



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

**“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL TRIGO
(*Triticum*) Y CEBADA (*Hordeum vulgare*) PARA USO COMO
ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: MARÍA CRUZ MOROCHO PILATAXI

DIRECTORA: Ing. VIOLETA MARICELA DALGO FLORES Mgs.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, **María Cruz Morocho Pilataxi**

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, María Cruz Morocho Pilataxi, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi auditoría 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, 02 de septiembre de 2021

María Cruz Morocho Pilataxi

0604965178

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del trabajo de titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo Proyecto de Investigación, **“OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL TRIGO (*Triticum*) Y CEBADA (*Hordeum vulgare*) PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS”**, realizado por la señorita: **MARÍA CRUZ MOROCHO PILATAXI**, 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

Ing. Paul Gustavo Palmay Paredes MsC.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

2021-09-02

Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores Mgs.
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

2021-09-02

Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos MsC.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

2021-09-02

DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado principalmente a la memoria de mis padres Manuel Eliecer Morocho y mi amada madre María Dolores Pilataxi, por ser quien a través de sus enseñanzas me dejó el camino de la educación, perseverancia y esfuerzo, porque a pesar de no estar presente me ha dado valor y fuerza para seguirme superando, también a mis hermanas y hermanos Manuel, Gladys, Alexandra, Nancy, Patricio y Evelyn por ser quienes a través de sus palabras y apoyo incondicional han contribuido en mi formación y hecho de mí una persona de bien. Y a esa persona especial en mi vida, Edison Raúl quien me ha dado amor y brindado su apoyo en momentos difíciles así como exitosos, tus palabras están en mi mente y corazón.

Mary

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar le agradezco a Dios, por darme la oportunidad de vivir y estar conmigo en cada paso que doy por darme fortaleza y valor para cumplir con mis sueños y los planes que quiero alcanzar. Agradezco a mis hermanos quienes han sido los pilares fundamentales para seguir superándome con entusiasmo, gracias por sus consejos por no perder la fe en mí demostrándome que la familia unida es más fuerte. A mi novio, Raúl por tomar mi mano y darme fuerza, ensañándome que puedo ser capaz de hacer todo lo que me proponga aun cuando dudaba de mi misma. A mis amigos que siempre han estado conmigo en toda mi carrera universitaria por compartir tantos momentos buenos y malos, historias que estoy segura que contare a lo largo de mi vida y otras que guardare en mi corazón, personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio siendo ellas Paolita Q., Lizbeth G., Alicia C., Santiago A., Paolita F. y Jorge G. por acogerme en su hogar y hacerme parte de su familia amigos los quiero sin ustedes no hubiera sido posible nada. Agradezco a la Ingeniera Violeta Dalgo y Linda Flores por toda la ayuda y la colaboración brindada para la culminación exitosa de este trabajo.

Finalmente, mi más sincero agradeciendo a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por brindarme los mejores años de mi vida y abrirme sus puertas para concretar mis metas.

Mary

TABLA DE CONTENIDOS

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

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	3
1.1 Identificación del Problema.....	3
1.2 Justificación de la Investigación.....	4
1.3 Objetivos de la investigación.....	5
1.3.1. <i>General</i>	5
1.3.2. <i>Específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	6
2.1. Antecedentes de la Investigación.....	6
2.2. Marco Conceptual o Glosario.....	8
2.2.1. Almidón.....	8
2.2.2. <i>Amilopectina</i>	8
2.2.3. <i>Gramíneas</i>	9
2.2.3.1. Trigo (<i>Triticum</i>).....	9
2.2.3.2. <i>Clasificación taxonómica</i>	9
2.2.3.3. <i>Sistema Radicular</i>	10
2.2.3.4. <i>Tallo</i>	10
2.2.3.5. <i>Hojas</i>	10
2.2.3.6. <i>Inflorescencia</i>	10
2.2.3.7. <i>Composición química</i>	11
2.2.4. <i>Cebada (Hordeum vulgare)</i>	11

