



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**OBTENCIÓN DE UN PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR
DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE (*Zingiber officinale*) PARA SU USO
EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS**

Trabajo de Integración curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: BRITT DIANA NIVELÓ ZHAGÑAY

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA PhD.

Riobamba - Ecuador

2021

©2021, Britt Diana Niveló Zhagñay

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, Britt Diana Niveló Zhagñay 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, 17 de septiembre del 2021.



Britt Diana Niveló Zhagñay
030270679-1

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: Trabajo de Integración Curricular:
Tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE UN PLASTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE (*Zingiber officinale*) PARA SU USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS** realizado por la señorita: **BRITT DIANA NIVELLO ZHAGÑAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA	FECHA
Ing. Danielita Fernanda Borja Mayorga MSc. PRESIDENTE DE TRIBUNAL	2021-09-17
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	2021-09-17
Ing. Silvana Paola Ocaña Coello MSc. MIEMBRO DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	2021-09-17

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mi familia que han sido el pilar fundamental durante mi trayectoria universitaria. A mi padre David Niveló que con su ejemplo me ha enseñado que todo esfuerzo tiene su recompensa y que con sus consejos supo llevarme por el mejor de los caminos. A Katherine Figueroa que ha sido como una madre que ha estado apoyándome en cada decisión que he tomado, que con sus consejos y regaños me ha convertido en una mujer de bien. A mis hermanos que me han sacado una sonrisa en los momentos más difíciles y emotivos de mi vida.

Britt N.

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 y a mi colaboradora Ing. Paola Ocaña por el apoyo incondicional en el desarrollo del presente trabajo mediante sus asesorías y tiempo empleado.

A mis amigos “los mijines” y Oscar 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 e Escuela de Ingeniería Química por brindarme una educación de excelencia, formando como un buen profesional.

Britt N.

TABLA DE CONTENIDOS

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

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Antecedentes de la investigación.....	2
1.2. Marco conceptual o Glosario.....	4
1.2.1. <i>Jengibre</i>.....	4
1.2.1.1. <i>Definición</i>.....	4
1.2.1.2. <i>Clasificación Taxonómica</i>.....	4
1.2.1.3. <i>Composición Química</i>.....	5
1.2.2. <i>Almidón</i>.....	5
1.2.3. <i>Extracción del almidón</i>.....	6
1.2.3.1. <i>Extracción de almidón en cereales</i>.....	6
1.2.3.2. <i>Extracción de almidón en tubérculos y raíces</i>.....	6
1.2.3.3. <i>Extracción del almidón de jengibre</i>.....	7
1.2.4. <i>Operaciones unitarias empleadas en la obtención del almidón</i>.....	7
1.2.4.1. <i>Lavado y pelado</i>.....	7
1.2.4.2. <i>Proceso de reducción de tamaño</i>.....	8
1.2.4.3. <i>Filtración</i>.....	8
1.2.4.4. <i>Sedimentación</i>.....	8
1.2.4.5. <i>Decantación</i>.....	8
1.2.4.6. <i>Secado</i>.....	8
1.2.5. <i>Gelatinización</i>.....	9
1.2.6. <i>Bioplásticos</i>.....	9
1.2.6.1. <i>Plásticos biobasados</i>.....	9
1.2.6.2. <i>Plásticos biodegradables</i>.....	9
1.2.7. <i>Elementos para la elaboración del bioplástico</i>.....	10

1.2.7.1.	<i>Agua destilada</i>	10
1.2.7.2.	<i>Plastificante</i>	10
1.2.7.3.	<i>Ácido acético</i>	10

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	11
2.1.1.	Objetivos de la investigación	11
2.1.2.	<i>General</i>	11
2.1.3.	<i>Específicos</i>	11
2.2.	Planteamiento de las Hipótesis	11
2.2.1.	<i>Hipótesis General</i>	11
2.2.2.	<i>Hipótesis específicas</i>	11
2.3.	Identificación de Variables	12
2.4.	Operacionalización de Variables	13
2.5.	Matriz de consistencia	14
2.6.	Tipo y diseño de investigación	16
2.6.1.	<i>Tipo de investigación</i>	16
2.6.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	16
2.7.	Unidad de análisis	18
2.8.	Población de estudio	18
2.9.	Tamaño de muestra	19
2.10.	Selección de muestra	19
2.11.	Técnicas de recolección de datos	20
2.11.1.	<i>Pruebas físico químicas del almidón de jengibre</i>	20

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	27
3.1.	Datos	27
3.1.1.	<i>Determinación del método adecuado para la extracción del almidón</i>	28
3.1.1.1.	<i>Datos obtenidos mediante el método de la vía húmeda</i>	28
3.1.1.2.	<i>Datos obtenidos mediante el método de la vía seca</i>	29
3.1.2.	<i>Determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas del jengibre y almidón</i>	31
3.1.3.	<i>Pre pruebas para la elaboración del plástico biodegradable</i>	32
3.1.3.1.	<i>Determinación de la concentración del almidón</i>	32
3.1.3.2.	<i>Determinación de la concentración del plastificante</i>	32

3.1.3.3.	<i>Datos obtenidos del analisis preliminar del plástico biodegradable</i>	35
3.1.4.	<i>Datos para determinar las propiedades mecánicas, físicas y biodegradables</i>	36
3.1.4.1.	<i>Datos de espesor del plástico biodegradable</i>	36
3.1.4.2.	<i>Datos obtenidos del ensayo de humedad del plástico biodegradable</i>	38
3.1.4.3.	<i>Datos obtenidos del ensayo de solubilidad del plástico biodegradable</i>	39
3.1.4.4.	<i>Datos de obtenidos a partir del ensayo de permeabilidad de vapor</i>	39
3.1.4.5.	<i>Datos obtenidos a partir del ensayo de degradabilidad</i>	40
3.2.	Cálculos	42
3.2.1.	<i>Cálculos realizados al almidón</i>	42
3.2.1.1.	<i>Cálculo de porcentaje de rendimiento del almidón de jengibre</i>	42
3.2.2.	<i>Cálculos realizados a los ensayos del plástico biodegradable de almidón de jengibre</i>	42
3.2.2.1.	<i>Cálculo de porcentaje de humedad del plástico biodegradable</i>	42
3.2.2.2.	<i>Cálculo de porcentaje de solubilidad del plástico biodegradable</i>	43
3.2.2.3.	<i>Cálculo de la permeabilidad del plástico biodegradable</i>	43
3.2.2.4.	<i>Cálculo de porcentaje de degradabilidad del plástico biodegradable</i>	43
3.3.	Resultados	44
3.3.1.	<i>Curva de secado</i>	44
3.3.2.	<i>Rendimiento de extracción del almidón</i>	46
3.3.2.1.	<i>Rendimiento de extracción del almidón por vía húmeda</i>	46
3.3.2.2.	<i>Resultados del rendimiento de extracción del almidón por vía seca</i>	46
3.3.3.	<i>Resultados de los ensayos del plástico biodegradable</i>	47
3.3.3.1.	<i>Resultados de las pruebas físicas del bioplástico</i>	47
3.3.3.2.	<i>Resultados del ensayo de biodegradabilidad del bioplástico</i>	48
3.3.3.3.	<i>Resultados del ensayo de tracción del bioplástico</i>	49
3.4.	Prueba de Hipótesis	50
3.4.1.	<i>Prueba de Hipótesis General</i>	50
3.4.2.	<i>Prueba de Hipótesis especifica 1</i>	50
3.4.3.	<i>Prueba de Hipótesis especifica 2</i>	51
3.4.4.	<i>Prueba de Hipótesis especifica 3</i>	51
CONCLUSIONES		52
RECOMENDACIONES		53
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Clasificación taxonómica del jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)	4
Tabla 2-1:	Composición química del jengibre (<i>Zingiber officinale</i>).....	5
Tabla 1-2:	Identificación de variables	12
Tabla 2-2:	Operacionalización de Variables.....	13
Tabla 3-2:	Matriz de consistencia.....	14
Tabla 4-2:	Método de extracción del almidón por vía húmeda.....	16
Tabla 5-2:	Diseño factorial 2 ^k del bioplástico	16
Tabla 6-2:	Equipos materiales y reactivos	18
Tabla 7-2:	Pruebas físico químicas del almidón de jengibre	20
Tabla 8-2:	Pruebas del bioplástico	24
Tabla 1-3:	Mediciones realizadas a la materia prima	27
Tabla 2-3:	Datos obtenidos mediante el método de la vía húmeda.....	28
Tabla 3-3:	Datos del proceso de extracción vía húmeda.....	29
Tabla 4-3:	Datos obtenidos mediante el método de la vía seca	30
Tabla 5-3:	Determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas del jengibre y del almidón ..	31
Tabla 6-3:	Determinación de la concentración del almidón	32
Tabla 7-3:	Determinación de la concentración del plastificante	32
Tabla 8-3:	Nomenclatura y concentración de los bioplásticos generados a partir del diseño factorial 2 ^k	33
Tabla 9-3:	Datos obtenidos del análisis preliminar del plástico biodegradable	35
Tabla 10-3:	Datos de espesor del plástico biodegradable	36
Tabla 11-3:	Datos obtenidos del ensayo de humedad del plástico biodegradable	38
Tabla 12-3:	Datos obtenidos del ensayo de solubilidad del plástico biodegradable	39
Tabla 13-3:	Datos de obtenidos a partir del ensayo de permeabilidad de vapor	39
Tabla 14-3:	Datos obtenidos a partir del ensayo de degradabilidad en el suelo	40
Tabla 15-3:	Datos obtenidos a partir del ensayo de degradabilidad en el agua.....	41
Tabla 16-3:	Datos obtenidos a partir del ensayo de degradabilidad en el ambiente.....	41
Tabla 17-3:	Resultados del rendimiento de extracción del almidón por vía húmeda.....	46
Tabla 18-3:	Resultados del rendimiento de extracción del almidón por vía seca	46
Tabla 19-3:	Resultados de las pruebas físicas del bioplástico.....	47
Tabla 20-3:	Resultados del ensayo de biodegradabilidad	48
Tabla 21-3:	Resultados del ensayo de tracción del bioplástico.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Jengibre fresco.....	4
Figura 2-1:	Estructura de la amilosa	5
Figura 3-1:	Estructura de la amilopectina	6
Figura 4-1:	Proceso de extracción vía húmeda.....	7
Figura 1-2:	Diagrama de flujo de la extracción del almidón.	17
Figura 2-2:	Diagrama de flujo de la obtención del plástico biodegradable.....	17
Figura 1-3:	Muestras de jengibre tomadas al azar	27

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Curva de secado del tratamiento 1	44
Gráfico 2-3:	Curva de secado del tratamiento 2	44
Gráfico 3-3:	Curva de secado del tratamiento 3	45
Gráfico 4-3:	Curva de secado del tratamiento 4	45
Gráfico 5-3:	Porcentaje de biodegradabilidad en diferentes medios.....	48
Gráfico 6-3:	Resultados del ensayo de tracción del plástico biodegradable	49
Gráfico 7-3:	Rendimiento obtenido mediante las 2 vías	50
Gráfico 8-3:	Resultado pruebas de tracción.....	51

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Residuo por calcinación	21
Ecuación 2-2:	Densidad aparente	22
Ecuación 3-2:	Humedad del plástico	24
Ecuación 4-2:	Solubilidad del plástico	25
Ecuación 5-2:	Permeabilidad del plástico	25
Ecuación 1-3:	Rendimiento del almidón	42

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** PORCENTAJE DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE (*Zingiber officinale*).
- ANEXO B:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE
- ANEXO C:** PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL PLÁSTICO BIODEGRADABLE DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE
- ANEXO D:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA
- ANEXO E:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA SECA
- ANEXO F:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE
- ANEXO G:** CARACTERIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue obtener un plástico biodegradable a partir del almidón de jengibre (*Zingiber officinale*) para su uso en el embalaje de alimentos. El primer paso fue la extracción de almidón mediante 2 vías, la vía húmeda y la vía seca, obteniendo un mejor rendimiento mediante la vía húmeda con un valor del 8,40 %. Con el almidón obtenido, se procedió a la caracterización físico-química del mismo en base a la norma INEN-1456, obteniendo resultados favorables que permiten su uso en la elaboración del bioplástico. Para conocer la formulación correcta a emplearse en la elaboración de los bioplásticos, se realizaron ensayos previos para determinar las concentraciones adecuadas de almidón y plastificante a utilizarse, obteniendo finalmente 4 bioplásticos de distinta formulación. Para conocer la calidad de los plásticos biodegradables se realizaron diferentes pruebas. En la prueba de espesor de las láminas, la media fue de 0,2 mm. Por otro lado, en la prueba de la solubilidad, la formulación 4 obtuvo el 36,11 % siendo el más alto a diferencia de las otras formulaciones, con respecto a la permeabilidad, cada uno de los bioplásticos presentó valores similares. La prueba de degradabilidad se realizó en 3 medios como son el suelo, el agua y el ambiente, obteniendo a la quinta semana una degradación en el agua de aproximadamente el 98 %, sin embargo, en el ambiente la degradación no superó el 50 %. Por otra parte, en los ensayos de tracción se obtuvieron resultados favorables ya que la resistencia fue alta en cada bioplástico y el alargamiento fue superior al 50 %. Finalmente, mediante el análisis de los resultados obtenidos se puede afirmar que el plástico obtenido es de buena calidad, sin embargo, se recomienda experimentar con otros aditivos que permitan mejorar la calidad del mismo.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <JENGIBRE (*Zingiber officinale*)>, <ALMIDÓN>, <BIOPLÁSTICO>, <DEGRADABILIDAD>.



1591-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The objective of the research was to obtain a biodegradable plastic from ginger starch (*Zingiber officinale*) for use in food packaging. The first step was the extraction of starch through two routes, the wet route and the dry route, obtaining a better yield using the wet route with a value of 8.40%. With the obtained starch, the physicochemical characterization was carried out based on the INEN-1456 standard, favorable results were obtained that allow its use in the production of bioplastic. In order to know the correct formulation to be used in the production of bioplastics, previous tests were carried out to determine the appropriate concentrations of starch and plasticizer, finally obtaining four bioplastics of different formulation. To know the quality of each one, different tests were carried out. In the thickness test sheets, the average was 0.2mm. On the other hand, in the solubility test, formulation four obtained 36.11%, being the highest, unlike the other formulations; Regarding permeability, each of the bioplastics presented similar values. The degradability test was carried out in three media: soil, water and the environment, obtaining at the fifth week a degradation in water of approximately 98%, however, in the environment the degradation did not exceed 50%. On the other hand, in the tensile tests, favorable results were obtained since the resistance was high in each bioplastic and the elongation was greater than 50%. Finally, by analyzing the results obtained, it can be affirmed that the plastic obtained is of good quality, however, it is recommended to experiment with other additives that allow to improve the quality.

Keywords: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <GINGER (*Zingiber officinale*)>, <STARCH>, <BIOPLASTIC>, <DEGRADABILITY>.

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el plástico es uno de los materiales que se producen en mayor cantidad ya que los mismos son de uso diario entre nosotros. Como menciona Mora (2019, p.16), la producción anual del plástico a nivel mundial es aproximadamente de 400 millones de toneladas. Dicho material es utilizado en las diferentes áreas, una de ellas es el embalaje de alimentos ya que es común que estos alimentos estén protegidos por una lámina de plástico. Sin embargo, la producción masiva del mismo causa gran contaminación al medio ambiente, una de las causas es por la degradabilidad del mismo ya que el tiempo que requiere es muy extenso.

