4		R4	4,210
5	TA2	R1	3,250
6		R2	3,736
7		R3	4,486
8		R4	6,536
9	TA3	R1	1,965
10		R2	2,816
11		R3	1,797
12		R4	1,847
13	TA4	R1	3,790
14		R2	2
15		R3	6
16		R4	2

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

El mayor rendimiento de la extracción del almidón por vía húmeda en esta experimentación fue de 4,23% que obtuvimos en el tratamiento 4. Villalobos et al. (2014, p.270), en su trabajo titulado “Obtención de almidón a partir de los residuos de papa del mercado Abastos” el porcentaje obtenido mediante este mismo método fue del 8 % tomando como materia prima la papa, por lo que se puede determinar que el rendimiento en el caso del jengibre es eficiente ya que al ser la papa un componente que posee mayor cantidad de almidón a diferencia del jengibre este no llega a los 47 estándares predeterminados ya sea por las pérdidas que se generan en los diferentes procesos como son el filtrado o la decantación.

3.3.1.2.1. Resumen estadístico de la extracción de almidón

Tabla 14-3: Estadística de la extracción de almidón

Tratamientos	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado
TA1	4,000	3,356	0,621	18,493%	2,806	4,210	1,404	0,941
TA2	4,000	4,502	1,448	32,167%	3,250	6,536	3,286	1,076
TA3	4,000	2,106	0,478	22,712%	1,797	2,816	1,019	1,530
TA4	4,000	4,230	0,924	21,850%	3,602	5,602	2,000	1,532
Total	16,000	3,549	1,282	36,131%	1,797	6,536	4,739	1,254

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

El rendimiento % global de la extracción del almidón con 16 datos, el valor mínimo es de 1,797% y el máximo de 6,536%, un promedio de 3,549% con una variabilidad de 1,282% con respecto a su media.

Se presenta una mayor dispersión en los datos para el total con un coeficiente de variación de 36,131%, entre los tratamientos el que más dispersión presenta es el TA2 con CV de 32,167% y el tratamiento que menos dispersión presenta es TA1 con CV 18,492%.

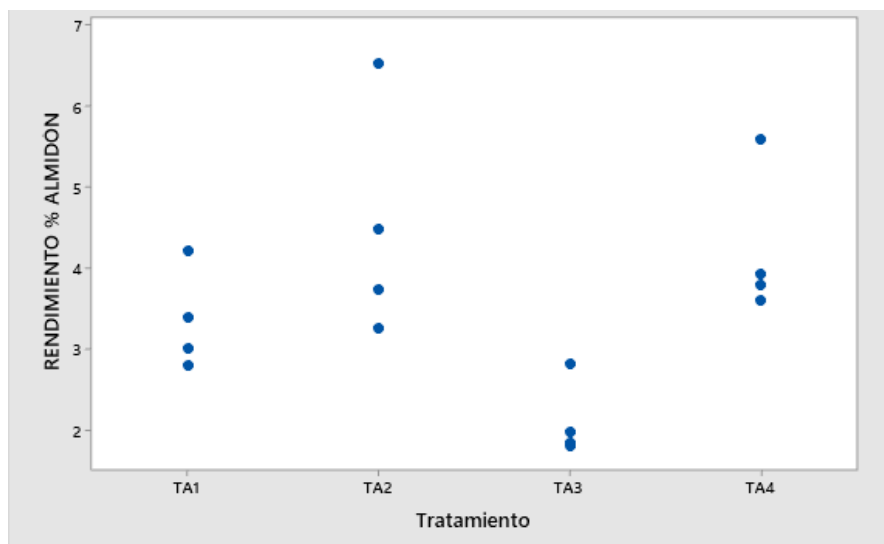


Gráfico 1-3: Dispersión por código de nivel de extracción de almidón

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

ANOVA

$$H_0: \mu_{TA1} = \mu_{TA2} = \mu_{TA3} = \mu_{TA4}$$

$$H_1: \mu_{TA1} \neq \mu_{TA2} \neq \mu_{TA3} \neq \mu_{TA4}$$

Tabla 15-3: ANOVA % de rendimiento de extracción de almidón

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	13,960	3,000	4,653	5,219	0,015
Intra grupos	10,700	12,000	0,892		
Total (Corr.)	24,660	15,000			

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

$$p \leq \alpha \text{ Rechazo } H_0$$

$$0,015 \leq 0,05 \text{ Rechazo } H_0$$

Al 95% de confianza se rechaza H_0 concluyendo así que al menos 1 media poblacional de los 4 tratamientos es diferente que el resto. Existe una diferencia significativa en el rendimiento promedio de la extracción del almidón, al usar los diferentes tratamientos.

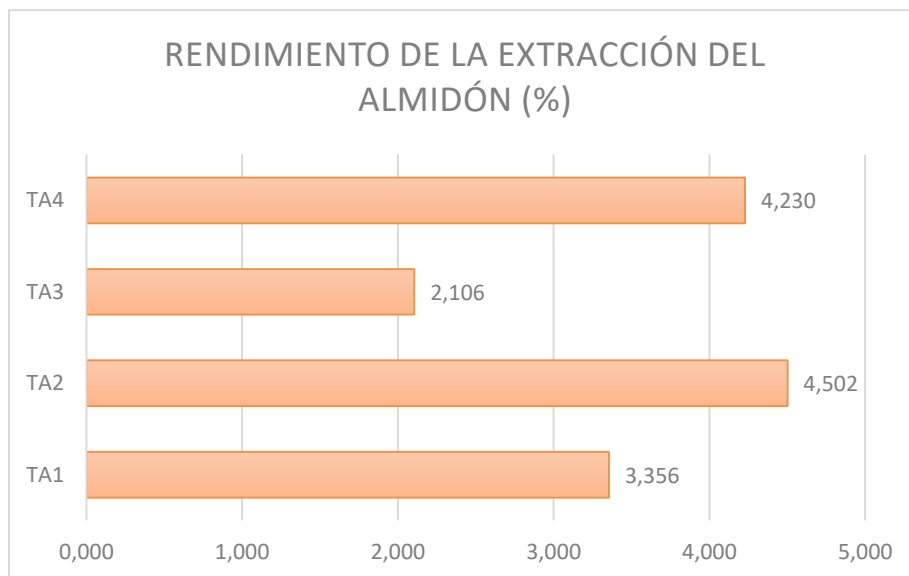


Gráfico 2-3: Rendimiento de Extracción de almidón

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

3.3.1.3. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos

Tabla 16-3: Caracterización físico - química del jengibre y su almidón

PRODUCTO	No.	PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
JENGIBRE	1	Humedad	%	75,51	7,5 - 11,50	AUSTRAL GRANOS (Código FTG-CC-16)
	2	Ceniza	%	2,23	2	AUSTRAL GRANOS (Código FTG-CC-16)
	3	Solubilidad	%	6,19	0,27-12,52	INEN 1456
	4	pH		6,75	6,00-7,00	INEN 1456
	5	Fibra	%	7,41	2,5	AUSTRAL GRANOS (Código FTG-CC-16)
	6	Proteína	%	5,26	12 - 17,50	AUSTRAL GRANOS (Código FTG-CC-16)
	7	Viscosidad	mPas	2358,13	1138 - 1649	Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas
	8	Temperatura de gelatinización	°C	73,12	89,61 - 92	Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas
	10	Amilosa	%	27,36	25 - 30	CINIAP
	11	Amilopectina	%	72,64	75 - 100	CINIAP
	12	Hongos	UPC/g	0	1000-5000	NTE INEN 2051:95 (1995)
	13	Levaduras y mohos	UPC/g	0	1000-5000	NTE INEN 2051:95 (1995)
	14	Coliformes totales	UPC/g	Ausencia	Ausencia	NTE INEN 2051:95 (1995)
		1	Humedad	%	12,97	

ALMIDÓN DE JENGIBRE	2	Ceniza	%	0,40	2	AUSTRAL GRANOS (Código FTG-CC-16)
	3	Solubilidad	%	21,01	0,27-12,52	INEN 1456
	4	pH		6,11	6,00-7,00	INEN 1456
	7	Viscosidad	mPas	823,58	840-1500	ISI 17-1 del Internatinal Starch Institute
	8	Temperatura de gelatinización	°C	71,25	57,5-70	INEN 1456
	10	Amilosa	%	22,03	25 - 30	CINIAP
	11	Amilopectina	%	77,97	75 - 100	CINIAP
	12	Hongos	UPC/g	0	1000-5000	NTE INEN 2051:95 (1995)
	13	Levaduras y mohos	UPC/g	0	1000-5000	NTE INEN 2051:95 (1995)
14	Coliformes totales	UPC/g	Ausencia	Ausencia	NTE 7INEN 2051:95 (1995)	

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

3.3.2. Bioplásticos

De cada repetición realizada por tratamiento se generó un promedio de cada una de las pruebas del bioplástico.