2.2.4.1.	<i>Clasificación taxonómica</i>	12
2.2.4.2.	<i>Raíz</i>	12
2.2.4.3.	<i>Tallos</i>	13
2.2.4.4.	<i>Hojas</i>	13
2.2.4.5.	<i>Inflorescencia</i>	13
2.2.4.6.	<i>Composición química</i>	13
2.2.5.	<i>Biopolímero</i>	14
2.2.6.	<i>Bioplástico</i>	14
2.2.7.	<i>Plastificante</i>	15
2.2.8.	<i>Películas biodegradables</i>	15
2.2.9.	<i>Biopelículas de almidón</i>	15
2.2.10.	<i>Empaque</i>	16
2.3.	Planteamiento de las Hipótesis	16
2.3.1.	<i>Hipótesis General</i>	16
2.3.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	16
2.4.	Identificación de Variables	17
2.5.	Operacionalización de Variables	18
2.6.	Matriz de Consistencia	19
2.7.	Tipo y Diseño de Investigación	21
2.8.	Unidad de Análisis	21
2.9.	Población de Estudio	21
2.10.	Tamaño de Muestra	22
2.11.	Selección de Muestra	22
2.12.	Técnicas de Recolección de Datos	23
2.12.1.	<i>Extracción de almidones de trigo (<i>Triticum</i>) y de cebada (<i>Hordeum vulgare</i>)</i>	23
2.12.2.	<i>Caracterización físico química de los almidones extraídos</i>	25
2.13.	Método de obtención de bioplástico	28
2.13.1.	<i>Diseño factorial 2^k</i>	28
2.13.2.	<i>Caracterización del bioplástico</i>	30

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	34
3.1.	Datos obtenidos de los ensayos físicos químicos de la materia prima	34
3.1.1.	<i>Caracterización física de las semillas de trigo y cebada</i>	34
3.1.2.	<i>Resultados obtenidos del rendimiento de los almidones de trigo y cebada</i>	34
3.1.3.	<i>Análisis estadístico del rendimiento de los almidones de trigo y cebada</i>	38

3.1.4.	<i>Caracterización físico química de los almidones de trigo y cebada</i>	38
3.1.5	<i>Contenido de amilosa y amilopectina en los almidones de Trigo y Cebada</i>	40
3.2.	Caracterización físico química y mecánica de los bioplásticos de trigo y cebada	40
3.2.1.	<i>Análisis físico químico y mecánico de los bioplásticos de trigo y cebada</i>	41
3.2.1.1.	<i>Evaluación del análisis sensorial de los bioplásticos de trigo y cebada</i>	41
3.2.1.2.	<i>Características de los bioplásticos obtenidos</i>	42
3.2.2.	Cálculos realizados para la caracterización de los bioplásticos de trigo y cebada .	44
3.2.2.1.	<i>Cálculo para el porcentaje de humedad</i>	44
3.2.2.2.	<i>Cálculos del ensayo de solubilidad</i>	44
3.2.2.3.	<i>Resultados obtenidos de los ensayos de humedad y solubilidad de los bioplásticos</i> .	45
3.2.3.	Resultados de la caracterización de las propiedades físico químicas, mecánicas y biodegradables de los bioplásticos de trigo y cebada	45
3.2.3.1.	<i>Resultados de espesor de los bioplástico del trigo y cebada</i>	45
3.2.3.4.	<i>Resultados obtenidos a partir del ensayo de permeabilidad de vapor realizado a los bioplásticos de trigo y cebada</i>	47
3.2.3.5.	<i>Cálculo del ensayo de permeabilidad de vapor</i>	47
3.2.3.6.	<i>Resultados del ensayo de tracción realizados a los bioplásticos de trigo y cebada</i> ..	48
3.4.1.	Resultados del análisis microbiológico de los bioplásticos de trigo y cebada	49
3.4.2.	Ensayo de espectrofotometría infrarroja para el análisis de los bioplásticos de trigo y cebada	50
3.3.	Ensayos de biodegradabilidad de los bioplásticos de trigo y cebada	52
3.3.1.	Resultados de biodegradabilidad de los bioplásticos	52
3.2.2.	Cálculos para el ensayo de biodegradabilidad	52
3.4.	Aplicación de los bioplásticos como envolturas alimenticias	56
3.5.	Discusión	58
3.5.1.	Extracción y caracterización de los almidones obtenidos de trigo y cebada	58
3.5.2.	Obtención del bioplástico y caracterización	59
3.5.2.1.	<i>Obtención del bioplástico</i>	59
3.5.2.2.	<i>Características físico químicas del bioplástico</i>	60
3.5.2.3.	<i>Características mecánicas de los bioplásticos</i>	61
3.5.2.4.	<i>Análisis infrarrojo IR</i>	62
3.5.2.5.	<i>Pruebas de biodegradabilidad de los bioplásticos de trigo y cebada</i>	62
3.6.	Prueba de hipótesis	63
3.6.1.	Hipótesis 1	63
3.6.1.1.	<i>Caracterización de los almidones obtenidos de trigo y cebada</i>	63
3.6.1.2.	<i>Comparación de medias</i>	65
3.6.2.	Hipótesis 2	66