Se han planteado alternativas como el reciclaje para que estos plásticos no terminen en dichos lugares ya mencionados, pero tan solo un 9 % es reciclado siendo el 12% incinerado y el 79% restante ha acabado en vertederos o en el medio ambiente (Greenpeace, 2015). Es por eso que actualmente para disminuir la problemática que presentan los plásticos se ha puesto en marcha la elaboración de plásticos biodegradables, mismos que son amigables con el planeta ya que su proceso de degradación se desarrolla en menor tiempo a diferencia de los plásticos comunes.

Lo que se busca es que las elaboraciones de plásticos biodegradables se generen a base de materias primas accesibles, que sean renovables y sobre todo que contribuyan a la disminución de la contaminación ambiental. Los plásticos biodegradables proceden de materias primas vegetales renovables, comúnmente el almidón, mismo que puede ser de diferentes cereales o tubérculos. El optar por el almidón que es un recurso renovable como alternativa al petróleo, aventaja de gran manera ya que es amigable con el medio ambiente y sobre todo genera una reducción de la huella de carbono, misma que puede ser concebida al hacer uso de biopolímeros (Morillas et al., 2015, p.2). En nuestro país existe gran variedad de cultivos en lo que respecta a los tubérculos y cereales, mismos que mediante la ejecución de un correcto método de extracción se puede obtener un almidón que pueda ser utilizado para las elaboraciones de plásticos biodegradables. El jengibre es un tubérculo comúnmente utilizado como medicina natural y como especia en los alimentos y es cultivado en alguna de las localidades de nuestro país por lo que es una materia accesible para la extracción del almidón contribuyendo de tal forma al incremento en el cultivo del mismo.

Al contar con la materia prima adecuada que es el almidón y haciendo uso de un plastificante como la glicerina o aceites epoxidados y de otros aditivos necesarios se puede elaborar láminas de plástico, mismas que al ser evaluadas si cuentan con la calidad que se requiere son una opción viable dentro del embalaje de alimentos.

Por lo expuesto anteriormente, lo que se propone en este Trabajo de Integración Curricular es el obtener un plástico biodegradable a partir de un recurso que poseemos en nuestro país como es el jengibre, para su uso en el embalaje de alimentos, contrarrestando de tal forma el uso de los plásticos derivados del petróleo y disminuyendo la contaminación que genera el mismo hacia el medio ambiente.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la investigación

Debido a la gran contaminación efectuada por los plásticos convencionales se han generado propuestas en las que se obtenga un plástico biodegradable haciendo uso de recursos naturales y que el mismo cuente con características similares a los plásticos convencionales, pero con un tiempo de degradación menor. Muchas han sido las investigaciones acerca de los comúnmente denominados bioplásticos mismas que son detalladas a continuación:

Los primeros plásticos eran elaborados a base de materiales orgánicos, aunque originalmente no fueron denominados bioplásticos como actualmente son conocidos. El pionero fue John Wesley Hyatt Jr. quien en 1869 creó un plástico derivado de celulosa de algodón como sustituto del marfil (ZeaPlast, 2020, pp.1-2). Posteriormente con el avance científico, en 1947, el Rilsan (o Poliamida 11) fue el primer bioplástico técnico que pudo ser ingresado en el mercado, mismo que fue acreditado por la calidad que presentaba con lo que respecta a las propiedades mecánicas y de resistencia química. Adentrándose a los años 90, se dieron al descubierto los bioplásticos más conocidos en la actualidad como el PLA, los PHAs y los almidones plastificados, que se beneficiaron de los fulminantes adelantos en el sector de la química verde y la química blanca para el uso de biomasa (almidón, azúcares, celulosa, etc.) (NaturePlast, 2020).

Con respecto a los almidones plastificados muchos han sido las investigaciones que sean realizado, ya que se han elaborado a base de cereales como el maíz, trigo, cebada, avena, etc. y también con lo que respecta a tubérculos y raíces como las de la papa, yuca, camote etc. La materia comúnmente empleada con lo que se refiere a cereales ha sido la del almidón de maíz, uno de los plásticos obtenidos a base de esta materia prima fue realizado por las científicas del Laboratorio de Polímeros y Materiales Compuestos, del Departamento de Física de la Universidad de Buenos Aires (UBA), junto con el equipo de Ecomateriales del Instituto de Investigaciones en Ciencia y Tecnología de Materiales (Intema), de la Universidad Nacional de Mar del Plata, hicieron uso de dos materias primas renovables: la mandioca y el maíz. Así, combinando el almidón de mandioca con nano partículas cristalinas de almidón de maíz lograron crear un plástico que tiene capacidades similares al film tradicional de cocina (Smink, 2020).

Con lo que respecta a tubérculos varias de las investigaciones se ha utilizado comúnmente la papa y la yuca. En la investigación realizada por Moreno et al. (2017, p.2) 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 grosor por 100 mm de

largo, y a partir de diferentes concentraciones de los materiales, haciendo uso de un diseño experimental (DOE) 2^5 , dos niveles y cinco factores independientes, realizaron 32 tratamientos, con dos replica por tratamiento.

Menoscal y Rodriguez (2017, p.12), en su trabajo de investigación “Elaboración de láminas biodegradables a partir de los residuos del almidón de yuca (*Manihot esculenta*)” realizaron algunas experimentaciones variando la proporción de almidón, glicerina, ácido acético y agua. Para conocer la biodegradabilidad que es una de las pruebas que son de gran importancia, las láminas se sometieron a condiciones de entierro e intemperie (90 días) realizando observaciones cualitativas dos veces a la semana hasta obtener al menos el 90% de degradación. El tiempo de degradación más alto lo obtuvo el tratamiento 1, que utilizó la mayor proporción de materia prima (80%).

Por otra parte Riera (2020, p.1), en su investigación realizada, elaboró un plástico biodegradable solo con el almidón del maíz donde se buscó extraer almidón de los granos de maíz para luego combinarlo con aditivos como son glicerina y ácido acético en la elaboración de una lámina de bioplástico. Los resultados obtenidos hacen mención a que los biopolímeros elaborados poseen propiedades mecánicas con valores inferiores a los plásticos derivados de petróleo, sin embargo, al utilizar un 35% de glicerina, el porcentaje de elongación es comparable a un plástico derivado de petróleo.

Una de las investigaciones más innovadoras fue desarrollada por Souza et al (2020, p.3), denominada “Ozonización del almidón de yuca para producir películas biodegradables” donde se produjeron películas biodegradables a partir de almidón de yuca modificado por ozono a diferentes niveles. Las películas fueron elaboradas mediante la técnica de fundición utilizando almidón de yuca nativo 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 Kion (*Zingiber officinale*) es una planta que se encuentra dentro de la familia de las Zingiberáceas. Su nombre original se denomina sringavera, misma que deriva de un vocablo sánscrito, que tiene como significado “en forma de cuernos”. Esta planta posee un tallo redondo de 60-90 cm aproximadamente y sus hojas son lanceoladas y muy delgadas. Mayoritariamente se hace uso de sus rizomas (Platinetti, Porcal Ruiz y Sanchez 2016, p.15). A demás, con lo que respecta a su sabor el jengibre es picante, muy parecido al del ajo y las raíces que están viejas y secas posee un sabor más fuerte. En nuestro país, el jengibre se cultiva en algunas localidades como Esmeraldas, San Lorenzo, Quininde, La Concordia, Santo Domingo de los Colorados (Torres y Acuña, 2010, p.61).



Figura 1-1: Jengibre fresco

Fuente: (Salgado, 2011).

1.2.1.2. 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: (Moncayo Picerno, 2016, p.6).

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

1.2.1.3. Composición Química

Como menciona Rosella, De Pfirter, & Mandrile (1996), la composición química varía según el tipo y la calidad del jengibre. Por lo tanto, se puede establecer como término medio lo siguiente:

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, 1996, p.38).

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

1.2.2. Almidón

Es un polímero de α -glucosa donde los monómeros están enlazados por enlaces 1-4 y ocasionalmente se ramifican generando la formación de un enlace adicional en posición 1-6, se puede decir que el almidón está compuesto por dos homopolímeros distintos, ambos de glucosa, denominados la amilosa y la amilopectina. El almidón presenta en su conjunto una estructura cristalina, la amilopectina conserva ramificaciones que le manifiesta una formación estructural análoga a un árbol, por otro lado, la amilosa posee una estructura que es lineal, los almidones en general cuentan con una relación 20 - 80 % de amilosa y amilopectina respectivamente. Además, se puede decir que la amilopectina es la parte insoluble mientras que la amilosa es denominada como la parte soluble (Holguin, 2019, pp.24-25).

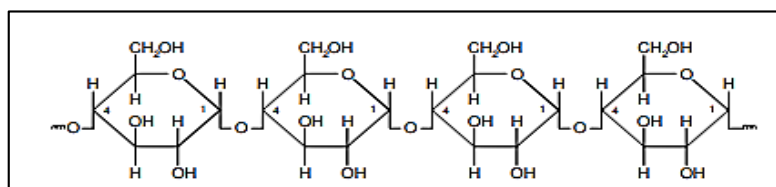


Figura 2-1: Estructura de la amilosa

Fuente: (Ruiz Aviles, 2016, p.8).

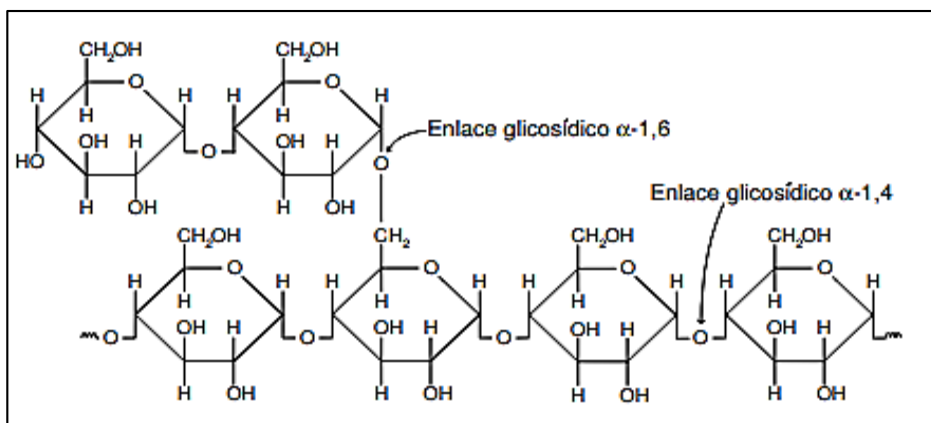


Figura 3-1: Estructura de la amilopectina

Fuente: (Ruiz Aviles, 2016, p.9).

1.2.3. Extracción del almidón

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

1.2.3.1. Extracción de almidón en cereales

Uno de los métodos para la obtención del almidón a escala comercial 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 en un intervalo de tiempo de 24 a 48 horas a una temperatura de 50 °C. En esta etapa el maíz o cereal en cuestión, absorbe agua hasta que alcance un contenido de 45 a 50 %, lo que permite que se ablanda el grano y de tal forma se facilite su trituración; durante este proceso se desprende el germen, que se recupera por flotación o mediante un sistema de hidrociclones. La suspensión generada se lleva al proceso de molienda y posteriormente se filtra, y el almidón se separa de las proteínas por diferencia de densidades. Finalmente posteriormente se seca por métodos como el de tambor rotatorio o el de aspersión (Marin, 2016, 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. El principio 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 hace mención de que no es necesario, ya que por simple decantación el almidón decanta con resultados análogos (Marin, 2016, p.4).

1.2.3.3. Extracción del almidón de jengibre

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

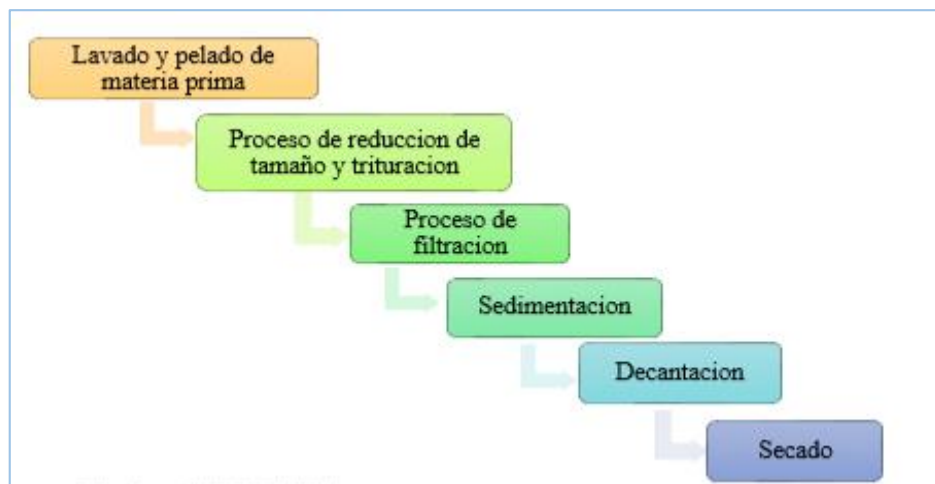


Figura 4-1:Proceso de extracción vía húmeda

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

1.2.4. Operaciones unitarias empleadas en la obtención del almidón

Para extraer el almidón se requiere llevar a cabo una serie de operaciones mismas que se detallan a continuación:

1.2.4.1. Lavado y pelado

En este proceso se escoge la materia prima de mejor calidad y se procede a eliminar toda impureza presente como tierra, insectos u otro objeto que vayan a generar algún efecto durante el proceso de extracción del almidón. A demás, se procede a remover la piel del tubérculo a utilizarse haciendo uso generalmente de un cuchillo.

1.2.4.2. Proceso de reducción de tamaño

El termino de reducción de tamaño hace referencia 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, 2013, p. 2).

1.2.4.3. Filtración

Es una Operación Unitaria donde se genera la separación de los sólidos suspendidos en un líquido dichos sólidos poseen un diámetro grandes (Brito, 2001, p.25). En el caso de filtración sólido líquido, el líquido separado se denomina filtrado, efluente, permeato o agua clara. Una de las más comunes es la filtración de torta (cake filtration), donde las partículas de sólido se acumulan sobre el filtro, el medio filtrante tiene unos poros que impiden el paso de las partículas de sólidos, formándose dicha torta (Martín, Salcedo y Font, 2011, p.14).

1.2.4.4. Sedimentación

La sedimentación es la operación unitaria que se basa en la separación, por acción de la gravedad, un sólido finamente dividido de un líquido en el que está suspendido, obteniendo de tal forma un líquido clarificado y un lodo levemente espeso con un porcentaje elevado de sólidos. Esta operación unitaria puede generarse ya sea de forma continua o intermitente. Los sedimentadores industriales operan en régimen continuo de forma normal (Martín, Salcedo y Font, 2011, p.3).

1.2.4.5. Decantación

La decantación es un proceso físico de separación de mezcla de manera especial para la separación de heteromezclas, estas pueden ser líquido – líquido o sólido - líquido. La decantación se fundamenta en la diferencia de densidades entre los dos componentes, que hace que al dejarlos en reposo, ambos se separen situándose de tal forma el más denso en la parte inferior del envase que los contiene (Calan, 2020).

1.2.4.6. Secado

El proceso de secado hace referencia a la separación total o parcial del líquido que contiene un sólido húmedo mediante la evaporización en una corriente gaseosa; habitualmente es realizado 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, 2001, p.16).

1.2.4.7. Tamizado

Este proceso también denominado como cribado tiene como principal objetivo el separar las distintas fracciones que componen un sólido granular o pulverulento por el diferente tamaño de sus partículas para lo cual; se utilizan los equipos denominados Cribas o tamices (Brito, 2000, p.33).