3.3.2.1. Análisis preliminar

Tabla 17-3: Caracterización de Bioplástico

No	Tratamiento	Repetición	Almidón (g)	Plastificante (ml)	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	T1	1	2	1	Si	Si	Ligeramente opaco	Si
		2						
		3						
		4						
2	T2	1	2	1,5	Si	Si	Ligeramente opaco	Si
		2						
		3						
		4						
3	T3	1	3	1	Si	Si	Ligeramente opaco	Si
		2						
		3						
		4						
4	T4	1	3	1,5	Si	Si	Ligeramente opaco	Si
		2						
		3						
		4						

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

En la tabla se puede observar las concentraciones adecuadas que son asignadas en el Diseño factorial 2k para la elaboración de los bioplásticos en cada tratamiento en cada una de las pruebas a realizarse.

3.3.2.2. Pruebas físicas del bioplástico

Tabla 18-3: Pruebas físicas del bioplástico

No	TRATAMIENTO	ESPESOR (mm)	HUMEDAD (%)	SOLUBILIDAD (%)	PERMEABILIDAD (<i>g mm /h*MPa</i>)
1	T1	0,145	20,28	41,53	0,0035
2	T2	0,123	19,24	44,55	0,0034
3	T3	0,135	24,32	43,27	0,0033
4	T4	0,128	23,75	42,65	0,0036

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

Según los resultados obtenidos se puede observar que el valor de espesor de los bioplásticos en cada uno de los tratamientos es menor a 0,2 mm, siendo un espesor adecuado, ya que, se encuentra dentro del rango impuesto por la norma INEN 2542: 2010 donde el valor establecido debe ser menor al 0,2 mm. En cuanto al ensayo de humedad los valores resultantes están dentro de los valores obtenidos por Parra (2019, p.59), quien arroja valores de contenido de humedad entre 15,49% a 37,88% en biofilms de zanahoria blanca y camote, menciona que el contenido de humedad en plásticos biodegradables está directamente relacionada a la cantidad de plastificante que se utilice. En la prueba realizada para determinar la permeabilidad del plástico en cada uno de los tratamientos se tiene que los resultados no excede del 0,0060 *g mm h*MPa* dichos resultados son inferiores a los obtenidos por Parra (2019), en su trabajo titulado “Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (*arracacia xanthorrhiza*) y de camote (*ipomoea batatas*) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo” esto se debe a que los plásticos obtenidos no presentan muchos espacios intermoleculares para que sean ocupados por las moléculas de agua.

3.3.2.3. Prueba de biodegradabilidad del bioplástico

Después de realizado el ensayo de biodegradabilidad del bioplástico, se tuvo como resultados las siguientes cifras como se indica en la tabla 15-3:

Tabla 19-3: Resultados del ensayo de biodegradabilidad del bioplástico

No	TRATAMIENTO	BIODEGRADABILIDAD (%)		
		Agua	Suelo	Ambiente
1	T1	11,183	38,869	27,310
2	T2	54,812	35,578	25,697
3	T3	22,421	38,513	20,824
4	T4	29,746	74,031	33,446

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

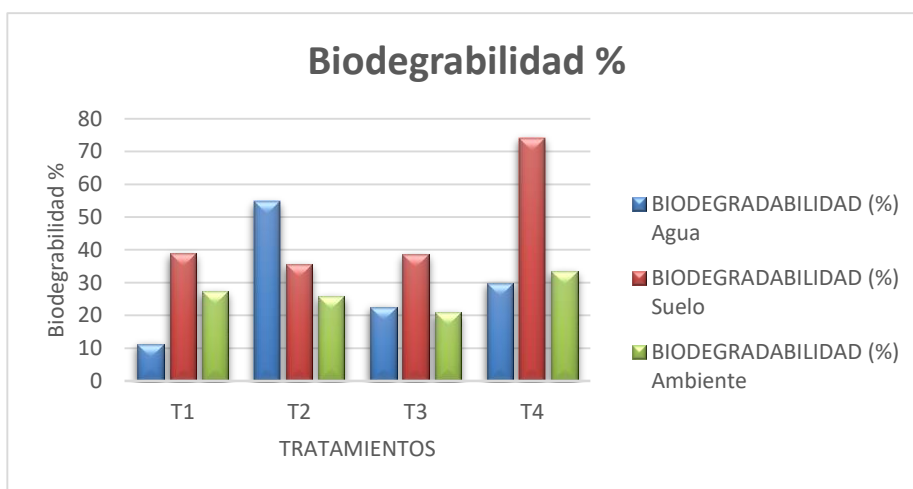


Gráfico 3-3: Porcentaje de biodegradabilidad en diferentes medios

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

Se puede evidenciar que los resultados obtenidos en las pruebas de degradabilidad en los distintos medios fueron favorables, ya que al ser una película plástica que resulta de una componente natural como el almidón de la cascara del jengibre, se descompone en un alto porcentaje, disminuyendo el impacto ambiental. De cada uno de las muestras expuestas a los 3 medios con lo que respecta al suelo, fue el tratamiento 4 que presento 74,031% de degradabilidad. La degradabilidad según la norma INEN 2643:2012 debe llegar al 90% de la descomposición física del material compostable en un tiempo estimado de 6 meses y las películas biodegradables obtenidas ya han alcanzado hasta un 100% de descomposición en 30 días.

3.3.2.3.1. *Biodegradabilidad del bioplástico en condiciones de agua*

Tabla 20-3: Resultados de la biodegradabilidad en condición agua

N.º	Tratamiento	Repetición	Biodegradabilidad (%)
1	T1	R1	5,945
		R2	12,374
		R3	9,711
		R4	15,400
2	T2	R1	54,813
		R2	12,989
		R3	9,121
		R4	13,539
3	T3	R1	22,422
		R2	12,457
		R3	13,180
		R4	12,727
4	T4	R1	29,747
		R2	28,333
		R3	20,391
		R4	36,466

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

Tabla 21-3: Estadística de la biodegradabilidad en agua

Tratamientos	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado
TA1	4,000	10,858	4,016	36,987%	5,945	15,400	9,455	-0,192
TA2	4,000	22,616	21,555	95,310%	9,121	54,813	45,692	1,592
TA3	4,000	15,197	4,826	31,759%	12,457	22,422	9,965	1,614
TA4	4,000	28,734	6,597	22,960%	20,391	36,466	16,075	-0,223
Total	16,000	19,351	12,636	65,300%	5,945	54,813	48,868	2,800

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

La Biodegradabilidad % global del plástico en agua con 16 datos, el valor mínimo es de 5,945% y el máximo de 54,813%, un promedio de 19,351% con una variabilidad de 12,636% con respecto

a su media.

Se presenta una mayor dispersión en los datos para el tratamiento TA2 con un coeficiente de variación de 95,310% y el tratamiento que menos dispersión presenta es TA4 con CV 22,960%.