3.6.3.	<i>Hipótesis 3</i>	66
3.6.4.	<i>Hipótesis 4</i>	66
CONCLUSIONES		68
RECOMENDACIONES		69
GLOSARIO		
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Taxonomía del trigo (<i>Triticum</i>).....	9
Tabla 2-2:	Composición Química del trigo y otros cereales.....	11
Tabla 3-2:	Taxonomía de la cebada (<i>Hordeum vulgare</i>	12
Tabla 4-2:	Composición química de la cebada.....	13
Tabla 5-2:	Identificación de Variables.....	17
Tabla 6-2:	Operacionalización de variables.....	18
Tabla 7-2:	Matriz de consistencia.....	19
Tabla 8-2:	Técnicas de extracción del almidón de trigo y cebada.....	23
Tabla 9-2:	Ensayos físicos y químicos para la caracterización de los almidones.....	25
Tabla 10-2:	Tabla de datos obtenidos del diseño factorial 2^k	28
Tabla 11-2:	Concentraciones de variables y constantes.....	28
Tabla 12-2:	Proceso para la obtención del bioplástico.....	29
Tabla 13-2:	Ensayos para la caracterización del bioplástico.....	30
Tabla 1-3:	Resultados de la caracterización física de los granos de trigo y cebada.....	34
Tabla 2-3:	Variables utilizadas para la extracción del almidón.....	35
Tabla 3-3:	Resultados obtenidos del rendimiento del almidón de Trigo.....	36
Tabla 4-3:	Resultados obtenidos del rendimiento del almidón de cebada.....	37
Tabla 5-3:	Cálculo de varianza del rendimiento del almidón de trigo.....	38
Tabla 6-3:	Cálculo de varianza del rendimiento del almidón de cebada.....	38
Tabla 7-3:	Resultados de la caracterización físico química del almidón de trigo.....	39
Tabla 8-3:	Resultados de la caracterización físico química del almidón de cebada.....	39
Tabla 9-3:	Resultados de amilosa y amilopectina de las muestras de trigo y cebada.....	40
Tabla 10-3:	Cantidades de variables utilizadas para la elaboración de los bioplásticos.....	41
Tabla 11-3:	Resultados del análisis sensorial de los bioplásticos de trigo y cebada.....	41
Tabla 12-3:	Características de los bioplásticos de trigo.....	43
Tabla 13-3:	Características de los bioplásticos de cebada.....	43
Tabla 14-3:	Resultados obtenidos de los porcentajes de humedad y solubilidad de los bioplásticos.....	45
Tabla 15-3:	Resultados del ensayo de espesor de los bioplásticos de trigo.....	46
Tabla 16-3:	Resultados del ensayo de espesor de los bioplásticos de cebada.....	46
Tabla 17-3:	Resultados de la permeabilidad de vapor de agua.....	48
Tabla 18-3:	Resultados obtenidos de las propiedades mecánicas del bioplástico de trigo y cebada.....	49
Tabla 19-3:	Resultados de los análisis microbiológicos de los bioplásticos de trigo y cebada.....	49

