



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO PARA LA
SÍNTESIS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DEL ALMIDÓN
DEL ARROZ DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) PARA EL USO EN
EL EMBALAJE DE ALIMENTOS**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: RUTH YOJANA CUENCA ALCOSER

DIRECTOR: Ing. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA. PhD.

Riobamba – Ecuador

2022

©2022, Ruth Yojana Cuenca Alcoser

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, RUTH YOJANA CUENCA ALCOSER declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 03 de marzo de 2022

RUTH
YOJANA
CUENCA
ALCOSER

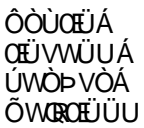
Firmado
digitalmente por
RUTH YOJANA
CUENCA ALCOSER
Fecha: 2022.03.14
15:46:18 -05'00'

Ruth Yojana Cuenca Alcoser

060547804-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Proyecto de Investigación, **IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO PARA LA SÍNTESIS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA (*Hordeum vulgare*) PARA EL USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS**, realizado por la señorita: **RUTH YOJANA CUENCA ALCOSER**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
<p>Ing. Cesar Arturo Puente Guijarro. PhD PRESIDENTE DE TRIBUNAL</p>		<p>2022-03-03</p>

<p>Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína. PhD DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN</p>		<p>2022-03-03</p>
--	--	-------------------

<p>Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos. MsC MIEMBRO DEL TRIBUNAL</p>	<p>LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS</p>	<p>2022-03-03</p>
--	--	-------------------

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico en primer lugar a Dios por brindarme la salud, las fuerzas y el conocimiento necesario para culminar una meta más en mi vida. A mis padres Marco Antonio y María Belén por brindarme su afecto y apoyo incondicional, sus consejos y valores en cada época de mi vida. A mis hermanos Alex, Magali y Evelin por su cariño e inspiración.

Ruth. C

AGRADECIMIENTO

A Dios en primer lugar por brindarme la vida y por concederme unos padres maravillosos. De Dios viene todo conocimiento y sabiduría y ÉL da sin medida a quien se lo pida. GRACIAS Dios por la sabiduría y el conocimiento que me ha otorgado para poder llegar a este punto importante de mi vida.

A mis padres por apoyarme, animarme y por creer en mi cuando mis fuerzas desfallecían, mil gracias a ellos.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a la Escuela de Ingeniería Química, y a los grandes maestros que con sus conocimientos, experiencias y consejos han logrado formar excelentes profesionales.

Al Ing. Hannibal Brito y a la Ing. Linda Flores por su apoyo al dirigirme en la elaboración del presente trabajo. Cada observación fue de gran ayuda y permitió reforzar mis conocimientos.

Finalmente, y no menos importante, a mis amigos que durante la carrera conocí, puedo decir que conocerlos fue una bendición extraordinaria. Los llevo en mi corazón.

A todos muchas gracias.

Ruth. C

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMARY/ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	
1.1. Antecedentes de la Investigación.....	2
1.2. Marco Conceptual o Glosario	4
1.2.1. Cebada (<i>Hordeum vulgare L.</i>).....	4
1.2.1.1. Origen.....	5
1.2.1.2. Clasificación Taxonómica	5
1.2.1.3. Características morfológicas	6
1.2.1.4. Suelo.....	7
1.2.1.5. Clima.....	7
1.2.1.6. Arroz de cebada.....	7
1.2.1.7. Composición Química de la Cebada	7
1.2.2. Almidón	8
1.2.3. Extracción del almidón	9
1.2.3.1. Extracción del almidón por vía húmeda.....	9
1.2.3.2. Extracción del almidón por vía seca	10
1.2.4. Operaciones unitarias empleadas en la obtención del almidón	10
1.2.4.1. Reducción de tamaño	10
1.2.4.2. Filtración.....	11
1.2.4.3. Sedimentación.....	11
1.2.4.4. Decantación.....	11
1.2.4.5. Secado.....	12
1.2.4.6. Tamizado.....	12
1.2.5. Transformación del almidón	12

1.2.5.1.	<i>Gelatinización</i>	12
1.2.5.2.	<i>Retrogradación</i>	12
1.2.6.	<i>Bioplásticos</i>	13
1.2.6.1.	<i>Ventajas de los bioplásticos</i>	13
1.2.6.2.	<i>Plástico biodegradable</i>	13
1.2.7.	<i>Tipos de biodegradación</i>	14
1.2.7.1.	<i>Biodegradación microbiana</i>	14
1.2.7.2.	<i>Biodegradación aeróbica</i>	15
1.2.7.3.	<i>Degradación anaeróbica</i>	15
1.2.8.	<i>Elementos para la elaboración del bioplástico</i>	15
1.2.8.1.	<i>Agua destilada</i>	15
1.2.8.2.	<i>Plastificante</i>	15
1.2.8.3.	<i>Glicerol</i>	16
1.2.8.4.	<i>Ácido acético</i>	17
1.2.9.	<i>Gel casting</i>	17

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1.	Objetivos	18
2.1.1.	<i>General</i>	18
2.1.2.	<i>Específicos</i>	18
2.2.	Hipótesis y especificaciones de variables	18
2.2.1.	<i>Hipótesis General</i>	18
2.2.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	18
2.2.3.	<i>Identificación de Variables</i>	19
2.2.4.	<i>Operacionalización de Variables</i>	20
2.2.5.	<i>Matriz de Consistencia</i>	21
2.3.	Tipo y Diseño de Investigación	23
2.3.1.	<i>Tipo de investigación</i>	23
2.3.2.	<i>Diseño experimental de la investigación</i>	23
2.3.2.1.	<i>Diseño experimental para la extracción del almidón</i>	23
2.3.2.2.	<i>Diseño experimental para la formulación del bioplástico</i>	24
2.3.2.3.	<i>Pruebas Experimentales para la extracción del almidón</i>	25
2.3.2.4.	<i>Pruebas Experimentales para la formulación del bioplástico</i>	25
2.3.2.5.	<i>Extracción del almidón a partir del arroz de cebada</i>	26
2.3.2.6.	<i>Formulación del bioplástico a partir del almidón del arroz de cebada</i>	28

2.3.2.7.	<i>Equipos, materiales y reactivos utilizados en la obtención del almidón</i>	28
2.3.2.8.	<i>Equipos, materiales y reactivos empleados en la formulación del bioplástico</i>	29
2.4.	Unidad de Análisis	29
2.5.	Población de Estudio	29
2.6.	Tamaño de Muestra	29
2.7.	Selección de muestra	29
2.8.	Técnicas de Recolección de Datos	30
2.8.1.	<i>Ensayos para la caracterización del almidón obtenido</i>	30
2.8.2.	<i>Ensayos para la caracterización del bioplástico</i>	36

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	
3.1.	Datos obtenidos	39
3.2.	Datos experimentales	40
3.2.1.	<i>Datos obtenidos de la extracción del almidón del arroz de cebada</i>	40
3.2.1.1.	<i>Datos del proceso de secado</i>	41
3.2.2.	Datos obtenidos de la caracterización del almidón.....	41
3.2.2.1.	<i>Prueba de humedad</i>	41
3.2.2.2.	<i>Prueba de residuos por calcinación</i>	42
3.2.2.3.	<i>Prueba de densidad</i>	42
3.2.2.4.	<i>Prueba del índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento</i>	43
3.2.3.	<i>Datos obtenidos de la formulación del bioplástico</i>	43
3.2.3.1.	<i>Pruebas preliminares para la formulación del bioplástico</i>	43
3.2.3.2.	<i>Concentraciones de almidón y glicerina para las mejores formulaciones</i>	46
3.2.3.3.	<i>Condiciones físicas de formulación</i>	46
3.2.4.	<i>Datos obtenidos de la caracterización del bioplástico</i>	47
3.2.4.1.	<i>Peso y apariencia de los bioplásticos</i>	47
3.2.4.2.	<i>Determinación del espesor</i>	48
3.2.4.3.	<i>Datos obtenidos de la determinación de la humedad</i>	48
3.2.4.4.	<i>Datos obtenidos de la determinación de la solubilidad</i>	49
3.2.4.5.	<i>Datos obtenidos de la determinación de la permeabilidad</i>	50
3.2.4.6.	<i>Datos obtenidos de la determinación de biodegradabilidad en el suelo</i>	51
3.2.4.7.	<i>Datos obtenidos de la determinación de biodegradabilidad en el agua</i>	51
3.2.4.8.	<i>Datos obtenidos de la determinación de biodegradabilidad en el ambiente</i>	52
3.2.4.9.	<i>Datos obtenidos de la determinación de propiedades de tracción</i>	53

3.3.	Cálculos	53
3.3.1.	<i>Cálculos correspondientes al almidón</i>	53
3.3.1.1.	<i>Cálculo del rendimiento del almidón del arroz de cebada</i>	53
3.3.1.2.	<i>Cálculo de la humedad</i>	54
3.3.1.3.	<i>Cálculos de Cenizas</i>	54
3.3.1.4.	<i>Cálculos de la densidad</i>	54
3.3.1.5.	<i>Índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento</i>	55
3.3.2.	<i>Cálculos correspondientes al bioplástico</i>	55
3.3.2.1.	<i>Cálculo del porcentaje de solubilidad del bioplástico</i>	55
3.3.2.2.	<i>Cálculo de la permeabilidad del bioplástico</i>	56
3.3.2.3.	<i>Porcentaje de biodegradabilidad</i>	57
3.4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
3.4.1.	<i>Resultados de la extracción del almidón del arroz de cebada</i>	57
3.4.2.	<i>Resultados del proceso de secado del almidón</i>	59
3.4.3.	<i>Resultados de la caracterización fisicoquímica del almidón</i>	60
3.4.4.	<i>Resultados de la caracterización del bioplástico obtenido</i>	61
3.4.4.1.	<i>Resultados obtenidos del espesor del bioplástico</i>	61
3.4.4.2.	<i>Resultados obtenidos de la prueba de humedad</i>	62
3.4.4.3.	<i>Resultados obtenidos de la prueba de solubilidad</i>	62
3.4.4.4.	<i>Resultados obtenidos de la prueba de permeabilidad</i>	63
3.4.4.5.	<i>Resultados obtenidos de la prueba de tracción de los bioplásticos</i>	64
3.4.4.6.	<i>Resultados de la biodegradabilidad en el suelo</i>	64
3.4.4.7.	<i>Resultados de la biodegradabilidad en el agua</i>	65
3.4.4.8.	<i>Resultado de biodegradabilidad en el ambiente</i>	66
3.4.4.9.	<i>Curva de biodegradabilidad de las muestras en los tres ambientes.</i>	67
3.5.	Prueba de Hipótesis	67
3.5.1.	<i>Hipótesis General</i>	67
3.5.2.	<i>Hipótesis Específica 1</i>	68
3.5.3.	<i>Hipótesis Específica 2</i>	68
3.5.4.	<i>Hipótesis Específica 3</i>	68
3.5.5.	<i>Hipótesis Específica 4</i>	68
	CONCLUSIONES	70
	RECOMENDACIONES	71
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Investigaciones realizadas sobre la elaboración de bioplásticos	3
Tabla 2-1:	Clasificación Taxonómica	5
Tabla 3-1:	Características morfológicas de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	6
Tabla 4-1:	Composición química de la cebada (<i>Hordeum vulgare L.</i>)	8
Tabla 5-1:	Serie de malla y tamaño	10
Tabla 6-1:	Propiedades fisicoquímicas del glicerol a 20 °C	16
Tabla 1-2:	Identificación de variables	19
Tabla 2-2:	Operacionalización de las variables	20
Tabla 3-2:	Matriz de consistencia	21
Tabla 4-2:	Descripción de los tratamientos para la extracción del almidón	25
Tabla 5-2:	Concentraciones de cada componente para la formulación del bioplástico	25
Tabla 6-2:	Equipos, materiales y reactivos utilizados en la extracción del almidón	28
Tabla 7-2:	Equipos, materiales y reactivos empleados en la formulación de la biopelícula	29
Tabla 8-2:	Recursos para la recolección de datos	30
Tabla 9-2:	Ensayos para la caracterización del almidón	31
Tabla 10-2:	Ensayos para la caracterización del bioplástico	36
Tabla 1-3:	Datos característicos de la materia prima	39
Tabla 2-3:	Datos obtenidos de la extracción del almidón del arroz de cebada.	40
Tabla 3-3:	Datos obtenidos durante el proceso de secado del almidón	41
Tabla 4-3:	Datos obtenidos de la prueba de humedad	42
Tabla 5-3:	Datos obtenidos de la prueba de residuos por calcinación	42
Tabla 6-3:	Datos obtenidos de la prueba de densidad	43
Tabla 7-3:	Datos obtenidos de la prueba del índice de solubilidad, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento	43
Tabla 8-3:	Ensayos preliminares para la elaboración de los bioplásticos del almidón del arroz de cebada	45
Tabla 9-3:	Concentraciones de almidón y glicerina para las mejores formulaciones	46
Tabla 10-3:	Datos obtenidos de las condiciones físicas de formulación	46
Tabla 11-3:	Datos obtenidos del peso y apariencia física de los bioplásticos	47
Tabla 12-3:	Datos obtenidos de la determinación del espesor	48
Tabla 13-3:	Datos obtenidos de la determinación de la humedad	49
Tabla 14-3:	Datos obtenidos de la determinación de la solubilidad.	49

Tabla 15-3:	Datos obtenidos de la determinación de la permeabilidad	50
Tabla 16-3:	Datos obtenidos de la biodegradabilidad en el suelo.....	51
Tabla 17-3:	Datos obtenidos para la biodegradabilidad del agua	52
Tabla 18-3:	Datos obtenidos para la degradabilidad en el medio ambiente.....	52
Tabla 19-3:	Datos obtenidos de la determinación de las propiedades de tracción.....	53
Tabla 20-3:	Identificación del tratamiento con mejor rendimiento.....	57
Tabla 21-3:	Análisis de Varianza en el rendimiento del almidón del arroz de cebada	58
Tabla 22-3:	Análisis de la prueba de Tukey	59
Tabla 23-3:	Resultados pruebas fisicoquímicas del almidón.....	60
Tabla 24-3:	Resultados obtenidos del espesor del bioplástico.....	61
Tabla 25-3:	Resultados obtenidos de la prueba de humedad	62
Tabla 26-3:	Resultados obtenidos de la prueba de solubilidad	62
Tabla 27-3:	Resultados prueba de permeabilidad	63
Tabla 28-3:	Resultados de pruebas de tracción; esfuerzos y módulos.....	64
Tabla 29-3:	Resultados de biodegradabilidad en el suelo.....	64
Tabla 30-3:	Resultados de biodegradabilidad en el agua.....	65
Tabla 31-3:	Resultados de biodegradabilidad en el ambiente.....	66

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Cebada (<i>Hordeum vulgare L.</i>)	5
Figura 2-1: Arroz de cebada	7
Figura 3-1: Estructura de la amilosa	8
Figura 4-1: Estructura de la amilopectina.....	9
Figura 5-1: Molino de martillos.....	11
Figura 6-1: Proceso de gelatinización y retrogradación del almidón.....	13
Figura 7-1: Biodegradación de polímeros	14
Figura 8-1: Estructura del glicerol	16
Figura 9-1: Estructura del ácido acético	17
Figura 1-2: Diseño experimental para la extracción del almidón	24
Figura 2-2: Diseño experimental para la formulación del bioplástico.....	24
Figura 1-3: Muestreo de la materia prima	39

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Diagrama de bloques para la extracción del almidón del arroz de cebada	26
Gráfico 2-2:	Diagrama de bloques para la obtención del plástico biodegradable	28
Gráfico 1-3:	Gráfica del porcentaje de almidón obtenido	58
Gráfico 2-3:	Gráfica del proceso de secado del almidón	59
Gráfico 3-3:	Biodegradabilidad en el agua, suelo y ambiente	67

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Ecuación del diseño experimental	23
Ecuación 2-2:	Para el cálculo del rendimiento.....	31
Ecuación 3-2:	Para el cálculo del porcentaje de cenizas	32
Ecuación 4-2:	Para calcular la densidad.....	33
Ecuación 5-2:	Para calcular el índice de solubilidad.	34
Ecuación 6-2:	Para calcular índice de absorción de agua.	35
Ecuación 7-2:	Para calcular el poder de hinchamiento.	35
Ecuación 8-2:	Para determinar la humedad.	36
Ecuación 9-2:	Para determinar la solubilidad en el bioplástico.	37
Ecuación 10-2:	Para determinar la permeabilidad al vapor de agua	37

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** CONTENIDO DE AMILOSA PRESENTE EN EL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA Y GRANO DEL ARROZ DE CEBADA
- ANEXO B:** INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE LOS BIOFILMS DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA
- ANEXO C:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA
- ANEXO D:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA
- ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN OBTENIDO
- ANEXO F:** OBTENCIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS
- ANEXO G:** CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue identificar las variables de proceso para la obtención de plásticos biodegradables a partir del almidón del arroz de cebada para el uso en el embalaje de alimentos. Para lo cual se extrajo almidón por vía húmeda mediante la trituration en una licuadora a distintos tiempos y velocidades, se obtuvieron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones, cuyo mejor rendimiento correspondió al tratamiento 4 (T4), seguido a esto se realizó la caracterización fisicoquímica del almidón en base a la norma INEN 1456. Para la formulación del bioplástico se realizaron ensayos preliminares de concentraciones de cada componente y condiciones de operación, obteniéndose así en base al diseño factorial 2k con k=2, un límite bajo y alto para el almidón de (2g y 2,5g) y glicerina (0,5 mL y 1mL), con valores constantes de agua (35mL), ácido acético (4mL), tiempo (15 min) y temperatura (86 °C), los bioplásticos fueron secados a temperatura ambiente durante tres días. Posteriormente se realizó las pruebas físicas y mecánicas, el espesor en promedio de cada tratamiento fue de (0,11mm; 0,14mm; 0,14mm; 0,12mm), humedad (12,99%; 13,95%; 12,84%; 15,35%), solubilidad (27,91%; 28,96%; 26,39%; 35,94%), entre otros. Las pruebas mecánicas fueron realizadas en el Laboratorio LenMaV de cuyos resultados el tratamiento del bioplástico 1 (TP1) presentó mayor porcentaje de elongación (16,20%), mientras que, para el módulo de elasticidad, carga de fluencia, esfuerzo de fluencia, carga máxima y esfuerzo máximo el TP3 presentó valores mayores. En las pruebas de biodegradabilidad, las muestras se degradaron en menor tiempo en el agua, seguido por el suelo y finalmente el ambiente. Se concluye que los bioplásticos obtenidos son ecológicos y en base a sus propiedades de tracción pueden ser usados en el embalaje de alimentos. Se recomienda plaquear las láminas en superficies estrictamente planas para evitar su inclinación.

Palabras clave: <ARROZ DE CEBADA (*Hordeum vulgare*)>, <ALMIDÓN>, <AMILOSA>, <AMILOPECTINA>, <BIOPLÁSTICO>, <PROPIEDADES DE TRACCIÓN>, <BIODEGRADABILIDAD>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC,
o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR,
ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO,
serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.12.10 16:11:34 -05'00'



2231-DBRA-UTP-2021

SUMARY/ABSTRACT

The objective of this research was to identify the process variables for obtaining biodegradable plastics from barley rice starch for use in the packaging of lime. For which starch was extracted wet by grinding in a blender at different times and speeds, four treatments were obtained with four repetitions, whose best performance corresponded to treatment 4 (T4), followed by the physicochemical characterization of the starch based on the INEN 1456 standard. For bioplastic formulation, preliminary tests of concentrations of each component and operating conditions were carried out, thus obtaining based on the 2k factorial design with $k = 2$, a low and high limit for starch of (2g and 2.5g) and glycerin (0.5 mL and 1mL), with constant values of water (35mL), acetic acid (4mL), time (15 min) and temperature (86 ° C), the bioplastics were dried at room temperature for three days. Subsequently, the physical and mechanical tests were carried out, the average thickness of each treatment was (0.11mm; 0.14mm; 0.14mm; 0.12mm), humidity (12.99%; 13.95%; 12.84%; 15.35%), solubility (27.91%; 28.96%; 26.39%; 35.94%), among others. The mechanical tests were carried out in the LenMaV Laboratory of whose results the treatment of bioplastic 1 (TP1) presented a higher percentage of elongation (16.20%), while, for the modulus of elasticity, yield stress, yield stress, load maximum and maximum effort the TP3 presented higher values. In the biodegradability tests, the samples degraded in less time in the water, followed by the soil and finally the environment. It is concluded that the bioplastics obtained are ecological and based on their tensile properties they can be used in food packaging. It is recommended to plate the sheets on strictly flat surfaces to avoid their inclination.

Keywords: <BARLEY RICE (Hordeum vulgare)>, <STARCH>, <AMYLOSE>, <AMYLOOPECTIN>, <BIOPLASTIC>, <TRACTION PROPERTIES>, <BIODEGRADABILITY>.



INTRODUCCIÓN

Los plásticos a lo largo de los años han sido ampliamente utilizados en distintos sectores de la industria y en el diario vivir gracias a su versatilidad y fácil manipulación, lo cual se ha hecho indispensable su uso en la sociedad.

El plástico al ser un derivado del petróleo es un material de larga vida, lo que conlleva siglos para su descomposición, esto se ha vuelto un problema de contaminación en la actualidad debido a que hay envases plásticos que son instantáneamente arrojados a la basura luego de cumplir su función principal de envolver un producto.

Según Moss et al., (2017: p.23) cada año 8 millones de toneladas de envases plásticos son derramados en los mares, de los cuales el 80% proceden de fuentes terrestres cuya presencia en el océano amenaza a los organismos marinos, entre ellos peces, aves y mamíferos del mar, y de seguir así es probable que hasta el 2025 se incremente a 17 millones de toneladas.

Es por eso que actualmente se busca reemplazar los plásticos convencionales por plásticos biodegradables cuyo tiempo máximo de descomposición en la naturaleza sea de 6 meses. Los bioplásticos son elaborados con materias primas renovables como vegetales, cereales, restos de cosechas y animales. En las fuentes agrícolas se encuentra el almidón y su aplicación para la fabricación de bioplásticos es una alternativa viable debido a su alta disponibilidad en tubérculos y cereales.