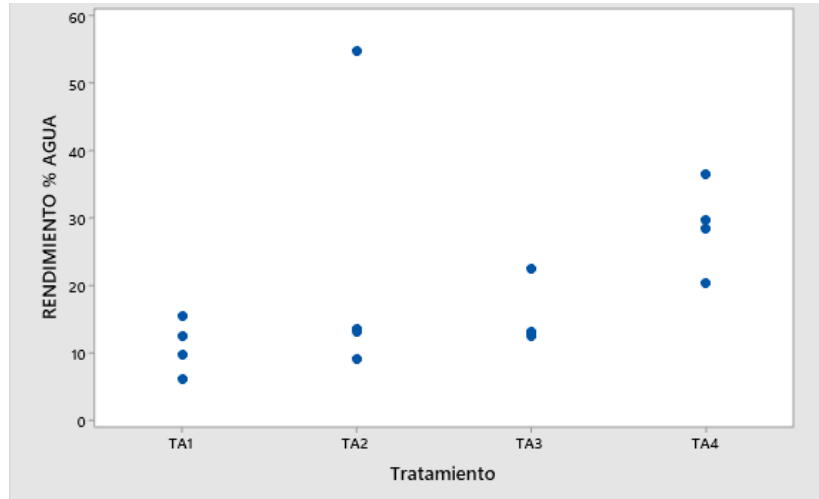


Gráfico 4-3: Dispersión por código de nivel para biodegradabilidad agua

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

ANOVA

$$H_0: \mu_{TA1} = \mu_{TA2} = \mu_{TA3} = \mu_{TA4}$$

$$H_1: \mu_{TA1} \neq \mu_{TA2} \neq \mu_{TA3} \neq \mu_{TA4}$$

Tabla 22-3: ANOVA % biodegradabilidad de agua por tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	752,400	3,000	250,800	1,832	0,195
Intra grupos	1642,700	12,000	136,892		
Total (Corr.)	2395,100	15,000			

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

$$p \leq \alpha \text{ Rechazo } H_0$$

$$0,195 > 0,05 \text{ No rechazo } H_0$$

Al 95% de confianza no se rechaza H_0 que concluyendo así que todas las medias poblacionales de los 4 tratamientos son iguales. No existe una diferencia significativa en el número promedio de biodegradabilidad del plástico en agua en los 4 tratamientos.

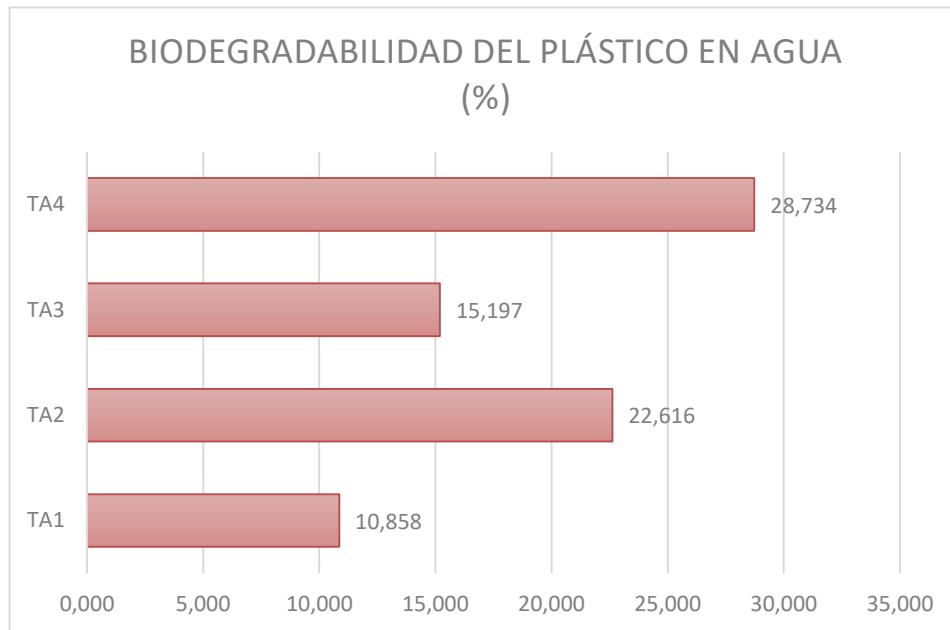


Gráfico 5-3: Porcentaje de biodegradabilidad en agua

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

3.3.2.3.2. *Biodegradabilidad del bioplástico en condiciones de suelo*

Tabla 23-3: Resultados de la biodegradabilidad en condición suelo

N.º	Tratamiento	Repetición	Biodegradabilidad (%)
1	T1	R1	34,198
		R2	35,721
		R3	41,418
		R4	40,681
2	T2	R1	35,580
		R2	35,886
		R3	34,935
		R4	39,459
3	T3	R1	38,507
		R2	45,133
		R3	46,714
		R4	42,411
4	T4	R1	74,032
		R2	66,226
		R3	71,650
		R4	73,118

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

Tabla 24-3: Estadística de la Biodegradabilidad en suelo

Tratamientos	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado
TA1	4,000	38,005	3,583	9,429%	34,198	41,418	7,220	-0,096
TA2	4,000	36,465	2,035	5,581%	34,935	39,459	4,524	1,445
TA3	4,000	43,191	3,593	8,319%	38,507	46,714	8,207	-0,613
TA4	4,000	71,257	3,494	4,904%	66,226	74,032	7,806	-1,268
Total	16,000	47,229	14,843	31,427%	34,198	74,032	39,834	1,813

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

La Biodegradabilidad % global del suelo con 16 datos, el valor mínimo es de 34,198% y el máximo de 74,032%, un promedio de 47,229% con una variabilidad de 14,843% con respecto a su media.

Se presenta una mayor dispersión en los datos para el total con un coeficiente de variación de 31,427%, entre los tratamientos el que más dispersión presenta es el TA1 con CV de 9,429% y el tratamiento que menos dispersión presenta es TA4 con CV 4,904%.

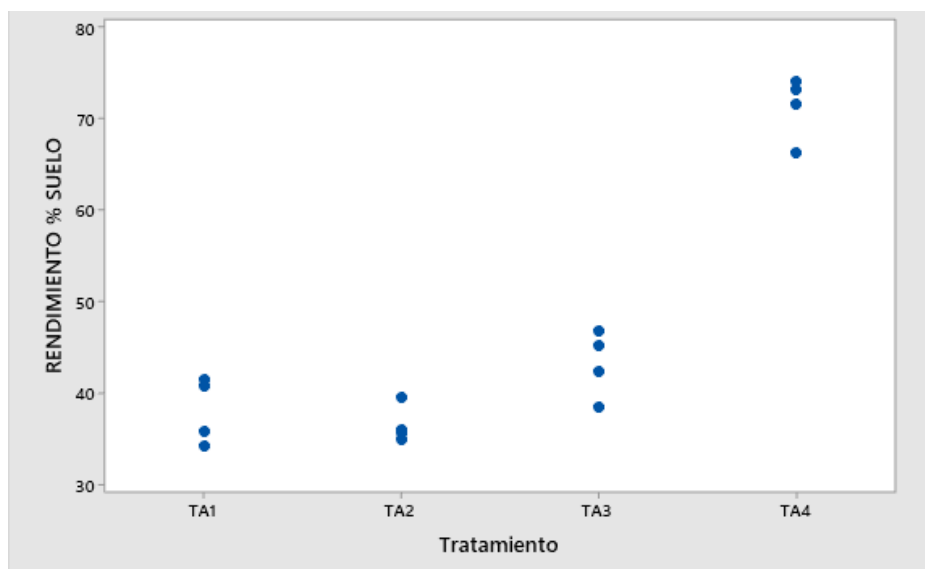


Gráfico 6-3: Dispersión por código de nivel para biodegradabilidad suelo

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

ANOVA

$$H_0: \mu_{TA1} = \mu_{TA2} = \mu_{TA3} = \mu_{TA4}$$

$$H_1: \mu_{TA1} \neq \mu_{TA2} \neq \mu_{TA3} \neq \mu_{TA4}$$

Tabla 25-3: ANOVA % de biodegradabilidad de suelo por tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	3178,300	3,000	1059,433	100,659	0,000
Intra grupos	126,300	12,000	10,525		
Total (Corr.)	3304,600	15,000			

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

$$p \leq \alpha \text{ Rechazo } H_0$$

$$0,000 \leq 0,05 \text{ Rechazo } H_0$$

Al 95% de confianza se rechaza H_0 concluyendo así que al menos 1 media poblacional de los 4 tratamientos es diferente que el resto. Existe una diferencia significativa en el rendimiento promedio de la biodegradabilidad del suelo, al usar los diferentes tratamientos.