1.2.5. Gelatinización

Es el proceso en el cual se genera la pérdida de cristalinidad de los gránulos de por acción de la calor y excesivas cantidades de agua con muy poca o ninguna despolimerización. Los gránulos de almidón son insolubles en agua y también en solventes orgánicos. En suspensión acuosa los granos tienden a hincharse por la acción del calor, por lo que pierden las propiedades que le otorga su estructura semicristalina y a una temperatura específica forman un gel (Ruiz, 2006, p.9).

1.2.6. Bioplásticos

Según la organización European Bioplastics (2018), los define como plásticos que son biobasados, biodegradables, o que reúnen ambas características. Estos bioplásticos pueden ser:

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

1.2.6.1. Plásticos biobasados

Los plásticos biobasados hace mención a aquellos que han sido 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).

1.2.6.2. 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., 2015, p.4).

1.2.7. Elementos para la elaboración del bioplástico

Para la obtención de un bioplástico se requieren de algunos componentes o elementos, sin tomar en cuenta el almidón que es la materia prima para la elaboración del mismo, los componentes son los siguientes:

1.2.7.1. Agua destilada

El agua destilada, es definida como un tipo de agua en la que su composición se basa en la unidad de moléculas H₂O, solo que se le han eliminado las impurezas y algunos iones como cloruros y fluoruros mediante la destilación (Reactivos Química MEYER, 2015).

1.2.7.2. Plastificante

El plastificante es una sustancia comúnmente líquida y de viscosidad mayor a la del agua que se adiciona a la mezcla con el propósito de mejorar la flexibilidad del material mediante la reducción de las fuerzas intermoleculares. Los plastificantes generalmente utilizados son los polioles, en especial el glicerol o glicerina (Enriquez, M ; Velasco & Ortiz, 2012, p.5).

1.2.7.3. Ácido acético

El ácido acético es un líquido incoloro que presenta un olor característico (vinagre). Tiene como uso principal el ser intermediario químico en la fabricación del monómero de acetato de vinilo, y que representa, aproximadamente, un tercio del consumo de ácido acético (INSST, 2018). Además, es considerado como estabilizante, extensor y recomendado como modificador químico.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1.1. Objetivos de la investigación

2.1.2. *General*

- Obtener un plástico biodegradable a partir del almidón de jengibre (*Zingiber officinale*) para su uso en el embalaje de alimentos.

2.1.3. *Específicos*

- Extraer el almidón del jengibre mediante los procesos unitarios que sean más efectivos para la operación deseada.
- Efectuar la caracterización físico-química del almidón de jengibre mediante la normativa INEN 1456 para la obtención del plástico biodegradable.
- Realizar la caracterización del plástico obtenido mediante la ejecución de ensayos físicos como espesor, humedad, permeabilidad, biodegradabilidad y mecánicos como el método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas.

2.2. Planteamiento de las Hipótesis

2.2.1. *Hipótesis General*

- Mediante la extracción del almidón de jengibre (*Zingiber Officinale*) se podrá obtener un plástico biodegradable con propiedades similares a los plásticos convencionales permitiendo que se pueda hacer uso en el embalaje de alimentos.

2.2.2. *Hipótesis específicas*

- La extracción del almidón del jengibre (*Zingiber officinale*) puede ser realizado mediante 2 métodos como son vía húmeda o vía seca. Sin embargo, se optará por la vía húmeda al considerarlo más factible por tratarse de un tubérculo.
- En la caracterización física-química del almidón obtenido, se conocerá que la materia prima es de buena calidad para la elaboración del plástico biodegradable.

- El plástico biodegradable mediante la ejecución de ensayos físicos como mecánicos, presentara resultados que hace mención a la buena calidad del mismo.

2.3. Identificación de Variables

Tabla 1-2: Identificación de variables

Etapas del proceso	Variables independientes	Variables dependientes
Extracción del almidón	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peso de la materia prima ❖ Tiempo de secado 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Curva de secado ❖ Humedad
Caracterización fisicoquímica del almidón	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Peso de almidón obtenido 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ pH ❖ Solubilidad ❖ Ceniza ❖ Humedad ❖ Temperatura de Gelatinización ❖ Densidad aparente
Obtención de plástico biodegradable	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Temperatura ❖ Aditivos ❖ Tiempo de secado 	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Humedad ❖ Espesor ❖ Permeabilidad ❖ Propiedades de tracción ❖ Biodegradabilidad

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

2.4. Operacionalización de Variables

Tabla 2-2: Operacionalización de Variables

Variable	Tipo de variable	Definición operacional	Indicadores	Instrumentos de medición
Humedad	Dependiente	Cantidad de agua contenida en un cuerpo	% de humedad	Balanza de humedad
Secado	Independiente	Separación total o parcial del líquido que contiene un sólido húmedo mediante la evaporización en una corriente gaseosa	Tiempo	Estufa
Solubilidad	Dependiente	Capacidad que posee determinada sustancia para disolverse en otra y formar un sistema homogéneo.	Temperatura	
pH	Dependiente	Medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución		Potenciómetro
Aditivos para Bioplástico	Independiente	Componentes necesarios para obtener un material que sea susceptible de ser utilizado finalmente	Cantidad	Pipetas
Espesor	Dependiente	Dimensión más pequeña de un cuerpo de tres dimensiones.	Milímetros	Medidor de espesor
Permeabilidad	Dependiente	Capacidad de un material para ser atravesado por una sustancia líquida o gaseosa.	WVTR	Balanza analítica
Resistencia a la tracción	Dependiente	Máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de romperse	Esfuerzo máximo	Probetas

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

2.5. Matriz de consistencia

Tabla 3-2: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Problema General		Objetivo General		Hipótesis General
Debido al problema que ocasionan los plásticos, ya que su proceso de degradación tarda muchos años se han optado por la elaboración de plásticos biodegradables donde se haga uso de materias primas renovables y en el que su proceso de degradación sea en menor tiempo que el de los plásticos comunes. Los plásticos obtenidos a partir de almidón son una opción viable donde el almidón puede ser extraído de granos, tubérculos o raíces.		Obtener un plástico biodegradable a partir del almidón de jengibre (<i>Zingiber officinale</i>) para su uso en el embalaje de alimentos.		Mediante la extracción del almidón de jengibre (<i>Zingiber officinale</i>) se puede obtener un plástico biodegradable en la que sus propiedades serán similares a la de los plásticos convencionales permitiendo que se pueda hacer uso en el embalaje de alimentos.
ASPECTOS ESPECIFICOS				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
No existe un método empleado para la extracción del almidón de jengibre	Extraer el almidón del jengibre mediante los procesos unitarios que sean más efectivos para la operación deseada.	La extracción del almidón del jengibre (<i>Zingiber Officinale</i>) puede ser realizado mediante 2 métodos como son vía húmeda o vía seca. Sin embargo, se optará por la vía húmeda considerándolo más factible por tratarse de un tubérculo.	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Tiempo • Humedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción del almidón por vía húmeda • Medición del tiempo de secado • Curva de secado • Método de secado en la estufa

<p>¿El almidón extraído se encuentra dentro de los parámetros que establece la norma?</p>	<p>Efectuar la caracterización físico-química del almidón de jengibre mediante la normativa NTE INEN 1456 para la obtención del plástico biodegradable.</p>	<p>En la caracterización físico-química del almidón obtenido, se conocerá que la materia prima es de buena calidad para la elaboración del plástico biodegradable.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Solubilidad • Ceniza • Humedad • Temperatura de Gelatinización • Densidad aparente 	<p>Normativa NTE INEN 1456</p>
<p>¿ Es de buena calidad el plástico biodegradable obtenido para su uso en el embalaje de alimentos ?</p>	<p>Realizar la caracterización del plástico obtenido mediante la ejecución de ensayos físicos como espesor, humedad, permeabilidad, biodegradabilidad y mecánicos como el método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas</p>	<p>El plástico biodegradable mediante la ejecución ensayos físicos como mecánicos presentara resultados que hace mención a la buena calidad del mismo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Espesor • Permeabilidad • Propiedades de tracción 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos físicos • Métodos mecánicos

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

2.6. Tipo y Diseño de Investigación

2.6.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo exploratoria, ya que se basa en el estudio de la materia prima que en este caso es el almidón del jengibre, mismo que permitirá la obtención de un plástico biodegradable y mediante la caracterización de dicho producto permitirá conocer datos que sean fiables para posteriores investigaciones que se realicen ya que mediante revisión bibliográfica no se cuenta con investigaciones en las que se hayan extraído almidón a partir del jengibre y tampoco en que se haya elaborado un bioplástico con dicha materia prima.

2.6.2. Diseño de la investigación

El tipo de diseño de la investigación es experimental ya que para la extracción del almidón se controlará variables como son la temperatura en el tiempo de secado del mismo. Además, con lo que respecta al plástico biodegradable se realizarán diferentes experimentaciones con lo que concierne a la concentración 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	60	4
3	2da	30	4
4	2da	60	4

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

Tabla 5-2: Diseño factorial 2^k del bioplástico

Diseño factorial 2^k	CA (g)	CG (mL)
	Limite alto	Limite alto
	Limite bajo	Limite bajo

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

A continuación, se presenta de manera general el procedimiento que se llevara a cabo para la elaboración del plástico biodegradable.

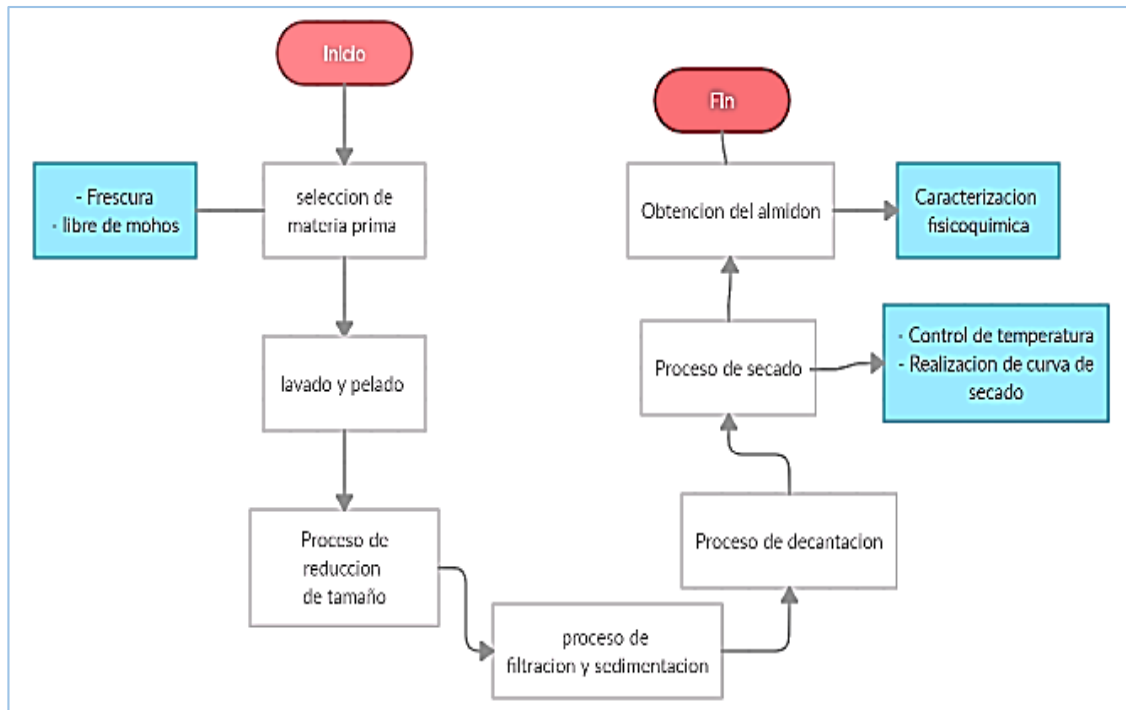


Figura 1-2: Diagrama de flujo de la extraccion del almidón.

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

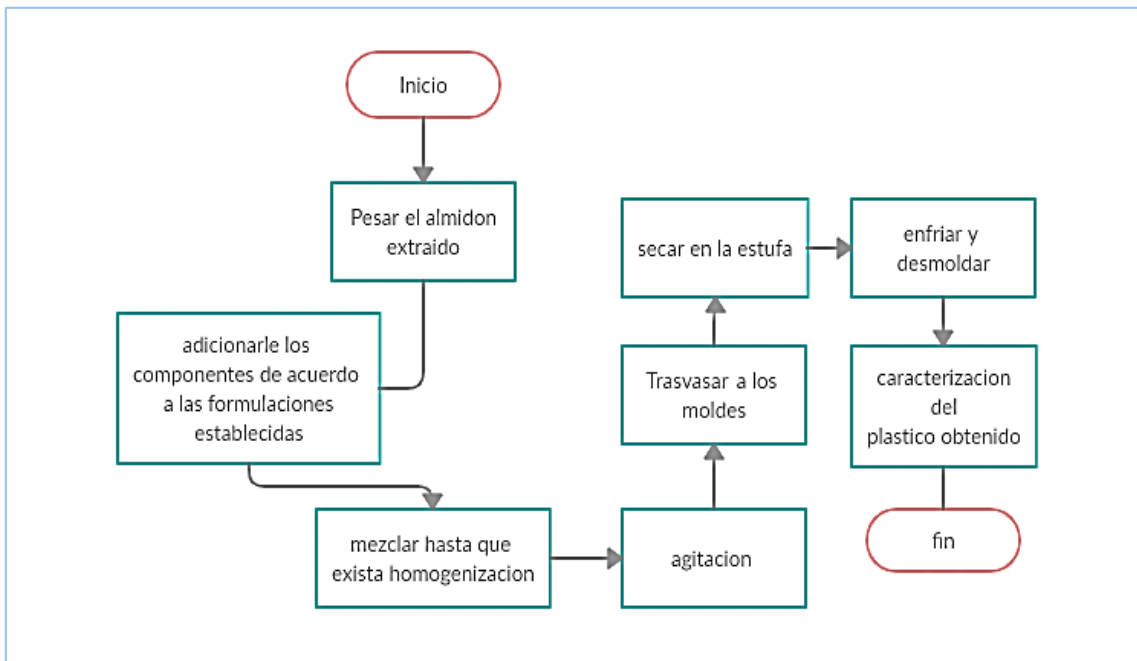


Figura 2-2: Diagrama de flujo de la obtención del plástico biodegradable

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

2.6.2.1. Descripción de equipos, materiales, reactivos y materia prima

En el presente trabajo de investigación se hace uso de los equipos y materiales a los que se tiene acceso en los diferentes laboratorios de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, además los reactivos son proporcionados por la facultad, la materia prima que es el jengibre se obtuvo del mercado mayorista de la ciudad de Riobamba. A continuación, se detalla cada uno de ellos.

Tabla 6-2: Equipos materiales y reactivos

Equipos	Materiales	Reactivos
<ul style="list-style-type: none">• Termo• balanza• Estufa• Desecador• Mufla• Balanza analítica• PH metro• Shaker	<ul style="list-style-type: none">• Vasos de precipitación 50 mL, 100 mL, 250 mL• Varilla de agitación• Probetas 10 mL, 100 mL• Crisoles• Tubo de ensayo• Espátula• Reverbero• Capsulas de porcelana• Termómetro• Papel aluminio	<ul style="list-style-type: none">• agua destilada• ácido acético• glicerol

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

2.7. Unidad de análisis

La unidad de análisis de esta investigación es el plástico biodegradable del almidón de jengibre (*Zingiber officinale*), mismo que será analizado para conocer sus características que posea y de esta manera considerarlo de buena o mala calidad.