De acuerdo a Lema et al., (2016: p.98) la cebada (*Hordeum vulgare L.*) se constituye como el quinto cereal de mayor cultivo a nivel del mundo. En Ecuador, gracias a su ubicación geográfica y suelos productivos este cereal es cultivado en la región interandina en zonas de 2400 - 3300 msnm. De la producción ecuatoriana total el 40% es destinado a la producción de cerveza, el excedente es comercializado en mercados locales para la generación de subproductos. Lo cual dar un valor agregado a este producto sería de mucho beneficio para el país.

Según la investigación realizada por Prieto et al., (2009: p.115) de la extracción del almidón de la cebada con o sin cáscara se obtuvo un rendimiento del 60%. Lo cual lo hace factible aprovechar este recurso agrícola en la fabricación de bioplásticos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la Investigación

Durante la década de 1930-1940 se dio inicio al desarrollo industrial de cuatro de los principales termoplásticos de la actualidad, tales como: poliestireno (PS), poli (cloruro de vinilo) (PVC), las poliolefinas y poli (metacrilato de metilo) (PMMA). Todos estos materiales al ser derivados del etileno, en el pasado se los denominó plásticos etenoides; Sin embargo, actualmente se prefiere el término plásticos vinílicos (Gilbert, 2016, p. 5). Con el transcurso del tiempo, el plástico alcanzó grandes niveles de aplicación tanto en la industria alimenticia, farmacéutica, transporte, y de la construcción, desplazando en gran medida a la madera y al vidrio. Estos plásticos al ser elaborados a partir de reservas fósiles tienen la capacidad de perdurar y acumularse en la naturaleza por largos años, generando así grandes cantidades de residuos sólidos, los cuales afectan notablemente al medio ambiente (García, 2015, p.7).

Frente a esta situación se ha dado paso al desarrollo de materiales sustitutos, tales como los bioplásticos, los cuales son elaborados con materias primas renovables siendo una de ellas el almidón (Riera et al., 2020: p.1). Hasta la fecha se han realizado varias investigaciones en cuanto a la elaboración de estos materiales a partir del almidón presente en cereales, tubérculos y distintos vegetales, con la finalidad de encontrar el método más adecuado para su formulación y a su vez constatar la viabilidad económica, para en un futuro llevarlo a escala industrial.

En una investigación realizada por Aguilera et al., (2018, p.1) mencionan que para formular un bioplástico del almidón del grano de arroz con propiedades similares a los plásticos del mercado fue necesario añadir plastificantes como glicerol y alginato para aumentar la flexibilidad del almidón y un acelerante como es el ácido acético, lo cual permitió que el producto obtenido alcance una gran aceptación para ser utilizado como bolsas de desechos orgánicos gracias a su composición ecológica y propiedades satisfactorias.

En otra investigación realizada por Salazar et al., (2021, p.52) menciona que la adición de subproductos de mango, jamaica y café a una formulación de almidón y gelatina ayuda a mejorar las propiedades mecánicas del bioplástico, ya que como resultado presentó una dureza de 290 N, esto gracias a la afinidad de sus componentes.

Hasta la fecha se han continuado realizando investigaciones sobre la formulación de bioplásticos a partir del almidón. En la siguiente tabla se presentan varias investigaciones que han abordado esta temática.

Tabla 1-1: Investigaciones realizadas sobre la elaboración de bioplásticos

Nº	Nombre de la Investigación	Autor	Tipo	Año	País
1	Elaboración de películas plásticas flexibles a partir de polímeros naturales como alternativa de empaque y la evaluación de las propiedades.	Rutiaga Olga	Tesis	2002	México
2	Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata.	Charro Mónica	Tesis	2015	Ecuador
3	Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz.	Garcia Alma	Artículo científico	2015	El Salvador
4	Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i> spp.).	Chariguamán Jimmy	Tesis	2015	Honduras
5	Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón.	Nárvaez María	Tesis	2016	Ecuador
6	Análisis experimental de la Elaboración de Bioplástico a partir de la Cascara de Plátano.	Pizá Hamlet; Rolando Sophia; Ramirez Claudia; Villanueva Stephanie; Zapata Ana	Proyecto de Investigación	2017	Perú
7	Producción y Caracterización de Películas de Biopolímero de Nopal <i>Opuntia ficus-indica</i> (L.).	Pascoe Sandra; Mendoza Michelle	Artículo científico	2019	México

8	Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial.	Guamán Jenny	Tesis	2019	Ecuador
9	Diseño de una planta de producción de envases biodegradables a base de almidón de papa en la provincia de Piura.	Bayona Joan; Gonzales Diego; Saavedra Liliana; Sosa Jhon; Viera Lourdes	Trabajo de Investigación	2020	México
10	Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza.	Chuíza Marco; Rodríguez Adriana; Brito Hanníbal	Artículo científico	2020	Ecuador

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

Las investigaciones antes mencionadas confirman que el almidón es una excelente alternativa para la elaboración de biopelículas.

1.2. Marco Conceptual o Glosario

1.2.1. Cebada (*Hordeum vulgare L.*)

La cebada (*Hordeum vulgare L.*) es un cereal perteneciente a la familia de las gramíneas con un alto concentrado de carbohidratos y es cultivado en zonas climáticas templadas frías. A nivel mundial es considerado como el cuarto cereal más cultivado después del trigo, maíz y arroz (Alpusig, 2013, p.24). En el Ecuador es cultivo en la región Sierra, en especial en la provincia de Chimborazo y Cotopaxi. La cebada gracias a su contenido de vitaminas, cereales y aminoácidos es consumida de distintas formas, tales como: machica, arroz de cebada, copos de cebada y cebada perlada. (Falconi et al., 2010: p.1).



Figura 1-1: Cebada (*Hordeum vulgare L.*)

Fuente: (Ullrich, 2014, p.2).

1.2.1.1. Origen

Se considera que la cebada (*Hordeum vulgare L.*), es una de las especies de cultivo más antiguas del mundo que fueron domesticadas en el Creciente Fértil del Medio Oriente hace al menos 10,000 años. Un enfoque para determinar si una especie de planta ha sido domesticada es la presencia, en muestras arqueológicas, de rasgos morfológicos resultantes de cambios genéticos que favorecen la producción agrícola (Ullrich, 2014, p.1).

Los rasgos de domesticación de la cebada incluyen:

- la presencia de un raquis no frágil que evita que la espiga se rompa y que el grano se esparza al madurar.
- El cambio de una espiga de dos hileras en la cebada progenitora silvestre (*H. vulgare subsp. Spontaneum*) a la espiga de seis hileras (*H. vulgare subsp. Vulgare*).
- Granos desnudos o sin cáscara que facilitan el uso de la cebada para la alimentación humana debido a la menor cantidad de fibra insoluble en la cáscara.

1.2.1.2. Clasificación Taxonómica

La cebada pertenece al grupo de plantas de gran importancia económica y mundial, las Triticeae, que es una tribu de la familia de las gramíneas Poaceae. Esta tribu se caracteriza por tener inflorescencias puntiagudas, número de cromosomas base $x = 7$ y genomas grandes (Ullrich, 2014, p.1).

Tabla 2-1: Clasificación Taxonómica

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Liliidae

Orden	Poales
Familia	Poaceae
Subfamilia	Pooideae
Tribu	Triticeae
Género	<i>Hordeum</i>
Especie	<i>vulgare</i>
Nombre científico	<i>Hordeum vulgare L.</i>
Nombre común	Cebada

Fuente:(Alpusig, 2013, pp. 24-25).

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

1.2.1.3. Características morfológicas

La cebada es una planta herbácea de color verde claro con hojas delgadas y estrechas, la altura de la planta incluida la espiga varía entre 0.30 metros a 2 metros.

Tabla 3-1: Características morfológicas de la cebada (*Hordeum vulgare*)

Nº	Órgano	Características
1	Raíz	La raíz de este cereal es fibrosa y cubierta por pelos absorbentes tanto las raíces primarias y secundarias.
2	Tallo	El tallo es cilíndrico y posee entre 7 y 8 entrenudos. Los entrenudos son más largos según se aleja desde la región basal. Esta planta desarrolla macollos o hijuelos que también producen espigas.
3	Hojas	las hojas están ubicadas en cada entrenudo del tallo y el total de hojas varía entre 5 a 10. Las hojas son de color verde claro, sin embargo, su coloración puede variar dependiendo de las condiciones climáticas del lugar.
4	Flores	Las flores son en forma de espigas y constan de un eje central compuesto de 10 a 30 entrenudos que también es conocido como raquis. La espiga de cebada puede ser de dos o seis filas.
5	Fruto	Los granos son secos. Y dependiendo del número de filas varía la cantidad de granos. Las espigas de 2 hileras contienen entre 25 a 30 granos, mientras que la de 6 hileras tiene de 25 a 60 granos. El grano de cebada puede ser con o sin cáscara, esto depende del tipo de semilla utilizado durante la siembra.

Fuente: (Baldoceca, 2015, pp. 9-10-11).

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

1.2.1.4. Suelo

La cebada es cultivada en suelos con pH entre 5.5 y 7.5, aunque prefieren suelos con pH de 6.5 ya que a estas condiciones la planta asimila de mejor manera el fósforo. Los suelos recomendables son aquellos francos arcillosos o limosos que faciliten el buen drenaje y sean fértiles (Alpusig, 2013, p. 28).

1.2.1.5. Clima

La cebada se puede cultivar en altitudes desde los 2400 a 3500 m s.n.m, el cultivo durante su ciclo requiere temperaturas que van entre 10 a 20 °C y precipitaciones de 500 a 700 mm (Cajamarca y Montenegro, 2015, p. 5).

1.2.1.6. Arroz de cebada

El arroz de cebada es un derivado del grano de cebada, cuyo proceso de obtención consiste en hacer pasar el grano por una maquina llamada pulidora dejando al grano libre del salvado, posteriormente es sometiendo al calor con la finalidad de conseguir una ligera precocción y finalmente es triturado en un molino industrial para granos (Alpusig, 2013, p.33). El proceso de precocción es opcional.



Figura 2-1: Arroz de cebada

Fuente: Cuenca, R. 2021.

1.2.1.7. Composición Química de la Cebada

Dependiendo de las condiciones en las que se ha desarrollado el cultivo de los cereales su composición química varía y se los cuantifica mediante un análisis proximal.

Tabla 4-1: Composición química de la cebada (*Hordeum vulgare* L.)

Componentes	Porción
Proteínas %	13,94
Grasa cruda %	3,12
Fibra bruta %	6,72
Almidón %	41,87
Cenizas %	3
Humedad %	10,5
Materia seca %	89,5

Fuente: (Perrone et al., 2011: p.4) .

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

1.2.2. Almidón

Es un polisacárido de reserva vegetal que se almacena por mucho tiempo en orgánulos denominados amiloplastos, posteriormente puede ser utilizado por la semilla durante el proceso de brotación en el caso de los cereales, o puede mantenerse en otros tejidos como en tubérculos, frutas inmaduras, entre otros (Agama et al., 2018: p.71). Está constituido principalmente por dos polisacáridos: amilosa principalmente α -D (1,4) - glucano lineal y amilopectina ramificada, que tiene la misma estructura principal que la amilosa, pero con muchos puntos de ramificación α -1,6 enlazados. El almidón se compone del 10-20% de amilosa y del 80-90% de amilopectina, dependiendo de la fuente botánica. La amilosa es soluble en agua y forma una estructura helicoidal. Las cadenas de amilopectina ramificadas cortas pueden formar estructuras helicoidales que cristalizan dando como resultado que el almidón se presente como gránulos discretos. Los gránulos de almidón exhiben propiedades hidrófilas y fuerte asociación intermolecular a través de enlaces de hidrógeno formados por los grupos hidroxilo en la superficie del gránulo (Ashter, 2016b: p.86). El almidón en su estado nativo está formado por gránulos cristalinos insolubles en agua (Bello y Agama 2017: p.1).

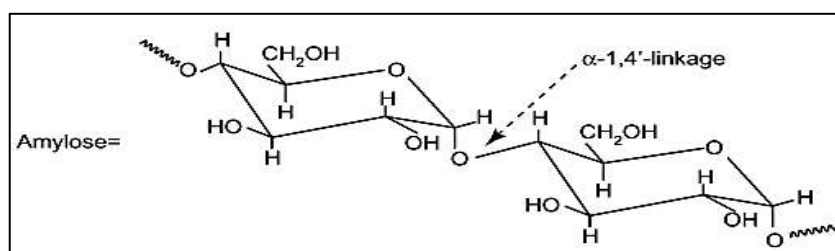


Figura 3-1: Estructura de la amilosa

Fuente: (Ashter, 2016b: p.86).

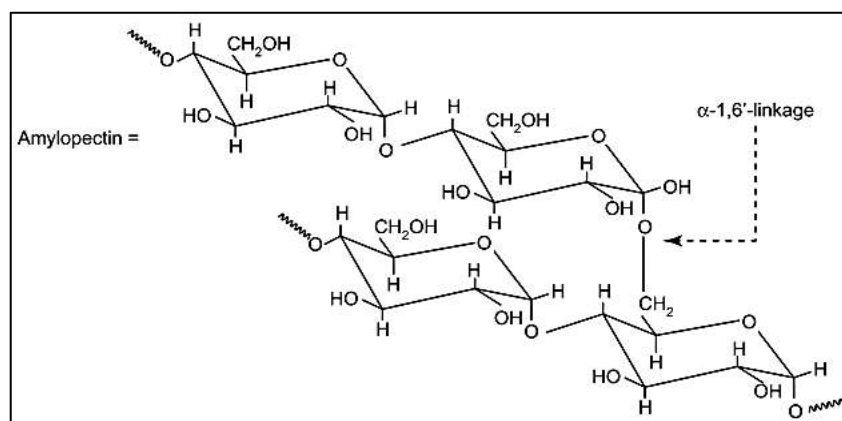


Figura 4-1: Estructura de la amilopectina

Fuente: (Ashter, 2016b: p.86).

Según Alpusig (2013, p.36) dependiendo de las propiedades fisicoquímicas y funcionales, el almidón se pueden emplear como agentes tanto: espesantes, estabilizantes, relleno, entre otros.

1.2.3. Extracción del almidón

El aislamiento del almidón se logra mediante molienda húmeda y seca, en la que se involucran diversos pasos como sedimentación, filtración y centrifugación (Agama et al., 2018: p.71).

1.2.3.1. Extracción del almidón por vía húmeda

La molienda húmeda es un método en el que la fuente de almidón ya sea granos o pulpa se sumerge en agua o solución donde se incluye un reactivo como ácido cítrico, bisulfito de sodio, entre otros, para bloquear la oxidación de la mezcla.

Cuando se trabajan con granos, estos se sumergen en la solución durante 8-10 horas para ablandar el tejido. Luego de este tiempo, el material con almidón y la solución se muelen para obtener una solución que se tamiza con diferentes tamaños de malla como 50, 100 y 200 U.S. Posteriormente, el residuo se lava con agua del grifo hasta que el agua no ha mostrado residuos aparentes de almidón. La dispersión de almidón se mantiene durante varias horas para producir la sedimentación. Se retira el sobrenadante y se centrifuga el sedimento para recuperar el almidón húmedo, el cual finalmente es secado en un horno convencional a temperaturas entre 40 y 45 ° C por 24 horas. Finalmente el almidón seco se tritura (Agama et al., 2018: pp.70-79).

Tabla 5-1: Serie de malla y tamaño

Malla serie	Tamaño	
	Tylor o U.S	Micras
50	297	0,297
100	149	0,149
200	74	0,074
270	53	0,053

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

1.2.3.2. Extracción del almidón por vía seca

El proceso de molienda en seco implica tamizado y clasificación por aire para la separación de los componentes del grano tales como: proteínas, almidón y fibra, pero se obtiene una menor eficiencia en comparación con la molienda en húmedo.

La molienda en seco produce la separación de las capas externas del grano como el germen y pericarpio del endospermo almidonado. La recuperación de almidón del proceso de molienda en seco no es razonable a pesar de que se utilizan la molienda fina de los granos y la clasificación por aire. Si se comparan ambos procesos de molienda, la molienda húmeda produce un rendimiento y una calidad de almidón comercialmente satisfactorios; Sin embargo, otras variables como el costo de la mano de obra, los residuos, etc., deben considerarse en el proceso de molienda en húmedo. (Agama et al., 2018: pp.79-80).

1.2.4. Operaciones unitarias empleadas en la obtención del almidón

1.2.4.1. Reducción de tamaño

La reducción de tamaño de las partículas se logra mediante el triturado y corte de los materiales sólidos por acción mecánica (Brito, 2000, p.28). La aplicación más común es la molienda de granos a harina, e incluso se lo utiliza para la producción de almidón.

En el proceso de molienda, los materiales se reducen de tamaño al fracturarlos, para lo cual, son sometidos a tensión por la acción de las partes mecánicas de la máquina e inicialmente la tensión es absorbida internamente por el material como energía de deformación. Para una molienda eficiente, la energía aplicada al material debe exceder la energía mínima necesaria para romper el material por un margen tan pequeño como sea posible. El exceso de energía se pierde en forma de calor (Earle, 1983, p.159).

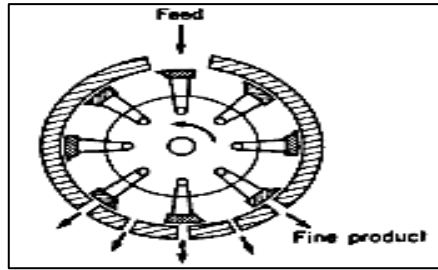


Figura 5-1: Molino de martillos

Fuente: (Earle 1983, p.162).

1.2.4.2. Filtración

Esta operación unitaria tiene como objetivo separar un sólido insoluble presente en una suspensión sólido-líquido, la mezcla pasa a través de un filtro fino que retiene las partículas sólidas. Este filtro recibe el nombre de medio filtrante, los residuos retenidos en el filtro se denominan torta, mientras que el líquido que traspasa esta membrana porosa se llama filtrado. Un aspecto muy importante es que los poros del medio filtrante deben ser menores que las partículas a separarse (Juárez, 2013, p.3). La torta se compone de una masa gruesa de partículas irregulares (Brito, 2001, p.24).

1.2.4.3. Sedimentación

La sedimentación es una operación unitaria basada en la transferencia de la cantidad de movimiento entre un sólido y un fluido. Es decir, mediante la sedimentación es posible separar un sólido que se encuentra en suspensión en forma de flóculos en una solución. Esta separación se lleva a cabo por efecto de la gravedad, obteniéndose así un líquido clarificado en la parte superior y una suspensión concentrada de sólidos en el fondo. La sedimentación puede ser de forma continua o intermitente. Los sedimentadores a gran escala son capaces de operar en régimen continuo (Oliva et al., 2008: p.18).

1.2.4.4. Decantación

Esta operación unitaria tiene como finalidad separar mezclas heterogéneas sólido-líquido o líquido-líquido por diferencia de densidades. Para llevarse a cabo esta operación es importante que la mezcla haya reposado por un lapso de tiempo hasta que las dos fases se hayan formado. La parte menos densa se deposita arriba, mientras que la parte más densa en el fondo, lo cual hace posible su separación (SEMARNAP, 2013, p.21).

1.2.4.5. Secado

El secado es una operación unitaria que consiste en eliminar la humedad presente en un producto sin dañar su estructura, para lo cual se usa aire para llevar calor al producto y así liberar la humedad. La inspección del flujo de aire significa el monitoreo de la velocidad de secado. Un aspecto importante es que el calor provoca la tasa de evaporación de la humedad del producto. Se necesitan aproximadamente 1,000 BTU de calor para convertir una libra de agua en vapor. Esto se conoce como calor latente de evaporación (Gould, 1996, pp:143-144).

1.2.4.6. Tamizado

El tamizado es una operación unitaria que tiene como fin separar las distintas partes que integran un sólido granular o pulverizo basado exclusivamente en el tamaño de partículas, por lo general el almidón es pasado por un tamiz de 38 micrones (Brito et al., 2019: p.204). Los tamices pueden ser de distintos tamaños con aberturas de distinta forma, según la clase de tejido (Samaniego y Estrada, 2011: p.27).

1.2.5. Transformación del almidón

1.2.5.1. Gelatinización

La gelatinización del almidón se consigue al llevarlo a temperaturas entre 60 y 75°C con agua mayor al 30%, a estas temperaturas los polímeros experimentan un proceso de orden-desorden debido a la vibración que resultan del rompimiento de los puentes de hidrogeno ubicadas en las zonas amorfas de los gránulos, provocando así su hinchamiento como consecuencia del ingreso progresivo e irreversible de agua a la estructura. Los distintos cambios que experimentan los gránulos de almidón dependen del tamaño del gránulo, pureza del almidón y velocidad de calentamiento (Pineda et al., 2010: pp.132-133).

1.2.5.2. Retrogradación

La retrogradación del almidón se presenta cuando el almidón gelatinizado se enfría y almacena, las cadenas de almidón lixiviadas durante el calentamiento en exceso de agua se organizan en una estructura ordenada diferente de la estructura original del almidón. Con un tiempo de almacenamiento más prolongado (y dependiendo de la fuente de almidón), la amilopectina mantenida dentro de los gránulos fantasma también se reorganiza. En el proceso de retrogradación

la fuente del almidón juega un papel importante debido a que los almidones con alta amilosa se retrogradan más rápido (Agama et al., 2018: p.86).