Tabla 20-3:	Análisis de espectro en muestra de bioplástico de trigo	50
Tabla 21-3:	Análisis de espectro en muestra de bioplástico de cebada	51
Tabla 22-3:	Resultados gráficos de biodegradación los bioplásticos de trigo y cebada	53
Tabla 23-3:	Resultados obtenidos del ensayo de biodegradabilidad para los bioplásticos de trigo	54
Tabla 24-3:	Resultados obtenidos del ensayo de biodegradabilidad para los bioplásticos de cebada	54
Tabla 25-3:	Porcentaje de biodegradabilidad de los bioplásticos de trigo	55
Tabla 26-3:	Porcentaje de biodegradabilidad del bioplástico de cebada	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Trigo.....	9
Figura 2-2:	Cebada	11
Figura 3-2:	Diagrama de flujo de extracción de almidón de trigo por vía seca	24
Figura 4- 2:	Diagrama de flujo de extracción de almidón de cebada por vía seca	24
Figura 1-3:	Bioplástico obtenido de los ensayos preliminares de trigo	43
Figura 2-3:	Bioplástico obtenido de los ensayos preliminares de la cebada.....	44

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Resultados de la evaluación de los atributos sensoriales del bioplástico.	42
Gráfico 2-3:	Espectrofotometría IR del bioplástico de trigo.....	50
Gráfico 3-3:	Prototipo del bioplástico de trigo como envoltura de alimentos	57
Gráfico 4-3:	Prototipo del bioplástico de cebada como envoltura de alimentos.....	57
Gráfico 5-3:	Espesor del bioplástico de trigo y cebada.....	60
Gráfico 6-3:	Humedad de los bioplásticos de trigo y cebada.....	60
Gráfico 7-3:	Solubilidad de los bioplásticos de trigo y cebada.....	61
Gráfico 8-3:	Resultados de ensayos mecánicos	61
Gráfico 9-3:	Resultados de biodegradabilidad del trigo	62
Gráfico 10-3:	Resultados de biodegradabilidad de la cebada	63
Gráfico 11-3:	Representación mediante el análisis ANOVA para rendimiento del trigo	64
Gráfico 12-3:	Representación mediante el análisis ANOVA para rendimiento de cebada.....	64
Gráfico 13-3:	Resultados de análisis t-student.....	65

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** OBTENCION DEL ALMIDON DE TRIGO Y CEBADA
- ANEXO B:** CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMIDONES DE TRIGO Y CEBADA
- ANEXO C:** ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE TRIGO Y CEBADA
- ANEXO D:** PRUEBAS FÍSICO QUÍMICAS DE LOS BIOPLÁSTICOS DE TRIGO Y CEBADA
- ANEXO E:** PREPARACIÓN PARA PRUEBAS MICROBIOLÓGICAS
- ANEXO F:** PRUEBAS MECÁNICAS DE TRACCIÓN
- ANEXO G:** PRUEBA DE AMILOSA
- ANEXO H:** RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS DE TRIGO Y CEBADA
- ANEXO I:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

HR1:	Humedad relativa en el interior de la celda
HR2:	Humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada
n:	Tamaño de muestra
R:	Repetición
RPM:	Revoluciones por minuto
t:	Tiempo
T:	Tratamiento
TP1T:	Tratamiento número de prueba y especificación de materia prima
CA1:	Concentración almidón
CP1:	Cantidad de plastificante
VS:	Volumen de solución
WVP:	Permeabilidad al vapor de agua
IAA:	Índice de Absorción de Agua
ISA:	Índice de Solubilidad en Agua
PH:	Poder de Hinchamiento
UFC:	Unidad Formadora de Colonia
PT:	Promedio Total
E1:	Medida del espesor, réplica número 1
K:	Número de repeticiones del diseño factorial