2.8. Población de estudio

La población del presente estudio es el de la materia prima en conjunto, el jengibre (*Zingiber officinale*) mismo que será provisto por un mercado mayorista de la ciudad de Riobamba. Además, se seleccionará los de mejor calidad basándose en la firmeza del mismo ya que esto nos indica que el producto es fresco y de buena calidad.

2.9. Tamaño de muestra

Para la presente investigación se trabajará con una muestra de 8 Kg de jengibre (*Zingiber officinale*), según fuentes bibliográficas el contenido del almidón en este producto es del 60 % si se le considera que su materia seca es aproximadamente el 12 %, el almidón a obtenerse se aproxima a 0,576 kg, misma que permite realizar la caracterización del mismo y generar las diferentes formulaciones para la elaboración del bioplástico. Para la caracterización del plástico biodegradable el tamaño de la muestra será de láminas con medidas de 4 cm * 4 cm.

2.10. Selección de muestra

Para la selección de la muestra de jengibre (*Zingiber officinale*), se tomará en cuenta algunos parámetros que determinen la calidad del mismo. A continuación, se detalla las características que serán importantes al momento de la selección de la muestra.

- Frescura
- Identificar que no exista señales de moho
- Identificar que no esté arrugada la raíz

2.11. Técnicas de recolección de datos

2.11.1. Pruebas físico químicas del almidón de jengibre

Tabla 7-2: Pruebas físico químicas del almidón de jengibre

N°	Análisis	Reactivos, materiales y equipos	Procedimiento	Cálculo o fórmula	Método de ensayo
1	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> Almidón de jengibre Termobalanza 	<ul style="list-style-type: none"> Para determinar la humedad se lo realiza de forma directa haciendo uso de la termobalanza. Se toma 2 g de muestra y se coloca en el platillo de prueba, previamente tarado. Se cierra la cámara de secado hasta que nos emita el resultado 	La termobalanza genera una señal en la que indica la humedad que contiene la muestra y su peso final.	(Laboratorio de alimentos I, 2008, p. 30)
2	Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> Almidón de jengibre Agua destilada Vaso de precipitación de 25 ml Vaso de precipitación de 100 ml Vidrio reloj 	<ul style="list-style-type: none"> En un vaso de precipitación de 25 cm³ pesar 2 g de muestra del almidón de jengibre, añadir 5 cm³ de agua destilada y agitar. Transferir totalmente la suspensión sobre 100 cm³ de agua hirviendo contenida en un vaso de precipitación de 200 cm³, continuar la ebullición por aproximadamente 2 min. 	Para el método de solubilidad se genera mediante una medición cualitativa es decir mediante un análisis sensorial	(NTE INEN 1456, 2012)

		<ul style="list-style-type: none"> • Varilla de agitación • Reverbero • Malla de asbesto 			
3	pH	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de jengibre • Agua destilada • Vaso de precipitación • pH metro 	<ul style="list-style-type: none"> • Se tiene como primer paso el 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. <p>Operar el control de lectura y leer el pH.</p>	Para determinar el pH del almidón de jengibre se realiza mediante medición directa.	(NTE INEN 1456, 2012)
4	Residuo por calcinación	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de jengibre • Vidrio reloj • Crisoles de porcelana • Pinza para crisol • Pesa analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • En un crisol de porcelana pesar 1 g de muestra. Calentar hasta ignición bajo campana de extracción. Añadir al material carbonizado 1 cm³ de ácido sulfúrico R.A. El calentamiento debe ser suave, bajo al principio, y continuando en tal forma que requiera 1 	El contenido de residuo por calcinación se determina mediante la ecuación siguiente: $R = \frac{m_1}{m} * 100$ Ecuación 1-2: Residuo por calcinación	(NTE INEN 1456, 2012)

		<ul style="list-style-type: none"> • Mufla • Desecador 	<p>a 2 horas para carbonizar totalmente la materia orgánica.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcinar a $800 \pm 25^\circ\text{C}$ por 15 min, enfriar en desecador y posteriormente pesar. <p>Repetir hasta obtener una masa constante.</p>	<p>Siendo:</p> <p>R = residuo por calcinación, en g/100 g.</p> <p>m_1 = masa del residuo, en g.</p> <p>m = masa de la muestra, en g.</p>	
5	Densidad aparente	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de jengibre • Probeta de 100 ml • Balanza analítica • Estufa • Desecador 	<p>El método empleado es el de la probeta para lo cual se siguen los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se hace uso de una probeta de 100 ml, misma que debe estar previamente tarada • Se pesa la probeta vacía y también una vez que se haya añadido el almidón • Posteriormente se procede a agitar para que el almidón quede compacto en la probeta y se toma el valor del volumen obtenido. 	<p>Se calcula la densidad del mismo haciendo uso de la siguiente fórmula</p> $\rho = \frac{m}{V}$ <p>Ecuación 2-2: Densidad aparente</p> <p>Siendo:</p> <p>ρ = densidad aparente en g/ml</p> <p>m = masa del almidón, en g</p> <p>m = volumen de la probeta, en ml</p>	(Smith, 1967)
6	Temperatura de gelatinización	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de jengibre • Agua destilada • Vidrio reloj 	<ul style="list-style-type: none"> • 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 	<p>La medición se la realiza de forma directa haciendo uso del termómetro.</p>	(Aristizábal y Sánchez, 2007, p. 72)

		<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de 250 mL • Vaso de 100 mL • Reverbero • Malla de asbesto • Termómetro 	<p>de precipitado de 250 mL a 85 °C.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se toma 50 mL de la solución en un vaso de precipitado 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. 		
--	--	---	---	--	--

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

2.11.2. Pruebas del bioplástico

Tabla 8-2: Pruebas del bioplástico

N°	Análisis	Reactivos, materiales y equipos	Procedimiento	Cálculo o fórmula	Método de ensayo
1	Espesor	<ul style="list-style-type: none"> Micrómetro digital 	<ul style="list-style-type: none"> Se hace uso de un calibrador digital, mismo que es un instrumento portátil para medir longitudes entre sus dos contactos de medida. 	El sistema de medida es directo y consta de un cuerpo con un tope fijo y otro móvil provisto de una cabeza micrométrica.	Método Directo
2	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> Capsulas de porcelana Pinza para crisol Balanza analítica Estufa Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> Se debe tarar y pesar las capsulas que van a ser utilizadas a una temperatura de 130 °C. Se pesa el plástico y se coloca en la capsula. Posteriormente se lleva a la estufa misma que debe encontrarse a una temperatura de 105 °C y los pesos se los toma cada hora. Se deja en el desecador aproximadamente unos 30 minutos. Se procede a tomar el peso final cuando este sea constante. 	<p>Para determinar la humedad del plástico se hace uso de la siguiente formula:</p> $\%H = \frac{mi - mf}{mi} * 100$ <p>Ecuación 3-2: Humedad del plástico</p> <p>Siendo:</p> <p>%H= porcentaje de humedad</p> <p>mi= masa inicial</p> <p>mf= masa final</p>	(Laboratorio de alimentos I, 2008, p. 30)
		<ul style="list-style-type: none"> Vaso de precipitación de 100 mL 	<ul style="list-style-type: none"> Las muestras a analizar deben estar previamente secadas. Se coloca dichas muestras en un vaso 	Para determinar la solubilidad del plástico se hace uso de la siguiente formula:	El método se basa de la revista del Laboratorio Tecnológico de Uruguay del tema PELICULAS

3	Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Probeta • Papel filtro • Balanza analítica • Shaker 	<p>de 100 mL con 50 mL de agua destilada.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las muestras deben ser agitadas con ayuda de un shaker a condición de 100 rpm por una hora • Se procede a filtrar haciendo uso de papel filtro y posteriormente se lleva a la estufa a una temperatura de 40 °C. <p>Al perder la mayor cantidad de agua se procede al pesado del mismo</p>	$\%solubilidad = \frac{mi - mf}{mi} * 100$ <p>Ecuación 4-2: Solubilidad del plástico</p> <p>Siendo: mi= masa inicial seco del plástico (g) mf= masa final seco del plástico (g)</p>	<p>BIODEGRADABLES Y COMESTIBLES DESARROLLADAS EN BASE A AISLADO DE PROTEÍNAS DE SUERO LÁCTEO: ESTUDIO DE DOS MÉTODOS DE ELABORACIÓN Y DEL USO DE SORBATO DE POTASIO COMO CONSERVADOR.</p>
4	Permeabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Tubo de ensayo • Gradilla • Balanza analítica • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Al día anterior de la prueba a realizarse dejar la sílica en la estufa a una temperatura de 65 °C para que se active. • Pesar la muestra a analizarse y colocar sobre un tubo de ensayo previamente tarado, misma que contenga las ¾ de la misma con la sílica activada y se sella con cinta transparente. • Los tubos de ensayo colocarlos en el desecador, mismo que debe contener una solución 	<p>Para determinar la permeabilidad del plástico se hace uso de la siguiente formula:</p> $WVP = \frac{(P2 - P1) * e}{t * pv * (\phi2 - \phi1)}$ <p>Ecuación 5-2: Permeabilidad del plástico</p> <p>Siendo: P2= peso final P1= peso inicial e= espesor t= tiempo</p>	<p>ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico</p>

			<p>sobresaturada de NaCl.</p> <p>Pesar cada hora hasta completar 6 repeticiones.</p>	<p>pv= presión de vapor del agua</p> <p>ϕ_2= humedad relativa 2</p> <p>ϕ_1= humedad relativa 1</p>	
5	Tracción	<ul style="list-style-type: none"> • Dinamómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Se acondiciona el equipo y se introduce la muestra, misma que es sujeta de ambos extremos. • Se toma los datos generados en el equipo. 	<p>El cálculo se emite de acuerdo a los centímetros de elongación y la fuerza ejercida por el equipo.</p>	IUP 6
5	Biodegradabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes • Programa Image J 	<ul style="list-style-type: none"> • La prueba se realiza en tres medios: agua, suelo y al aire libre. • Tomar una muestra del plástico de 4*4 cm y colocarlos en cada uno de los medios. • Analizar la muestra cada 5 días. 	<p>Para determinar la degradabilidad del plástico se hace uso del programa image J mismo que nos permite conocer la disminución del área en cada muestra del bioplástico.</p>	Método de pérdida de área

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Datos

Para la caracterización del jengibre se tomó una población de 20 unidades, a los que se les realizó algunas mediciones como el peso, la longitud y el espesor, mismas que son presentadas en la siguiente tabla:



Figura 1-1: Muestras de jengibre tomadas al azar

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

Tabla 1-3: Mediciones realizadas a la materia prima

No	JENGIBRE		
	PESO (g)	LONGITUD (cm)	DIÁMETRO (cm)
1	143,538	13,320	2,370
2	68,376	10,060	1,600
3	129,201	13,110	1,510
4	92,135	10,540	2,690
5	61,803	12,140	2,160
6	86,565	10,990	2,100
7	132,276	14,640	2,370
8	86,184	10,690	1,840
9	92,618	14,010	2,410
10	82,688	13,790	2,350
11	66,054	13,820	2,640
12	123,781	14,380	2,510
13	99,201	11,680	3,250
14	112,864	13,410	3,020

15	70,746	11,080	2,210
16	68,171	9,840	2,490
17	67,081	11,730	2,690
18	62,334	10,590	2,410
19	173,069	13,130	4,100
20	70,451	10,480	2,960
PROMEDIO	94,457	12,172	2,484

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.1.1. Determinación del método adecuado para la extracción del almidón

Para conocer cuál es el método adecuado para extraer el almidón se realizó la extracción mediante 2 vías, húmeda y seca.

3.1.1.1. Datos obtenidos mediante el método de la vía húmeda

En esta experimentación se trabajó con 2 velocidades de la licuadora y a diferentes tiempos siendo a 30, 60 y 90 segundos, generando un total de 6 tratamientos, cada uno con 4 repeticiones mismos que son detallados en la siguiente tabla:

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 (h)
1	TA1	*RPM 1: t1	R1	400	200	15,030	40
2			R2			16,945	40
3			R3			17,036	40
4			R4			17,051	40
5	TA2	*RPM 1: t2	R1			16,430	40
6			R2			15,995	40
7			R3			17,940	40
8			R4			16,796	40
9	TA3	**RPM 2: t1	R1			16,251	40
10			R2			15,745	40
11			R3			16,010	40
12			R4			15,987	40
13	TA4	**RPM 2: t2	R1			15,234	40
14			R2			14,987	40
15			R3			13,678	40
16			R4			14,829	40

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

El proceso de secado del almidón en cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones se mantuvo a una temperatura ambiente (23 °C) durante 40 horas, y se tomó 6 pesos hasta obtener un peso constante del almidón seco, mismo que es detallado en el siguiente grafico donde se presenta la curva de secado de cada uno de los tratamientos:

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

Tratamiento	Repeticiones	Peso 1 (g)	Peso 2 (g)	Peso 3 (g)	Peso 4 (g)	Peso 5 (g)	Peso 6 (g)
TA1	R1	33,250	26,340	22,260	21,450	15,030	15,030
	R2	32,080	25,530	21,010	20,160	16,945	16,945
	R3	35,150	28,430	23,980	22,430	17,036	17,036
	R4	35,560	27,980	22,740	21,350	17,051	17,051
TA2	R1	34,650	26,560	18,470	17,560	16,430	16,430
	R2	32,980	25,780	18,640	17,080	15,995	15,995
	R3	34,150	27,980	19,090	18,110	17,940	17,940
	R4	32,890	26,080	18,430	17,750	16,796	16,796
TA3	R1	29,980	21,340	17,870	16,650	16,251	16,251
	R2	30,860	22,670	16,750	15,980	15,745	15,745
	R3	28,150	21,080	16,870	16,050	16,010	16,010
	R4	29,890	22,760	17,090	16,980	15,987	15,987
TA4	R1	30,110	22,670	17,830	16,450	15,234	15,234
	R2	31,650	23,450	18,380	17,070	14,987	14,987
	R3	29,980	22,110	16,880	15,350	13,678	13,678
	R4	31,650	23,870	18,460	16,330	14,829	14,829

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.1.1.2. Datos obtenidos mediante el método de la vía seca

En esta experimentación se desarrolló 16 repeticiones, teniendo inicialmente 400 gramos de materia prima, misma que fue llevado a la estufa a una temperatura de 105 °C para que se genere una pérdida de humedad de aproximadamente un 60 % para llevarlo al proceso de pre molienda y después nuevamente a secado y por ultimo a la molienda final, de tal forma se obtuvo los siguientes datos:

Tabla 4-3: Datos obtenidos mediante el método de la vía seca

Repeticiones	Producto inicial (g)	Producto Deshidratado (g)	Premolienda (g)	Producto deshidratado (g)	Molienda (g)	Almidón obtenido (g)
Repeticón 1	400	161,150	145,670	113,623	73,855	29,542
Repeticón 2	400	156,870	143,560	111,977	72,785	29,114
Repeticón 3	400	158,240	144,890	113,014	73,459	29,384
Repeticón 4	400	158,100	143,890	112,234	72,952	29,181
Repeticón 5	400	157,890	144,190	112,468	73,104	29,242
Repeticón 6	400	158,980	145,450	113,451	73,743	29,497
Repeticón 7	400	156,780	143,670	112,063	72,841	29,136
Repeticón 8	400	158,560	144,890	113,014	73,459	29,384
Repeticón 9	400	158,100	144,780	112,928	73,403	29,361
Repeticón 10	400	157,850	143,870	112,219	72,942	29,177
Repeticón 11	400	156,940	145,100	113,178	73,566	29,426
Repeticón 12	400	159,230	144,670	112,843	73,348	29,339
Repeticón 13	400	161,050	143,560	111,977	72,785	29,114
Repeticón 14	400	157,800	144,070	112,375	73,043	29,217
Repeticón 15	400	158,430	143,670	112,063	72,841	29,136
Repeticón 16	400	159,030	144,080	112,382	73,049	29,219

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.1.2. Determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas del jengibre y almidón

En cada uno de los análisis fisicoquímicos empleados en el almidón se lo realizó a cada tratamiento y posteriormente se calculó la media de los mismos.