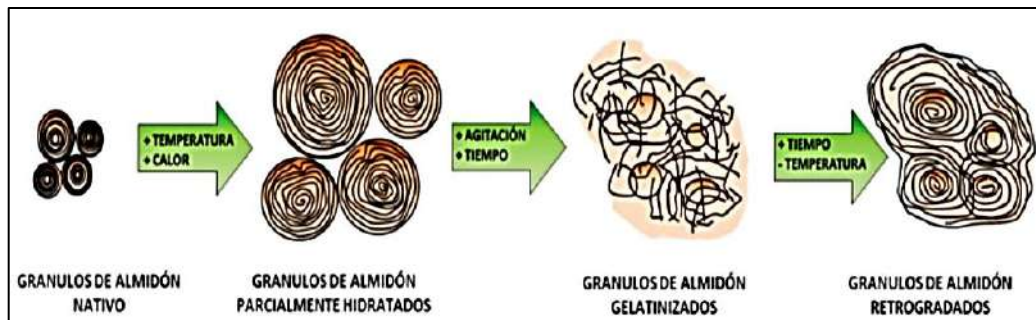


Figura 6-1: Proceso de gelatinización y retrogradación del almidón

Fuente: (Villaruel et al, 2018: p.273).

1.2.6. Bioplásticos

Los bioplásticos son materiales poliméricos elaborados con materias primas de origen biológico tales como: aceite vegetal, celulosa, almidón, ácido láctico, entre otros (Zeng, 2016, p.81).

1.2.6.1. Ventajas de los bioplásticos

Según Zeng (2016, p.81) la elaboración de estos materiales tiene como ventaja lo siguiente:

- Reducir las emisiones de carbono, ya que, los plásticos convencionales producen 4 toneladas de emisiones de carbono, mientras que los bioplásticos solo 0,8 toneladas de carbono aproximadamente.
- Los bioplásticos al tener orígenes orgánicos se descomponen rápido en el suelo convirtiéndose en humus que puede ser aprovechado por las plantas. Los gases liberados de su descomposición son: dióxido de carbono y vapor de agua.

1.2.6.2. Plástico biodegradable

El plástico biodegradable se trata de un polímero que luego de cumplir su vida útil es capaz de descomponerse en dióxido de carbono, vapor de agua y humus, en un lapso de 6 meses como máximo, cuya visibilidad en este tiempo es nula (Ashter, 2016a: p.23).

1.2.7. Tipos de biodegradación

Hay tres mecanismos principales de biodegradación que se utilizan para degradar los biopolímeros. Tales como:

- Biodegradación microbiana
- Biodegradación aeróbica
- Biodegradación anaeróbica

1.2.7.1. Biodegradación microbiana

La degradación microbiana se produce mediante la acción de enzimas o subproductos generados por microorganismos como bacterias, levaduras y hongos. En este proceso ocurren la despolimerización y mineralización (Ashter, 2016, p.31).

La despolimerización es un mecanismo de radicales libres en el que el polímero se degrada a monómeros, oligómeros y dímeros que, estos al exponerse a un entorno aeróbico, producen dióxido de carbono y agua. Sin embargo, cuando los mismos oligómeros, dímeros y monómeros despolimerizados se exponen a un ambiente anaeróbico, dan como productos finales: metano, dióxido de carbono y agua. La despolimerización tiene lugar fuera del organismo debido al tamaño de la cadena del polímero y son realizadas por las enzimas extracelulares (Ashter, 2016, p.31).

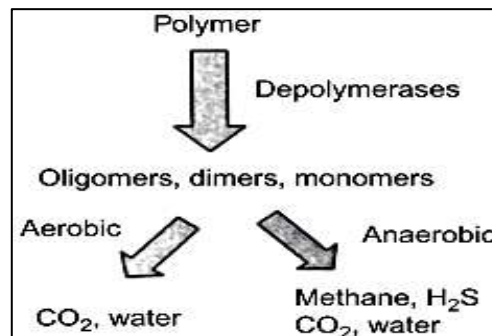


Figura 7-1: Biodegradación de polímeros

Fuente: (Ashter, 2016, p.32).

La mineralización es el proceso de transformación de productos orgánicos en inorgánicos. Mediante la mineralización el C, N, P, S u otros elementos y el dióxido de carbono (CO₂) son liberados por los organismos y entran al medio ambiente. La mineralización da como resultado la destrucción total del producto original (Ashter, 2016, p.32).

1.2.7.2. Biodegradación aeróbica

Es el proceso de descomposición de contaminantes orgánicos por las bacterias aeróbicas llamadas *aerobios* en presencia de oxígeno. A continuación, se presenta su reacción:



(Rodríguez, 2015, p.71)

1.2.7.3. Degradación anaeróbica

Este proceso ocurre cuando los microbios anaeróbicos son dominantes sobre los microbios aeróbicos como *Clostridia*, *Eubacterium* spp. A continuación, se presenta la reacción química involucrada:



(Rodríguez, 2015, p.71)

1.2.8. Elementos para la elaboración del bioplástico

Para la elaboración del plástico biodegradable es necesario mezclar distintos componentes, mismos que se detallan a continuación:

1.2.8.1. Agua destilada

El agua destilada es un tipo de agua que ha sido sometida a un proceso de destilación con el fin de ser purificada, con lo cual se busca eliminar todo tipo de sales minerales, iones, impurezas, microorganismos y otros agentes extraños que puedan afectar la calidad del agua. Su fórmula química continua siendo H₂O (Flores, 2015, p.2).

1.2.8.2. Plastificante

Un plastificante es una sustancia que se incorpora en la mezcla con la finalidad de mejorar la flexibilidad y elasticidad del producto. Su función consiste en disminuir las atracciones intermoleculares entre las cadenas poliméricas adyacentes y actúa como lubricante interno de las grandes cadenas poliméricas permitiendo que se deslicen entre sí (Charro, 2015, p.17).

El plastificante adecuado para el procesamiento del almidón debe ser una molécula pequeña, polar, hidrofílica, compatible con el polímero de almidón y con un punto de ebullición suficientemente alto como para no evaporarse durante el procesamiento y secado de las películas, su estructura y conformación molecular deben ser similares a las unidades de D-glucopiranososa en

las moléculas de almidón. Por lo tanto, los plastificantes que cumplen con estas características son: agua, glicerol, sacarosa, fructosa, glucosa, glicoles, urea, amidas y aminoácidos. Sin embargo, los plastificantes que contienen un grupo amida en su estructura (-CO-NH-) tales como: urea, formamida, etanolamina, a pesar de que presentan enlaces más fuertes, su uso como material relacionado con los alimentos es restringido debido a su potencial toxicidad (Ribba et al., 2017: p.51). Por tal razón los plastificantes más efectivos son el agua y el glicerol, debido a su pequeño tamaño, facilidad de inserción, posicionamiento dentro de las redes de almidón tridimensionales y seguros para su aplicación en el área de alimentos (Ribba et al., 2017: p.51).

1.2.8.3. Glicerol

El glicerol (1,2,3-propanotriol), también conocido como glicerina es un líquido viscoso, incoloro, inodoro y de sabor dulce, cuyo nombre proviene de la palabra griega *glykys* que significa "dulce". En su estado anhidro puro y bajo presión atmosférica normal, el glicerol tiene un punto de fusión de 18.2 °C, densidad de 1,261 g/mL y punto de ebullición de 290 °C. Los tres grupos hidroxilo al ser hidrófilos son los responsables de su total miscibilidad con el agua y su naturaleza altamente absorbente. El glicerol presenta una notable estabilidad química y física, compatibilidad con muchos otros materiales químicos y una naturaleza no tóxica, no irritante y ambientalmente benigna, lo cual explica los amplios usos comerciales (Pagliaro, 2017, p.3).

Tabla 6-1: Propiedades fisicoquímicas del glicerol a 20 °C

Fórmula química	C 3 H 5 (OH) 3
Masa molecular	92,09382 g/mol
Densidad	1,261 g/cm ³
Viscosidad	1,5 Pa.s
Punto de fusión	18,2 °C
Punto de ebullición	290 °C
Energía alimentaria	4,32 kcal/g
Punto de inflamabilidad	160 C (copa cerrada)
Tensión superficial	64.00 mN/m

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

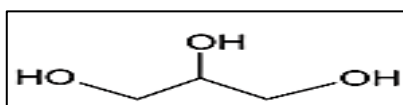


Figura 8-1: Estructura del glicerol

Fuente: (Pagliaro, 2017, p.2).

1.2.8.4. *Ácido acético*

El ácido acético es un ácido carboxílico líquido de aspecto incoloro y olor distintivo. Es el ingrediente principal del vinagre y presenta solubilidad en agua. Su fórmula química es (C₂H₄O₂). Este aditivo tiene un rol muy importante en la elaboración del bioplástico debido a que actúa como modificador químico, es decir, es capaz de reducir la naturaleza hidrofílica del almidón, otorgándole así particularidades hidrofóbicas (Rosales, 2016, p.5).

El vinagre posee ácido acético entre el 5 y 8% y es utilizado como agente conservador en los alimentos y como condimento. Antiguamente el vinagre era utilizado como un excelente antídoto para múltiples intoxicaciones. Sin embargo, la ingesta de grandes cantidades de vinagre es peligroso para la salud ya que provoca fuertes irritaciones del estómago e intestinos (Brunson, 2013, p.59).

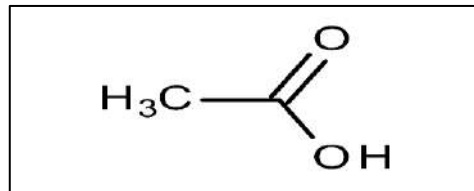


Figura 9-1: Estructura del ácido acético

Fuente: (Brunson, 2013, p.59).

1.2.9. *Gel casting*

Este método radica en formar una biopelícula en un molde, para lo cual el líquido previamente es vertido en un molde y dejado por un tiempo hasta que el solvente se evapore o en otros casos para que se genere una reacción o curado, con lo cual se consigue obtener un objeto rígido (Alemán et al., 2020: p.1).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Objetivos

2.1.1. General

- Identificar las variables de proceso para la síntesis de plástico biodegradable del almidón del arroz de cebada (*Hordeum vulgare*) para el uso en el embalaje de alimentos.

2.1.2. Específicos

- Extraer el almidón del arroz de cebada (*Hordeum vulgare*) mediante el método por vía húmeda a nivel de laboratorio.
- Realizar la caracterización fisicoquímica del almidón del arroz de cebada (*Hordeum vulgare*) en base a los parámetros de la normativa NTE INEN 1456 para su posterior empleo en la elaboración del bioplástico.
- Formular el bioplástico a partir del almidón obtenido y el uso de aditivos.
- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del plástico biodegradable obtenido mediante la ejecución de los respectivos ensayos para así conocer la calidad de dicho producto.

2.2. Hipótesis y especificaciones de variables

2.2.1. Hipótesis General

Es posible elaborar bioplásticos a partir del almidón del arroz de cebada mediante la variación de la cantidad de almidón y glicerina, obteniéndose así láminas con características semejantes a los plásticos convencionales de acuerdo con la normativa establecida, lo cual permitirá que pueda ser aplicado en el embalaje de alimentos.

2.2.2. Hipótesis Específicas

- Es posible extraer almidón del arroz de cebada por el método de vía húmeda.

- Es probable determinar la calidad del almidón extraído mediante la caracterización fisicoquímica.
- La adición de diversos componentes a la formulación del bioplástico permitirá obtener un producto apto para el embalaje de alimentos.
- Las pruebas físicas y mecánicas realizadas al plástico biodegradable indican la calidad y factibilidad para ser aplicado en el embalaje de alimentos.

2.2.3. *Identificación de Variables*

Tabla 1-2: Identificación de variables

Etapas del proceso	Variables independientes	Variables dependientes
1	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción del almidón 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de licuado • Tiempo de licuado
2	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación del bioplástico 	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad de almidón • Cantidad de glicerina

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

2.2.4. Operacionalización de Variables

Tabla 2-2: Operacionalización de las variables

Variable	Tipo de variable	Definición operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición
Extracción del almidón	Independiente	Proceso por el cual se obtiene almidón.	-	% de rendimiento	Balanza analítica
Velocidad de licuado	Dependiente	Rapidez con la que cuenta el motor de la licuadora en rpm.	-	Alta/baja	Licuadora
Tiempo de licuado	Dependiente	Tiempo que se tarda en triturar la materia prima dentro de la licuadora.	-	Minutos	Cronómetro
Formulación del bioplástico	Independiente	Proceso en el cual se añaden ciertos aditivos a la mezcla con una determinada temperatura.	-	Formación de la biopelícula	Balanza analítica Probetas Termómetro
Cantidad de almidón	Dependiente	Peso del almidón a emplearse en cada formulación.	-	Gramos	Balanza analítica
Cantidad de glicerina	Dependiente	Volumen del plastificante a utilizarse en cada formulación.	-	Mililitros	Probetas

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

2.2.5. Matriz de Consistencia

Tabla 3-2: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES				
Problema general		Objetivo general	Hipótesis General	
Los envases plásticos al ser diseñados para ser desechados luego de ser extraído el producto generan un gran problema de contaminación ya que permanecen por siglos en vertederos y océanos debido a su lenta descomposición, es por ello que optar por plásticos biodegradables a base de almidón es una ruta de solución a dicho problema, ya que, estos son capaces de degradarse en menos de 6 meses.		Identificar las variables de proceso para la síntesis de plástico biodegradable del almidón del arroz de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) para el uso en el embalaje de alimentos.	Es posible elaborar bioplásticos a partir del almidón del arroz de cebada mediante la variación de la cantidad de almidón y glicerina, obteniéndose así láminas con características semejantes a los plásticos convencionales de acuerdo con la normativa establecida, lo cual permitirá que pueda ser aplicado en el embalaje de alimentos.	
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas
No existe un método comprobable para la extracción del almidón del arroz de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).	Extraer el almidón del arroz de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) mediante el método por vía húmeda a nivel de laboratorio.	<ul style="list-style-type: none"> • Es posible extraer almidón del arroz de cebada por el método de vía húmeda. 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción del almidón • Velocidad de licuado • Tiempo de licuado 	<ul style="list-style-type: none"> • Trituración en una licuadora. • Método de secado en estufa. • Elaboración de una curva de secado.

¿El almidón extraído cumple con las normas establecidas en la norma NTE INEN 1456?	Realizar la caracterización fisicoquímica del almidón del arroz de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) en base a los parámetros de la normativa NTE INEN 1456 para su posterior empleo en la elaboración del bioplástico.	<ul style="list-style-type: none"> • Es probable determinar la calidad del almidón extraído mediante la caracterización fisicoquímica. 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Solubilidad • Ceniza • Humedad • Temperatura de gelatinización • Densidad aparente 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos físicos NTE INEN 1456
Se desconoce el método adecuado para la elaboración del plástico biodegradable a partir del almidón del arroz de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>).	Formular el bioplástico a partir del almidón obtenido y el uso de aditivos.	<ul style="list-style-type: none"> • La adición de diversos componentes a la formulación del bioplástico permitirá obtener un producto apto para el embalaje de alimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Formulación del bioplástico • Cantidad de almidón • Cantidad de glicerina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variación de la composición
¿El plástico biodegradable obtenido posee las características necesarias para su aplicación en el embalaje de alimentos?	Determinar las propiedades físicas y mecánicas del plástico biodegradable obtenido mediante la ejecución de los respectivos ensayos para así conocer la calidad de dicho producto.	<ul style="list-style-type: none"> • Las pruebas físicas y mecánicas realizadas al plástico biodegradable indican la calidad y factibilidad para ser aplicado en el embalaje de alimentos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Espesor • Resistencia • Elongación • Biodegradabilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • NTE INEN 2635 • Métodos físicos • Comparación entre el plástico biodegradable y el plástico convencional

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

2.3. Tipo y Diseño de Investigación

2.3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo experimental debido a que se busca encontrar la mejor formulación para la elaboración de la biopelícula a partir del almidón extraído del arroz de cebada, generando así información confiable que sirva como una base de datos para futuras investigaciones, ya que hasta el momento no existe información bibliográfica acerca de la elaboración de bioplásticos de esta materia prima.

2.3.2. Diseño experimental de la investigación

El diseño de esta investigación es de tipo experimental debido a que se van a controlar distintas variables tanto para la extracción del almidón como para la elaboración de la biopelícula con la finalidad de hallar el mejor método. Por lo tanto, el diseño experimental a emplearse será el modelo estadístico 2^k , con $k = 2$ factores y cada factor con dos niveles que corresponden a un límite alto y a un límite bajo, lo cual permite combinar los niveles entre estos dos factores generando así 4 tratamientos.

El diseño experimental se enunció de la siguiente manera:

Ecuación 1-2: Ecuación del diseño experimental

$$DE = 2^K$$

Donde:

DE = Diseño experimental

2 = Límite alto y límite bajo de cada factor

K = 2 = Factor 1; factor 2

2.3.2.1. Diseño experimental para la extracción del almidón

Para la extracción del almidón del arroz de cebada se controla la velocidad contra el tiempo de triturado de la materia prima. Enunciándose de la siguiente manera su diseño experimental:

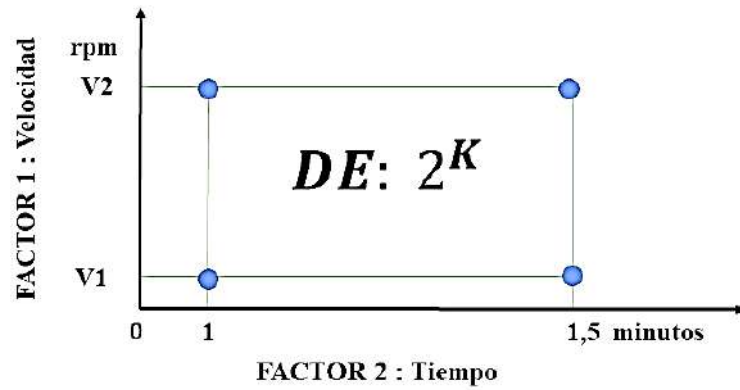


Figura 1-2: Diseño experimental para la extracción del almidón

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

Donde:

DE = Diseño experimental

2 = Límite alto y límite bajo de cada factor

K = Velocidad de licuado (rpm); tiempo de licuado (minutos)

2.3.2.2. Diseño experimental para la formulación del bioplástico

Para la formulación del bioplástico se controlará la concentración del almidón contra la concentración del plastificante.

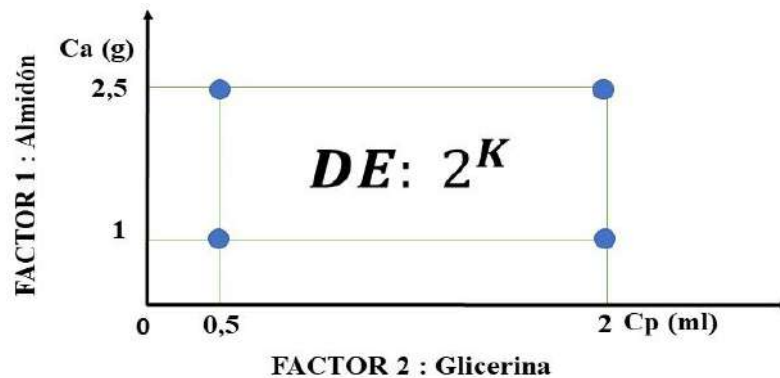


Figura 2-2: Diseño experimental para la formulación del bioplástico

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

Donde:

DE = Diseño experimental

2 = Límite alto y límite bajo de cada factor

K = Concentración del almidón (Ca(g)); concentración del plastificante (Cp(ml))

2.3.2.3. Pruebas Experimentales para la extracción del almidón

En la siguiente tabla se muestran los cuatro tratamientos a emplearse para la extracción del almidón, la cual posteriormente servirá para cuantificar el rendimiento de cada tratamiento.

Tabla 4-2: Descripción de los tratamientos para la extracción del almidón

Tratamiento	Velocidad	Tiempo	Repeticiones
1	Velocidad 1 (baja)	60 segundos	4
2	Velocidad 1 (baja)	90 segundos	4
3	Velocidad 2 (alta)	60 segundos	4
4	Velocidad 2 (alta)	90 segundos	4

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

2.3.2.4. Pruebas Experimentales para la formulación del bioplástico

En la siguiente tabla se muestran las cantidades de cada componente a emplearse en la formulación de la biopelícula, se muestra también los límites bajos y altos de la glicerina y almidón planteados en este proyecto.

Tabla 5-2: Concentraciones de cada componente para la formulación del bioplástico

CONCENTRACIÓN					
Almidón		Glicerina		Agua	Ácido acético
LB (g)	LA (g)	LB (mL)	LA (mL)	(mL)	(mL)
1	2.5	0.5	2	35	4

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

Donde:

LB: Límite bajo

LA: Límite alto

2.3.2.5. Extracción del almidón a partir del arroz de cebada

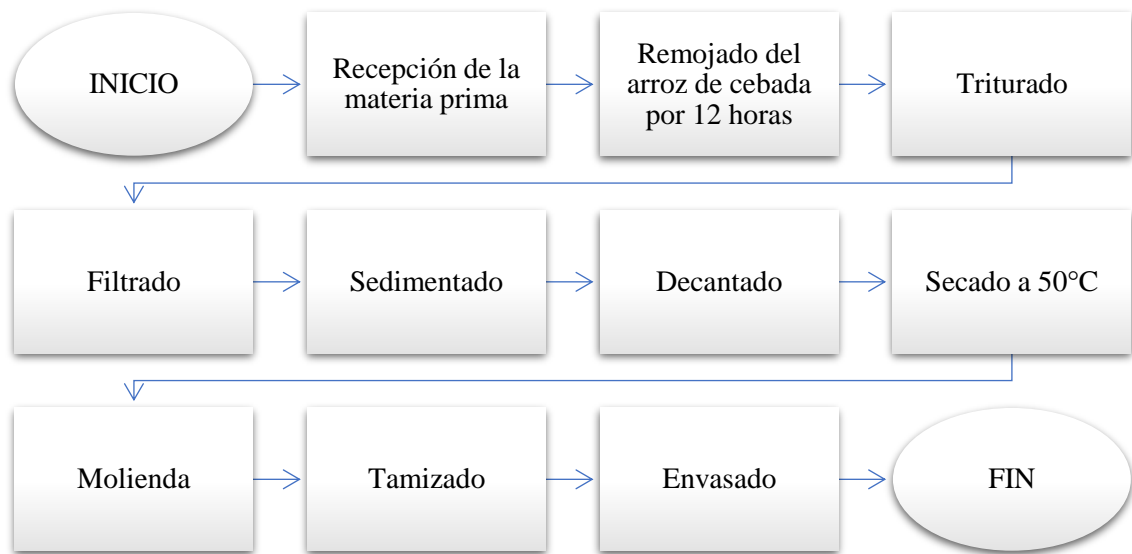


Gráfico 1-2: Diagrama de bloques para la extracción del almidón del arroz de cebada

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

A continuación, se presenta el procedimiento a emplearse para la extracción del almidón del arroz de cebada.