RESUMEN

El objetivo principal de la investigación fue la obtención de bioplásticos a partir del trigo (*Triticum*) y cebada (*Hordeum vulgare*) para su posterior uso como envolturas biodegradables de alimentos. Para esto se extrajo el almidón por vía seca a través de la molienda de las gramíneas; por ello se realizaron seis tratamientos con cuatro repeticiones, obteniendo el mejor rendimiento para el trigo TRT3 y la cebada TRC6. La caracterización fisicoquímica de la materia prima se realizó con base en la norma INEN 1456 y se procedió a la obtención del bioplástico utilizando el diseño factorial “2k”, con concentraciones de almidón (7,317% y 7,62%), plastificante (7,317% y 6,097%), agua (90ml y 105ml) y con constantes de vinagre, tiempo y temperatura, donde se obtuvo la formación de los bioplásticos con un espesor de 0,195mm. Se realizaron ensayos sensoriales a los bioplásticos obtenidos, determinado que, de los cuatro tratamientos planteados, tres se obtuvieron con éxito y uno falló. Además, en la caracterización fisicoquímica y mecánica del bioplástico, se realizaron ensayos de humedad, dando como resultado que el tratamiento TP3T R2 tiene un porcentaje de 36,3% y para el tratamiento TP2C R1 su porcentaje fue de 40,48%. En cuanto a la solubilidad, para el caso de TP3T R1 fue de 62,29% y TP3C R1 de 58,76%. También se realizó un análisis microbiológico, obteniendo como resultado la ausencia total de microorganismos, lo que permite considerar al bioplástico apto para envolturas de alimentos. En cuanto a las pruebas de biodegradabilidad en el medio aerobio, desde la tercera semana se degradó el bioplástico casi en su totalidad, demostrando que el producto obtenido es biodegradable y compostable por ello es recomendable realizar esta evaluación con base en la norma EN 13432.

Palabras clave: <INGENIERÍA QUÍMICA>, <TRIGO (*Triticum*)>, <CEBADA (*Hordeum vulgare*)>, <BIOPLÁSTICO>, <BIODEGRADACIÓN>, <PROPIEDADES FÍSICAS>, <BIODEGRADABILIDAD>.

LEONARDO
FABIO
MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.08.11 10:24:56 -05'00'



1533-DBRA-UTP-2021

ABSTRACT

The main objective of the research was to obtain bioplastics from wheat (*Triticum*) and barley (*Hordeum vulgare*) for their later use as biodegradable food casings. For this, the starch was extracted by dry means through the grinding of the grasses; therefore, six treatments were carried out with four repetitions, obtaining the best performance for TRT3 wheat and TRC6 barley. The physicochemical characterization of the raw material was carried out based on the INEN 1456 standard and the bioplastic was obtained using the "2k" factorial design, with concentrations of starch (7.317% and 7.62%), plasticizer (7.317% and 6.097%), water (90ml and 105ml) and with vinegar, time and temperature constants, where the formation of bioplastics with a thickness of 0.195mm was obtained. Sensory trials were carried out on the bioplastics obtained, determined that, of the four treatments proposed, three were successfully obtained and one failed. Furthermore, in the physicochemical and mechanical characterization of the bioplastic, humidity tests were carried out; resulting in the TP3T R2 treatment having a percentage of 36.3% and for the TP2C R1 treatment its percentage was 40.48%. Regarding solubility, for the case of TP3T R1 it was 62.29% and TP3C R1 58.76%. A microbiological analysis was also carried out, resulting in the total absence of microorganisms, which makes it possible to consider the bioplastic suitable for food wrappers. Regarding the biodegradability tests in the aerobic environment, from the third week the bioplastic was almost completely degraded, showing that the product obtained is biodegradable and compostable. It is advisable to carry out this evaluation based on the EN 13432 standard.

Keywords: <CHEMICAL ENGINEERING>, <WHEAT (*Triticum*)>, <BARLEY (*Hordeum vulgare*)>, <BIOPLASTIC>, <BIODEGRADATION>, <PHYSICAL PROPERTIES>, <BIODEGRDABILITY>.

INTRODUCCIÓN

La primera aparición de los plásticos se dio en el año de 1909 de mano de Leo Baekeland quien produjo el primer polímero sintético termoestable, denominado en honor a su creador, baquelita. Después de este gran descubrimiento ya para el año de 1930 los científicos fueron desarrollando nuevas formas de síntesis, creando los polímeros modernos que en la actualidad son muy empleados.

En la actualidad el crecimiento de la industria de los plásticos es exorbitante puesto que este material ha llegado a sustituir distintas materias primas tanto a nivel doméstico como industrial, debido a sus excelentes características y bajo costo que posee. A causa de estas cualidades, su consumo ha ido en aumento, así como su forma de ser desechado. Según un estudio realizado por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) cada hora se compra un aproximado de 60 millones de botellas de plástico en todo el mundo y al año se usan 500.000 millones de fundas de un solo uso, provocando así daños y efectos adversos a fuentes hídricas, suelo y al medio ambiente en general.