Tabla 5-3: Determinaciones fisicoquímicas y microbiológicas del jengibre y del almidón

No.	PARÁMETROS	UNIDADES	VALOR		ESTÁNDAR	NORMA / INSTITUCIÓN
			Jengibre	Almidón		
1	Densidad aparente	g/mL	-	1,605	1,56	(Smith,1967)
2	Humedad	%	85,500	14,824	-	(Laboratorio de alimentos I, 2008,)
3	Ceniza	%	2,23	0,116	0,4	INEN 1456
4	Solubilidad	-	-	✓	ligera opalencia	INEN 1456
5	pH	-	7,15	6,676	5.00-7.00	INEN 1456
8	Viscosidad	cP	-	1410,451	840-1500	ISI 17-1 del Internatinal Starch Institute
9	Temperatura de gelatinización	°C	-	70	58-70	(Grace, 1977)
10	Amilosa	%	-	22.03	20	INIAP
11	Amilopectina	%	-	77.97	80	INIAP
12	Hongos	UFC/g	0	0	<10	SAQMIC
13	Levaduras y mohos	UFC/g	0	0	<10	SAQMIC
14	Coliformes totales	UFC/g	0	10	<10	SAQMIC
15	Coliformes fecales	UFC/g	0	0	1000-5000	SAQMIC

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.1.3. Pre pruebas para la elaboración del plástico biodegradable

3.1.3.1. Determinación de la concentración del almidón

Para conocer la cantidad adecuada a emplearse en la elaboración del plástico biodegradable se partió de concentraciones empleadas en investigaciones anteriores.

Tabla 6-3: Determinación de la concentración del almidón

No.	Almidón (g)	Facilidad de Moldeo	Forma Películas	Transparencia	Estabilidad
1	1,5	NO	NO	Ligeramente opaco	NO
2	2	SI	SI	Ligeramente opaco	SI
3	2,5	NO	SI	Ligeramente opaco	NO
4	3	SI	Si	Ligeramente opaco	SI
5	3,5	NO	NO	Ligeramente opaco	NO

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.1.3.2. Determinación de la concentración del plastificante

Para la determinación del plastificante a emplearse adecuadamente se realizó variedad de ensayos que nos permitan conocer la cantidad adecuada para un plástico de excelentes características.

Tabla 7-3: Determinación de la concentración del plastificante

No.	Almidón (g)	Plastificante (mL)	Facilidad de Moldeo	Forma Películas	Transparencia	Estabilidad
1	1,5	1	No	NO	Ligeramente opaco	NO
2		1,5	SI	SI	Ligeramente opaco	SI
3		2	NO	NO	Ligeramente opaco	NO
4		4	NO	SI	Ligeramente opaco	SI
5	2	1	SI	SI	Ligeramente opaco	SI
6		1,5	SI	SI	Ligeramente opaco	SI
7		2	NO	SI	Ligeramente	SI

					opaco	
8		4	NO	NO	Ligeramente opaco	NO
9	2,5	1	SI	NO	Ligeramente opaco	NO
10		1,5	SI	SI	Ligeramente opaco	SI
11		2	NO	SI	Ligeramente opaco	NO
12		4	NO	NO	Ligeramente opaco	NO
13	3	1	SI	SI	Ligeramente opaco	SI
14		1,5	SI	SI	Ligeramente opaco	SI
15		2	SI	SI	Ligeramente opaco	SI
16		4	NO	NO	Ligeramente opaco	NO
17	3,5	1	SI	SI	Ligeramente opaco	SI
18		1,5	NO	NO	Ligeramente opaco	NO
19		2	NO	SI	Ligeramente opaco	SI
20		4	NO	NO	Ligeramente opaco	NO

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

La concentración de agua destilada y ácido acético se mantuvieron constantes tomando valores de 35 ml y 5 ml respectivamente. Luego de los resultados de las pre pruebas realizadas se optó por las mejores variaciones para el diseño factorial a emplearse.

Tabla 8-3: Nomenclatura y concentración de los bioplásticos generados a partir del diseño factorial 2k.

No.	Nomenclatura	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Ácido acético (mL)	Agua (mL)
1	G1	2	1	5	35
2	G2	2	1,5	5	35
3	G3	3	1	5	35
4	G4	3	1,5	5	35

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

En la tabla 8-3 se puede observar las concentraciones adecuadas que son asignadas en el Diseño factorial 2^k para la elaboración de los bioplásticos, para la asignación de la nomenclatura de las repeticiones será mediante las letras a, b y c para un total de 3 repeticiones en cada tratamiento en cada una de las pruebas a realizarse.

3.1.3.3. Datos obtenidos del analisis preliminar del plástico biodegradable

Al tener el diseño factorial establecido, en el que se obtiene 4 tratamientos se procedió a realizar cuatro repeticiones de cada tratamiento.

Tabla 9-3: Datos obtenidos del analisis preliminar del plástico biodegradable

No.	TRATAMIENTO	REPETICIÓN	PESO (g)	ESPESOR (mm)	MOLDEO	FORMA PELÍCULA	TRANSPARENCIA	ESTABILIDAD
1	G1	G1A	1,550	0,2	SI	SI	ligeramente opaco	SI
2		G1B	1,157	0,2	SI	SI	ligeramente opaco	SI
3		G1C	1,280	0,1	SI	SI	ligeramente opaco	SI
4		G1D	1,830	0,2	SI	SI	ligeramente opaco	NO
5	G2	G2A	1,945	0,2	NO	SI	ligeramente opaco	SI
6		G2B	1,906	0,2	SI	SI	ligeramente opaco	SI
7		G2C	1,766	0,2	SI	SI	ligeramente opaco	SI
8		G2D	1,264	0,2	SI	SI	ligeramente opaco	SI
9	G3	G3A	1,843	0,2	NO	SI	ligeramente opaco	SI
10		G3B	1,267	0,2	SI	SI	ligeramente opaco	SI
11		G3C	1,117	0,2	NO	SI	ligeramente opaco	SI
12		G3D	1,006	0,1	NO	SI	ligeramente opaco	SI
13	G4	G4A	1,836	0,1	SI	SI	ligeramente opaco	SI
14		G4B	1,960	0,2	SI	SI	ligeramente opaco	SI
15		G4C	1,966	0,2	SI	SI	ligeramente opaco	SI
16		G4D	1,736	0,1	SI	SI	ligeramente opaco	SI

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.1.4. Datos para determinar las propiedades mecánicas, físicas y biodegradables

Cada una de las formulaciones del bioplástico se elaboró en tamaño A4 para que sea posible realizar todas las pruebas requeridas, sin embargo, los tamaños de las muestras fueron de 4*4 cm, mismas que permitieron desarrollar las diferentes pruebas en cada uno de los tratamientos de los bioplásticos, cada prueba fue realizada con 3 repeticiones.

3.1.4.1. Datos de espesor del plástico biodegradable

Para medir el espesor se tomó de todos los ángulos posibles siendo un total de 10 mediciones en cada uno de las muestras de plástico de cada tratamiento.

Tabla 10-3: Datos de espesor del plástico biodegradable

TRATAMIENTO	R.1 (mm)	R.2 (mm)	R.3 (mm)	R.4 (mm)	R.5 (mm)	R.6 (mm)	R.7 (mm)	R.8 (mm)	R.9 (mm)	R.10 (mm)
G1A	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,200	0,100
G1B	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
G1C	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,200	0,100	0,100
G2A	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
G2B	0,100	0,200	0,200	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100
G2C	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100

G3A	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
G3B	0,100	0,100	0,100	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
G3C	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
G4A	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
G4B	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
G4C	0,200	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,200

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.1.4.2. Datos obtenidos del ensayo de humedad del plástico biodegradable

El método empleado es el de la estufa para lo cual se tomaron 6 pesos hasta obtener un peso constante, dicho ensayo se dio a una temperatura de 105 °C en el laboratorio de Química Orgánica perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Tabla 11-3: Datos obtenidos del ensayo de humedad del plástico biodegradable

TRATAMIENTO	PESO1 (g)	PESO 2 (g)	PESO 3 (g)	PESO4 (g)	PESO 5 (g)	PESO 6 (g)	AGUA PRESENTE
G1A	0,198	0,174	0,152	0,144	0,135	0,129	0,069
G1B	0,19	0,157	0,144	0,138	0,131	0,129	0,061
G1C	0,251	0,211	0,189	0,175	0,169	0,167	0,084
G2A	0,271	0,226	0,206	0,194	0,189	0,185	0,086
G2B	0,292	0,249	0,223	0,212	0,205	0,201	0,091
G2C	0,257	0,217	0,196	0,187	0,183	0,179	0,078
G3A	0,275	0,235	0,223	0,219	0,211	0,204	0,071
G3B	0,354	0,304	0,291	0,284	0,282	0,279	0,075
G3C	0,373	0,314	0,305	0,299	0,296	0,292	0,081
G4A	0,267	0,219	0,205	0,197	0,188	0,184	0,083
G4B	0,289	0,242	0,222	0,216	0,209	0,204	0,085
G4C	0,287	0,236	0,223	0,216	0,21	0,203	0,084

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.1.4.3. Datos obtenidos del ensayo de solubilidad del plástico biodegradable

El ensayo de solubilidad fue realizado con las muestras anteriormente utilizadas en el ensayo de humedad, se hizo uso de un shaker con las condiciones de 100 rpm durante una hora, posterior a ello se filtró y se llevó a la estufa nuevamente a una temperatura de 105 °C haciendo uso del laboratorio de Química Orgánica perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Tabla 12-3: Datos obtenidos del ensayo de solubilidad del plástico biodegradable

TRATAMIENTO	PESO INICIAL SECO (g)	PESO FINAL SECO (g)
G1A	0,112	0,092
G1B	0,129	0,081
G1C	0,167	0,107
G2A	0,185	0,165
G2B	0,201	0,181
G2C	0,179	0,159
G3A	0,204	0,149
G3B	0,279	0,23
G3C	0,292	0,233
G4A	0,184	0,104
G4B	0,204	0,133
G4C	0,203	0,142

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.1.4.4. Datos de obtenidos a partir del ensayo de permeabilidad de vapor

El ensayo de solubilidad fue realizado con muestras de 4* 4 cm de cada tratamiento, mismo que fue a condiciones de humedad de 60 % aproximadamente y a temperatura ambiente. Se tomaron la cantidad de 6 pesos totales.

Tabla 13-3: Datos de obtenidos a partir del ensayo de permeabilidad de vapor

TRATAMIENTO	PESO 1 (g)	PESO 2 (g)	PESO 3 (g)	PESO 4 (g)	PESO 5 (g)	PESO 6 (g)
G1A	30,551	30,556	30,558	30,561	30,565	30,610
G1B	31,860	31,863	31,867	31,869	31,876	31,923
G1C	31,808	31,811	31,814	31,816	31,823	31,870

G2A	30,930	30,933	30,937	30,941	30,943	30,988
G2B	31,214	31,218	31,222	31,223	31,226	31,273
G2C	31,131	31,135	31,139	31,140	31,143	31,191
G3A	30,160	30,163	30,164	30,168	30,171	30,221
G3B	30,986	30,987	30,991	30,994	30,998	31,045
G3C	30,996	30,999	31,004	31,005	31,008	31,058
G4A	29,676	29,678	29,682	29,685	29,686	29,735
G4B	29,149	29,153	29,154	29,156	29,160	29,210
G4C	30,450	30,451	30,457	30,459	30,464	30,509

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.1.4.5. Datos obtenidos a partir del ensayo de degradabilidad

El ensayo de degradabilidad se realizó en 3 medios como son el agua, el suelo y el medio ambiente, tomando en cuenta el área inicial y haciendo uso del programa image J se pudo calcular la pérdida de área que se genera con el transcurso de los días.

Datos obtenidos a partir del ensayo de degradabilidad en el suelo

Tabla 14-3: Datos obtenidos a partir del ensayo de degradabilidad en el suelo

TRATAMIENTO	ÁREA INICIAL (mm ²)	ÁREA 1 (mm ²)	ÁREA 2 (mm ²)	ÁREA 3 (mm ²)	ÁREA 4 (mm ²)	ÁREA 5 (mm ²)
G1A	1526,902	1308,609	1168,980	811,653	512,155	219,357
G1B	1524,303	1305,123	1165,871	803,814	508,194	205,254
G1C	1525,897	1306,430	1162,143	808,734	504,421	198,765
G2A	1438,490	1237,540	1012,456	798,543	501,348	182,456
G2B	1441,887	1232,897	1009,650	787,432	497,253	168,306
G2C	1439,112	1229,345	998,543	764,542	493,764	178,604
G3A	1427,756	1302,156	1104,891	808,456	507,987	225,652
G3B	1432,876	1297,654	1083,456	797,495	499,582	210,467
G3C	1429,148	1288,450	1096,378	801,478	502,673	253,884
G4A	1502,567	1297,654	1113,467	793,429	489,762	203,784
G4B	1497,876	1301,456	1072,942	809,726	491,672	179,721
G4C	1512,983	1299,782	1096,730	786,826	468,927	228,821

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

Datos obtenidos a partir del ensayo de degradabilidad en el agua

Tabla 15-3: Datos obtenidos a partir del ensayo de degradabilidad en el agua

TRATAMIENTO	ÁREA INICIAL (mm ²)	ÁREA 1 (mm ²)	ÁREA 2 (mm ²)	ÁREA 3 (mm ²)	ÁREA 4 (mm ²)	ÁREA 5 (mm ²)
G1A	1493,274	1298,672	998,671	619,738	210,728	67,810
G1B	1574,573	1205,782	987,782	597,246	206,728	49,883
G1C	1543,897	1276,981	1002,782	607,781	198,783	58,918
G2A	1498,320	1198,982	992,891	592,748	187,918	64,281
G2B	1503,674	1172,671	982,781	587,730	165,819	56,981
G2C	1523,784	1204,781	981,891	601,738	199,764	72,780
G3A	1498,865	1208,610	1001,782	612,210	202,810	60,717
G3B	1502,364	1198,738	978,780	597,728	187,721	78,829
G3C	1469,673	1203,781	1009,831	601,739	165,810	52,713
G4A	1503,780	1197,892	991,672	597,782	153,714	47,813
G4B	1489,672	1203,781	1002,718	609,881	193,718	39,717
G4C	1510,972	1199,783	992,718	589,818	134,891	29,017

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

Datos obtenidos a partir del ensayo de degradabilidad en el ambiente

Tabla 16-3: Datos obtenidos a partir del ensayo de degradabilidad en el ambiente

TRATAMIENTO	ÁREA INICIAL (mm ²)	ÁREA 1 (mm ²)	ÁREA 2 (mm ²)	ÁREA 3 (mm ²)	ÁREA 4 (mm ²)	ÁREA 5 (mm ²)
G1A	1502,673	1475,827	1386,820	1209,818	1142,718	1009,736
G1B	1523,727	1495,782	1356,838	1198,472	1155,210	998,424
G1C	1487,710	1472,931	1310,613	1203,742	1110,372	1002,470
G2A	1502,631	1488,982	1298,630	1196,472	1099,472	987,461
G2B	1511,892	1492,378	1301,641	1193,740	1105,830	956,381
G2C	1501,642	1484,814	1295,641	1189,741	1089,471	954,371
G3A	1496,631	1468,941	1323,781	1204,741	1136,740	1001,481
G3B	1491,313	1461,738	1309,642	1210,420	1150,482	945,482
G3C	1501,271	1463,421	1297,642	1193,741	1121,742	934,611

G4A	1499,731	1467,913	1302,613	1205,741	1108,420	1001,381
G4B	1503,731	1474,178	1294,631	1196,462	1139,410	943,471
G4C	1492,371	1456,819	1303,420	1207,527	1091,472	910,481

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.2. Cálculos

3.2.1. Cálculos realizados al almidón

3.2.1.1. Cálculo de porcentaje de rendimiento del almidón de jengibre

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

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Peso del almidon obtenido}}{\text{Peso inicial del jengibre}} * 100$$

Ecuación 6-3: Rendimiento del almidón

$$\%Rendimiento = \frac{15,03}{200} * 100$$

$$\%Rendimiento = 7,52$$

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

3.2.2.1. Cálculo de porcentaje de humedad del plástico biodegradable

Para conocer la humedad de los bioplásticos se calculó la perdida de humedad efectuada a medida que pasa el tiempo en comparación con su peso inicial y se utilizó la siguiente ecuación:

$$\% Humedad = \frac{\text{Peso inicial del bioplástico} - \text{peso final seco}}{\text{Peso inicial del bioplástico}} * 100$$

$$\% Humedad = \frac{0,198 - 0,129}{0,198} * 100$$

$$\% Humedad = 34,850 \%$$

3.2.2.2. Cálculo de porcentaje de solubilidad del plástico biodegradable

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{Peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{Peso inicial seco}} * 100$$

De cada tratamiento elaborado del plástico biodegradable se realizaron 3 repeticiones y se procedió a establecer un promedio entre las mismas.