- **Recepción y preparación de la materia prima**

La materia prima seleccionada fue recibida libre de astillas, salvado y humedad a fin de garantizar su calidad.

Para la extracción del almidón la materia prima fue sometida a un proceso de remojo por 12 horas en una solución de metabisulfito de sodio al 0,5%, esto se realizó con la finalidad de extraer la mayor cantidad de almidón y la presencia del reactivo actuó como conservante.

- **Triturado**

Para separar el almidón de los otros componentes presentes en el grano del arroz de cebada se procedió a triturar en una licuadora a tiempos y velocidades combinados para cada tratamiento.

- **Filtrado**

La mezcla almidón-torta se filtró para separar el almidón.

- **Sedimentado**

El almidón filtrado se dejó sedimentar por 4 horas o hasta que se forme un precipitado compacto en el fondo del recipiente contenido.

- **Decantado**

El sobrenadante una vez que se encuentre libre de almidón es separado y desechado.

- **Secado**

El almidón anteriormente sedimentado se lleva a una estufa a 50°C. En este punto es importante ir pesando cada cierto tiempo las muestras hasta obtener un peso constante para con los datos obtenidos construir una curva que describa el comportamiento de secado de todas las muestras.

- **Molienda**

En el proceso de molienda se procede a triturar el almidón seco mediante un molinillo de mano o un mortero.

- **Tamizado**

El tamizado se realizó en un tamiz de 53 micras, esto se realizó con la finalidad de obtener partículas muy finas de almidón listas para su uso en la formulación de la biopelícula.

- **Envasado**

Para el proceso de envasado se colocó las muestras de almidón en fundas ziploc esto con la finalidad de conservar y mantener correctamente etiquetadas las muestras.

2.3.2.6. Formulación del bioplástico a partir del almidón del arroz de cebada

La formulación del bioplástico es un proceso que involucra ciertas variables las cuales deben ser controladas a fin de obtener un producto con características satisfactorias. El proceso utilizado se muestra en el gráfico 2-2.

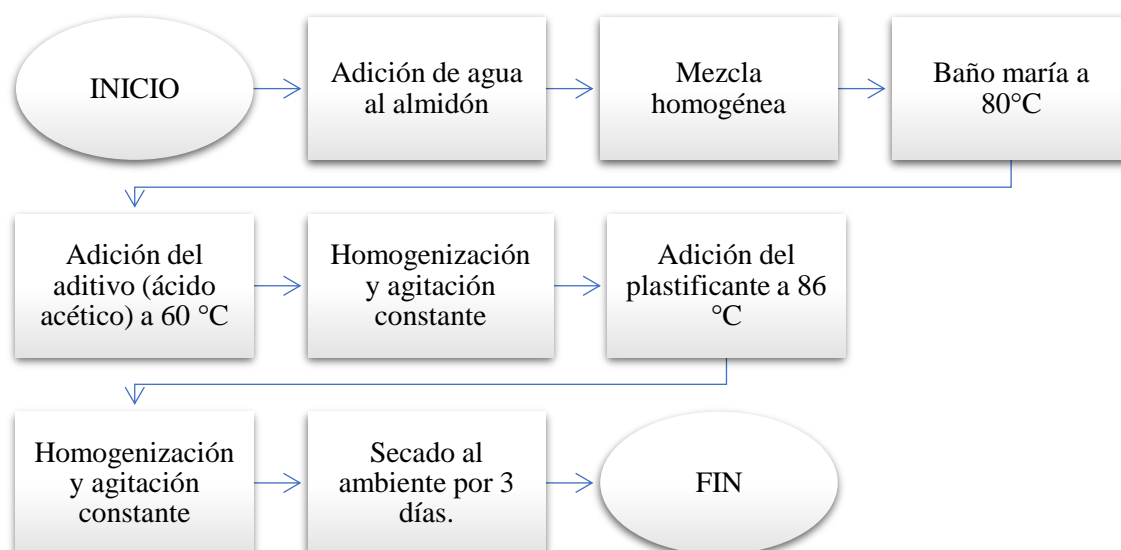


Gráfico 2-2: Diagrama de bloques para la obtención del plástico biodegradable

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

2.3.2.7. Equipos, materiales y reactivos utilizados en la obtención del almidón

Tabla 6-2: Equipos, materiales y reactivos utilizados en la extracción del almidón

Equipos	Materiales	Sustancias y reactivos
<ul style="list-style-type: none"> • Licuadora • Balanza analítica • Estufa • Tamizadores • Cronómetro 	<ul style="list-style-type: none"> • Vasos de precipitación de 500 mL • Probetas de 500 mL y 200 mL • Varilla de agitación • Brocha 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Metabisulfito de sodio

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

2.3.2.8. Equipos, materiales y reactivos empleados en la formulación del bioplástico

Tabla 7-2: Equipos, materiales y reactivos empleados en la formulación de la biopelícula

Equipos	Materiales	Sustancias y reactivos
<ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Reverbero• Estufa	<ul style="list-style-type: none">• Espátula• Varilla de agitación• Cápsula de porcelana• Cajas Petri de vidrio• Probetas de 500 mL y 200 mL• Termómetro• Vidrio reloj	<ul style="list-style-type: none">• Almidón• Glicerina• Ácido acético• Agua destilada

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

2.4. Unidad de Análisis

Los objetos de estudio son la extracción del almidón y la formulación de la biopelícula a partir de la materia prima extraída. Para lo cual se hará una previa caracterización del almidón extraído del arroz de cebada (*Hordeum vulgare*) y a la biopelícula obtenida se someterá a ensayos de físicos y mecánicos para la determinación de su calidad.

2.5. Población de Estudio

La población de estudio de este trabajo se considera el arroz de cebada (*Hordeum vulgare*), este cereal proviene de la Parroquia Gonzol.

2.6. Tamaño de Muestra

Se trabajó con 10 Kg como muestra de arroz de cebada.

2.7. Selección de muestra

Para la selección del arroz de cebada se tomó en cuenta la calidad del producto, lo cual contempla las características organolépticas y apariencia del producto. Dichas características se mencionan a continuación:

- Libre de humedad

- Olor agradable
- Color beige claro
- Libre del salvado de la cebada

2.8. Técnicas de Recolección de Datos

En la siguiente tabla se muestra las técnicas y métodos empleados en la recolección de datos para la ejecución de este trabajo de investigación:

Tabla 8-2: Recursos para la recolección de datos

No	Técnicas de recolección de datos	Método
1	Recopilación de la información	Fuentes bibliográficas: <ul style="list-style-type: none"> • Internet • Libros electrónicos • Artículos científicos • Revistas científicas
2	Extracción del almidón del arroz de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)	Método por vía húmeda: <ul style="list-style-type: none"> • Trituración y filtración • Sedimentación y decantación • Secado • Triturado y tamizado
3	Formulación del plástico biodegradable	Adición de los componentes: <ul style="list-style-type: none"> • Agua • Almidón • Ácido acético • Glicerina
4	Tratamiento de datos y análisis de resultados	Programas: <ul style="list-style-type: none"> • Software IMAGE J • Excel

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

2.8.1. Ensayos para la caracterización del almidón obtenido

Tabla 9-2: Ensayos para la caracterización del almidón

N o	Análisis	Materiales y Equipos	Sustancias y reactivos	Procedimiento	Cálculo o Fórmula	Método o Ensayo
1	Rendimiento del almidón	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón del arroz de cebada 	<p>Una vez obtenido el almidón del arroz de cebada por los distintos tratamientos y repeticiones se toma el peso final de cada muestra y se aplica la formula del rendimiento.</p>	<p>Ecuación 2-2: Para el cálculo del rendimiento.</p> $\%R = \frac{pf}{pi M} * 100$ <p>En donde: %R = Porcentaje del rendimiento Pf = Peso del almidón obtenido pi M = Peso inicial de la materia prima.</p>	(Arzapalo et al., 2015: p.48).
2	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Termobalanza • Espátula 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón del arroz de cebada 	<p>La termobalanza proporciona el valor directo de la humedad. Para el uso del equipo se siguen los siguientes pasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se enciende el equipo, se levanta la tapa y se coloca 2 g de muestra en el plato del equipo. • Se cierra la tapa. 	<p>La termobalanza mediante una señal de aviso indica que la muestra esta lista. Este equipo en su pantalla indica el valor de la humedad y peso final de la muestra.</p>	(Acosta et al., 2018, p.4).
3	pH	<ul style="list-style-type: none"> • pHmetro • Vasos de precipitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón del arroz de cebada 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 2 gramos de almidón en un vaso de 250 mL y agregar 100 mL de agua destilada. 	<p>El valor del Ph es proporcionado de manera directa por el equipo. El valor medido debe oscilar</p>	(NTE INEN 1456, 2012, p.1).

		<p>de 250 mL y 100 mL.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espátula 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Estandarizar el medidor del pH con una solución tampón a 25 °C o temperatura ambiente, lavar los electrodos en agua destilada y secarlos con papel absorbente. • Sumergir los electrodos en la solución del almidón y leer el Ph en el equipo. 	entre 5,0 y 7,0 para que cumpla con el requisito establecido.	
4	Contenido de ceniza	<ul style="list-style-type: none"> • Estufa • Mufla • Crisoles • Pinzas de crisol • Reverbero • Desecador • Balanza analítica • Espátula 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón del arroz de cebada 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarar los crisoles mediante el calentado en una estufa y enfriado en un desecador, esto con la finalidad de eliminar a humedad contenida en los crisoles. • Pesar los crisoles vacíos. • Pesar 1g de muestra en cada crisol y carbonizarlos en un reverbero bajo campaña de extracción. • Posteriormente llevarlos a calcinar en la mufla a 550 °C hasta que las muestras adopten una apariencia blanquecina. 	<p>Ecuación 3-2: Para el cálculo del porcentaje de cenizas</p> $\%C = \frac{m2 - mc}{m1 - mc} * 100$ <p>Dónde:</p> <p>%C = porcentaje de cenizas totales (%)</p> <p>m1= masa del crisol con la muestra (g)</p> <p>m2 = masa del crisol con la ceniza (g)</p> <p>mc = masa del crisol vacío (g)</p>	(NTE INEN 1456, 2012, p.3).

				<ul style="list-style-type: none"> • Sacar los crisoles, enfriarlos en un desecador y pesarlos. • Repetir el proceso hasta obtener un peso constante de muestras. 		
5	Densidad	<ul style="list-style-type: none"> • Balones de aforo de 50 mL o picnómetros. • Estufa • Desecador • Balanza analítica • Espátula 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón del arroz de cebada • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarar el balón de aforo. • Pesar el balón de aforo vacío. • Pesar el balón de aforo con la muestra. • Pesar el balón de aforo contenido la muestra y agua hasta enrase. • Pesar el balón de aforo solo con agua hasta enrase. 	<p>Ecuación 4-2: Para calcular la densidad.</p> $\rho_{\text{almidón}} = \frac{M_s}{M_d} * \rho_{H_2O}$ $= \frac{M_2 - M_1}{M_4 - M_3 + (M_2 - M_1)} * \rho_{H_2O}$ <p>Dónde:</p> <p>$\rho = \text{Densidad}$</p> <p>Ms = Masa del sólido.</p> <p>Md = Masa del agua desplazada por el sólido.</p> <p>M1 = Masa del balón vacío.</p> <p>M2 = Masa del balón con la muestra.</p> <p>M3 = Masa del balón contenido la muestra y agua hasta enrase.</p>	(Martínez 2012, p. 121).

					M4 = Masa del balón solo con agua hasta enrase.	
6	Temperatura de gelatinización	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Vidrio Reloj Espátula Vaso de precipitación de 250 mL y 100 mL Reverbero Malla de asbesto Termómetro Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> Almidón del arroz de cebada Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> Pesar 10g de almidón en un vaso de precipitación de 100 mL y añadir agua hasta el aforo. Calentar 250 mL de agua. Tomar 50 mL de la solución y llevarlo a baño maría en el agua previamente calentada. Agitar la solución hasta formar un gel viscoso. Leer la temperatura de gelatinización directamente en el termómetro. 	Medición directa	(Aristizábal y Sánchez, 2007: p.72).
7	Índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y poder	<ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Estufa Centrífuga 	<ul style="list-style-type: none"> Almidón Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> Tarar los tubos de centrífuga. Pesar 2,5 gramos de almidón en los tubos de centrífuga. 	Ecuación 5-2: Para calcular el índice de solubilidad. $ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \text{ sobrenadante (ml)}}{\text{Peso muestra (g)} \times 10 \text{ ml alícuota}} *$ 100	(Aristizábal y Sánchez, 2007: p.73) (Hermosa, 2013, p.37) (Solarte et al., 2019: p.37)

	de hinchamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de centrífuga plásticos de 50 mL • Vasos de precipitación de 50 mL • Pipeta volumétrica de 10 mL • Calentador 		<ul style="list-style-type: none"> • Añadir exactamente 30 mL de agua destilada precalentada a 60°C y agitar sin exceso. • Colocar las muestras en baño maría a 60°C por 30 minutos. Agitar las muestras 10 minutos después de haberlas colocado en baño maría. • Centrifugar a 4900 RPM por 30 minutos. • Decantar el sobrenadante máximo 1 minuto después de salir de la centrífuga y medir el volumen. • Tomar una alícuota de 10 mL y colocar en los vasos de 50 mL. • Secar en la estufa durante toda la noche a 70°C. • Pesar el vaso con las sustancias solubles. 	<p>Ecuación 6-2: Para calcular índice de absorción de agua.</p> $IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g) bs}}$ <p>Ecuación 7-2: Para calcular el poder de hinchamiento.</p> $PH = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)bs} - \text{Peso solubles (g)}}$	
--	-----------------	--	--	---	---	--

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

2.8.2. Ensayos para la caracterización del bioplástico

Tabla 10-2: Ensayos para la caracterización del bioplástico

N o	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Cálculo o Fórmula	Método de Ensayo
1	Espesor	<ul style="list-style-type: none"> • Pie de rey 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico obtenido 	<ul style="list-style-type: none"> • Mediante el uso de un pie de rey medir las láminas obtenidas. • Repetir el proceso anterior por cinco veces en cada lámina. 	El resultado se obtiene de manera directa del instrumento de medida.	(NTE INEN 2635:2012)
2	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Crisoles • Pinzas para crisol • Balanza analítica • Desecador • Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico obtenido 	<ul style="list-style-type: none"> • Tarar los crisoles en la estufa. • Pesar y colocar las muestras de bioplástico en los crisoles previamente tarados e ingresarlos a la estufa por 4 horas a 105°C o hasta que llegue a un peso constante. Enfriarlos en el desecador por 30 minutos y pesar. <p>Nota: La determinación del porcentaje de humedad de los bioplásticos se puede medir directamente en una termobalanza para lo cual se debe colocar una muestra de bioplástico de 4x4 y seguir el</p>	<p>Ecuación 8-2: Para determinar la humedad.</p> $\%H = \frac{M1 - M2}{M3} * 100$ <p>Donde:</p> <p>%H = Porcentaje de humedad</p> <p>M1= Peso inicial del crisol con la muestra húmeda.</p> <p>M2 = Peso final del crisol con la muestra seca.</p> <p>M3 = Peso de la muestra húmeda.</p>	Método gravimétrico (Rosales, 2016, p. 36)

				procedimiento antes mencionado en la determinación de humedad del almidón.		
3	Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Vasos con tapa • Probeta • Balanza analítica • Papel filtro • Shaker 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico obtenido • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Contar con muestras del bioplástico secas para la ejecución de este ensayo: • Colocar el bioplástico en el papel filtro y secar a una temperatura de 40 °C. • Colocar 50 mL de agua en un vaso con tapa y agregar las muestras. • Colocar los vasos en el equipo Shaker a temperatura ambiente y 100 rpm por 1 hora. • Filtrar el agua y colocar en la estufa a 40°C. • Pesar las muestras completamente secas. 	<p>Ecuación 9-2: Para determinar la solubilidad en el bioplástico.</p> $\%S = \frac{mi - mf}{mi} * 100$ <p>Donde:</p> <p><i>mi</i> = masa inicial del plástico seco (g)</p> <p><i>mf</i> = masa final del plástico seco (g)</p>	(Núñez, 2014, p.38)
4	Permeabilidad al vapor de agua	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensayo • Balanza analítica • Desecador • Sílica 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico obtenido • Sílica • NaCl saturada 	<ul style="list-style-type: none"> • Para esta prueba se utilizó el método desecante, empleando sílica gel previamente activada a 150 °C por 24 horas. • Se llenó las ¾ partes del tubo de ensayo con sílica gel. • Se selló herméticamente los tubos con las láminas de bioplástico, se utilizó cinta para sujetar los bioplásticos a los tubos. 	<p>Ecuación 10-2: Para determinar la permeabilidad al vapor de agua</p> $WVP = \frac{WVTR * z}{P * (HR2 - HR1)}$ <p>Donde:</p> <p>WVP= Permeabilidad al vapor de agua.</p> <p>WVTR= Pendiente de la curva (peso vs tiempo) sobre</p>	ASTM D1653-93 (Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico). (Núñez, 2014, p.38)

				<ul style="list-style-type: none"> • Se tomó el peso inicial y se colocaron en un desecador que contenía 100 mL de una solución saturada de NaCl. • Se pesó los tubos cada hora hasta lograr obtener 7 pesos. 	<p>el área expuesta de la lámina ($g/h \cdot m^2$).</p> <p>Z= Espesor del bioplástico.</p> <p>P= Presión de vapor a la temperatura del ensayo (MPa) (T= 20 °C).</p> <p>HR2 = Humedad relativa de la cámara de cloruro de sodio saturada (HR2=75%)</p> <p>HR1 = Humedad relativa en el interior de los tubos (HR1=0).</p>	(Srinivasa et al., 2007: p. 1114)
5	Tracción	<ul style="list-style-type: none"> • Máquina de ensayo (elastómero) 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico obtenido 	<ul style="list-style-type: none"> • Se coloca las probetas de ensayo en las mordazas de las máquinas de ensayo • Luego apretar de manera uniforme y firme para disminuir su deslizamiento durante el ensayo. 	El equipo proporcionará de manera directa el resultado.	(NTE INEN 2043, 2013).
6	biodegradabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Software IMAGE J 	<ul style="list-style-type: none"> • Bioplástico obtenido 	<ul style="list-style-type: none"> • Esta prueba se va a realizar por tres medios: suelo, agua y ambiente. • Colocar las muestras en los tres medios. • Verificar la degradabilidad cada 7 días. 	El resultado de disminución de área se obtendrá mediante el Software Image J.	(Morán, 2017, p.35).

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Datos obtenidos

Para la caracterización del arroz de cebada se procedió a tomar el peso, longitud y diámetro de una muestra de 5 granos. Los granos seleccionados fueron elegidos al azar mismos que se muestran en la siguiente figura 1-3.



Figura 1-3: Muestreo de la materia prima

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

Tabla 1-3: Datos característicos de la materia prima

PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS		
	Peso (g)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
Arroz de cebada	0,011	3,00	1,60
	0,009	2,40	1,20
	0,014	2,60	1,50
	0,008	3,60	1,20
	0,009	2,70	1,60
PROMEDIO	0.010	2.860	1.420

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2. Datos experimentales

3.2.1. Datos obtenidos de la extracción del almidón del arroz de cebada

Para extraer el almidón del arroz de cebada se procedió a reducir el tamaño de partícula de la materia prima mediante la trituración en una licuadora con tiempos (60 y 90 segundos) y velocidades mínima y máxima (3500 y 20000 RPM) combinados. La licuadora empleada fue la clásica marca Oster de 3 velocidades de 600 watts de potencia.

En base al modelo estadístico 2^k , se trabajó con cuatro tratamientos y cada tratamiento fue sometido a cuatro repeticiones con la finalidad de obtener datos confiables.

La tabla 2-3 muestra la cantidad de almidón obtenido de cada repetición y el promedio de cada tratamiento.

Tabla 2-3: Datos obtenidos de la extracción del almidón del arroz de cebada.

Tratamientos	Variables	Repeticiones	Volumen agua (mL)	Materia prima (g)	Peso (g)	
					Almidón	Promedio
T1	RPM 1:1	R1	500	150	20	20,241
		R2			20,706	
		R3			19,638	
		R4			20,610	
T2	RPM 1:1.5	R1			29,916	30,771
		R2			33,97	
		R3			30,694	
		R4			28,503	
T3	RPM 2:1	R1			29,386	29,279
		R2			29,760	
		R3			29,26	
		R4			28,708	
T4	RPM 2:1.5	R1			37,832	38,323
		R2			40,152	
		R3			37,241	
		R4			38,065	

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.1.1. Datos del proceso de secado

Las muestras del almidón del arroz de cebada fueron secadas en una estufa a 50 °C por 26 horas en el Laboratorio de Biorremediación. Durante el proceso de secado, las muestras se pesaron cada dos horas hasta llegar a un peso constante. Los pesos 5,6,7,8 se tomaron luego de 14 horas.

La tabla 3-3 contiene los ocho pesos que se tomaron a cada muestra, estos datos servirán para posteriormente elaborar una curva de secado.