Muchos países se encuentran buscando alternativas que disminuyan el impacto que este tipo de industria provoca, es por ello que el 16 de marzo del 2019 se realizó la cuarta asamblea medioambiental de la ONU celebrada en Nairobi - Kenia, donde más de 200 países se comprometieron en la reducción del empleo de plásticos de un solo uso para el año 2030. Por tal motivo muchos de estos países propusieron producir plásticos a partir de cultivos agrícolas, debido a que éstos no contienen sustancias químicas que resulten perjudiciales para el medio ambiente, además pueden ser reutilizables en la producción de fertilizantes para las mismas zonas agrícolas. Éstos debido a su origen orgánico representan un costo menor ya que provienen de fuentes renovables y se necesita menor energía para su producción, a diferencia que los obtenidos de derivados de petróleo.

Según una encuesta del Instituto Ecuatoriano de Estadística y Censos (INEC), de 2017, el 78,9% de los hogares utilizan bolsas de plástico desechables, por lo que en la actualidad se maneja una ley de impuesto al uso desmedido de plásticos de un solo uso, vigente a partir de abril del 2020.

Ecuador se encuentra ubicado en una zona apropiada para diferentes cultivos agrícolas ya que posee diferentes pisos climáticos, mismo que sirven para la producción apropiada de una variedad de productos que podrían usarse como materia prima en la producción de bioplásticos. Ciertas zonas del país ofrecen diferentes climas y la zona sierra centro se enfoca en la agricultura tradicional por ello estas locaciones poseen gran diversidad de cultivos andinos, en especial gramíneas como el trigo y la cebada. Es por ello necesario el estudio para el proceso de plastificado de los almidones provenientes de este tipo de gramíneas como producto alternativo para reemplazar el uso del plástico derivado del petróleo. Además, industrialmente se busca

generar diferentes alternativas para nuevas aplicaciones de este producto y de esta manera ayudar al desarrollo económico de pequeños agricultores situados en sectores rurales pertenecientes al cantón Riobamba de la provincia de Chimborazo.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del Problema

En la actualidad se puede apreciar que existe una variación en el clima debido a la contaminación que se ha venido desarrollando; el plástico representa el mayor de los problemas de contaminación ambiental, ya que su tiempo de degradación es mayor a 100 años, y a pesar de diferentes programas y campañas de concientización entorno a reciclaje, no se ven resultados que favorezcan al medio ambiente. Las industrias del plástico derivado de petróleo presentan un crecimiento a nivel mundial; sin embargo, estas empresas son unas de las causantes de los problemas medioambientales con el uso de sus productos, que al desecharse pasan a formar parte de los desechos producidos a nivel mundial (Trabzon, 2010, p.45).

Un artículo publicado en la revista *Science Advances* por el ecologista industrial Roland Geyer, de la Universidad de California en Santa Bárbara, Estados Unidos, y sus colegas, calculó el volumen producido en el todo el mundo. El resultado fue 8.300 millones de toneladas de plástico, de los cuales, 6.300 millones de toneladas de plástico son residuos. El 79% de éstos, al provenir de derivados de petróleo y no ser biodegradable se encuentran como contaminantes en la superficie terrestre, en vertederos, o esparcidos en la naturaleza, permaneciendo durante periodos extensos de años (Avérous, 2017, p.25).

Según la revista digital *Pública Fm*, las Naciones Unidas estiman que 13 millones de toneladas de plástico son vertidas en los océanos cada año, y si no se toman medidas, en 2050 existirán 12 mil millones de toneladas de desechos plásticos repartidos en vertederos y en el océano; por esta razón, una de las primeras acciones para enfrentar esta problemática, en al menos 14 países, fue la prohibición de la utilización de bolsas plásticas. “Bangladesh fue la primera nación en prohibirlas en 2002, seguido por Irlanda, Australia, China, México, Estados Unidos, Inglaterra, Senegal, Francia, Alemania, Kenia, ciertas provincias de Argentina y este año Chile y España” (Pública Fm, 2018. p.35).