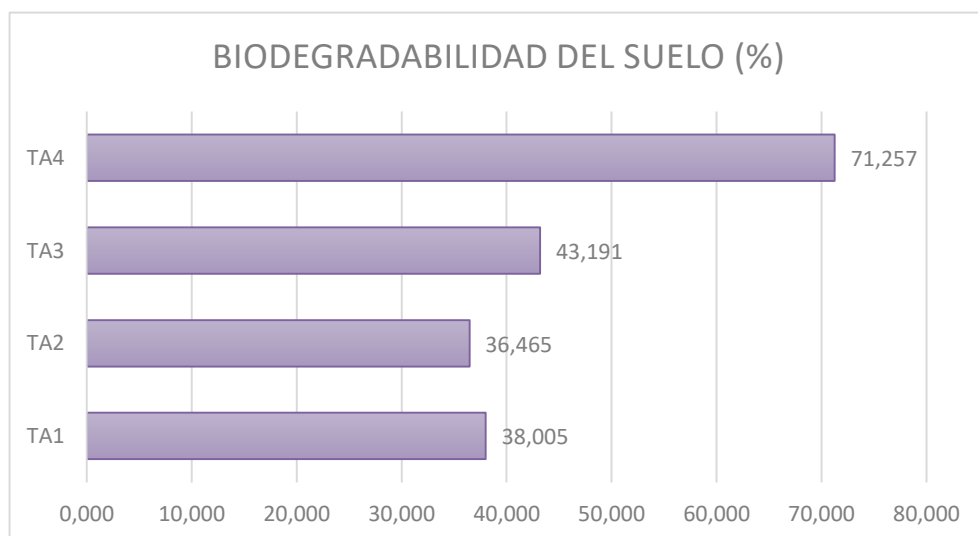


Gráfico 7-3: Porcentaje de biodegradabilidad en suelo

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

3.3.2.3.3. *Biodegradabilidad del bioplástico en condiciones de ambiente*

Tabla 26-3: Resultados de la biodegradabilidad en condición ambiente

N.º	Tratamiento	Repetición	Biodegradabilidad (%)
1	T1	R1	27,308
		R2	27,889
		R3	28,149
		R4	20,737
2	T2	R1	25,196
		R2	25,713
		R3	26,967
		R4	27,892
3	T3	R1	21,281
		R2	21,017
		R3	19,199
		R4	16,313
4	T4	R1	33,452
		R2	40,572
		R3	32,593
		R4	41,010

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

Tabla 27-3: Estadística de la Biodegradabilidad en condición ambiente

Tratamientos	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación	Mínimo	Máximo	Rango	Sesgo Estandarizado
TA1	4,000	26,021	3,540	13,605%	20,737	28,149	7,412	-1,586
TA2	4,000	26,442	1,220	4,612%	25,196	27,892	2,696	0,262
TA3	4,000	19,453	2,289	11,765%	16,313	21,281	4,968	-0,955
TA4	4,000	36,907	4,502	12,199%	32,593	41,010	8,417	-0,019
Total	16,000	27,206	7,040	25,877%	16,313	41,010	24,697	1,030

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

La Biodegradabilidad % global del plástico al ambiente con 16 datos, el valor mínimo es de 16,313% y el máximo de 41,010%, un promedio de 27,206% con una variabilidad de 7,040% con respecto a su media.

Se presenta una mayor dispersión en los datos para el total con un coeficiente de variación de 25,877%, entre los tratamientos el que más dispersión presenta es el TA1 con CV de 13,605% y el tratamiento que menos dispersión presenta es TA2 con CV 4,612%.

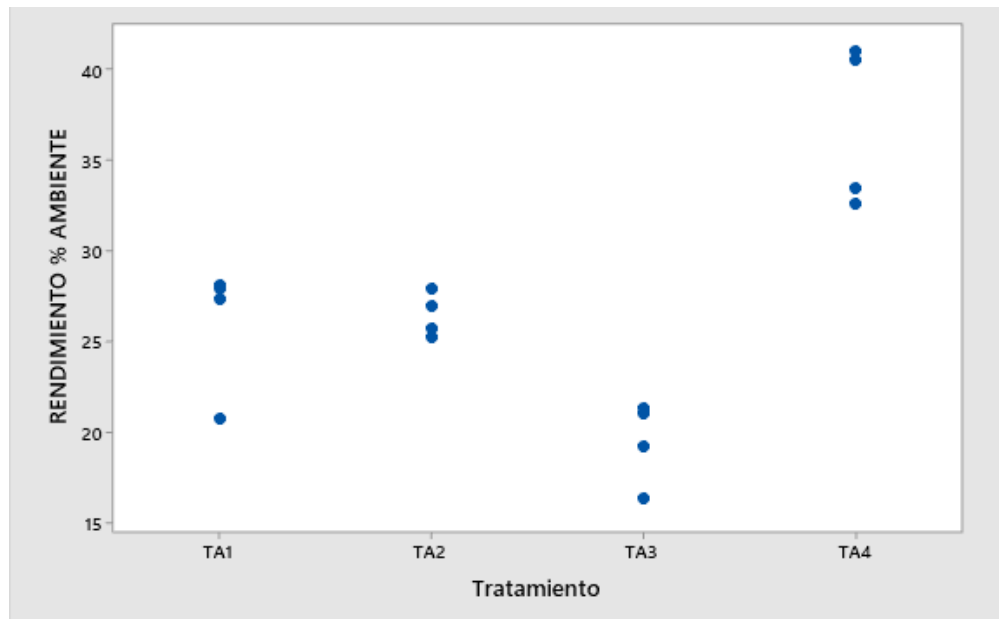


Gráfico 8-3: Dispersión por código de nivel para biodegradabilidad ambiente

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

ANOVA

$$H_0: \mu_{TA1} = \mu_{TA2} = \mu_{TA3} = \mu_{TA4}$$

$$H_1: \mu_{TA1} \neq \mu_{TA2} \neq \mu_{TA3} \neq \mu_{TA4}$$

Tabla 28-3: ANOVA para % biodegradabilidad ambiente por tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	624,800	3,000	208,267	21,073	0,000
Intra grupos	118,600	12,000	9,883		
Total (Corr.)	743,400	15,000			

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

$$p \leq \alpha \text{ Rechazo } H_0$$

$$0,000 \leq 0,05 \text{ Rechazo } H_0$$

Al 95% de confianza se rechaza H_0 concluyendo así que al menos 1 media poblacional de los 4 tratamientos es diferente que el resto. Existe una diferencia significativa en el rendimiento promedio de la biodegradabilidad del plástico en ambiente, al usar los diferentes tratamientos.