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{Peso inicial seco} - \text{peso final seco}}{\text{Peso inicial seco}} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{0,112 - 0,092}{0,112} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = 17,860\%$$

3.2.2.3. Cálculo de la permeabilidad del plástico biodegradable

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

$$WVP = \frac{(30,610 - 30,551) * 0,13}{6 * 0,0028 * (75 - 0)}$$

$$WVP = 0,006 \frac{\text{g mm}}{\text{h*MPa}}$$

3.2.2.4. Cálculo de porcentaje de degradabilidad del plástico biodegradable

$$\% \text{ Degradabilidad} = \frac{\text{Área inicial} - \text{Área final}}{\text{Área inicial}} * 100$$

Se calculó el porcentaje de degradabilidad efectuada en cada semana de cada una de las muestras de los diferentes tratamientos.

$$\% \text{ Degradabilidad} = \frac{1526,90 - 219,36}{1526,90} * 100$$

$$\% \text{ Degradabilidad} = 85,36 \%$$

3.3. Resultados

3.3.1. Curva de secado

A continuación, se presenta los gráficos de la curva de secado de los diferentes tratamientos empleados para la extracción del almidón mediante la vía húmeda.

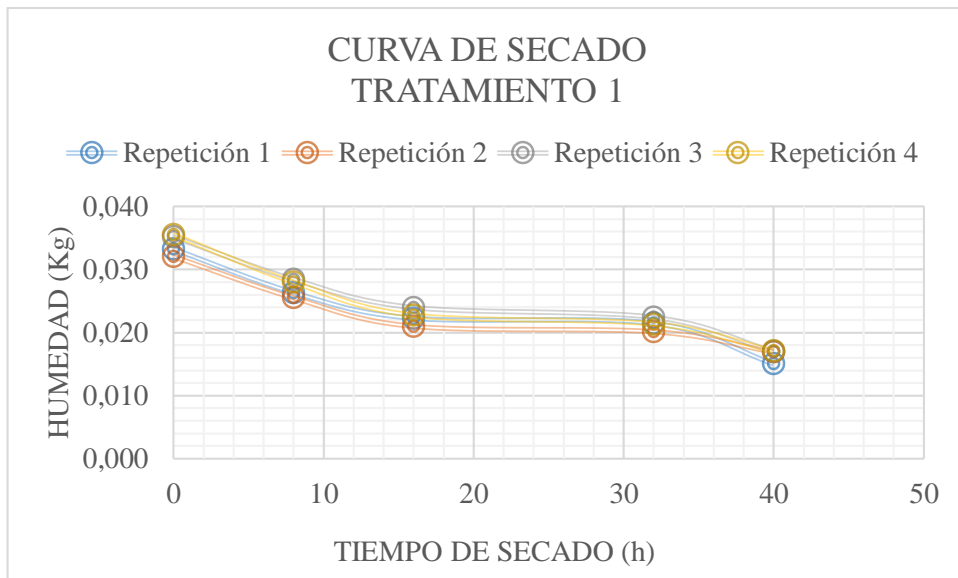


Gráfico 1-3: Curva de secado del tratamiento 1

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

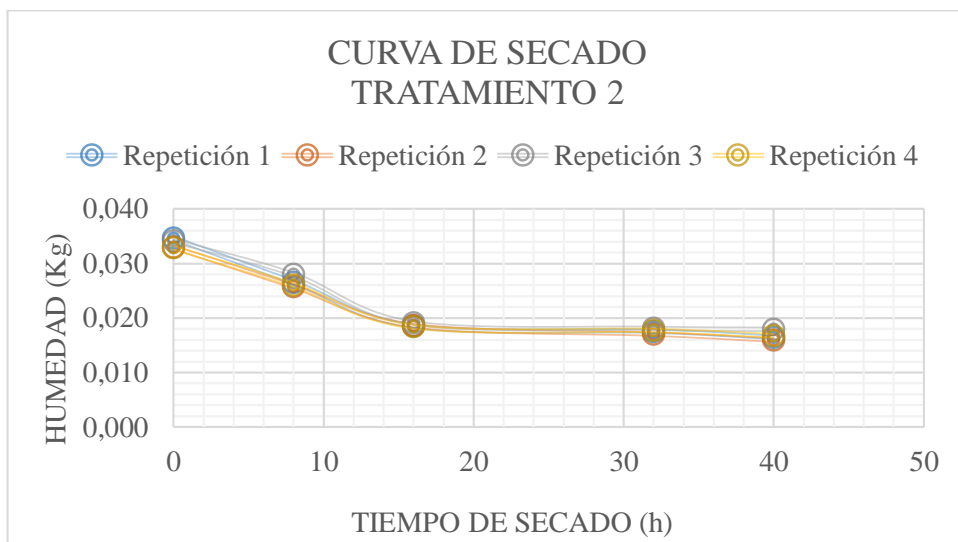


Gráfico 2-3: Curva de secado del tratamiento 2

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

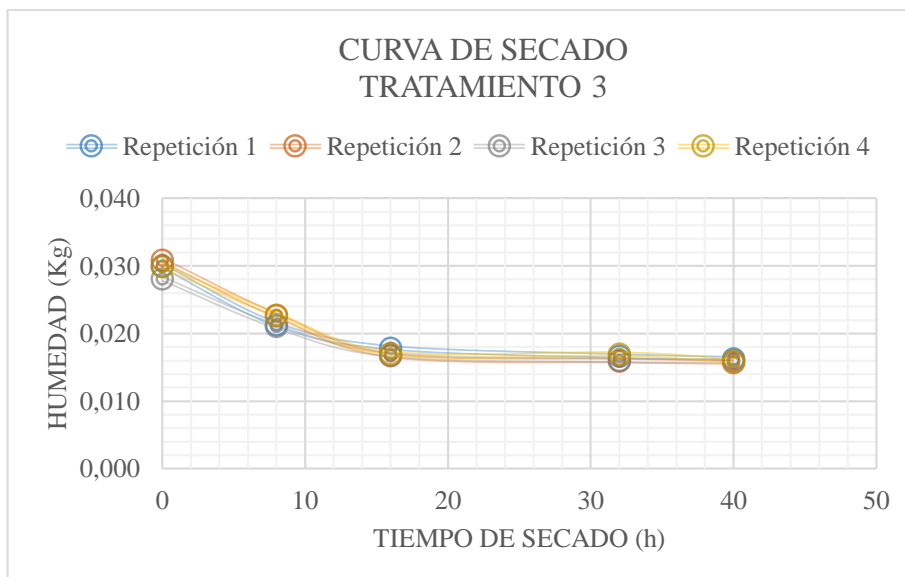


Gráfico 3-3: Curva de secado del tratamiento 3

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

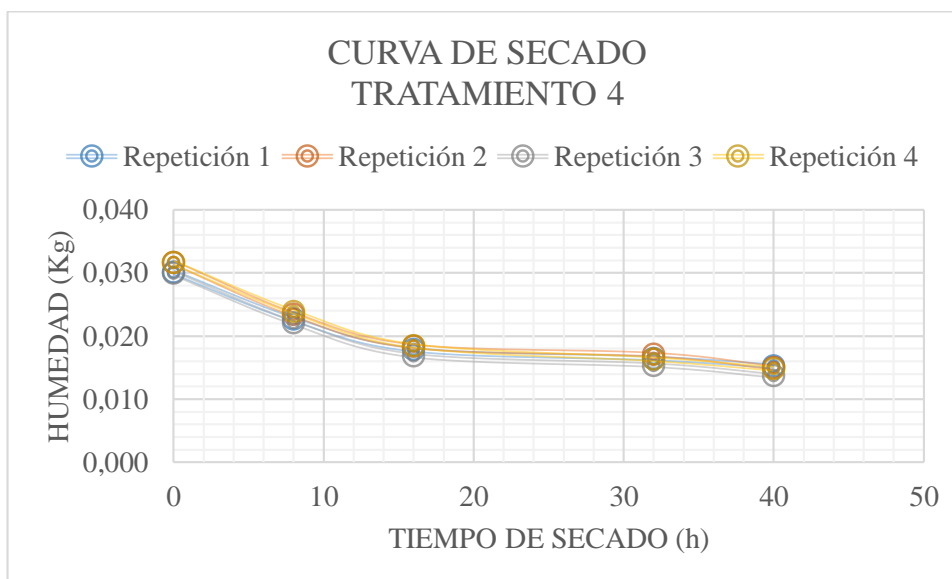


Gráfico 4-3: Curva de secado del tratamiento 4

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

3.3.2. Rendimiento de extracción del almidón

3.3.2.1. Rendimiento de extracción del almidón por vía húmeda

En la siguiente tabla se detalla el porcentaje de rendimiento promedio de las 4 repeticiones realizadas en cada uno de los tratamientos empleados para la extracción del mismo.

Tabla 17-3: Resultados del rendimiento de extracción del almidón por vía húmeda

No	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO (%)
1	TA1	8,258
2	TA2	8,395
3	TA3	7,999
4	TA4	7,341

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

Según los resultados obtenidos el mayor rendimiento es en el tratamiento 2, sin embargo, la diferencia con el tratamiento 1 es mínima.

3.3.2.2. Resultados del rendimiento de extracción del almidón por vía seca

En la siguiente tabla se detalla el porcentaje de almidón obtenido optando por la vía seca, para la cual se optó por 16 repeticiones tomando en cuenta 400 g de materia prima y se procedió a calcular un promedio del rendimiento obtenido.

Tabla 18-3: Resultados del rendimiento de extracción del almidón por vía seca

No	RENDIMIENTO (%)
1	7,32

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

En mención a los resultados obtenidos el método adecuado para la extracción del almidón de jengibre es mediante la vía húmeda y por lo expuesto por Brito y Chuiza (2020), en su trabajo titulado “Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de *arracacia xanthorrhiza*” dicho resultado se debe a la solubilidad que presenta el almidón en presencia del agua. Además, como menciona Villalobos et al. (2014), 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

estándares predeterminados ya sea por las pérdidas que se generan en los diferentes procesos como son el filtrado o la decantación.

3.3.3. Resultados de los ensayos del plástico biodegradable

De cada repetición realizada por tratamiento se generó un promedio de cada una de las pruebas del bioplástico, designando a las muestras G1A, G1B y G1C como un solo resultado con la nomenclatura TG1 de la misma forma se le designo la nomenclatura a los demás tratamientos.

3.3.3.1. Resultados de las pruebas físicas del bioplástico

A continuación, se presenta los resultados promedios obtenidos en las diferentes pruebas físicas a las que fue sometido el bioplástico.

Tabla 19-3: Resultados de las pruebas físicas del bioplástico

No	TRATAMIENTO	ESPESOR (mm)	HUMEDAD (%)	SOLUBILIDAD (%)	PERMEABILIDAD ($\frac{g\ mm}{h*MPa}$)
1	TG1	0,117	33,473 ± 1,67	30,332	0,0056
2	TG2	0,113	31,083 ± 1,55	10,645	0,0053
3	TG3	0,107	22,907 ±1,15	21,576	0,0051
4	TG4	0,107	29,922 ±1,50	36,110	0,0050

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

Según los resultados obtenidos se puede observar que el valor de espesor de los bioplásticos en cada uno de los tratamientos es menor a 0,12 mm, datos que concuerdan a los obtenidos por Brito, Basantes y Huacho (2020), en su trabajo titulado “Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (*manihot esculenta crantz*)” siendo un espesor adecuado para el embalaje de alimentos ya que en mención a la norma INEN 2542: 2010 el valor establecido debe ser menor al 0,2 mm. Con lo que respecta a la prueba de humedad los valores resultantes son superiores a los obtenidos por Brito, Basantes y Huacho (2020), esto se debe a que la cantidad de glicerina en los tratamiento realizados se dan en mayor cantidad a los empleados en el trabajo antes mencionado. Por otra parte, la solubilidad que presenta el plástico es menor al 40% datos que se asemejan a los obtenido por Trujillo Rivera (2014), en su trabajo titulado “Obtención de películas biodegradables

a partir de almidón de yuca (*manihot esculente crantz*) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos” donde hace mención que valores menores al 70% son utilizados en embalaje de alimentos, y valores mayores son empleados como recubrimientos solubles de cápsulas en el área de medicina.

En la prueba realizada para determinar la permeabilidad del plástico en cada uno de los tratamientos se tiene que los resultados no excede del $0,0060 \frac{g\ mm}{h*MPa}$ 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.