Tabla 3-3: Datos obtenidos durante el proceso de secado del almidón

Tratamiento	Repeticiones	Peso 1	Peso 2	Peso 3	Peso 4	Peso 5	Peso 6	Peso 7	Peso 8
		(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
TA1	R1	68,284	56,994	47,167	37,690	22,140	20,690	20,009	20,009
	R2	68,276	54,339	46,610	32,940	20,896	20,777	20,706	20,706
	R3	70,400	46,931	34,112	27,530	19,740	19,638	19,638	19,638
	R4	62,268	53,441	46,392	35,530	20,736	20,621	20,610	20,610
TA2	R1	97,375	83,673	72,846	64,148	30,090	29,920	29,916	29,916
	R2	93,790	80,962	72,180	64,628	34,110	33,970	33,970	33,970
	R3	99,900	85,597	75,010	65,955	31,670	31,600	30,694	30,694
	R4	84,242	74,636	66,192	52,211	28,775	28,600	28,503	28,503
TA3	R1	85,192	64,864	56,250	48,790	29,516	29,386	29,386	29,386
	R2	87,185	73,354	62,450	53,890	29,977	29,765	29,760	29,760
	R3	78,546	64,456	55,184	47,628	29,447	29,270	29,260	29,260
	R4	79,295	66,138	56,998	47,433	29,993	28,785	28,708	28,708
TA4	R1	97,042	78,960	69,439	61,013	39,194	37,961	37,832	37,832
	R2	109,007	94,534	84,554	75,380	40,980	40,380	40,152	40,152
	R3	101,892	88,925	79,953	66,380	37,807	37,335	37,241	37,241
	R4	113,485	100,757	90,882	80,230	43,973	38,438	38,065	38,065

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.2. Datos obtenidos de la caracterización del almidón

3.2.2.1. Prueba de humedad

La prueba de humedad se realizó en la termobalanza del Laboratorio de Química Analítica. La termobalanza proporciona de manera directa los valores del porcentaje de humedad. Sin embargo, la tabla 4-3 contiene los pesos iniciales colocados en el equipo, así como sus pesos finales. Estos datos fueron recolectados a manera de respaldo de la ejecución de esta prueba.

Tabla 4-3: Datos obtenidos de la prueba de humedad

PRUEBA DE HUMEDAD		
Tratamientos	Peso inicial (g)	Peso final (g)
1	2,101	1,910
2	2,042	1,857
3	2,550	2,319
4	2,042	1,856

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.2.2. Prueba de residuos por calcinación

La prueba de cenizas se realizó en el laboratorio de Bromatología. Esta prueba consistió en colocar aproximadamente 1 gramo de muestra de cada tratamiento en los respectivos crisoles tarados. Los crisoles con las muestras se quemaron en un reverbero hasta observar la ausencia de gases de combustión para posteriormente ingresarlos a la mufla. En la tabla 5-3 se indican los datos recolectados de esta experimentación.

Tabla 5-3: Datos obtenidos de la prueba de residuos por calcinación

PRUEBA DE CENIZAS				
Tratamientos	Peso del crisol vacío (g)	Peso del crisol con la muestra (g)	Peso del crisol con la ceniza (g)	Tiempo de tarado (h)
1	37,889	38,906	37,893	3
2	41,155	42,182	41,159	3
3	36,930	37,941	36,934	3
4	42,357	43,378	42,361	3

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.2.3. Prueba de densidad

La tabla 6-3 contiene los datos recolectados de la prueba de densidad del almidón. Esta prueba se realizó utilizando el método picnometría para sólidos pulverizados, siguiendo el modelo establecido por (Martínez, 2012, p.121).

Tabla 6-3: Datos obtenidos de la prueba de densidad

Tratamientos	Masa del balón vacío (g)	Masa del balón con la muestra (g)	Masa del balón contenido la muestra y agua hasta enrase (g)	Masa del balón solo con agua hasta enrase (g)
1	35,658	37,582	86,145	85,453
2	35,722	37,704	86,196	85,489
3	35,656	37,610	84,216	83,524
4	35,821	37,790	84,497	83,790

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.2.4. Prueba del índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento

En la tabla 7-3 se muestran las cantidades exactas del almidón empleado es esta prueba, así también el volumen del sobrenadante luego de sacar las muestras de la centrífuga.

Tabla 7-3: Datos obtenidos de la prueba del índice de solubilidad, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento

Tratamientos	Peso del tubo vacío (g)	Peso del almidón (g)	Peso del tubo más el gel (g)	Volumen del sobrenadante (mL)	Peso del vaso vacío (g)	Peso del vaso más insolubles (g)
1	13,993	1,257	19,647	25	35,774	35,790
2	14,071	1,257	19,815	25	32,711	32,725
3	12,460	1,257	17,856	26	31,123	31,139
4	12,530	1,257	17,926	25	32,193	32,209

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.3. Datos obtenidos de la formulación del bioplástico

3.2.3.1. Pruebas preliminares para la formulación del bioplástico

Para la elaboración del bioplástico fue necesario determinar las cantidades exactas de almidón y glicerina que se deben mezclar para obtener un producto con características satisfactorias, por lo

tanto, para realizar dichas pruebas se partió desde las concentraciones establecidas en este proyecto de investigación. En la tabla 8-3 se muestran los límites altos y bajos tanto del almidón como de la glicerina que se mezclaron, las cantidades de agua y ácido acético se mantuvieron constantes. En base a las características de moldeo, formación de película, transparencia, elasticidad y estabilidad se eligió las mejores formulaciones sujetas al diseño factorial 2^k .

Tabla 8-3: Ensayos preliminares para la elaboración de los bioplásticos del almidón del arroz de cebada.

Tratamiento	Concentraciones		Pruebas	Temperatura de Elaboración (°C)	Tiempo de Elaboración (min)	Tiempo de secado	Moldeo	Película	Transparencia	Elasticidad	Estabilidad
	Almidón (g)	Glicerina (mL)									
FP1	1	0,5	FP1.A	86	15	120	Si	Si	Opaco	Si	No
		1	FP1.B	86	15	120	Si	Si	Opaco	Si	No
		1,5	FP1.C	86	15	120	No	Si	Opaco	Si	No
		2	FP1.D	86	15	120	No	No	Opaco	No	No
FP2	1,5	0,5	FP2.A	86	15	72	Si	Si	Transparente	Si	Si
		1	FP2.B	86	15	120	Si	Si	Opaco	Si	Si
		1,5	FP2.C	86	15	120	Si	Si	Opaco	Si	No
		2	FP2.D	86	15	120	No	Si	Opaco	Si	No
FP3	2	0,5	FP3.A	86	15	72	Si	Si	Transparente	Si	Si
		1	FP3.B	86	15	72	Si	Si	Transparente	Si	Si
		1,5	FP3.C	86	15	120	Si	Si	Opaco	Si	No
		2	FP3.D	86	15	120	Si	Si	Opaco	Si	No
FP4	2,5	0,5	FP4.A	86	15	72	Si	Si	Transparente	Si	Si
		1	FP4.B	86	15	72	Si	Si	Transparente	Si	Si
		1,5	FP4.C	86	15	120	Si	Si	Opaco	Si	No
		2	FP4.D	86	15	120	Si	Si	Opaco	Si	No

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

Donde:

FP: Formulación preprueba

3.2.3.2. Concentraciones de almidón y glicerina para las mejores formulaciones

En la tabla 9-3 se muestran los cuatro mejores tratamientos obtenidos y utilizados para la caracterización en esta investigación. En cada tratamiento solo se varía las cantidades de almidón y glicerina.

Tabla 9-3: Concentraciones de almidón y glicerina para las mejores formulaciones

Tratamientos	Nomenclatura	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Ácido acético (mL)	Agua (mL)
1	TP1	2	1	4	35
2	TP2	2	0,5	4	35
3	TP3	2,5	0,5	4	35
4	TP4	2,5	1	4	35

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.3.3. Condiciones físicas de formulación

La tabla 10-3 muestra la temperatura máxima y el tiempo que tardaron las mezclas en tornarse viscosas para su posterior plaqueo. Se muestra también que las mezclas una vez formuladas y plaqueadas fueron secadas a temperatura ambiente (25°C) en un tiempo de 72 horas.

Tabla 10-3: Datos obtenidos de las condiciones físicas de formulación

Tratamiento	Variable	Repetición	Temperatura (°C)	Tiempo de elaboración (min)	Secado	
					Método	Tiempo (H)
TP1	CA2:CP1	R1	86	15	Ambiente	72
		R2	86	15	Ambiente	72
		R3	86	15	Ambiente	72
		R4	86	15	Ambiente	72
TP2	CA2:CP0.5	R1	86	15	Ambiente	72
		R2	86	15	Ambiente	72
		R3	86	15	Ambiente	72
		R4	86	15	Ambiente	72
TP3	CA2.5:CP0.5	R1	86	15	Ambiente	72
		R2	86	15	Ambiente	72

		R3	86	15	Ambiente	72
		R4	86	15	Ambiente	72
TP4	CA2.5:CP1	R1	86	15	Ambiente	72
		R2	86	15	Ambiente	72
		R3	86	15	Ambiente	72
		R4	86	15	Ambiente	72

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.4. Datos obtenidos de la caracterización del bioplástico

3.2.4.1. Peso y apariencia de los bioplásticos

En la tabla 11-3 se muestra el área de los bioplásticos obtenidos, el área se tomó en base al tamaño de las cajas Petri en las cuales fueron moldeadas. Se presenta también las características físicas de cada bioplástico.

Tabla 11-3: Datos obtenidos del peso y apariencia física de los bioplásticos.

Tratamiento	Repetición	Área (cm ²)	Peso	Promedio	Moldeo	Forma película	Transparencia	Estabilidad
TP1	R1	50,26	1,26	1,26	Si	Si	Si	Si
	R2		1,24		Si	Si	Si	Si
	R3		1,27		Si	Si	Si	Si
	R4		1,25		Si	Si	Si	Si
TP2	R1	50,26	1,15	1,15	Si	Si	Si	Si
	R2		1,13		Si	Si	Si	Si
	R3		1,15		Si	Si	Si	Si
	R4		1,16		Si	Si	Si	Si
TP3	R1	50,26	1,3	1,30	Si	Si	Si	Si
	R2		1,4		Si	Si	Si	Si
	R3		1,1		Si	Si	Si	Si
	R4		1,4		Si	Si	Si	Si
TP4	R1	50,26	1,37	1,37	Si	Si	Si	Si
	R2		1,39		Si	Si	Si	Si
	R3		1,35		Si	Si	Si	Si
	R4		1,37		Si	Si	Si	Si

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.4.2. Determinación del espesor

Para determinar el espesor de los bioplásticos obtenidos se procedió a tomar 5 mediciones con la ayuda de un calibrador pie de rey. La razón por la cual se tiene 5 medidas del espesor es porque las láminas durante su proceso de secado experimentaron cierta inclinación debido a los desniveles de las superficies en las que se colocaron. Es por ello que fue necesario determinar el espesor en distintas partes de la lámina.

La tabla 12-3 muestra los valores del espesor de los bioplásticos obtenidos. Esta prueba se realizó por triplicado para cada tratamiento.

Tabla 12-3: Datos obtenidos de la determinación del espesor

MEDIDAS DE ESPESOR					
Muestras	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor 4 (mm)	Espesor 5 (mm)
TP1-A	0,10	0,11	0,11	0,11	0,12
TP1-B	0,12	0,13	0,12	0,11	0,12
TP1-C	0,11	0,10	0,11	0,12	0,11
TP2-A	0,16	0,15	0,15	0,14	0,15
TP2-B	0,14	0,13	0,14	0,14	0,15
TP2-C	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
TP3-A	0,15	0,16	0,16	0,16	0,16
TP3-B	0,13	0,14	0,12	0,14	0,14
TP3-C	0,11	0,12	0,12	0,12	0,13
TP4-A	0,12	0,11	0,13	0,12	0,12
TP4-B	0,11	0,10	0,11	0,11	0,11
TP4-C	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.4.3. Datos obtenidos de la determinación de la humedad

La prueba de humedad de los bioplásticos se realizó en la termobalanza del Laboratorio de Química Analítica. El equipo proporcionó de manera directa los porcentajes de humedad. Sin embargo, en la tabla 13-3 se muestran los pesos iniciales y finales de los bioplásticos utilizados esto como respaldo.

Tabla 13-3: Datos obtenidos de la determinación de la humedad

PRUEBA DE HUMEDAD PARA EL BIOPLÁSTICO		
Tratamientos	Peso inicial (g)	Peso final (g)
TP1-A	0,275	0,238
TP1-B	0,219	0,190
TP1-C	0,326	0,286
TP2-A	0,350	0,305
TP2-B	0,344	0,299
TP2-C	0,283	0,238
TP3-A	0,363	0,311
TP3-B	0,334	0,294
TP3-C	0,229	0,201
TP4-A	0,464	0,393
TP4-B	0,423	0,360
TP4-C	0,347	0,292

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.4.4. Datos obtenidos de la determinación de la solubilidad

La prueba de solubilidad se realizó con los bioplásticos que fueron previamente sometidos a la prueba de humedad ya que para la ejecución de esta prueba es importante que los bioplásticos estén libre de humedad. La tabla 14-3 presenta los pesos iniciales y finales de los bioplásticos sometidos a esta prueba.

Tabla 14-3: Datos obtenidos de la determinación de la solubilidad.

Tratamientos	Peso inicial	Peso final
TP1-A	0,238	0,170
TP1-B	0,190	0,137
TP1-C	0,286	0,208
TP2-A	0,305	0,220
TP2-B	0,299	0,218
TP2-C	0,238	0,162
TP3-A	0,311	0,226
TP3-B	0,294	0,222
TP3-C	0,201	0,146
TP4-A	0,393	0,246

TP4-B	0,360	0,236
TP4-C	0,292	0,187

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.4.5. Datos obtenidos de la determinación de la permeabilidad

En la tabla 15-3 se muestra los pesos obtenidos de la prueba de permeabilidad, estos pesos fueron tomados cada hora. En la tabla se indica también, el espesor de los bioplásticos utilizados y el diámetro expuesto a dicha prueba.

Tabla 15-3: Datos obtenidos de la determinación de la permeabilidad

Tratamientos	Espesor (mm)	Diámetro (m)	Peso inicial (g)	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
TP1-A	0,11	0,016	32,975	32,978	32,979	32,983	32,986	32,990	32,996	33,000
TP1-B	0,11	0,016	33,369	33,372	33,374	33,377	33,380	33,384	33,390	33,393
TP1-C	0,11	0,016	33,561	33,571	33,572	33,576	33,578	33,583	33,588	33,591
TP2-A	0,14	0,016	33,659	33,659	33,659	33,661	33,663	33,666	33,669	33,670
TP2-B	0,14	0,016	33,300	33,301	33,302	33,305	33,307	33,311	33,315	33,318
TP2-C	0,14	0,016	33,286	33,287	33,287	33,289	33,291	33,294	33,298	33,301
TP3-A	0,14	0,016	33,624	33,623	33,623	33,624	33,625	33,627	33,630	33,632
TP3-B	0,14	0,016	33,477	33,477	33,477	33,478	33,479	33,482	33,484	33,486
TP3-C	0,14	0,016	33,633	33,632	33,632	33,634	33,635	33,638	33,641	33,644
TP4-A	0,12	0,016	32,847	32,850	32,851	32,855	32,859	32,864	32,870	32,874
TP4-B	0,12	0,016	33,276	33,279	33,280	33,284	33,286	33,291	33,297	33,300
TP4-C	0,12	0,016	33,148	33,149	33,150	33,154	33,157	33,162	33,169	33,172

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.4.6. Datos obtenidos de la determinación de biodegradabilidad en el suelo

La prueba de biodegradabilidad en el suelo consistió en colocar láminas de bioplástico de 3x3 cm en recipientes con tierra seca de jardín (suelo andosol) a una profundidad de 3 cm. Los recipientes con las muestras fueron colocados bajo techo con una parcial exposición al sol, viento y escasa humedad. Los datos fueron recolectados cada semana hasta llegar a un total de 5 semanas.

Los valores que se muestran en la tabla 16-3 corresponden a la pérdida de área de las muestras y fueron recolectados mediante el uso del Software IMAGE J, que a base de fotografías es capaz de cuantificar el área de un objeto.

Tabla 16-3: Datos obtenidos de la biodegradabilidad en el suelo

Tratamientos	Área inicial (cm)	Semana 1 (cm)	Semana 2 (cm)	Semana 3 (cm)	Semana 4 (cm)	Semana 5 (cm)
TP1-A	9,678	8,758	7,432	5,353	3,654	1,735
TP1-B	9,547	8,835	7,533	5,641	3,245	1,843
TP1-C	9,765	8,635	7,350	5,435	3,464	1,929
TP2-A	9,626	8,943	7,843	5,233	3,002	1,701
TP2-B	9,555	8,757	7,453	5,987	3,867	1,855
TP2-C	9,218	8,846	7,864	5,468	3,546	1,536
TP3-A	9,434	8,695	7,345	5,974	3,367	1,757
TP3-B	9,565	8,507	7,453	5,457	3,646	1,857
TP3-C	9,235	8,731	7,465	5,474	3,474	1,858
TP4-A	9,546	8,414	7,145	5,374	3,677	1,679
TP4-B	9,534	8,645	7,536	5,367	3,356	1,670
TP4-C	9,454	8,736	7,658	5,475	3,645	1,741

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.4.7. Datos obtenidos de la determinación de biodegradabilidad en el agua

Para la ejecución de esta prueba se colocó láminas de bioplástico de 3x3 cm en vasos con agua. La determinación de la pérdida de área se realizó con el software IMAGE J, estos valores se muestran en la tabla 17-3.

Tabla 17-3: Datos obtenidos para la biodegradabilidad del agua

Tratamientos	Área inicial (cm)	Semana 1 (cm)	Semana 2 (cm)	Semana 3 (cm)	Semana 4 (cm)	Semana 5 (cm)
TP1-A	9,218	7,542	5,349	3,434	1,669	0,551
TP1-B	9,532	7,867	5,879	3,453	1,734	0,745
TP1-C	9,004	7,328	5,042	3,342	1,598	0,624
TP2-A	9,512	7,432	5,204	3,765	1,672	0,436
TP2-B	9,636	7,654	5,365	3,342	1,678	0,726
TP2-C	9,433	7,765	5,274	3,865	1,767	0,521
TP3-A	9,272	7,912	5,976	3,645	1,813	0,521
TP3-B	9,313	7,635	5,124	3,124	1,291	0,424
TP3-C	9,404	7,765	5,437	3,546	1,768	0,721
TP4-A	9,396	7,348	5,603	3,126	1,542	0,325
TP4-B	10,730	8,634	6,165	3,092	1,386	0,256
TP4-C	9,165	7,768	5,009	3,024	1,754	0,626

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.4.8. Datos obtenidos de la determinación de biodegradabilidad en el ambiente

Para la prueba de biodegradabilidad en el ambiente se colocó las muestras de bioplástico de 3x3 cm en bloques de cemento para que puedan estar expuestas al sol y al viento. De igual manera la pérdida de área de estas láminas se determinó mediante el uso del software IMAGE J.

Tabla 18-3: Datos obtenidos para la degradabilidad en el medio ambiente

Tratamientos	Área inicial (cm)	Semana 1 (cm)	Semana 2 (cm)	Semana 3 (cm)	Semana 4 (cm)	Semana 5 (cm)
TP1-A	9,512	9,107	8,766	8,387	7,945	7,509
TP1-B	9,435	9,045	8,847	8,245	7,768	7,434
TP1-C	9,576	9,121	8,756	8,386	7,879	7,334
TP2-A	9,356	9,125	8,745	8,370	7,870	7,397
TP2-B	9,650	9,368	8,978	8,468	7,846	7,578
TP2-C	9,476	9,179	8,878	8,279	7,707	7,579
TP3-A	9,411	9,201	8,668	8,331	7,837	7,435
TP3-B	9,699	9,402	8,756	8,282	7,749	7,535

TP3-C	9,464	9,248	8,679	8,378	7,895	7,556
TP4-A	9,577	9,279	8,765	8,279	7,797	7,642
TP4-B	9,783	9,338	8,958	8,738	7,987	7,441
TP4-C	9,768	9,438	8,885	8,468	7,947	7,602

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.2.4.9. Datos obtenidos de la determinación de propiedades de tracción

En la tabla 19-3 se muestran los datos de longitud inicial, sección transversal, espesor y anchura de las probetas de los cuatro tratamientos de los bioplásticos que fueron sometidos a la prueba de tracción.

Tabla 19-3: Datos obtenidos de la determinación de las propiedades de tracción

Tratamientos	Longitud inicial (mm)	Sección Transversal (mm ²)	Espesor (mm)	Anchura (mm)
TP1	25,00	0,78	0,11	7,05
TP2	25,00	0,98	0,14	7,02
TP3	25,00	0,96	0,14	6,86
TP4	25,00	0,76	0,12	6,37

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.3. Cálculos

3.3.1. Cálculos correspondientes al almidón

3.3.1.1. Cálculo del rendimiento del almidón del arroz de cebada

$$\%Rendimiento = \frac{\text{Peso del almidon obtenido}}{\text{Peso inicial de la materia prima}} * 100 \quad (1)$$

$$\%Rendimiento = \frac{20,009 \text{ g}}{150 \text{ g}} * 100$$

$$\%Rendimiento = 13,339$$

3.3.1.2. Cálculo de la humedad

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{masa inicial de la muestra} - \text{masa final}}{\text{masa inicial de la muestra}} * 100 \quad (2)$$

$$\% \text{ Humedad} = \frac{2,101 \text{ g} - 1,910 \text{ g}}{2,101 \text{ g}} * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 9,090$$

3.3.1.3. Cálculos de Cenizas

$$\% C = \frac{\text{masa del crisol con las cenizas} - \text{masa del crisol vacío}}{\text{masa del crisol con la muestra} - \text{masa del crisol vacío}} * 100 \quad (3)$$

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{37,893 - 37,889}{38,906 - 37,889} * 100$$

$$\% \text{ Cenizas} = 0,393$$

3.3.1.4. Cálculos de la densidad

$$\rho. \text{ almidón} = \frac{M_s}{M_d} * \rho_{H_2O} = \frac{M_2 - M_1}{M_4 - M_3 + (M_2 - M_1)} * \rho_{H_2O} \quad (4)$$

Dónde:

ρ = Densidad

M_s = Masa del sólido.