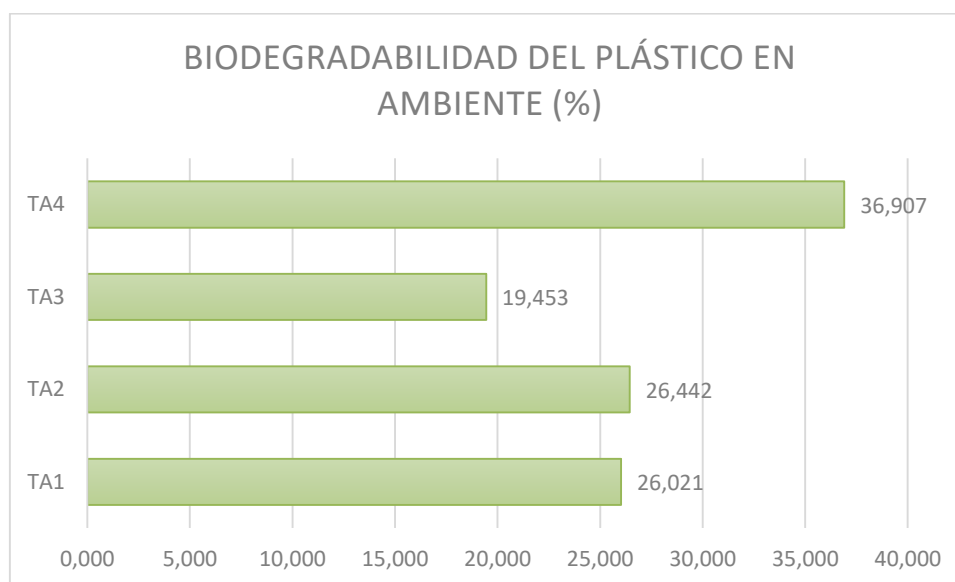


Gráfico 9-3: Biodegradabilidad en condición ambiente

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

3.3.2.4. Ensayo de tracción del bioplástico

En la tabla 16-3, podemos mirar los resultados obtenidos del ensayo realizado para conocer la tracción del bioplástico.

Tabla 29-3: Resultados del ensayo de tracción del bioplástico

No.	Tratamiento	Módulo De Elasticidad (MPa)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Esfuerzo De Fluencia (MPa)	Elongación(%)
1	TG1	1,267	0,967	0,433	22,86
2	TG2	2,132	0,47	0,27	23,64
3	TG3	1,186	0,10	0,06	8,04
4	TG4	5,845	4,449	2,308	25,71

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022

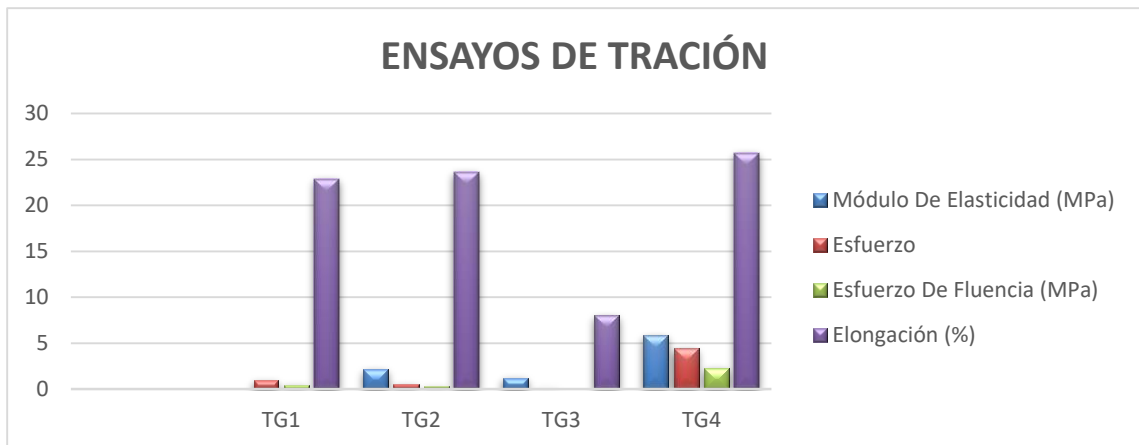


Gráfico 10-3: Resultados del ensayo de tracción del plástico biodegradable

Elaborado por: Paredes Lizeth, 2022.

El que presenta un módulo de elasticidad alto de acuerdo a los resultados obtenidos, es en el tratamiento 4 con un valor de 5,845 MPa y su esfuerzo máximo de 4,449 MPa, al cotejar con los datos obtenidos por Charro (2015, p.60), el cual obtuvo en uno de los tratamientos un módulo de 7,60 MPa hace mención a que la resistencia será menor que el módulo de elasticidad. Respecto a los tratamientos 1, 2 y 3 presentaron módulos de elasticidad menores a los 2,60 MPa. Por otro lado, la elongación en el tratamiento 4 es superior con un valor de 25,71% a diferencia de los demás tratamientos, por lo que se deduce que el mejor tratamiento es el 4 ya que presenta valores altos con respecto a la resistencia y elongación del mismo.

3.4. Prueba de Hipótesis

3.4.1. Prueba de Hipótesis General

Al procesar el almidón proveniente de las cáscaras de jengibre (*Zingiber officinale*) variando las condiciones con reactivos que cumplen la función de plastificantes, humectantes, espesantes y desmoldantes, es posible la obtención de láminas de bioplástico que poseen características similares a los plásticos tradicionales en base a las normativas planteadas. Se comprueba después de realizar ensayos de caracterización que el plástico formulado es óptimo para su uso en la industria en sus diferentes aplicaciones.

3.4.2. Prueba de Hipótesis específica 1

El almidón obtenido posee propiedades que generan la buena calidad del plástico biodegradable elaborado y esto pudo ser comprobado a los ensayos realizados con el mismo luego de haber determinado el método de extracción adecuado para nuestra materia prima. La caracterización del almidón se rige según algunas normativas sin embargo la mayoría fueron basadas en la normativa

INEN 1456. Las pruebas realizadas fueron el PH, solubilidad, humedad, cenizas, temperatura de gelatinización y también un análisis microbiológico para hacer mención a la inocuidad del mismo.

3.4.3. Prueba de Hipótesis específica 2

Las combinaciones tanto de almidón como aditivos son los adecuados para la obtención del bioplástico. Para la aplicación de almidón extraído en la formulación de películas bioplásticas se realizó pruebas como pH, humedad, ceniza, punto de gelatinización e índice de solubilidad, como aditivos se utilizó glicerina como plastificante, consiguiendo mejorar las propiedades físico-mecánicas y ácido acético que reduce la naturaleza hidrofílica del almidón. Las características del bioplástico obtenido fueron: formación de películas, transparencia, fácil moldeo y estabilidad. (Acosta, 2018) obtuvo en su investigación un bioplástico a base de papa con similares características al obtenido en la presente investigación menciona que el bioplástico presentó resistencia, firmeza y de buen aspecto cuando en la mezcla se adiciona mayor cantidad de agua y menor cantidad almidón.

3.4.4. Prueba de Hipótesis específica 3

Mediante la elaboración del diseño factorial se elaboró los 4 tratamientos con lo que respecta al plástico biodegradable, mismo que presenta excelentes resultados en las diferentes pruebas de ensayo realizados que permitió conocer la calidad del plástico. La degradabilidad del mismo resultado eficiente ya que mediante el análisis de investigaciones realizadas anteriormente verifican que los porcentajes de degradabilidad se encuentran dentro de dichos valores obtenidos. Sin embargo, se resalta que la degradabilidad en el suelo es mayoritaria a los demás medios como son el agua y el ambiente. Las pruebas de tracción propicia que los tratamientos poseen gran resistencia ya que esto se verifica a la elongación que presenta y al esfuerzo máximo de los mismos.

CONCLUSIONES

Se obtuvo apropiadamente un plástico biodegradable en su totalidad en un lapso de 5 semanas en los tres medios como son el agua, suelo y ambiente. Determinándose la viabilidad del aprovechamiento de la cáscara de jengibre (*Zingiber officinale*) para la obtención del mismo.

El almidón de jengibre extraído se encuentra dentro de los parámetros establecidos en la norma INEN-1456 teniendo las siguientes características pH de 6.676, el porcentaje de residuos de calcinación o también conocida como ceniza es de 0.1166 %, y con una temperatura de gelatinización de 72 °C. Asimismo, se demostró con el estudio de la amilosa y amilopectina y el análisis microbiológico que el almidón se encuentra dentro de los parámetros de la normativa.