3.3.3.2. Resultados del ensayo de biodegradabilidad del bioplástico

Tabla 20-3: Resultados del ensayo de biodegradabilidad

No	TRATAMIENTO	BIODEGRADABILIDAD (%)		
		Agua	Suelo	Ambiente
1	TG1	96,158	86,381	33,298
2	TG2	95,715	87,744	35,824
3	TG3	95,705	83,914	35,810
4	TG4	97,411	86,438	36,493

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

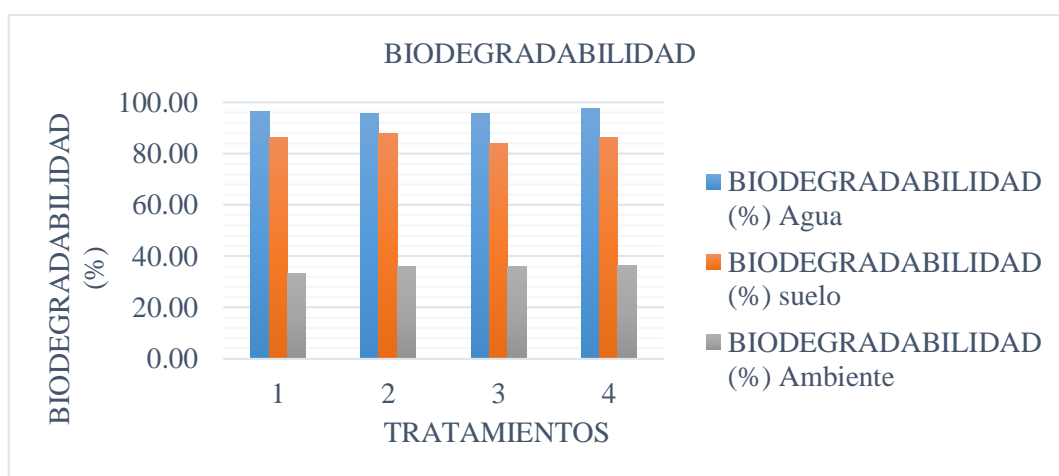


Gráfico 5-3: Porcentaje de biodegradabilidad en diferentes medios

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

Al tratarse de un plástico biodegradable uno de los aspectos más importantes dentro de cada uno de los ensayos realizados es el tiempo que requieren para una degradación. De cada uno de las muestras expuestas a los 3 medios con lo que respecta al suelo fueron las muestras del tratamiento 2 y 4 que presentaron un 88.33 % y 88% de degradabilidad respectivamente. Dichos resultados concuerdan a los obtenidos por Avellán et al. (2020), donde posterior a 42 días se obtuvo un 89.42 % de degradabilidad en las muestras que fueron aplicadas en el suelo. En el agua la degradabilidad fue relativamente homogénea, sin embargo, las muestras del tratamiento 4 presentaron mayor degradabilidad siendo aproximadamente de un 98.08 %. Finalmente, en el último medio que fue al ambiente la degradabilidad fue menor ya que no sobrepasaba una degradabilidad del 40 %.

3.3.3.3. Resultados del ensayo de tracción del bioplástico

Tabla 21-3: Resultados del ensayo de tracción del bioplástico

No.	Tratamiento	Módulo De Elasticidad (MPa)	Esfuerzo Máximo (MPa)	Esfuerzo De Fluencia (MPa)	Elongación (%)
1	TG1	2,560	1,933	0,800	14,29
2	TG2	0,838	0,644	0,311	24,29
3	TG3	1,267	0,967	0,433	22,86
4	TG4	5,845	4,449	2,308	25,71

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

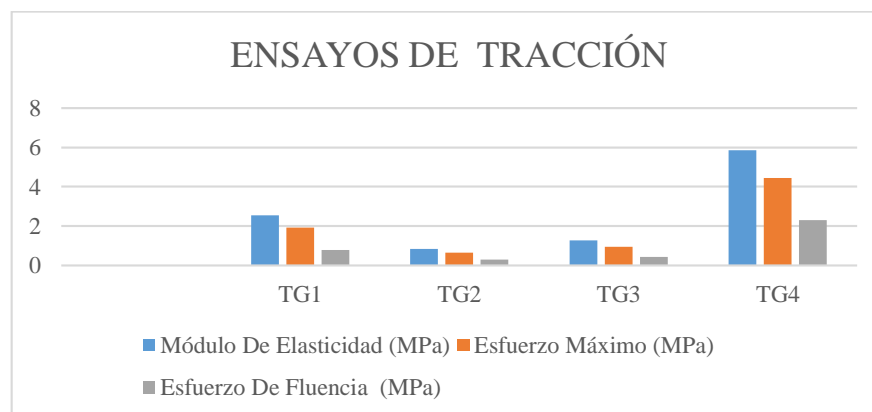


Gráfico 6-3: Resultados del ensayo de tracción del plástico biodegradable

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

Según los resultados obtenidos el que presenta un módulo de elasticidad alto es en el tratamiento 4 con un valor de 5,845 Mpa y su esfuerzo máximo de 4,449 Mpa, al comparar con los datos obtenidos por Charro (2015), en donde 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, con lo que respecta a los tratamientos 1,2 y 3 presentaron módulos de elasticidad menores a los 2,60 MPa. Por otra

parte, la elongación en el tratamiento 4 es mayor a diferencia de los demás tratamientos con un valor de 25,71% 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

Es posible obtener un plástico biodegradable con propiedades que se asemejen a los plásticos convencionales teniendo en cuenta como materia prima el almidón de jengibre (*Zingiber officinale*) y haciendo uso de otros aditivos como son la glicerina que actúa como plastificante, el ácido acético mismo que cumple la función de conservante previniendo el crecimiento bacteriano. Mediante la ejecución de ensayos de caracterización se comprueba que el plástico formulado es apto para su uso en el embalaje de alimentos.

3.4.2. Prueba de Hipótesis específica 1

La extracción del almidón de jengibre (*Zingiber officinale*) es posible por cualquiera de las vías de extracción conocidas, sin embargo, la más óptima es la vía húmeda ya que nos genera un porcentaje de rendimiento superior con respecto a la vía seca.

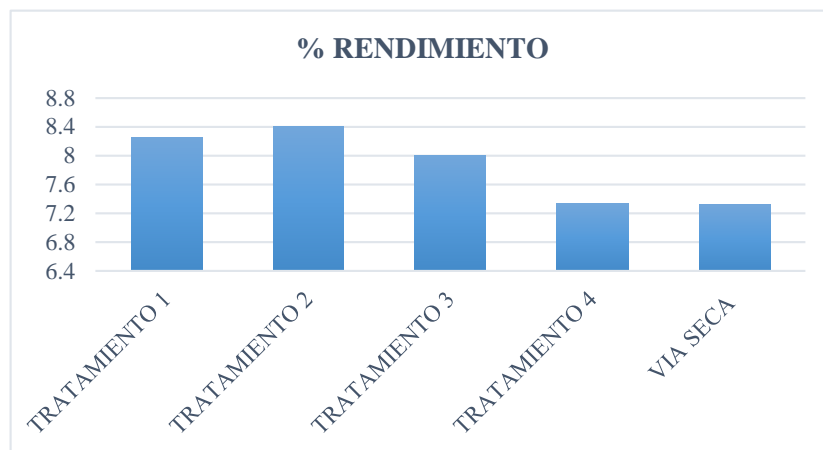


Gráfico 7-3: Rendimiento obtenido mediante las 2 vías

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

En el gráfico presentado se observa que el tratamiento adecuado para la extracción del almidón es la vía húmeda lo que afirma que dicho resultado se debe por tratarse de un tubérculo.

3.4.3. Prueba de Hipótesis específica 2

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.

3.4.4. 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 resulto 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 agua es mayoritaria a los demás medios como son el suelo o compostaje 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 sin embargo uno de los aspectos importantes es que la fuerza ejecutada en los 3 primeros tratamientos es el mismo siendo de 2.9 N.

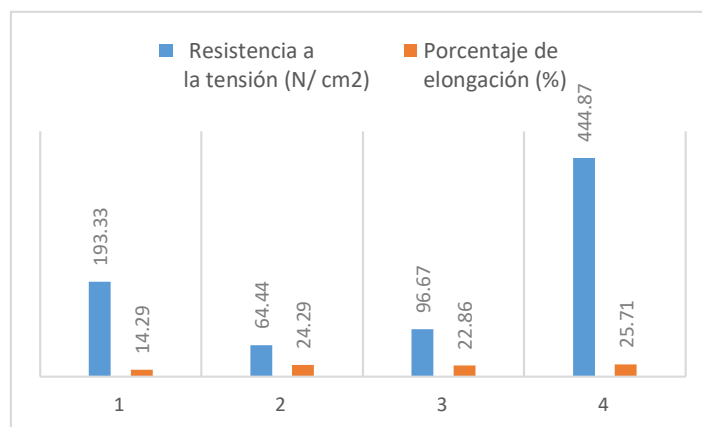


Gráfico 8-3: Resultado pruebas de tracción

Realizado por: Niveló, Britt, 2021.

CONCLUSIONES

- Se obtuvo satisfactoriamente un plástico capaz de biodegradarse en su totalidad en un lapso de 5 semanas en los 3 medios como son el agua, suelo y ambiente a partir del almidón de jengibre (*Zingiber officinale*). Además, cuenta con características que se encuentran dentro de los parámetros que se establece para las láminas plásticas, por lo que puede ser usado para el embalaje de diferentes productos en la industria de alimentos.
- Mediante la ejecución de extracción del almidón por vía húmeda y seca y calculando el rendimiento que genera ambos procesos, se determina que el método adecuado para la extracción del mismo es la vía húmeda que involucra los procesos unitarios de reducción de tamaño, filtración, sedimentación, decantación y secado obteniendo un porcentaje de rendimiento del 8.43 %.
- 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.
- Se realizaron 4 tratamientos para la obtención del bioplástico que fueron analizados mediante la ejecución de ensayos para conocer la calidad que dichos materiales presentan. El espesor en los 4 tratamientos no obtuvo una variación considerable siendo en promedio 0.00012 m. con respecto a la humedad el tratamiento 1 posee un mayor porcentaje siendo 33.57 % mientras que el tratamiento 3 presentó menor porcentaje siendo 22.91%. De la misma manera en la solubilidad, el que presentó mayor porcentaje fue el tratamiento 4 con un valor de 36.11%. La degradabilidad de los plásticos fue mayoritaria en el agua alcanzando cada una de las muestras un porcentaje mayor a 96 % sin embargo, en el ambiente el porcentaje no sobrepasó el 42 %. Finalmente, con lo que respecta a las pruebas de tracción la elongación presentada fue alta en cada uno de los tratamientos ya que 3 de los 4 tratamientos obtuvieron más del 22 % de elongación. Dichos resultados hacen mención a que los plásticos obtenidos son de buena calidad.

RECOMENDACIONES

- En el proceso de extracción del almidón por vía húmeda se genera gran cantidad de pulpa como residuo, sin embargo, se puede optar por procesar dichos residuos para el ámbito alimenticio ya que se conoce que el jengibre es utilizado como condimento en alimentos por lo que si se opta por un correcto tratamiento y proceso basándose en la inocuidad del mismo puedes ser utilizado nuevamente este producto.
- La materia prima empleada es un producto duro por lo que se dificulta el pelado del mismo, sin embargo, es recomendable el pelarlo ya que al hacer uso del mismo con toda la cascara el tono del almidón es ligeramente opaco por lo que el plástico al ser elaborado su tonalidad también difiere.
- El plastificante comúnmente utilizado es la glicerina, sin embargo, se recomienda el hacer uso de otros plastificantes como por ejemplo los aceites epoxidados para conocer si las propiedades del plástico varían permitiendo el mejoramiento del mismo.
- En el proceso de la formulación es recomendable que se realice todas las combinaciones posibles ya que de tal manera se podrá determinar más fácilmente el valor de las variables a emplearse en el diseño factorial.

BIBLIOGRAFÍA

- ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T.,** 2007. *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca* [en línea]. Roma, Italia: FAO. [Consulta: 14 enero 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1028s/a1028s03.pdf>.
- BRITO, H.,** 2000. *Texto Básico de Operaciones Unitarias I* [en línea]. Riobamba, Ecuador: s.n. [Consulta: 4 enero 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/313673724>.
- BRITO, H.,** 2001a. *Texto Básico Operaciones Unitarias II* [en línea]. Riobamba, Ecuador: s.n. [Consulta: 13 enero 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315778840_Texto_Basico_Operaciones_Unitarias_II.
- BRITO, H.,** 2001b. *Texto Básico Operaciones Unitarias III* [en línea]. Riobamba, Ecuador: s.n. [Consulta: 6 enero 2021]. ISBN 0897919645. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313673664_TEXTO_BASICO_DE_OPERACIONES_UNITARIAS_III.
- BRITO, H., BASANTES, A.R. y HUACHO, I.,** 2020. Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (manihot esculenta crantz). *ResearchGate* [en línea], vol. 7, no. February, pp. 228. [Consulta: 25 febrero 2021]. DOI 10.23857/dc.v7i1.1701. Disponible en: [349214716_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_manihot_esculenta_crantz_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_Manihot_Esculenta_Crantz_Synthesis_of_a_biodegradable_polymer_b](https://www.researchgate.net/publication/349214716_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_manihot_esculenta_crantz_Sintesis_de_un_polimero_biodegradable_a_base_de_la_yuca_Manihot_Esculenta_Crantz_Synthesis_of_a_biodegradable_polymer_b).
- BRITO, H. y CHUIZA, M.,** 2020. Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *ResearchGate* [en línea], vol. 6, no. July, 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.
- CALAN, A.,** 2020. Decantacion Quimica. [en línea]. [Consulta: 19 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/20202347/Decantacion_QUIMICA.
- CHARRO, M.,** 2015. *Obtencion de un plastico biodegradable a partir de almidon de patata* [en

- línea]. S.l.: Universidad Central del Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>.
- COLINA, L.**, 2013. Reducción de tamaño de alimentos. *Ingeniería de alimentos III* [en línea], pp. 1-39. Disponible en: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/red_tam_solidos_intro.pdf.
- ENRIQUEZ, M ; VELASCO, R. y & ORTIZ, V.**, 2012. Composición Y Procesamiento De Películas Biodegradables Basadas En Almidón. *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 10, no. 1, pp. 182-192.
- EUROPEAN BIOPLASTICS**, 2018. What are bioplastics? *European Bioplastics e.V* [en línea]. [Consulta: 18 diciembre 2020]. Disponible en: https://docs.european-bioplastics.org/publications/fs/EuBP_FS_What_are_bioplastics.pdf.
- HOLGUIN, J.**, 2019. *Obtencion de un biplastico a partir de almidon de papa* [en línea]. S.l.: Fundacion Universidad de America. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>.
- INSST**, 2018. DOCUMENTACIÓN TOXICOLÓGICA PARA LA VL ACTUALIZACIÓN DEL LÍMITE DE EXPOSICIÓN PROFESIONAL DEL ÁCIDO ACÉTICO. , pp. 1-10.
- LABORATORIO DE ALIMENTOS I**, 2008. *Fundamentos y Tecnicas de Analisis De Alimentos* [en línea]. 2008. Mexico: s.n. [Consulta: 22 diciembre 2020]. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/FUNDAMENTOSYTECNICASDEANALISISDEALIMENTOS_12286.pdf.
- LOZANO, R.P., MENGUAL, J.S. y MENGUAL, J.S.**, 2020. *Desarrollo, degradación y respuesta celular de un andamio biodegradable (PLA/G5) para regeneración ósea*. S.l.: s.n.
- MARIN, J.**, 2016. Química del almidón. [en línea]. Anzoategui: Disponible en: https://www.academia.edu/21607198/Química_del_almidón.
- MARTÍN, I., SALCEDO, R. y FONT, R.**, 2011. *Operaciones separación sólido-fluido* [en línea]. California, Estados Unidos: s.n. [Consulta: 30 noviembre 2020]. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/11/tema5_operaciones_separacion.pdf.