M_d = Masa del agua desalojada por el sólido.

M_1 = Masa del balón vacío.

M_2 = Masa del balón con la muestra.

M_3 = Masa del balón contenido la muestra y agua hasta enrase.

M_4 = Masa del balón solo con agua hasta enrase.

$$\rho. \text{ almidón} = \frac{37,582 \text{ g} - 35,658 \text{ g}}{85,453 \text{ g} - 86,145 \text{ g} + (37,582 \text{ g} - 35,658 \text{ g})} * 0,997 \text{ g/mL}$$

$$\rho. \text{ almidón} = 1,557 \text{ g/ mL}$$

3.3.1.5. Índice de solubilidad en agua, índice de absorción de agua y poder de hinchamiento

- Índice de solubilidad en agua

$$ISA = \frac{\text{Peso solubles (g)} \times V \text{ sobrenadante (ml)}}{\text{Peso muestra (g)}_{bs} \times 10 \text{ ml alícuota}} * 100 \quad (5)$$

$$ISA = \frac{(35,790 - 35,774)g \times 25 \text{ ml}}{1,257g \times 10 \text{ ml}} * 100$$

$$ISA = 3,182 \%$$

- Índice de absorción de agua

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}_{bs}} \quad (6)$$

$$IAA = \frac{(19,647 - 13,993)g}{1,257 \text{ g}}$$

$$IAA = 4,498 \text{ g gel / g muestra}$$

- Poder de hinchamiento

$$PH = \frac{\text{Peso del gel (g)}}{\text{Peso muestra (g)}_{bs} - \text{Peso solubles (g)}} \quad (7)$$

$$PH = \frac{(19,647 - 13,993)g}{1,257 \text{ g} - (35,790 - 35,774) \text{ g}}$$

$$PH = 4,556 \text{ g de agua / g de almidón}$$

3.3.2. Cálculos correspondientes al bioplástico

3.3.2.1. Cálculo del porcentaje de solubilidad del bioplástico

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{\text{masa inicial plástico seco} - \text{masa final plástico seco}}{\text{masa inicial plástico seco}} * 100 \quad (8)$$

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{0,238 - 0,17}{0,238} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = 28.57 \%$$

3.3.2.2. Cálculo de la permeabilidad del bioplástico

- Área expuesta del bioplástico

$$A = \pi * \left(\frac{D}{2}\right)^2 \quad (9)$$

$$A = \pi * \left(\frac{0,016}{2}\right)^2$$

$$A = 2,011 * 10^{-4} \text{ m}^2$$

- Velocidad de transmisión de vapor de humedad

$$WVTR = \frac{\text{Pendiente}}{\text{Área}} \quad (10)$$

$$WVTR = \frac{0.0036}{2,011 * 10^{-4}}$$

$$WVTR = 17.905 \text{ (g/h * m}^2\text{)}$$

- Permeabilidad al vapor de agua

$$WVP = \frac{WVTR * z}{P * (HR2 - HR1)} \quad (11)$$

$$WVP = \frac{17.905 \text{ (g/h * m}^2\text{)} * 0.00011 \text{ (m)}}{0.002339 \text{ (Mpa)} * (75 - 0)}$$

$$WVP = 0.0112 \frac{\text{g}}{\text{mhMpa}}$$

3.3.2.3. Porcentaje de biodegradabilidad

El porcentaje de biodegradabilidad se determinó mediante la resta del porcentaje total (100) y una operación denominada regla de tres, tal como se muestra en la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Biodegradabilidad} = 100 - \frac{\text{área del bioplástico de la semada medida} * 100}{\text{área inicial del bioplástico}} \quad (12)$$

$$\% \text{ Biodegradabilidad} = 100 - \frac{7,542 \text{ (cm}^2\text{)} * 100}{9,218 \text{ (cm}^2\text{)}}$$

$$\% \text{ Biodegradabilidad} = 18,182\%$$

3.4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.4.1. Resultados de la extracción del almidón del arroz de cebada

Tabla 20-3: Identificación del tratamiento con mejor rendimiento

Tratamiento	Variables	Repetición	Rendimiento (%)		Tiempo de secado (h)
			R	Promedio	
T1	RPM 1:1	R1	13,339	13,494	26
		R2	13,804		
		R3	13,092		
		R4	13,740		
T2	RPM 1:1.5	R1	19,944	20,514	26
		R2	22,647		
		R3	20,463		
		R4	19,002		
T3	RPM 2:1	R1	19,591	19,519	26
		R2	19,840		
		R3	19,507		
		R4	19,139		
T4	RPM 2:1.5	R1	25,221	25,548	26
		R2	26,768		
		R3	24,827		
		R4	25,377		

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

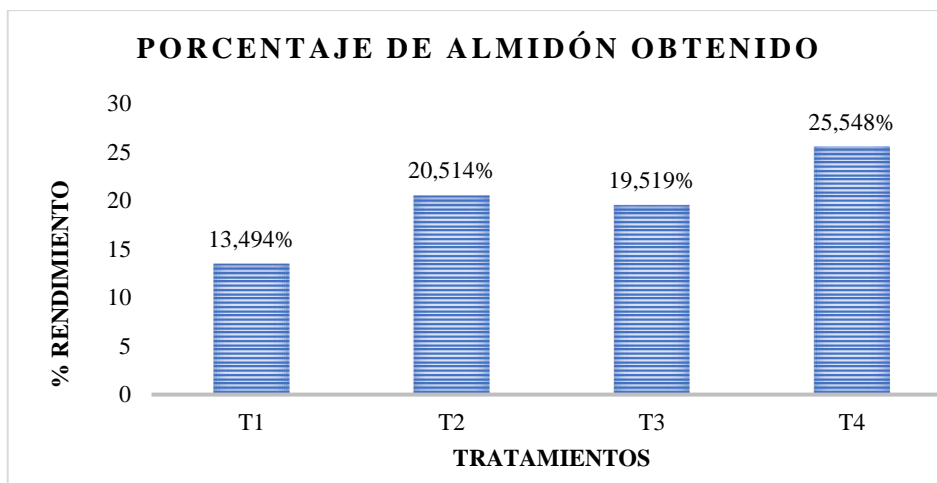


Gráfico 1-3: Gráfica del porcentaje de almidón obtenido

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

Luego de realizar el proceso de extracción del almidón del arroz de cebada por los distintos tratamientos se obtuvo sus respectivos rendimientos (Tabla 20-3 y Gráfico 1-3) determinando que son diferentes debido a la utilización de distintos tiempos y velocidades en cada tratamiento, conociéndose así que el tratamiento 4 tiene el mejor rendimiento con el 25,548%, esto se debe a una mayor disminución del área de superficie de la materia prima ya que en este tratamiento se utilizó la velocidad alta de la licuadora y un mayor tiempo de licuado, extrayéndose así una mayor cantidad de almidón en comparación al resto de tratamientos.

Los resultados obtenidos se compararon con la investigación realizada por Prieto et al., (2009: p.119) quienes mencionan que obtuvieron un rendimiento de almidón de cebada con o sin cáscara del 60% al utilizar el nivel más alto de la licuadora y un tiempo de licuado de 3 minutos. Se comparó también con la investigación realizada por Brito et al., (2021: p.325) quienes obtuvieron un mejor rendimiento del 38,200% de la extracción del almidón del arroz de cebada al utilizar el segundo método que corresponde al uso de una licuadora por 2 minutos a distintas velocidades para cada tratamiento. Por lo tanto, el rendimiento obtenido en esta experimentación es menor debido al tiempo de licuado que fue máximo de 1 minuto y medio.

Tabla 21-3: Análisis de Varianza en el rendimiento del almidón del arroz de cebada

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	293.584	3	97.861	118.587	3.490E-09	3.490
Dentro de los grupos	9.903	12	0.825			
Total	303.486	15				

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

Los resultados del rendimiento de cada tratamiento se analizaron con el test estadístico Anova (Tabla 21-3) con un valor del 0.05 de error, se comprobó que existen diferencias significativas entre tratamientos, por lo cual, para determinar estas diferencias significativas se utilizó el test de Tukey (Tabla 22-3) determinando que el valor de HSD es de 1,908 el cual se comparó con la diferencia de los promedios de los tratamientos y se identificó que entre los tratamientos T2-T3 no existe diferencia significativa, mientras que el resto de tratamientos si tienen diferencia significativa. Los valores negativos de la diferencia de promedios se toman como absolutos.

Tabla 22-3: Análisis de la prueba de Tukey

	T1	T2	T3	T4
T1		-7.020	-6.026	-12.055
T2			0.995	-5.034
T3				-6.029
T4				

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.4.2. Resultados del proceso de secado del almidón

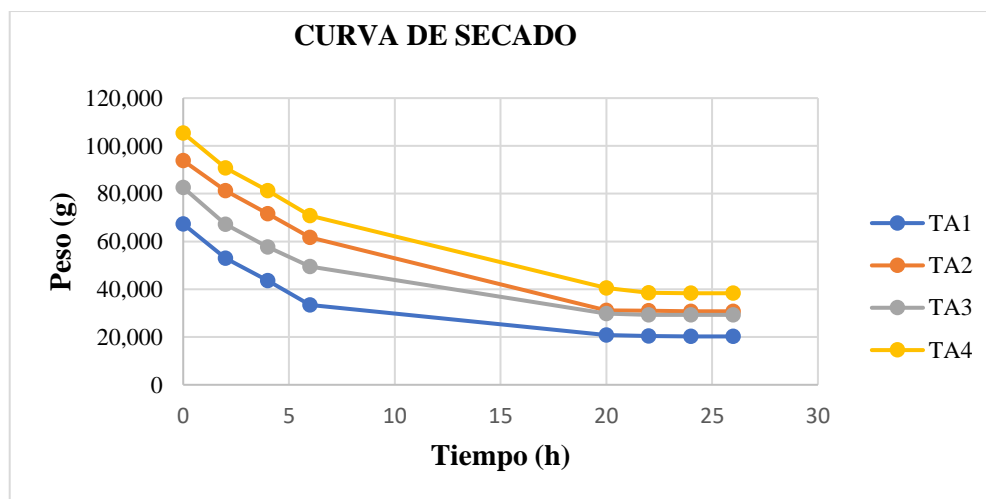


Gráfico 2-3: Gráfica del proceso de secado del almidón

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

En la gráfica 2-3 se muestra el comportamiento de secado de las muestras en un tiempo de 26 horas a 50°C. Esta gráfica se construyó con el promedio de pesos obtenidos de cada tratamiento. La pérdida de peso de cada tratamiento se debe a la liberación del vapor de agua por acción del calor.

3.4.3. Resultados de la caracterización fisicoquímica del almidón

Tabla 23-3: Resultados pruebas fisicoquímicas del almidón

No.	Parámetros	Unidades	Valor	Estándar	Norma / Institución
1	Humedad	%	9,08	-	NTE INEN-ISO 1666
2	Ceniza	%	0,393	≤0,4	INEN 1456
3	Densidad	g/mL	1.551	1,560	FAO 2007
4	Índice de solubilidad	%	3.115	0.27-12.32	FAO 2007
5	Índice de absorción de agua	g gel/g	4.413	0.82-15.52	FAO 2007
6	Poder de hinchamiento	g H ₂ O/g.alm	4.468	0.79 -15.45	FAO 2007
7	pH		5,74	5.00-7.00	INEN 1456
8	Viscosidad	MPa*s	475,05	840-1500 SP	FAO 2007
9	Temperatura de gelatinización	°C	86	57,5-70	FAO 2007
10	Amilosa	%	34,18	MO-LSAIA-04	INIAP
11	Amilopectina	%	65,82	MO-LSAIA-04	INIAP
12	Aerobios mesófilos	UFC/g	10	1000-5000	SAQMIC
13	Levaduras y mohos	UFC/g	<10	1000-5000	SAQMIC
14	Coliformes fecales	UFC/g	Ausencia	<10	SAQMIC
15	Coliformes totales	UFC/g	Ausencia	Ausencia	SAQMIC

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

La tabla 23-3 contiene los resultados obtenidos de la caracterización fisicoquímica y microbiológica del almidón extraído, cuyos valores corresponden a un promedio realizado a cada prueba.

Las pruebas de cenizas y pH se rigieron en la norma NTE INEN 1456, en la que se indica que el contenido de cenizas no debe exceder al 0,4% y el pH debe estar en un rango de 5 a 7, en la experimentación se obtuvo el 0,393% para cenizas y 5,74 de pH, resultados que indican que el almidón extraído se encuentra dentro de las especificaciones de calidad. Las pruebas de índice de solubilidad, índice de absorción de agua, poder de hinchamiento, viscosidad, temperatura de gelatinización y densidad se realizó en base a norma FAO 2007, todas estas pruebas cumplieron con la norma con excepción de la prueba de viscosidad y temperatura de gelatinización. En cuanto

a la prueba del contenido de amilosa y amilopectina los resultados obtenidos corresponden al 34,18% y 65,82% respectivamente, de la cantidad de estos polímeros depende las propiedades mecánicas de los bioplásticos obtenidos. En cuanto al análisis microbiológico correspondiente a aerobios mesófilos, levaduras y mohos, los resultados obtenidos fueron de 10 y <10 UFC/g, lo cual indica que el almidón extraído presenta alta pureza al presentar valores muy por debajo del estándar (Aristizábal y Sánchez 2007, p. 98), de los resultados de coliformes fecales y coliformes totales, se obtuvo ausencia total, en base a dichos resultados se puede afirmar que el almidón extraído está libre de patógenos, lo cual resulta óptimo para su utilización en la elaboración de plásticos biodegradables destinados a la industria alimenticia.

3.4.4. Resultados de la caracterización del bioplástico obtenido

3.4.4.1. Resultados obtenidos del espesor del bioplástico

Tabla 24-3: Resultados obtenidos del espesor del bioplástico

Tratamientos	Espesor (mm)	Promedio (mm)
TP1-A	0,11	0,113
TP1-B	0,12	
TP1-C	0,11	
TP2-A	0,15	0,140
TP2-B	0,14	
TP2-C	0,13	
TP3-A	0,16	0,140
TP3-B	0,14	
TP3-C	0,12	
TP4-A	0,12	0,117
TP4-B	0,11	
TP4-C	0,12	

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

El espesor promedio de los bioplásticos obtenidos (Tabla 24-3) fueron del tratamiento 1 el 0.113 mm, seguido por el tratamiento 4 con 0.117 mm, mientras que el tratamiento 2 y 3 presentaron espesores iguales de 0.140 mm, estos valores cumplen con las especificaciones de calidad de la norma NTE INEN 2635 para películas delgadas y su aplicación en el embalaje de alimentos.

3.4.4.2. Resultados obtenidos de la prueba de humedad

Tabla 25-3: Resultados obtenidos de la prueba de humedad

PORCENTAJE DE HUMEDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS		
Tratamientos	% Humedad	Promedio
TP1-A	13,455	12,989
TP1-B	13,242	
TP1-C	12,270	
TP2-A	12,857	13,947
TP2-B	13,081	
TP2-C	15,901	
TP3-A	14,325	12,843
TP3-B	11,976	
TP3-C	12,227	
TP4-A	15,302	15,348
TP4-B	14,894	
TP4-C	15,850	

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

De los resultados de la prueba de humedad (Tabla 25-3) se determinó que el tratamiento 3 presentó un mejor resultado de 12,843%, este resultado se comparó con la investigación realizada por Pilla (2017, p.74) quien obtuvo un mejor resultado de 4,15% en bioplásticos elaborados a partir de almidón de oca. Mientras que en la investigación realizada por Morocho et al., (2021: p.632) obtuvieron un valor de 34,8% en bioplásticos elaborados a partir del almidón de cebada. Por lo tanto, se puede afirmar que el resultado obtenido en esta investigación es aceptable para su uso en el embalaje de alimentos, ya que, el aumento de humedad en láminas de recubrimiento puede contribuir al desarrollo de microorganismos en estos materiales.

3.4.4.3. Resultados obtenidos de la prueba de solubilidad

Tabla 26-3: Resultados obtenidos de la prueba de solubilidad

PORCENTAJE DE SOLUBILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS		
Tratamientos	% Solubilidad	Promedio
TP1-A	28,571	27,913
TP1-B	27,895	
TP1-C	27,273	

TP2-A	27,869	28,964
TP2-B	27,090	
TP2-C	31,933	
TP3-A	27,331	26,395
TP3-B	24,490	
TP3-C	27,363	
TP4-A	37,405	35,936
TP4-B	34,444	
TP4-C	35,959	

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

Los resultados obtenidos de la prueba de solubilidad (Tabla 26-3) muestran que el tratamiento 3 (TP3) presentó menor porcentaje de solubilidad con el 26,395%. Según Ortiz (2019, p.81) una baja solubilidad es un requerimiento indispensable para la conservación de las cualidades sanitarias de los alimentos, es decir, mantiene su sabor, color y olor. Y en una investigación realizada por Brito, et al., (2020: p.991) quienes citan a Trujillo 2014 mencionan que los bioplásticos que presenten un porcentaje de solubilidad inferior al 70% son aceptables para su uso en el embalaje de alimentos. Por lo tanto, los bioplásticos obtenidos a partir del almidón del arroz de cebada son idóneos para su aplicación en el embalaje de alimentos.

3.4.4.4. Resultados obtenidos de la prueba de permeabilidad

Tabla 27-3: Resultados prueba de permeabilidad

RESULTADOS DE LA PERMEABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS		
Tratamientos	Permeabilidad (g/mhMpa)	Promedio
TP1-A	0,0112	0,0114
TP1-B	0,0109	
TP1-C	0,0122	
TP2-A	0,0071	0,0089
TP2-B	0,0107	
TP2-C	0,0087	
TP3-A	0,0048	0,0057
TP3-B	0,0056	
TP3-C	0,0067	
TP4-A	0,0136	0,0127
TP4-B	0,0119	

TP4-C	0,0126	
-------	--------	--

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

De los resultados obtenidos de la prueba de permeabilidad (Tabla 27-3) se identificó que el tratamiento 3 presentó menor permeabilidad al vapor de agua con el 0,0057 g/mhMpa. Este resultado se comparó con la investigación realizada por Charro (2015, p.58) quien obtuvo valores de permeabilidad entre 0,0258 (g/mhMpa) y 0,1766 (g/mhMpa) en bioplásticos elaborados a partir del almidón de patata. Por lo tanto, los bioplásticos obtenidos a partir del almidón del arroz de cebada presentan características aceptables para su aplicación en el embalaje de alimentos.

3.4.4.5. Resultados obtenidos de la prueba de tracción de los bioplásticos

Tabla 28-3: Resultados de pruebas de tracción; esfuerzos y módulos

Tratamiento	Módulo elasticidad (Mpa)	Carga de fluencia (N)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	Carga máxima (MPa)	Esfuerzo máximo (Mpa)	Elongación (%)
TP1	8,362.E+00	2,64	3,40	3,47	4,48	16,20
TP2	1,883.E+01	3,83	3,90	4,95	5,04	12,40
TP3	5,574.E+01	4,99	5,20	6,95	7,23	14,32
TP4	4,069.E+00	0,53	0,69	1,21	1,58	6,48

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

En la tabla 28-3 se muestran los resultados de los ensayos de tracción rigiéndose en la norma (INEN 2635:2012). Los resultados referentes al módulo de elasticidad indican que el TP3 presenta una mejor elasticidad con el 5,574.E+01 Mpa. Mientras que para el porcentaje de elongación el mejor resultado corresponde al TP1 con el 16,20%, en cuanto a las características como carga de fluencia, esfuerzo de fluencia, carga máxima y esfuerzo máximo el TP3 presentó mejores propiedades para su uso como embalaje de alimentos.

3.4.4.6. Resultados de la biodegradabilidad en el suelo

Tabla 29-3: Resultados de biodegradabilidad en el suelo

PORCENTAJE DE BIODEGRADABILIDAD EN EL SUELO					
Tratamientos	% Degradabilidad Semana 1	% Degradabilidad Semana 2	% Degradabilidad Semana 3	% Degradabilidad Semana 4	% Degradabilidad Semana 5
TP1-A	9,506	23,207	44,689	62,244	82,073

TP1-B	7,458	21,096	40,913	66,010	80,696
TP1-C	11,572	24,731	44,342	64,526	80,246
TP2-A	7,095	18,523	45,637	68,814	82,329
TP2-B	8,352	21,999	37,342	59,529	80,586
TP2-C	4,036	14,689	40,681	61,532	83,337
TP3-A	7,833	22,143	36,676	64,310	81,376
TP3-B	11,061	22,081	42,948	61,882	80,585
TP3-C	5,457	19,166	40,726	62,382	79,881
TP4-A	11,858	25,152	43,704	61,481	82,411
TP4-B	9,325	20,957	43,707	64,800	82,484
TP4-C	7,595	18,997	42,088	61,445	81,585

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

La tabla 29-3 muestra el porcentaje de biodegradabilidad de cada tratamiento al ser colocados en tierra de jardín. En este ambiente los bioplásticos alcanzaron un porcentaje de descomposición entre 79,881% y 83,337% en un lapso de 5 semanas, mientras que una investigación realizada por Versino y García (2018, p.10) se obtuvo el 21,66% de biodegradabilidad en 42 días en películas de almidón de mandioca, la rápida degradación de los bioplásticos obtenidos indica que luego de cumplir su vida útil pueden ser compostados según lo establece la norma (INEN 2643:2012).