Mediante la ejecución de extracción del almidón por vía húmeda se determina que es el método adecuado para la extracción del mismo, este involucra procesos unitarios de reducción de tamaño, filtración, sedimentación, decantación y secado. Las formulaciones óptimas del bioplástico, se realizó con 2 y 3 g de almidón de cascara de jengibre, 1 y 1,5 ml de plastificante, 35 ml de solvente y 5 ml de ácido acético.

Para la obtención del bioplástico se realizaron 4 tratamientos que fueron analizados a través de la ejecución de ensayos para conocer la calidad que dichos materiales presentan. En los 4 tratamientos el espesor no logró una variación considerable teniendo un promedio de 0.132 mm., con relación a la humedad el T3 obtiene un mayor porcentaje con un valor de 24.32%. mientras que el T2 presento un porcentaje menor con un valor de 19.24%. En la solubilidad, el que obtuvo mayor porcentaje fue el T2 con un valor de 44.55%. La degradabilidad en los plásticos en el suelo fue mayoritaria, ya que el T4 logro alcanzar un porcentaje de 74,031%. Respecto a las pruebas de tracción la elongación mostrada fue alta en cada uno de los tratamientos, ya que 3 de los 4 obtuvieron más del 22 % de elongación. Dichos resultados hacen mención a que los plásticos obtenidos son de buena calidad.

RECOMENDACIONES

- Al extraer la cascara de la materia prima empleada se hace duro, por lo que se dificulta el pelado del mismo, cabe indicar que al hacer uso de la cascara de jengibre el tono del almidón es ligeramente opaco por lo que el plástico al ser elaborado su tonalidad también difiere.
- Cuando se realiza el proceso de extracción del almidón por vía húmeda, como residuo se genera una gran cantidad de pulpa, por lo tanto, se puede elegir procesar dichos residuos para el ámbito alimenticio por cuanto se conoce que el jengibre es utilizado como condimento en alimentos; realizando un correcto tratamiento y proceso basándose en la inocuidad del mismo puede ser utilizado nuevamente este producto.
- La glicerina es el plastificante comúnmente utilizado, por lo tanto, se sugiere hacer uso de otros plastificantes como los aceites epoxidados, para conocer si las propiedades del plástico varían permitiendo el mejoramiento del mismo.
- Es recomendable en el proceso de la formulación, se realice todas las combinaciones posibles ya que de esta forma se podrá determinar más fácilmente el valor de las variables a emplearse en el diseño factorial.

BIBLIOGRAFÍA

AMORIM SANTOS, Taline. Desarrollo y caracterización de bioplásticos basados de almidón de jaca con incorporación de lisozima. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad estatal del suroeste de Bahía – UESB, Bahía, Brasil. 2015. pp.30-54. [Consulta: 2021-03-05]. Disponible en: https://hugepdf.com/download/desenvolvimento-e-caracterizaao-de-bioplasticosa-base-de-5b0b793784bd2_pdf

ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T., *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea]. Roma-Italia, 2020. [Consulta: 14 enero 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1028s/a1028s03.pdf>.

BRITO, H., BASANTES, A.R. y HUACHO, I., “Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (manihot esculenta crantz)”. *Research Gate* [en línea], 2021, (Ecuador) 7(1), pp.216-232. [Consulta: 25 febrero 2021]. DOI 10.23857/dc.v7i1.1701. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/8385890.pdf>

BRITO, H. y CHUIZA, M., “Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza”. *ResearchGate* [en línea], 2020, (Ecuador) 6(2), pp. pp. 981-994. [Consulta: 10 febrero 2020]. DOI 10.23857/dc.v6i3.1261. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_del_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza

CAICEDO DUARTE, MILENA VALERIA. Incidencia de la adición de óxido de grafeno en el mejoramiento de las propiedades mecánicas del bioplástico obtenido de jengibre (*Zingiber officinale*). [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba. 2022. pp.30-54. [Consulta: 2021-03-05]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17752/1/96T00795.pdf>

CALAN, A., *Decantación Química*. [en línea]. 2020. [Consulta: 19 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/20202347/Decantacion_QUIMICA.

CERDÁN MARTÍNEZ, JORGE; MOYA ROMERO, OMAR; VITORIA GARCÍA, JUAN EDUARDO. *Obtención de plásticos biodegradables a partir de glicerina*. [en línea]. Albacete-España. 2019. [Consulta: 19 diciembre 2020]. Disponible en: <https://bioplásticos.ies-ramonycajal.com/wp-content/uploads/2019/03/MEMORIA-PROYECTO>

BIOPL%C3%81STICO-2.pdf

COBANA, M.; ANTEZANA, R. “Proceso de extracción de almidón de yuca por vía seca”. *Revista Boliviana de Química*, [en línea], 2007, (Bolivia) 24(1), p. 78-84. [Consulta: 19 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.bo/pdf/rbq/v24n1/v24n1a14.pdf>

COLINA, L. *Reducción de tamaño de alimentos*. [en línea]. México, 2016. [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: https://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/red_tam_solidos_intro.pdf

CONTRERAS GARCÍA, STEEVEN DAVID. Efectos del glicerol en restauraciones de resina compuesta. [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de Licenciatura). Universidad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador. 2021. p.06. [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/56278/1/3803CONTRERASsteve.pdf>

CONTRERAS-CAMACHO MONICA, E. *Empaques activos para conservación de alimentos en base de formulaciones poliméricas*. [en línea]. Coahuila, México, 2018. [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.cienciacierta.uadec.mx/articulos/cc56/Empaques.pdf>

CHARIGUAMÁN, JIMMY A. Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.). [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano, Honduras. 2015, pp.20-21. [Consulta: 18 febrero 2022]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/06a5dc04-9bc7-4253-a0ad30c4c6c160be/content>

CHARRO ESPINOSA, MÓNICA MARGARITA. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. [En línea] (Trabajo de titulación). (Tesis de Licenciatura). UCE. Quito-Ecuador. 2015. p.60. [Consulta: 19 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

ENRIQUEZ, M; VELASCO, R. y & ORTIZ, V., “Composición Y Procesamiento De Películas Biodegradables Basadas En Almidón”. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [en línea], 2012, (Perú) 10(1), pp. 182-192. [Consulta: 19 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.academia.edu/download/56986641/almidon.pdf>

ESCOBAR, D., et al. 2009. “Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo”. Revista del Laboratorio Tecnológico del Uruguay. [en línea], 2009, (Uruguay) 1(4), pp. 33- 35. [Consulta: 19 diciembre 2020]. Disponible en: <https://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEK/article/download/51/42>

EUROPEAN BIOPLASTICS, *what are bioplastics?* [en línea]. Berlín-Alemania, 2018. [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP_FS_What_are_bioplastics.pdf.

FRED TACKER. *ASTM D1653-93*: [en línea]. Massachusetts-USA, 2020. [Consulta: 14 enero 2020]. Disponible en: <https://www.warrenenviro.com/wp-content/uploads/2020/07/ASTM-D1653-Water-Vapor-Transmission-of-Organic-Coating-Films.pdf>

GARCÍA, A., *Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz*. [en línea]. Santa Tecla-El Salvador, ITCA Editores, 2016. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>

GRANADOS, Clemente, et al. “Propiedades funcionales del almidón de sagu (Maranta arundinacea)”. Biotecnología en el sector agropecuario y agroindustrial [en línea], 2014, (Colombia) 12(2), pp. 90-96. [Consulta: 20 noviembre 2022]. ISSN 1692-3561, Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612014000200010

GUAMÁN BRAVO, JENNY MARCELA. Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cascaras de papa para su aplicación industrial. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador. 2019. pp. 21. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>

HOLGUIN CARDONA, JUAN SEBASTIAN. Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Fundación Universidad de América. Bogotá, Colombia, 2019. pp.24-25. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <http://52.0.229.99/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>

INNOTEK. “Revista anual del Laboratorio Tecnológico del Uruguay”. Innotec [en línea], 2009, (Uruguay) 1(4), p.3. [Consulta: 21 diciembre 2021]. ISSN 1510-6593. Disponible en: https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1442