- MENOSCAL, R.& y RODRIGUEZ, E.,** 2017. Elaboración de láminas biodegradables a partir de los residuos del almidón de yuca (*Manihot esculenta*). *Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí “Manuel Félix López”* [en línea], pp. 50. Disponible en: <http://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/623/1/TMA141.pdf>.
- MONCAYO PICERNO, S.A.,** 2016. *Variación de la composición química de los aceites esenciales de hierba luisa (*Cymbopogon citratus*) y jengibre (*Zingiber officinale*) en función de las condiciones ambientales y del tipo de suelo de la zona de cultivo en las provincias de Esmeraldas, Manab* [en línea]. S.l.: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.
- MORENO BUSTILLOS, A.I., HUMARÁN SARMIENTO, V., BÁEZ VALDEZ, E.P., BÁEZ HERNÁNDEZ, G.E. y LEÓN VILLANUEVA, A.,** 2017. Transformación del almidón de papa, mucílago de nopal y sábila en bioplásticos como productos de valor agregado amigables con el ambiente. *Ra Ximhai*, pp. 365-382. ISSN 1665-0441. DOI 10.35197/rx.13.03.2017.21.am.
- MORILLAS, A.V., VALDEMAR, R.M.E., VILLAVICENCIO, M.B. y PÉREZ, M.V.,** 2015. *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.
- NATUREPLAST,** 2020. Historia de los bioplásticos. [en línea]. [Consulta: 9 diciembre 2020]. Disponible en: <http://natureplast.eu/es/el-mercado-de-los-bioplasticos/historia-de-los-bioplasticos/>.
- PARRA, J.,** 2019. *“OBTENCIÓN DE BIOFILM A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) Y DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) COMO ALTERNATIVA AL USO DE MATERIAL PLÁSTICO DERIVADO DE PETRÓLEO”*. Riobamba, Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- PLATINETTI, L.A., PORCAL RUIZ, M.N. y SANCHEZ, R.M.,** 2016. *Galletas a Base de Harina de Trigo Enriquecidas con Extracto de Jengibre rico en Polifenoles* [en línea]. S.l.: Universidad Nacional de Córdoba. Disponible en: https://rdu.unc.edu.ar/bitstream/handle/11086/4614/Informe_FINAL_Tesis_Jengibre.pdf?sequence=1.

- REACTIVOS QUÍMICA MEYER**, 2015. *Agua Destilada* [en línea]. 2015. S.l.: s.n. Disponible en: http://www.ecured.cu/index.php/Agua_destilada.
- RIERA, M.**, 2020. OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ (*Zea mays L.*). *Revista Colón Ciencias, Tecnología Y Negocios*, [en línea], vol. 7, no. 1, pp. 1-11. 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.**, 1996. Jengibre (*Zingiber officinale* Roscoe, Zingiberaceae): Etnofarmacognosia, cultivo, composición química y farmacología. *Acta Farmaceutica Bonaerense* [en línea], vol. 15, no. 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.
- RUIZ, G.**, 2006. Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de Yuca. *Ingeniería y Ciencia* [en línea], vol. 2, pp. 9-10. [Consulta: 3 diciembre 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/835/83520401.pdf>.
- SALGADO, F.**, 2011. El jengibre (*Zingiber officinale*). *Revista Internacional de Acupuntura* [en línea], Disponible en: <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-internacional-acupuntura-279-pdf-X1887836911933730>.
- SMINK, V.**, 2020. Argentina : Crean un plástico a base de maíz y mandioca. *BBC Mundo* [en línea]. 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.**, 2020. Ozonización del almidón de yuca para producir películas biodegradables. *Revista Internacional de Macromoléculas Biológicas* [en línea], pp. 2019-2020. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813019364852?via%3Dihub>.
- TORRES, A. y ACUÑA, O.**, 2010. Aprovechamiento de las propiedades funcionales del jengibre (*zingiber officinale*) en la elaboración de condimento en polvo, infusión filtrante y aromatizante para quema directa. *Revista Politecnica* [en línea], vol. 29(1), pp. 61. [Consulta: 22 diciembre 2020]. Disponible en:

<https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4343/1/RP-No.29%288%29.pdf>.

TRUJILLO RIVERA, C.T., 2014. *Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (manihot esculente crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ZEAPLAST, 2020. Plásticos biodegradables: historia de los bioplásticos. [en línea]. [Consulta: 9 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.zeaplast.cl/plasticos-biodegradables/historia-de-los-bioplásticos+-20#:~:text=En 1976 la compañía británica,el primer plástico totalmente biodegradable.&text=De los llamados bioplásticos compostables,es el de mayor producción>.

ANEXOS

ANEXO A: PORCENTAJE DE AMILOSA DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE (*Zingiber officinale*).

MO-LSAIA-2201-03



INSTITUTO NACIONAL AUTÓNOMO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS
ESTACION EXPERIMENTAL SANTA CATALINA
DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD
LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS
Panamericana Sur Km. 1, Cutugaguá TEs. 2090601-2007134, Fax 2007134
Casilla postal 17-01-240



INFORME DE ENSAYO No: 21-041

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Britt Diana Niveló	INSTITUCIÓN: Particular	
DIRECCIÓN: Piobamba	ATENCIÓN: Srta. Britt Diana Niveló	
FECHA DE EMISIÓN: 12/02/2021	FECHA DE RECEPCIÓN.: 01/02/2021	
FECHA DE ANÁLISIS: Del 1 al 11 de febrero de 2021	HORA DE RECEPCIÓN: 11H59	
	ANÁLISIS SOLICITADO	Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ^{II}	IDENTIFICACIÓN		
METODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04			
METODO REF.	U. FLORIDA 1970				
UNIDAD	%	%			
21-0272	14,16	22,08			Almidón de jengibre

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


Dr. Wán Sampedro
RESPONSABLE TÉCNICO



RESPONSABLES DEL INFORME


Ing. Beatriz Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

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

NOTAS:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Britt Niveló	PORCENTAJE DE AMILOSA						
	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">01</td> <td style="text-align: center;">1:2</td> <td style="text-align: center;">12/02/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	01	1:2	12/02/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
01	1:2	12/02/2021							

ANEXO B: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE



SAQMIC
Servicios Análisis Químicos y Microbiológicos

RESULTADO DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DE MUESTRA DE ALMIDÓN

NOMBRE: Niveló Zhagñay Britt Diana
TIPO DE MUESTRA: Almidón de Jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)
FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 2021-02-10
FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 2021-02-25

Examen Físico

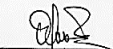
COLOR: Blanco hueso.
OLOR: Inoloro.
ASPECTO: Polvo.

Examen Microbiológico

Almidón de jengibre (<i>Zingiber officinale</i>)			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	<10	10
Coliformes Fecales (<i>Escherichia coli</i>)	UFC/g	<10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1000-5000	Ausencia

Valores de Referencia tomados de Guía Técnica para Producción y Análisis de Almidón de Yuca (FAO).

Atentamente



Dra. Gina Alvarez Reyes
RESPONSABLE TÉCNICO

SAQMIC
Servicios de Análisis Químicos y Microbiológicos
Dra. Gina Alvarez
Telf: 2 924 322 // Cel: 0998380374

Contactanos: 0998580374 - 032924322
 Av. 11 de noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Britt Niveló	ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin: 0 auto;"> <tr> <th style="width: 33%;">LÁMINA</th> <th style="width: 33%;">ESCALA</th> <th style="width: 33%;">FECHA</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">02</td> <td style="text-align: center;">1:2</td> <td style="text-align: center;">23/02/2021</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	02	1:2	23/02/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA							
02	1:2	23/02/2021							

ANEXO C: PROPIEDADES DE TRACCIÓN DEL PLÁSTICO BIODEGRADABLE DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	TRATAMIENTO 1
REALIZADO POR	BRITT DIANA NIVELÓ ZHAGNAY
PROYECTO DE TESIS	OBTENCIÓN DE UN PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE (<i>Zingiber officinale</i>) PARA SU USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS
TIPO MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	TG1
FECHA DE FABRICACIÓN	2021-02
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR AMARILLO TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,10
ANCHURA (mm)	15,00
LONGITUD INICIAL (mm)	70,00
SECCIÓN TRANSVERSAL (mm ²)	1,50
CARGA MÁXIMA (N)	2,90
ESFUERZO MÁXIMO (MPa)	1,93
CARGA DE FLUENCIA (N)	1,20
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	0,80
MÓDULO DE ELASTICIDAD (MPa)	2,56
PORCENTAJE DE ELONGACIÓN (%)	14,29

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	PROPIEDADES DE TRACCIÓN TRATAMIENTO 1		
	<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	REALIZADO POR: Britt Niveló	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			03	1:2	12/03/2021

Continuación - ANEXO C



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCION	TRATAMIENTO 2
REALIZADO POR	BRITT DIANA NIVEL0 ZHAGNAY
PROYECTO DE TESIS	OBTENCIÓN DE UN PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE (<i>Zingiber officinale</i>) PARA SU USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS
TIPO MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
DESIGNACION DEL MATERIAL	TG2
FECHA DE FABRICACION	2021-02
CAKACTERISTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR AMARILLO TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,30
ANCHURA (mm)	15,00
LONGITUD INICIAL (mm)	70,00
SECCION TRANSVERSAL (mm ²)	4,50
CARGA MAXIMA (N)	2,90
ESFUERZO MAXIMO (MPa)	0,64
CARGA DE FLUENCIA (N)	1,40
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	0,31
MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	0,84
PORCENTAJE DE ELONGACION (%)	24,28

Aprobado por

ING. JULIO LLERENA



TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Britt Nivel0	PROPIEDADES DE TRACCIÓN TRATAMIENTO 2		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			04	1:2	12/03/2021

Continuación - ANEXO C



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCION	TRATAMIENTO 3
REALIZADO POR	BRITT DIANA NIVELO ZHAGNAY
PROYECTO DE TESIS	OBTENCIÓN DE UN PLASTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE (<i>Zingiber officinale</i>) PARA SU USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS
TIPO MATERIAL	PLASTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	LAMINA DE PLASTICO
DESIGNACION DEL MATERIAL	TG3
FECHA DE FABRICACION	2021-02
CAKACTERISTICA DE COLOR	LAMINA COLOR AMARILLO TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,20
ANCHURA (mm)	15,00
LONGITUD INICIAL (mm)	70,00
SECCION TRANSVERSAL (mm ²)	3,00
CARGA MAXIMA (N)	2,90
ESFUERZO MAXIMO (MPa)	0,97
CARGA DE FLUENCIA (N)	1,30
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	0,43
MODULO DE ELASTICIDAD (Mpa)	1,27
PORCENTAJE DE ELONGACION (%)	27,86

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA REALIZADO POR: Britt Nivelo	PROPIEDADES DE TRACCIÓN TRATAMIENTO 3					
			<table border="1"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>05</td> <td>1:2</td> <td>12/03/2021</td> </tr> </tbody> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA	05	1:2
LÁMINA	ESCALA	FECHA						
05	1:2	12/03/2021						

Continuación - ANEXO C



INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCION	TRATAMIENTO 1
REALIZADO POR	BRITT DIANA NIVEL0 ZHAGNAY
PROYECTO DE TESIS	OBTENCIÓN DE UN PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE (<i>Zingiber officinale</i>) PARA SU USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS
TIPO MATERIAL	PLÁSTICO BIODEGRADABLE
MATERIAL	LÁMINA DE PLÁSTICO
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	G1A
FECHA DE FABRICACION	2021-02
CARACTERÍSTICA DE COLOR	LÁMINA COLOR AMARILLO TRANSPARENTE
ESPESOR (mm)	0,30
ANCHURA (mm)	15,00
LONGITUD INICIAL (mm)	70,00
SECCION TRANSVERSAL (mm ²)	4,50
CARGA MAXIMA (N)	4,90
ESFUERZO MAXIMO (MPa)	1,93
CARGA DE FLUENCIA (N)	1,30
ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa)	2,31
MODULO DE ELASTICIDAD (MPa)	5,85
PORCENTAJE DE ELONGACION (%)	25,71

Aprobado por



ING. JULIO LLERENA

TÉCNICO RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE CURTIEMBRE Y FIBRAS AGROINDUSTRIALES

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Britt Nivel0	PROPIEDADES DE TRACCIÓN TRATAMIENTO 4		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			06	1:2	12/03/2021

ANEXO D: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA



a.



b.



c.



d.



e.

NOTAS:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Britt Niveló	EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA		
a. Eliminación de impurezas de la materia prima b. Pesaje de la materia prima c. Proceso de licuefacción d. Proceso de filtrado e. Proceso de sedimentación	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			07	1:10	06/01/2021

CONTINUACION ANEXO D: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA



f.



g.



h.



i.



j.

NOTAS:		CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Britt Niveló	EXTRACCION DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA HÚMEDA		
f.	Proceso de decantación			<input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Por calificar	LÁMINA
g.	Proceso de secado			08	1:10	06/01/2021
h.	Proceso de trituración					
i.	Proceso de tamizado					
j.	Almidón obtenido finalmente					

ANEXO E:EXTRACCION DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA SECA



a.



b.



c.



d.



e.

NOTAS:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Britt Niveló		EXTRACCION DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE POR VÍA SECA		
a. Pesaje de la materia prima b. Jengibre rayado c. Materia seca d. Molienda e. Almidón obtenido finalmente	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar			LÁMINA	ESCALA	FECHA
		09	1:10	12/01/2021		

ANEXO F: CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL ALMIDÓN DE JENGIBRE



a.



b.



c.



d.



e.

NOTAS:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Britt Niveló	CARACTERIZACION FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN OBTENIDO		
	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
a. Solubilidad del almidón b. Determinación del pH del almidón c. Determinación de la humedad d. Prueba de ceniza e. Densidad aparente			10	1:10	28/01/2021

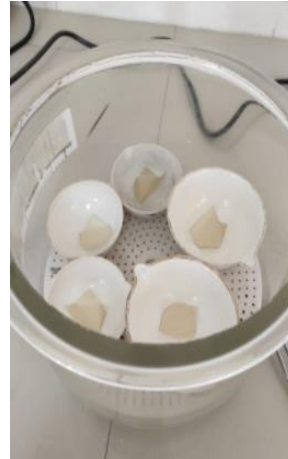
ANEXO G: CARACTERIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS



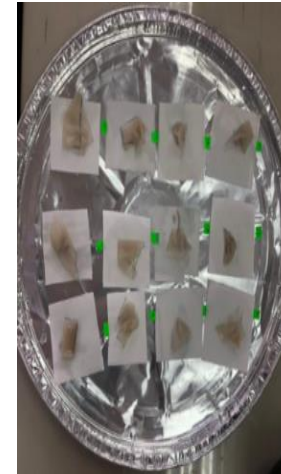
a.



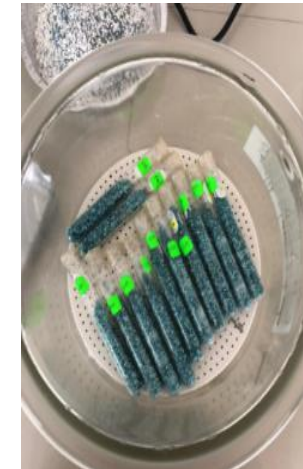
b.



c.



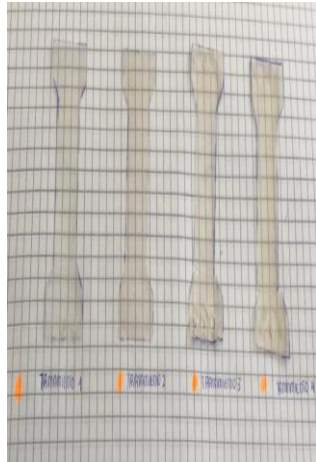
d.



e.

NOTAS:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA		CARACTERIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS		
a. Bioplásticos obtenidos	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	REALIZADO POR: Britt Nivelo		LÁMINA	ESCALA	FECHA
b. Determinación de espesor				11	1:10	20/02/2021
c. Prueba de humedad						
d. Prueba de solubilidad*						
e. Prueba de permeabilidad						

CONTINUACIÓN ANEXO G: CARACTERIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS



f.



g.



h.



i.



j.

NOTAS:		ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA		CARACTERIZACIÓN DE LOS PLÁSTICOS BIODEGRADABLES OBTENIDOS		
	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input checked="" type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar			REALIZADO POR: Britt Niveló	LÁMINA	ESCALA
f. Muestras prueba de tracción			12	1:10	03/03/2021	
g. Prueba de tracción						
h. Degradabilidad agua						
i. Degradabilidad suelo						
j. Degradabilidad al ambiente						



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

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

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 05 / 09 / 2021

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



1591-DBRA-UTP-2021