3.4.4.7. Resultados de la biodegradabilidad en el agua

Tabla 30-3: Resultados de biodegradabilidad en el agua

PORCENTAJE DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AGUA					
Tratamientos	% Degradabilidad Semana 1	% Degradabilidad Semana 2	% Degradabilidad Semana 3	% Degradabilidad Semana 4	% Degradabilidad Semana 5
TP1-A	18,182	41,972	62,747	81,894	94,023
TP1-B	17,467	38,324	63,775	81,809	92,184
TP1-C	18,614	44,003	62,883	82,252	93,070
TP2-A	21,867	45,290	60,418	82,422	95,416
TP2-B	20,569	44,323	65,318	82,586	92,466
TP2-C	17,683	44,090	59,027	81,268	94,477
TP3-A	14,668	35,548	60,688	80,447	94,381
TP3-B	18,018	44,980	66,455	86,138	95,447
TP3-C	17,429	42,184	62,293	81,199	92,333
TP4-A	21,797	40,368	66,731	83,589	96,541
TP4-B	19,534	42,544	71,184	87,083	97,614
TP4-C	15,243	45,346	67,005	80,862	93,170

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

La tabla 30-3 muestra los resultados del porcentaje de biodegradabilidad de los bioplásticos colocados en agua del grifo. En esta prueba los bioplásticos alcanzaron porcentajes de biodegradación entre 92,184% y 97,614%, estos resultados se compararon con la investigación realizada por Iguardia (2013, p.45) quien obtuvo un valor de 72,49% en 30 días en películas de almidón de banano, lo cual indica que las láminas obtenidas se degradan con mayor rapidez al estar sumergidas en un medio acuoso, esto como consecuencia de la propiedad hidrofílica del plastificante utilizado.

3.4.4.8. Resultado de biodegradabilidad en el ambiente

La tabla 31-3 muestra el porcentaje de biodegradación de los bioplásticos colocados en el medio ambiente. Estas muestras se expusieron de manera directa al viento, a los rayos del sol y en ocasiones a la presencia de lluvias. Al cabo de 5 semanas presentaron un porcentaje de biodegradación entre 20, 019 % y 23,939%. Mientras que en la investigación realizada por Iguardia (2013, p. 45) se encontró un porcentaje de biodegradabilidad de 5,60% al cabo de 30 días, lo cual indica que los bioplásticos elaborados a partir del almidón del arroz de cebada experimentaron una mayor descomposición al estar sujeto a estas condiciones.

Tabla 31-3: Resultados de biodegradabilidad en el ambiente

PORCENTAJE DE BIODEGRADABILIDAD EN EL AMBIENTE					
Tratamientos	% Degradabilidad Semana 1	% Degradabilidad Semana 2	% Degradabilidad Semana 3	% Degradabilidad Semana 4	% Degradabilidad Semana 5
TP1-A	4,258	7,843	11,827	16,474	21,058
TP1-B	4,134	6,232	12,613	17,668	21,208
TP1-C	4,751	8,563	12,427	17,721	23,413
TP2-A	2,469	6,531	10,539	15,883	20,938
TP2-B	2,922	6,964	12,249	18,694	21,472
TP2-C	3,134	6,311	12,632	18,668	20,019
TP3-A	2,231	7,895	11,476	16,725	20,997
TP3-B	3,062	9,723	14,610	20,105	22,312
TP3-C	2,282	8,295	11,475	16,579	20,161
TP4-A	3,112	8,479	13,553	18,586	20,205
TP4-B	4,549	8,433	10,682	18,358	23,939
TP4-C	3,378	9,040	13,309	18,643	22,174

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.4.4.9. Curva de biodegradabilidad de las muestras en los tres ambientes.

La gráfica 3-3 muestra el comportamiento de biodegradabilidad de las láminas de bioplástico colocadas en los tres ambientes por un tiempo de 5 semanas. Su construcción se realizó con el promedio del porcentaje de biodegradabilidad de cada semana con respecto al número de semanas transcurridas. En base a dicha gráfica se puede demostrar que las láminas sumergidas en agua se degradaron más rápido, seguido por el suelo y finalmente el medio ambiente.

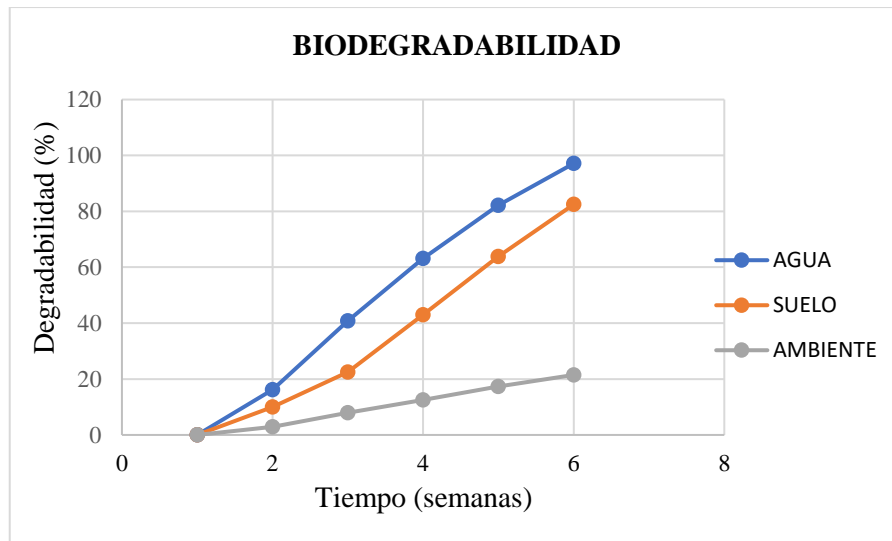


Gráfico 3-3: Biodegradabilidad en el agua, suelo y ambiente

Realizado por: Cuenca, Ruth, 2021.

3.5. Prueba de Hipótesis

3.5.1. Hipótesis General

Es posible elaborar bioplásticos a partir del almidón del arroz de cebada mediante la variación de la cantidad de almidón y glicerina, obteniéndose así láminas con características semejantes a los plásticos convencionales de acuerdo con la normativa establecida, lo cual permitirá que pueda ser aplicado en el embalaje de alimentos.

Mediante el modelo estadístico 2^k con $K=2$, propuesto en este proyecto de investigación, se obtuvo cuatro tratamientos en los que se varió las cantidades de almidón y glicerina en cada formulación, obteniéndose así bioplásticos con aceptables características físicas y mecánicas para ser empleados en el embalaje de alimentos, cuya caracterización se rigió en la norma (INEN 2635:2012). Los bioplásticos presentaron transparencia, elongación, y satisfactoria biodegradación.

3.5.2. Hipótesis Específica 1

Es posible extraer almidón del arroz de cebada por el método de vía húmeda.

La extracción del almidón del arroz de cebada se realizó por el método por vía húmeda. De los cuatro tratamientos utilizados, se obtuvo un mejor rendimiento de 25,548% por el tratamiento 4. Durante la extracción del almidón se observó que los gránulos del almidón sedimentaron al fondo formando una capa dura de color blanco separándose de las impurezas que lograron pasar el filtro, lo cual indica que es factible extraer almidón puro y un buen rendimiento por este método.

3.5.3. Hipótesis Específica 2

Es probable determinar la calidad del almidón extraído mediante la caracterización fisicoquímica.

La caracterización fisicoquímica del almidón del arroz de cebada se realizó en base a la norma (INEN, 1456, 2012) en la que se indica los parámetros de calidad referentes, a la cantidad de cenizas, pH y solubilidad. El almidón extraído se encontró dentro de los parámetros de calidad lo cual lo hizo idóneo para ser utilizado en la elaboración de biopelículas.

3.5.4. Hipótesis Específica 3

La adición de diversos componentes a la formulación del bioplástico permitirá obtener un producto apto para el embalaje de alimentos.

Los bioplásticos obtenidos presentaron distintas características físicas y mecánicas, las cuales dependieron directamente de las cantidades de almidón y glicerina empleados en cada tratamiento. La presencia del ácido acético en la mezcla actuó como conservante. Por lo tanto, la adición correcta de aditivos a la mezcla determina la flexibilidad, transparencia y resistencia de los bioplásticos, así como su aplicación en el embalaje de alimentos u otras áreas.

3.5.5. Hipótesis Específica 4

Las pruebas físicas y mecánicas realizadas al plástico biodegradable indican la calidad y factibilidad para ser aplicado en el embalaje de alimentos.

Mediante las caracterizaciones físicas y mecánicas efectuadas a los bioplásticos obtenidos se logró conocer con veracidad que estos bioplásticos son aptos para ser usados en el embalaje de alimentos. Un indicativo importante fue la solubilidad ya que se obtuvo valores entre 26,395% y 35,936%, algo similar sucedió con la permeabilidad al vapor de agua cuyos resultados oscilaron entre 0,0057 g/mhMpa y 0,0127 g/mhMpa. De las pruebas mecánicas se conoció que el

tratamiento 1 (TP1) tuvo el mejor porcentaje de elongación con el 16,20%, seguido por el TP3 con el 14,32%, luego el TP2 con el 12,40% y finalmente el TP4 con 6,48%. Las pruebas de tracción se realizaron en base a la norma (INEN 2635:2012).

CONCLUSIONES

- En esta investigación se identificó las variables de proceso involucradas en la síntesis de plástico biodegradable del almidón del arroz de cebada (*Hordeum vulgare*), en donde se varió únicamente las concentraciones de almidón (2g; 2,5g) y las concentraciones de glicerina (0,5mL; 1mL) en un tiempo de formulación de 15 minutos y máxima temperatura de 86°C, donde la mejor formulación fue el tratamiento 3 ya que proporcionó mejores características físicas y mecánicas para ser utilizado en el embalaje de alimentos.
- La extracción del almidón del arroz de cebada (*Hordeum vulgare*) se ejecutó mediante la combinación de la velocidad baja (3500 RPM) y alta (20000RPM) de la licuada y tiempo de trituración (60 y 90 segundos) por el método vía húmeda.
- El almidón del arroz de cebada (*Hordeum vulgare*) cumple con los parámetros de calidad establecidos en la norma NTE INEN 1456 cuyos resultados son: cenizas del 0,393%; pH del 5,7; la humedad en base a la noma NTE INEN-ISO 1666 fue de 9,08%; y en base a la norma FAO 2007 el índice de solubilidad fue de 3.115%; índice de absorción de agua de 4.413 g gel/g; poder de hinchamiento de 4.468 g H₂O/g.alm ; densidad de 1,551 g/mL; viscosidad de 475,05 SP; y finalmente la temperatura de gelatinización del almidón obtenido fue de 86°C.
- Los bioplásticos del arroz de cebada (*Hordeum vulgare*) obtenidos se formularon utilizando el diseño factorial 2^k con k=2, obteniéndose así 4 tratamientos con 4 repeticiones respectivamente.
- Las pruebas de tracción se realizaron en base a la norma NTE INEN 2635 cuyo mejor resultado para el módulo de elasticidad fue el tratamiento 3 (TP3) con el 5,574.E+01 Mpa, mientras que para el porcentaje de elongación del tratamiento 1 (TP1) fue mejor con 16,20%. El tratamiento 3 (TP3) proporcionó mejores resultados en las pruebas físicas.

RECOMENDACIONES

- Para el proceso de extracción del almidón del arroz de cebada se recomienda licuar por un tiempo mínimo de 3 minutos con la velocidad alta de la licuadora, esto con la finalidad de extraer la mayor cantidad de almidón posible.
- Poner a remojar la materia prima antes de extraer el almidón ya que de esta manera se logrará obtener un almidón más blanco y libre de fibra.
- Colocar metabisulfito de sodio en la materia prima que se encuentra en remojo para evitar su oxidación y la proliferación de microorganismos.
- El almidón seco y triturado se debe tamizar en el tamiz de 53 micras con la finalidad de obtener partículas de almidón lo más finas posible.
- Plaquear las mezclas de bioplástico en superficies completamente horizontales, ya que su desnivel provoca que las láminas de bioplástico se inclinen en un solo lado y varíe su grosor.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, J; et al. Evaluación del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la obtención de bioplástico Employment. *Bionatura* [en línea], 2018, vol. 1, no. 1, pp. 18. [Consulta: 7 junio 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21931/RB/CS/2018.01.01.2>.

AGAMA, E; et al. *Cereal starch production for food applications* [en línea], 2018. [Consulta: 2 julio 2021]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128094402. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809440-2.00003-4>.

AGUILERA, B; et al. «Obtención de productos alternativos y eco amigables a partir de almidón y harina de arroz». *Universidad Iberoamericana Puebla* [en línea], 2018, pp. 1-3. [Consulta: 3 agosto 2021]. Disponible en: [https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/3853/productos alternativos a partir de arroz_modalidad interactivo_articulo_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.iberopuebla.mx/bitstream/handle/20.500.11777/3853/productos%20alternativos%20a%20partir%20de%20arroz_modalidad%20interactivo_articulo_final.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

ALEMÁN, M; et al. Estudio De Las Propiedades Y Biodegradabilidad De Plasticos (Cast-Films) Elaborados a Partir De Cáscara De Naranja , Pectina Y Alcohol Polivinilico (PvoH). *Universidad Autonoma de Nuevo León* [en línea], 2020, pp. 1-2. [Consulta: 25 junio 2021]. Disponible en: https://smbb.mx/congresos_smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_IV/CIV-14.pdf.

ALPUSIG, M. Desarrollo y Evaluación de la Elaboración de una sopa Instantánea a partir del Arroz de Cebada (*Hordeum vulgare*) Tostada y sin Tostar con dos Concentraciones De Harina (Quinoa (*Chenopodiumquinowilld*)Y Trigo (*Triticumaestivum*)), Y Dos Saborizantes Artificia. [en línea], 2013, pp. 1-143. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/2649>

ARISTIZÁBAL, J; & SÁNCHEZ, T. Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Fao* [en línea], 2007, vol. 163, pp. 134. [Consulta: 14 julio 2021]. ISSN 1944-8244. DOI 9253056770-9789253056774. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-a1028s.pdf>.

ARZAPALO, D; et al. Extracción y caracterización del almidón de tres variedades de Quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) Negra Collana, Pasankalla Roja y Blanca Junín. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. [en línea], 2015, vol. 81, no. 1, pp. 44-54. [Consulta: 23 junio 2021]. ISSN 1810-634X. DOI 10.37761/rsqp.v81i1.9. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v81n1/a06v81n1.pdf>.

ASHTER, S. A. Mechanisms of Polymer Degradation. *Introduction to Bioplastics Engineering*. [en línea], 2016a, pp. 31-59. [Consulta: 28 julio 2021]. DOI 10.1016/b978-0-323-39396-6.00003-8.

ASHTER, S. A. Overview of Biodegradable Polymers. *Introduction to Bioplastics Engineering* [en línea], 2016b, pp. 19-30. [Consulta: 28 junio 2021]. DOI 10.1016/b978-0-323-39396-6.00002-6. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323393966000026>.

ASHTER, S. A. *Types of Biodegradable Polymers* [en línea], 2016c. [Consulta: 28 junio 2021]. ISBN 9780323393966. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323393966000051>.

BALDOCEDA, A. Efecto de la modificación morfológica de las espigas en el rendimiento y componentes de rendimiento de líneas mutantes de cebada (*Hordeum vulgare* L.) obtenidas con irradiación gamma. [en línea], 2015, pp. 1-160. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/1423/t007369.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

BAYONA, J; et al. Diseño de una planta de producción de envases biodegradables a base de almidón de papa en la provincia de Piura. [en línea], 2020. [Consulta: 1 julio 2021]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/4925/T_ING_2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

BELLO, L; & AGAMA, E. *Starch* [en línea], 2017. [Consulta: 5 agosto 2021]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128122570. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809439-6.00001-7>.

BRITO, H. Texto Básico de Operaciones Unitarias I. *ResearchGate* [en línea], 2000, vol. 1, pp. 33. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/313673724>.

BRITO, H. Texto Básico de Operaciones Unitarias II. *ResearchGate* [en línea], 2001. [Consulta: 28 julio 2021]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/315778840>.

BRITO, H; et al. Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2020, vol. 6, no. 2, pp. 981-994. [Consulta: 10 agosto 2021]. ISSN 2477-8818. DOI 10.23857/dc.v6i3.1261. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Hannibal-Brito-2/publication/343005745_Produccion_de_laminas_de_plastico_biodegradables_a_partir_del_almidon_de_arracacia_xanthorrhiza/links/5f1116f592851c1eff183141/Produccion-de-laminas-de-plastico-biodegradables-a-p.

BRITO, H; et al. Extracción de almidón del arroz de cebada por procesos físicos de separación. *Revista Alfa* [en línea], 2021, vol. 5, no. 14, pp. 319-330. [Consulta: 25 octubre 2021]. ISSN 2664-0902. DOI 10.33996/revistaalfa.v5i14.120. Disponible en: <http://revistaalfa.org/index.php/revistaalfa/article/view/128>.

BRITO, H; et al. *Diseño de un proceso de producción industrial de almidón a partir de mashua (Tropaeolum tuberosum)* [en línea], 2019. [Consulta: 13 agosto 2021]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://revistas.esPOCH.edu.ec/index.php/cssn/article/view/292/257>.

BRUNSON, M. Aceticum acidum, the essence of vinegar. *Revista Medica de Homeopatía* [en línea], 2013, vol. 6, no. 2, pp. 58-69. [Consulta: 15 junio 2021]. ISSN 18888526. DOI 10.1016/j.homeo.2013.07.003. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.homeo.2013.07.003>.

CAJAMARCA, G. B; & MONTENEGRO, I. S. Selección de una línea promisoría de cebada (*Hordeum vulgare* L.) Bio-fortificada, de grano descubierto y bajo contenido en fitatos, en áreas vulnerables de la sierra sur ecuatoriana. *Tesis* [en línea], 2015, pp. 1-118. [Consulta: 19 junio 2021]. Disponible en: http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23473/1/TESIS_CEBADA.pdf.

CHARIGUAMÁN, J. Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.). [en línea], 2015, pp. 18-20. [Consulta: 2 julio 2021]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>.

CHARRO, M. Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de Patata. [en línea], 2015, vol. 151, no. 1, pp. 10-17. [Consulta: 25 mayo 2021]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/3788?mode=full>.

EARLE, R. L. Size Reduction. *Industrial and Engineering Chemistry* [en línea], 1983, vol. 62, no. 11, pp. 159-165. [Consulta: 23 junio 2021]. ISSN 00197866. DOI 10.1021/ie50731a007. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-025536-1.50015-1>.

FALCONI, E; et al. INIAP -Estación Experimental Santa Catalina. [en línea], 2010, pp. 18. [Consulta: 18 junio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/2420/4/iniapscbd390.PDF>.

FLORES, R. Diseño y construcción de un prototipo de destilador de agua, utilizando energía solar. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito*. [en línea], 2015. [Consulta: 5 junio 2021]. ISBN 1719746982. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/8613>

GARCIA, A. *Obtención De Un Polímero Biodegradable a Partir De Almidón De Maíz* [en línea], 2015. [Consulta: 18 junio 2021]. ISBN 9789996150210. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>.

GILBERT, M. *Plastics Materials: Introduction and Historical Development. Brydson's Plastics Materials: Eighth Edition*. [en línea], 2016, pp. 2-18. [Consulta: 17 junio 2021]. DOI 10.1016/B978-0-323-35824-8.00001-3.

GOULD, W. *Drying and Dehydration. Unit Operations for the Food Industries* [en línea], 1996, pp. 143-149. [Consulta: 14 junio 2021]. DOI 10.1533/9781845696177.143. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080255361500114>.

GUAMÁN, J. *Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial* [en línea], 2019. [Consulta: 16 julio 2021]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>.

HERMOSA, G. “Caracterización de almidones de dos tubérculos andinos: isaño (*Tropaeolum tuberosum* R&P) y oca (*Oxalis tuberosa* Mol)”. *Universidad Nacional del Altiplano* [en línea], 2013, pp. 1-93. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: [http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3410/Hermosa_Mendoza_Gisela del Carmen.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3410/Hermosa_Mendoza_Gisela_del_Carmen.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

IGUARDIA, C. *Síntesis y caracterización de bioplástico a partir del almidón de banano verde* [en línea], 2013. [Consulta: 18 julio 2021]. S.l.: Universidad de San Carlos de Guatemala. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_3523.pdf.

JUÁREZ, C. Evaluación de la operación de un filtro prensa dentro del proceso de filtración de bebidas alcohólicas. [en línea], 2013, pp. 1-116. [Consulta: 18 mayo 2021]. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1323_Q.pdf.

LEMA, A; et al. Producción de cebada (*Hordeum vulgare* L.) con urea normal y polimerizada en Pintag, Quito, Ecuador. *Agronomía Mesoamericana* [en línea], 2016, vol. 28, no. 1, pp. 97. [Consulta: 26 mayo 2021]. ISSN 1021-7444. DOI 10.15517/am.v28i1.22705. Disponible en: <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22705>.

MARTÍNEZ, J. La corona de Gerión y el Eureka de Arquímedes. *Universidad Antonio de Nebrija* [en línea], 2012, vol. 108, no. 2, pp. 119-125. ISSN 1575-3417. [Consulta: 26 julio 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3959389.pdf>.

MORÁN, M. Experimentos de procesamiento digital de imágenes empleando el software ImageJ. Trabajo De Diploma. [en línea], 2017, pp. 68. [Consulta: 16 julio 2021]. Disponible en: [https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2534/Maite Morán Morciego.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/2534/Maite_Morán_Morciego.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

MOROCHO, M; et al. Caracterización físico química y mecánica de bioplásticos obtenidos a partir del trigo y cebada. *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2021, vol. 7, pp. 623-637. [Consulta: 28 julio 2021]. DOI 10.23857/dc.v7i4.2114. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v7i4.2114>.

MOSS, E; et al. Sea of Opportunity. *Electronics and Power* [en línea], 2017, vol. 16, pp. 1-152. [Consulta: 27 septiembre 2021]. DOI 10.21313/hawaii/9780824839611.001.0001. Disponible en: [https://www.openchannels.org/sites/default/files/literature/Sea of Opportunity - Supply Chain Investment Opportunities to Address Marine Plastic Pollution.pdf](https://www.openchannels.org/sites/default/files/literature/Sea%20of%20Opportunity%20-%20Supply%20Chain%20Investment%20Opportunities%20to%20Address%20Marine%20Plastic%20Pollution.pdf).