INEN 2635. MÉTODO DE ENSAYO PARA LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LÁMINAS PLÁSTICAS DELGADAS. [en línea]. Quito-Ecuador, 2012. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>

LABORDE NÚÑEZ, ANGIE KARINA. Caracterización agro-socioeconómica del cultivo de jengibre (*Zingiber officinale*) y su contribución al empleo en el Recinto Cuatro Mangas del Cantón Buena Fe. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). UTEQ. Quevedo, Ecuador, 2019. pp.1. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3857/1/T-UTEQ-0043.pdf>

LAMOREAUX, R.J. y NEWLAND, L.W., “The fate of organophosphorus pesticides in the environment”. *Biological Conservation*, 1977, (USA) 11(1), pp. 59-66. ISSN 00063207. DOI 10.1016/0006-3207(77)90028-3. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0006320777900283?via%3Dihub>

MARÍN, A., ROSARIO, Y., DE, T., VERSOZA, E. P. y MAGDALENA, L., *Análisis de la percepción del usuario en el uso de plásticos biodegradables en la zona norte de la ciudad de Guayaquil.* [en línea]. Guayaquil, Ecuador, 2019. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/issue/view/150>

MARIN, J., *Química del almidón.* [en línea]. Anzoátegui, Venezuela, 2016. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/21607198/Química_del_almidón.

MARTÍN, I., SALCEDO, R. y FONT, R., *Operaciones separación sólido-fluido* [en línea]. California, Estados Unidos, 2018. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/11/tema5_operaciones_separacion.pdf

MENOSCAL, R.& y RODRIGUEZ, E., Elaboración de láminas biodegradables a partir de los residuos del almidón de yuca (*Manihot esculenta*). [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí “Manuel Félix López” Manabí, Ecuador, 2017. pp. 50. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/623/1/TMA141.pdf>.

MEZA, P., QUIPUZCO, L. y MEZA, V. “Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad - Proyecto de laboratorio” *Rev. del Instituto de Investigación* [en línea], 2019 (Perú) 22(43), pp. 67-80. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Issn-l:1561-0888 Disponible en: <https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/iigeo/article/view/16691/14254>

MONROY-ARELLANO, Mitzi Rub, et al. “Modificación química de almidones mediante reacciones de esterificación y su potencial uso en la industria cosmética”. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica, [en línea], 2020 (Venezuela) 39(5), p. 620-629. [Consulta: 30 noviembre 2020]. ISSN: 0798-0264 Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/559/55965386017/55965386017.pdf>

MORENO-BUSTILLOS, ÁNGEL ISSAC, 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: 9 diciembre 2020]. ISSN 1665-0441. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/461/46154070021.pdf>

MORILLAS, A.V., VALDEMAR, R.M.E., VILLAVICENCIO, M.B. y PÉREZ, M.V., *Bioplásticos y plásticos degradables* [en línea]. 2015. S.l.: s.n. Disponible en: http://biblioteca.anipac.mx/wp-content/uploads/2016/10/0046_Bioplasticos_Y_Plasticos_Degradables.pdf

NARVÁEZ GUERRERO, MARÍA ALEJANDRA, ET AL. Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). USFQ, Quito, Ecuador, 2016. pp.9. [Consulta: 9 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.atida.com/es-es/blog/diccionario-farmacia/que-es-la-glicerina-para-que-sirve/>

NATUREPLAST, Historia de los bioplásticos. [blog]. Francia, 2020. [Consulta: 9 diciembre 2020]. Disponible en: <http://natureplast.eu/es/el-mercado-de-los-bioplasticos/historia-de-los-bioplásticos/>

NIVELO ZHAGÑAY, BRITT DIANA. Obtención de un plástico biodegradable a partir del almidón de jengibre (*Zingiber officinale*) para su uso en el embalaje de alimentos. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2021. pp. 49. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/16764/1/96T00684.pdf>

NTE INEN 1456. MANTEQUILLAS. REQUISITOS. [en línea]. Quito-Ecuador, 2012. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_161.pdf

PCC. Ácido acético: propiedades y aplicaciones únicas. [blog]. USA, 2021. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <https://www.products.pcc.eu/es/blog/acido-acetico->

propiedades-y-aplicaciones-unicas/

ONU MEDIO AMBIENTE, *El estado de los plásticos: Una hoja de ruta para la sostenibilidad*. [en línea], New York, USA, 2018. [Consulta: 9 enero 2022]. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state_plastics_WED_SP.pdf?sequence=5&isAllowed=y

OSCULLO CATTANI, P.Á. Consumo excesivo de el jengibre. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad San Francisco de Quito. Quito, Ecuador, 2017. pp. 136. [Consulta: 18 enero 2022]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1237/1/101833.pdf>

ORTIZ, SANDRA PASCOE; ARCE, MICHELLE MENDOZA. Nopal como base para elaborar plástico biodegradable. [en línea], Guadalajara-México. Opuntia, 2021. [Consulta: 21 febrero 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Liberato-Portillo/publication/354517702_Opuntia_Aportaciones_a_su_conocimiento_y_aprovechamiento/links/613c09ec4e1df271062ada03/Opuntia-Aportaciones-a-su-conocimiento-y-aprovechamiento.pdf#page=109

PARRA, J. OBTENCIÓN DE BIOFILM A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) Y DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) COMO ALTERNATIVA AL USO DE MATERIAL PLÁSTICO DERIVADO DE PETRÓLEO. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba, Ecuador, 2019. pp.59. [Consulta: 21 febrero 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/13808/1/96T00573.pdf>

PLATINETTI, L.A., PORCAL RUIZ, M.N. y SANCHEZ, R.M. Galletas a Base de Harina de Trigo Enriquecidas con Extracto de Jengibre rico en Polifenoles. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina, 2016. pp.15. [Consulta: 21 diciembre 2021]. Disponible en: <https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4614/Informe%20FINAL%20Tesis%20Jengibre.pdf?sequence=1>

REACTIVOS QUÍMICA MEYER. *Agua Destilada* [en línea]. EcuRed, 2015. [Consulta: 21 febrero 2022]. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Agua_destilada.

RIERA, M. “OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ

(Zea mays L.)". Revista Colón Ciencias, Tecnología Y Negocios. [en línea], 2019 (Ecuador) 7(1), pp. 1-11. [Consulta: 18 febrero 2022]. ISSN: 2313-7819. Disponible en: https://revistas.up.ac.pa/index.php/revista_colon_ctn/article/view/1134.

ROSELLA, M.A., DE PFIRTER, G.B. y MANDRILE, E.L. "Jengibre (Zingiber officinale Roscoe, Zingiberaceae): Etnofarmacognosia, cultivo, composición química y farmacología". Acta Farmacéutica Bonaerense [en línea], 2009 15 (1), pp. 38. [Consulta: 14 diciembre 2020]. ISSN 03262383. Disponible en: http://www.latamjpharm.org/trabajos/15/1/LAJOP_15_1_2_1_90QQX1W51C.pdf.