NÁRVAEZ, M. Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón. *Edimarket* [en línea], 2016. [Consulta: 23 julio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6299/1/129278.pdf>.

NTE INEN 1456. Norma Técnica Ecuatoriana Reactivos Para Análisis . Almidón Soluble. Primera edición. [en línea], 2012, pp. 2-9. [Consulta: 8 julio 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>.

NTE INEN 2635. Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. *Instituto Ecuatoriano de Normalización* [en línea], 2012. [Consulta: 6 agosto 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>.

NTE INEN 2643. Norma Técnica Ecuatoriana Especificación Para Plásticos Compostables. *Instituto Ecuatoriano de Normalización* [en línea], 2012, pp. 1-7. [Consulta: 16 septiembre 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2643.pdf>.

NÚÑEZ, A. *Obtención de una película de bioplástico a partir del colágeno de las patas de pollo* [en línea], 2014. [Consulta: 12 julio 2021]. S.l.: Universidad Central del Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2879>.

OLIVA, J; et al. Estudio de la dinámica de sedimentación de lodos mediante un sistema óptico. *Ingeniería* [en línea], 2008, vol. 12, no. 2, pp. 17-29. [Consulta: 6 julio 2021]. ISSN 1665-529X. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/467/46712202.pdf>.

ORTIZ, M. Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (*mangifera indica*) con aplicación potencial en envases. *Repositorio Institucional Universidad El Bosque* [en línea], 2019, pp. 7-97. [Consulta: 16 mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unbosque.edu.co/handle/20.500.12495/2106>.

PAGLIARO, M. Properties, Applications, History, and Market. *Glycerol*. [en línea], 2017, pp. 1-21. [Consulta: 18 agosto 2021]. DOI 10.1016/b978-0-12-812205-1.00001-1.

PASCOE, S; & MENDOZA, M. Producción y Caracterización de Películas de Biopolímero de Nopal *Opuntia ficus-indica* (L .). [en línea], 2019. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/331443577_Produccion_y_Caracterizacion_de_Peliculas_de_Biopolimero_de_Nopal_Opuntia_ficus-indica_L

PERRONE, G; et al. Almidón de los granos de Avena , Cebada y Maíz en el Equino. [en línea], 2011. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/267966810_PRUEBA_COMPARATIVA_DE_TOLE_RANCIA_AL_ALMIDON_DE_LOS_GRANOS_DE_AVENA_CEBADA_Y_MAIZ_EN_EL_EQUINO.

PILLA, I. Desarrollo de un material termoplástico obtenido a partir de almidón de oca (*Oxalis tuberosa*) y plastificantes. [en línea], 2017, pp. 117. [Consulta: 17 junio 2021]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17060>.

PINEDA, P; et al. Papel del agua en la gelatinización del almidón de maíz: estudio por calorimetríadiferencial de barrido. *Ingeniería y Ciencia - ing.cienc.* [en línea], 2010, vol. 6, no. 11, pp. 129-141. [Consulta: 5 agosto 2021]. Disponible en: <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/ingciencia/article/view/252>.

PIZÁ, H; et al. Analisis experimental de la Elaboración de Biplastico a partir de la Cascara de Plátano. *Pirhua* [en línea], 2017, pp. 108. [Consulta: 5 junio 2021]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/3224/PYT_Informe_Final_Proyecto_Bioplastico.pdf.

PRIETO, J; et al. Degradación física del almidón de cebada (*Hordeum sativun* Jess). Correlación entre la gelatinización y el tamaño de gránulos Degradation of Barley Starch (*Hordeum sativun* Jess). Correlation Between the Gelatinisation and the Size of Grains. *Multiciencias* [en línea], 2009, vol. 9, no. 5, pp. 115-125. [Consulta: 27 junio 2021]. Disponible en: https://www.uaeh.edu.mx/investigacion/icbi/LI_TratamAmb/cesar_gonzalez/mult2009.pdf.

RIBBA, L; et al. *Disadvantages of Starch-Based Materials, Feasible Alternatives in Order to Overcome These Limitations* [en línea], 2017. [Consulta: 15 junio 2021]. S.l.: Elsevier Inc. ISBN 9780128122570. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809439-6.00003-0>.

RIERA, M; et al. Obtención de bioplástico a partir de almidón de Maíz (*Zea mays* L.). *Colón Ciencias, Tecnología y Negocios.* [en línea], 2020, vol. 7, no. 1, pp. 1-11. [Consulta: 15 julio 2021]. DOI 10.48204/j.colonciencias.v7n1a1.

RODRÍGUEZ, A. Biodegradabilidad de materiales bioplásticos. *Ciencia y Tecnología de Alimentos.* [en línea], 2015, vol. 22, no. November 2012, pp. 39-44. [Consulta: 13 agosto 2021]. Disponible en: : <https://www.researchgate.net/publication/328676031>

ROSALES, A. Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua. [en línea], 2016, pp. 1-79. [Consulta: 27 julio 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>.

RUTIAGA, O. Elaboración de películas plásticas flexibles a partir de polímeros naturales como una alternativa de empaque y la evaluación de sus propiedades. [en línea], 2002. [Consulta: 10 julio 2021]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/5603/1/1080124502.PDF>.

SALAZAR, R; et al. Efecto de la adición de subproductos agroindustriales en las propiedades físicas de un biopolímero almidón-gelatina. *Biotecnia*. [en línea], 2021, vol. 23, no. 1, pp. 52-61. [Consulta: 1 junio 2021]. ISSN 1665-1456. DOI 10.18633/biotecnia.v23i1.1324.

SAMANIEGO, M; & ESTRADA, E. Diseño Y Construcción De Un Equipo Mixto De Molienda Y Tamizado Para Materiales Minerales. *Infoplac.Net* [en línea], 2011, pp. 2-145. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: http://www.infoplac.net/files/descargas/schneider/infoplac_net_18t00436.pdf.

SEMARNAP. Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México. *Journal of Chemical Information and Modeling* [en línea], 2013, vol. 53, no. 9, pp. 1689-1699. [Consulta: 26 julio 2021]. ISSN 1098-6596. Disponible en: http://centro.paot.org.mx/documentos/semarnat/prog_mini_mex_96_00.pdf.

SOLARTE, J; et al. Propiedades reológicas y funcionales del almidón procedente de tres variedades de papa criolla. *SciELO* [en línea], 2010, vol. 30, no. 6, pp. 35-44. [Consulta: 19 junio 2021]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600035>.

SRINIVASA, C; et al. Effect of plasticizers and fatty acids on mechanical and permeability characteristics of chitosan films. *Food Hydrocolloids*. [en línea], 2007, vol. 21, no. 7, pp. 1113-1122. [Consulta: 27 julio 2021]. ISSN 0268005X. DOI 10.1016/j.foodhyd.2006.08.005. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X06001718>.

ULLRICH, S.E. *The Barley Crop: Origin and Taxonomy, Production, and End Uses* [en línea], 2014. [Consulta: 5 julio 2021]. S.l.: Elsevier Ltd. ISBN 9780128123690. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-1-891127-79-3.50001-9>.

VERSINO, F; & GARCÍA, M. Materiales eco-compatibles reforzados a base de almidón de mandioca para aplicaciones agronómicas. *Matéria (Rio de Janeiro)*. [en línea], 2018, vol. 23, no. 2. [Consulta: 15 mayo 2021]. ISSN 1517-7076. DOI 10.1590/s1517-707620180002.0545.

VILLARROEL, P; et al. Resistant starch: Technological characteristics and physiological interests. *Revista Chilena de Nutricion* [en línea], 2018, vol. 45, no. 3, pp. 271-278. [Consulta: 9 julio 2021]. ISSN 07177518. DOI 10.4067/s0717-75182018000400271. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182018000400271.


ZENG, X. Bioplastics. *Kunststoffe International* [en línea], 2016, vol. 106, no. 10, pp. 94-100. [Consulta: 15 agosto 2021]. ISSN 18624243. Disponible en: http://polired.upm.es/index.php/ingenia_materiales/article/view/3951/4048.

ANEXOS

ANEXO A: CONTENIDO DE AMILOSA PRESENTE EN EL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA Y GRANO DEL ARROZ DE CEBADA.

<p>MC-LSAIA-2201-06</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS ESTACIÓN EXPERIMENTAL SANTA CATALINA DEPARTAMENTO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD LABORATORIO DE SERVICIO DE ANÁLISIS E INVESTIGACIÓN EN ALIMENTOS <small>Panamericana Sur Km. 1. CutuglaguaTlfs. 2690691-3007134. Fax 3007134 Casilla postal 17-01-340</small></p> </div> </div>																								
<p>INFORME DE ENSAYO No: 21-0150</p>																								
<p>**NOMBRE PETICIONARIO: Srta. Ruth Yojana Cuenca Alcoser</p>		<p>**INSTITUCIÓN: Particular</p>																						
<p>**DIRECCIÓN: Riobamba</p>		<p>**ATENCIÓN: Srta. Ruth Yojana Cuenca Alcoser</p>																						
<p>FECHA DE EMISIÓN: 03/08/2021</p>		<p>FECHA DE RECEPCIÓN.: 22/07/2021</p>																						
<p>FECHA DE ANÁLISIS: Del 22 de julio al 03 de agosto del 2021</p>		<p>HORA DE RECEPCIÓN: 10h00</p>																						
		<p>ANÁLISIS SOLICITADO: Amilosa</p>																						
a)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>ANÁLISIS MÉTODO</th> <th>HUMEDAD MO-LSAIA-01.01</th> <th>AMILOSA^Ω MO-LSAIA-04</th> <th>**IDENTIFICACIÓN</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>METODO REF.</td> <td>U. FLORIDA 1970</td> <td>Morrison y Laignelet 1983</td> <td></td> </tr> <tr> <td>UNIDAD</td> <td>%</td> <td>%</td> <td></td> </tr> <tr> <td>21-0875</td> <td>4,32</td> <td>34,18</td> <td>Almidón de arroz de cebada</td> </tr> <tr> <td>21-0876</td> <td>9,60</td> <td>21,12</td> <td>Grano de arroz de cebada</td> </tr> </tbody> </table>	ANÁLISIS MÉTODO	HUMEDAD MO-LSAIA-01.01	AMILOSA ^Ω MO-LSAIA-04	**IDENTIFICACIÓN	METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983		UNIDAD	%	%		21-0875	4,32	34,18	Almidón de arroz de cebada	21-0876	9,60	21,12	Grano de arroz de cebada	<p>Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca. OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente</p>		
	ANÁLISIS MÉTODO	HUMEDAD MO-LSAIA-01.01	AMILOSA ^Ω MO-LSAIA-04	**IDENTIFICACIÓN																				
	METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983																					
	UNIDAD	%	%																					
	21-0875	4,32	34,18	Almidón de arroz de cebada																				
	21-0876	9,60	21,12	Grano de arroz de cebada																				
 IVAN RODRIGO SAMANIEGO RAMOS Dr. MSc. Iván Samaniego RESPONSABLE TÉCNICO		<p>RESPONSABLES DEL INFORME</p> BLADIMIR EFRAIN ORTIZ RAMOS Ing. Bladimir Ortiz RESPONSABLE CALIDAD																						
<p><small>Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio. Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo</small></p>																								
<p><small>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. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con ** son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.</small></p>																								
<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <table style="width: 100%;"> <tr> <td><input type="checkbox"/> Aprobado</td> <td><input type="checkbox"/> Preliminar</td> </tr> <tr> <td><input type="checkbox"/> Certificado</td> <td><input type="checkbox"/> Por aprobar</td> </tr> <tr> <td><input checked="" type="checkbox"/> Información</td> <td><input type="checkbox"/> Por calificar</td> </tr> </table>		<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar	<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar	<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Ruth Yojana Cuenca Alcoser</p>															
<input type="checkbox"/> Aprobado	<input type="checkbox"/> Preliminar																							
<input type="checkbox"/> Certificado	<input type="checkbox"/> Por aprobar																							
<input checked="" type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Por calificar																							
		<p>CONTENIDO DE AMILOSA EN EL GRANO Y ALMIDÓN</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>LÁMINA</th> <th>ESCALA</th> <th>FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1</td> <td style="text-align: center;">1:1</td> <td style="text-align: center;">22/07/2021</td> </tr> </tbody> </table>		LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	22/07/2021															
LÁMINA	ESCALA	FECHA																						
1	1:1	22/07/2021																						


ANEXO B: INFORME DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN DE LOS




LenMav
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. J. Anibal Viñan B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	Denominación: RG 18 - 1
N° 01	
SOLICITADO POR:	Ruth Yojana Cuenca Alcoser
PROYECTO DE TESIS:	"IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO PARA LA SÍNTESIS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA (Hordeum vulgare) PARA EL USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍAQUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	7-ago-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T1
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.11
ANCHURA [mm]	7.05
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm²]	0.78
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	8.362.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	2.64
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	3.40
CARGA MAXIMA [N]	3.47
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	4.48
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	16.20
OBSERVACIONES:	



Aprobado por:



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


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

1/1

ir: Calle Roma N°7 y Padua, Cdla Politécnica
Tel: 032924420 - Cel: 0987260955
email: jvinan54@lenmav.com
Riobamba - Ecuador


a)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENSAYO DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 1 (T1)	
a) Resultados de la prueba de tracción del Tratamiento 1.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Ruth Yojana Cuenca Alcoser	LÁMINA	ESCALA
			1	1:1
				FECHA
				07/08/2021



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Ruth Yojana Cuenca Alcoser
PROYECTO DE TESIS:	"IDENTIFICACION DE LAS VARIABLES DE PROCESO PARA LA SINTESIS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA (Hordeum vulgare) PARA EL USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERIAQUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	7-ago-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
COD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T2
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.14
ANCHURA [mm]	7.02
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.98
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.883.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	3.83
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	3.90
CARGA MAXIMA [N]	4.95
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	5.04
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	12.40
OBSERVACIONES:	



LenMav LABORATORIO ENSAYO DE MATERIALES
Riobamba - Ecuador

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

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

1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cda Politécnica

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

email: jvinan54@lenmav.com
Riobamba - Ecuador

b)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENSAYO DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 2 (T2)	
b) Resultados de la prueba de tracción del Tratamiento 2.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Ruth Yojana Cuenca Alcoser	LÁMINA	ESCALA
			1	1:1

CONTINUACIÓN – ANEXO B



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	Ruth Yojana Cuenca Alcoser
PROYECTO DE TESIS:	"IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO PARA LA SÍNTESIS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA (Hordeum vulgare) PARA EL USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	7-ago-21
EQUIPO UTILIZADO:	MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	T3
CARACTERÍSTICA	TRANSPARENTE
ESPEJOR [mm]	0.14
ANCHURA [mm]	6.86
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.96
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.574.E+01
CARGA DE FLUENCIA [N]	4.99
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	5.20
CARGA MAXIMA [N]	6.95
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	7.23
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	14.32
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

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

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

1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cda Politécnica

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955


email: jvinan54@lenmav.com
Riobamba - Ecuador

c)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA	ENSAYO DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 3 (T3)		
c) Resultados de la prueba de tracción del Tratamiento 3.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ELABORADO POR: Ruth Yojana Cuenca Alcoser	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	07/08/2021

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAJO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Ruth Yojana Cuenca Alcoser
PROYECTO DE TESIS:	"IDENTIFICACIÓN DE LAS VARIABLES DE PROCESO PARA LA SÍNTESIS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA (Hordeum vulgare) PARA EL USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS"
DIRECCIÓN:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2021 - 08
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	7-ago-21
EQUIPO UTILIZADO:	MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B
MARCA:	JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD
SERIE:	7136
CERTIFICADO:	LNM-F-201650006
CÓD IDENT:	M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	T4
CARACTERÍSTICA:	TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.12
ANCHURA [mm]	6.37
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	0.76
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	4.069.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.53
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.69
CARGA MAXIMA [N]	1.21
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	1.58
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	6.48
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



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

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento.

1/1

Dir: Calle Roma N°7 y Padua, Cdla Politécnica

Tel: 032924420 - Cel: 0987260955

email: jvinan54@lenmav.com
Riobamba - Ecuador

d)

NOTAS: d) Resultados de la prueba de tracción del Tratamiento 4.	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Ruth Yojana Cuenca Alcoser	ENSAJO DE TRACCIÓN DEL TRATAMIENTO 4 (T4)		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	07/08/2021

ANEXO C: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA.



saqmic
LABORATORIO DE SERVICIOS ANALÍTICOS
QUÍMICOS Y MICROBIOS EN AGUA Y ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

Fecha: 20 de Agosto del 2021
 Análisis solicitado por: Srta. Ruth Cuenca
 Tipo de muestras: Almidón de Arroz de Cebada (*Hordeum vulgare*)
 Localidad: Riobamba

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
Aerobios Mesófilos	UFC/g	Siembre en masa	10
Coliformes Totales	UFC/g	Siembre en masa	Ausencia
Coliformes Fecales	UFC/g	Siembre en masa	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/g	Siembre en masa	<10

Observaciones:

Atentamente:




Dra. Gina Álvarez R.
 RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

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



Avenida 9 de Octubre # 12 y Madrid Q
 Contactanos: ☎0998580374 ☎032 942 322
 Saqmic Laboratorio
 Riobamba - Ecuador

a)

<p>NOTAS:</p> <p>a) Resultados de los análisis microbiológicos del almidón del arroz de cebada.</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado</p> <p><input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado</p> <p><input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información</p> <p><input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p> <p>FACULTAD DE CIENCIAS</p> <p>ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA</p> <p>ELABORADO POR: Ruth Yojana Cuenca Alcoser</p>	<p>ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA</p>			
			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;">LÁMINA</td> <td style="width: 33%;">ESCALA</td> <td style="width: 33%;">FECHA</td> </tr> </table>	LÁMINA	ESCALA	FECHA
LÁMINA	ESCALA	FECHA				

ANEXO D: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA



a)



b)



c)



d)

<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Ruth Yojana Cuenca Alcoser</p>	<p>EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DEL ARROZ DE CEBADA</p>		
<p>b) Pesaje de la materia prima. c) Trituración o licuado de la materia prima. d) Proceso de filtración. e) Proceso de sedimentación.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p>				

CONTINUACIÓN – ANEXO D



a)



b)



c)



d)

<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</p>	<p>EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN</p>							
<p>a) Proceso de secado. b) Proceso de trituración. c) Proceso de tamizado. d) Envasado del almidón.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p>FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Ruth Yojana Cuenca Alcoser</p>	<p>DEL ARROZ DE CEBADA</p>							
		<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1554 1219 1711 1259">LÁMINA</th> <th data-bbox="1711 1219 1872 1259">ESCALA</th> <th data-bbox="1872 1219 2022 1259">FECHA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1554 1259 1711 1295">1</td> <td data-bbox="1711 1259 1872 1295">1:1</td> <td data-bbox="1872 1259 2022 1295">10/06/2021</td> </tr> </tbody> </table>			LÁMINA	ESCALA	FECHA	1	1:1	10/06/2021
LÁMINA	ESCALA	FECHA								
1	1:1	10/06/2021								

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN OBTENIDO



a)



b)



c)



d)

NOTAS:

- a) Prueba de lugol.
- b) Prueba de solubilidad.
- c) Determinación de la temperatura de gelatinización.
- d) Determinación de la viscosidad.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

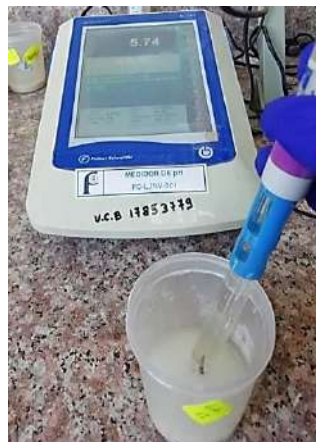
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

ELABORADO POR:
Ruth Yojana Cuenca Alcoser

**CARACTERIZACIÓN
FÍSICOQUÍMICA DEL
ALMIDÓN OBTENIDO**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	21/06/2021

CONTINUACIÓN – ANEXO E



a)



b)



c)



d)

<p>NOTAS:</p>	<p>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</p>	<p>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA ELABORADO POR: Ruth Yojana Cuenca Alcoser</p>	<p>CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DEL ALMIDÓN OBTENIDO</p>		
<p>a) Determinación del pH. b) Determinación de la densidad aparente. c) Determinación de la humedad. d) Determinación de cenizas.</p>	<p><input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar</p>				

ANEXO F: OBTENCIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS



a)



b)



c)



d)

NOTAS:

- a) Pesaje del almidón.
- b) Mezcla de los componentes en baño maría.
- c) Secado de las muestras.
- d) Bioplásticos obtenidos.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

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

ELABORADO POR:
Ruth Yojana Cuenca Alcoser

OBTENCIÓN DE LOS
BIOPLÁSTICOS

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	20/07/2021

ANEXO G: CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS



a)



b)



c)



d)

NOTAS:

- a) Mejores bioplásticos obtenidos.
- b) Ensayo de tracción.
- c) Determinación de la humedad.
- d) Pruebas de biodegradabilidad.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERÍA QUÍMICA
ELABORADO POR:
Ruth Yojana Cuenca Alcoser

**CARACTERIZACIÓN DE LOS
BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	27/07/2021

CONTINUACIÓN – ANEXO G



a)



b)



c)

NOTAS:

- a) Determinación del espesor.
- b) Prueba de permeabilidad.
- c) Prueba de solubilidad.

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar |
| <input checked="" type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

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

ELABORADO POR:
Ruth Yojana Cuenca Alcoser

**CARACTERIZACIÓN DE LOS
BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	18/07/2021



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: 24 / 01 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres - Apellidos: <i>Ruth Yojana Cuenca Alcoser</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería Química</i>
Título a optar: <i>Ingeniera Química</i>
f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Nombre de acreditamiento: E291-1-01E,
GUANO CENTRAL DEL ECUADOR,
GUANO CENTRAL DEL ECUADOR DE
INFORMACIÓN EORCS, LQUTIO
SERVIDOR DE CERTIFICACIÓN
FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2022.01.24 12:38:03 -05'00'



2231-DBRA-UTP-2021