RUILOBA, IVANOVA, ET AL. "Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango". Revista de iniciación científica, [en línea], 2018 (Panamá) 4, pp.28-32. [Consulta: 18 febrero 2022]. Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/download/1815/2625>

RUIZ AVILÉS, G. Polímeros Biodegradables a partir de almidón de yuca. [En línea] (Trabajo de titulación). (Pregrado). Universidad Eafit. Medellín, Colombia. 2018, pp.97. [Consulta: 18 febrero 2022]. Disponible en: https://repository.eafit.edu.co/bitstream/handle/10784/7364/Gladys_RuizAviles_2005.pdf?sequence=2&isAllowed=y

RUIZ, G. "Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de Yuca". Ingeniería y Ciencia. [en línea], 2016, (Colombia) 2(4), pp. 9-10. [Consulta: 3 diciembre 2020]. ISSN 1794-9165. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/835/83520401.pdf>

SMINK, V. *Argentina: Crean un plástico a base de maíz y mandioca.* [en línea], Plata-Argentina: BBC Mundo, 2020. [Consulta: 3 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2010/11/101129_argentina_plastico_biodegradable_maiz_mandioca_rb

SOUZA, A.T. De, TADINI, C.C., ESTEVES, P., AUGUSTO, D. y PRINCIPAL, C. "Ozonización del almidón de yuca para producir películas biodegradables". Revista Internacional de Macromoléculas Biológicas. [en línea], 2020, (Brasil) 141(1) pp. 713-720. [Consulta: 10 de Febrero 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813019364852?via%3Dihub>

TOBARRA. *INSTRUCCIONES DE USO DE LA BALANZA PARA MEDICIÓN DE HUMEDAD.* [en línea], Albacete-España: PCE Ibérica S.L, 2018. [Consulta: 10 de Febrero 2022]. Disponible en: <https://www.pce-iberica.es/manuales/manual-balanza-humedad-pce-mb.pdf>

TORRES, A. y ACU, O. “Aprovechamiento de las propiedades funcionales del jengibre (*zingiber officinale*) en la elaboración de condimento en polvo, infusión filtrante y aromatizante para quema directa”. *Revista Politécnica*. [en línea], 2018 (Ecuador) 29(1), pp. 60- 69. [Consulta: 10 de Febrero 2022]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4343/1/RP-No.29%288%29.pdf>

VILLALOBOS, MARÍA, ET AL. *Obtención de almidón a partir de los residuos de papa del mercado Abastos*. [en línea], Jalisco-México: Handbook, 2014. [Consulta: 10 de Febrero 2022]. Disponible en: https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20T-V/Articulo_25.pdf

ZAMBRANO-BLANCO, E. “Diversidad genética del jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe.) A nivel molecular: Avances de la última década”. *Entramado*. [en línea], 2018 (Colombia) 11(2), pp. 190-199. [Consulta: 10 de Febrero 2022]. ISSN 19003803. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/entra/v11n2/v11n2a13.pdf>

ZEAPLAST. *Plásticos biodegradables: historia de los bioplásticos*. . [en línea], Coronel-Chile, 2020. [Consulta: 30 de mayo 2022]. Disponible en: <http://www.zeaplast.cl/plasticos-biodegradables/historia-de-los-bioplasticos+-20#:~:text=En 1976 la compañía británica, el primer plástico totalmente biodegradable. &text=De los llamados bioplásticos compostables, es el de mayorproducció>



ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE LA CASCARA DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA



(a)



(b)



(c)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS CARRERA DE INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL REALIZADO POR: Lizeth Paredes	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE LA CASCARA DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Obtención de la materia prima b) Pesaje de la materia prima. c) Proceso de caracterización de la cáscara de jengibre.	APROBADO CERTIFICADO INFORMACIÓN POR CALIFICAR POR APROBAR POR CALIFICAR		1	1:1	2022/11/28

CONTINUACION DE ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE LA CASCARA DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA



(d)



(e)



(f)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS CARRERA DE INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL REALIZADO POR: Lizeth Paredes	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE LA CASCARA DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
d) Proceso de licuefacción. e) Proceso de filtrado. f) Proceso de sedimentación.	APROBADO ■ CERTIFICADO INFORMACIÓN POR CALIFICAR POR APROBAR POR CALIFICAR		2	1:1	2022/11/28

CONTINUACION DE ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE LA CASCARA DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA



(g)



(h)



(i)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS CARRERA DE INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL REALIZADO POR: Lizeth Paredes	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE LA CASCARA DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
g) Proceso de secado. h) Proceso de tamizado. i) Almidón obtenido.	APROBADO ■ CERTIFICADO INFORMACIÓN POR CALIFICAR POR APROBAR POR CALIFICAR		3	1:1	2022/11/28

ANEXO B: CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE



(a)



(b)



(c)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS CARRERA DE INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL REALIZADO POR: Lizeth Paredes	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Solubilidad del almidón. b) Determinación del pH del almidón. c) Determinación de la humedad del almidón.	APROBADO <input checked="" type="checkbox"/> CERTIFICADO INFORMACIÓN POR CALIFICAR POR APROBAR POR CALIFICAR		4	1:1	2022/11/28

CONTINUACION ANEXO B: CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE



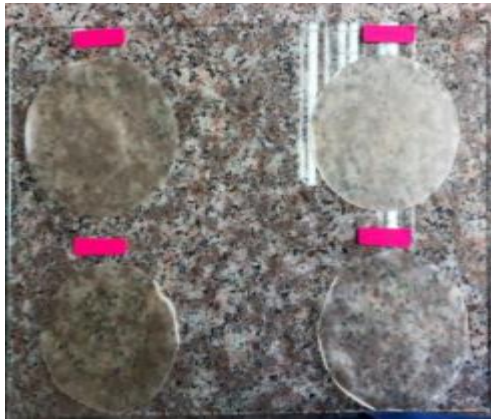
(d)



(e)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS CARRERA DE INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL REALIZADO POR: Lizeth Paredes	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
d) Prueba de cenizas. e) Densidad aparente.	APROBADO ■ CERTIFICADO INFORMACIÓN POR CALIFICAR POR APROBAR POR CALIFICAR		5	1:1	2022/11/28

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS



(a)



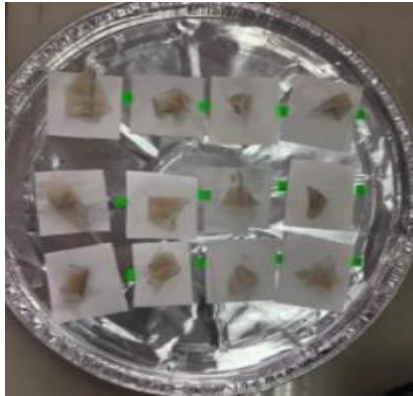
(b)



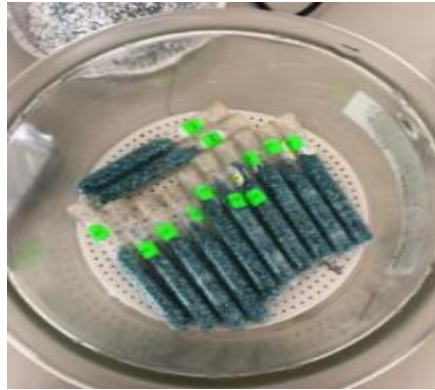
(c)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS CARRERA DE INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL REALIZADO POR: Lizeth Paredes	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
a) Bioplástico obtenido. b) Determinación de espesor del bioplástico. c) Prueba de humedad.	APROBADO <input checked="" type="checkbox"/> CERTIFICADO INFORMACIÓN POR CALIFICAR POR APROBAR POR CALIFICAR		6	1:1	2022/11/28

CONTINUACION ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS



(d)



(e)



(f)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS CARRERA DE INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL REALIZADO POR: Lizeth Paredes	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
d) Prueba de solubilidad. e) Prueba de permeabilidad. f) Muestra de prueba de tracción.	APROBADO ■ CERTIFICADO INFORMACIÓN POR CALIFICAR POR APROBAR POR CALIFICAR		7	1:1	2022/11/28

CONTINUACION ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS



(g)



(h)



(i)



(j)

NOTAS	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA	ESPOCH FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS CARRERA DE INGENIERIA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL REALIZADO POR: Lizeth Paredes	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
<p>g) Prueba de tracción. h) Prueba de degradabilidad en agua. i) Prueba de degradabilidad en suelo. j) Prueba de degradabilidad al ambiente.</p>	<p>APROBADO ■ CERTIFICADO INFORMACIÓN POR CALIFICAR POR APROBAR POR CALIFICAR</p>		8	1:1	2022/11/28



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: 10 / 04 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Lizeth Viviana Paredes Machuca
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería en Biotecnología Ambiental
Título a optar: Ingeniera en Biotecnología Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo



0425-DBRA-UPT-2023