En Ecuador, las cifras del Ministerio del Ambiente revelan que hasta el año 2013 se produjeron 4 millones 139 mil toneladas de residuos, de los cuales el 11% fue plástico, que contamina gravemente al país, ya que solo una bolsa de plástico tarda en desaparecer 150 años. Es por eso que se ha promovido la investigación de nuevos biopolímeros obtenidos a partir de recursos naturales que sean biodegradables, como una variante para reducir el impacto ambiental que se viene dando por el uso de plásticos provenientes de derivados de petróleo. Por ello desde diferentes frentes, la empresa privada, la academia y organizaciones no gubernamentales, se

plantean como solución para este problema utilizar materiales biodegradables como almidones, cereales, fibras de caña de azúcar, salvado de trigo, cáñamo y raíces (Kucharek, 2015,p.25).

Por tales motivos es necesario realizar la ejecución del proyecto “OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL TRIGO (*Triticum*) Y CEBADA (*Hordeum vulgare*) PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS” siendo esta una alternativa para sustituir el tipo de plástico mencionado, tomado en cuenta también que ofrece nuevos potenciales para la industria de la agricultura así como la implementación de tecnología existente para su producción, brindando así una solución a futuro para la disminución de emisión de CO₂ a la atmósfera y mejorando la calidad del empaque donde se ven inmersos los alimentos que se consumen en el diario vivir (Biodegradáveis & Amido, 2012, p.26).

1.2. Justificación de la Investigación

Ecuador se encuentra dividido en cuatro regiones naturales como son: Costa, Oriente, Insular y Sierra, siendo esta última productora de cereales como el maíz, trigo, cebada, entre otros; mismos que contienen alto contenido de almidón. El sector agrícola ha sido uno de lo más olvidados por los gobiernos de paso por lo que necesitan de ideas novedosas para una producción que aproveche cada uno de los recursos que el país ofrece. El almidón forma parte de uno de los biopolímeros con más usos dentro de la elaboración del bioplástico que pueden reemplazar a los materiales convencionales derivados del petróleo, debido a que es más accesible, se producen en gran cantidad y se los obtiene de recursos naturales. Además, al ser compostadas pueden producir abono orgánico que sirve para la fertilización de suelos que producirán plantas con contenido de almidón (Biodegradáveis & Amido, 2012, p.28).

La funcionalidad que presentan los bioplásticos en cuanto a su biodegradabilidad y compostabilidad ofrece ventajas tangibles y sustanciales para diferentes sectores de la industria. Uno de los sectores industriales beneficiados es el sector del empaque, con la síntesis de productos biodegradables provenientes de materia primas propias, de bajo costo de ser posible, debido a que la mayor demanda de plásticos procesados se centraría en este sector. Se puede considerar a la industria alimenticia como el mayor consumidor de empaque, seguido por la industria farmacéutica y de cosméticos (García, 2015, p.37). Es por eso, que al sintetizar un bioplástico con características acordes de material para empaque de alimentos, se brindará a la industria del empaque un material con características biodegradables/compostables, con la capacidad de sustituir productos elevadamente contaminantes, como el poliestireno expandido (durapax) y el metacrilato de metilo(bolsa de plástico) (García, 2015, p.38).

El almidón, es un polisacárido utilizado en la naturaleza para el almacenamiento de energía en cereales, legumbres y tubérculos; es uno de los polímeros naturales más económicos y de alta disponibilidad. Además de su uso como ingrediente alimentario, el almidón es adecuado para

una variedad mucho más amplia de usos industriales. Cuando se requiere biodegradabilidad, el almidón puede ser un material alternativo para el reemplazo de muchos productos a base de petróleo (Wang & Yang, 2011, p. 5). Debido a las características mencionadas la materia prima que se utilizará en la investigación son el trigo (*Triticum*) y la cebada (*Hordeum vulgare*), debido a que son productos agrícolas andinos pertenecientes a sectores rurales propios del cantón Riobamba y de la provincia de Chimborazo. Estos cereales tienen gran porcentaje de almidón, pero debido a su estructura es difícil la extracción del producto que se necesita, por lo que se aplicará diferentes métodos de obtención, y de esta manera se establecerá el método más apropiado de extracción que cumpla con los parámetros requeridos bajo la Norma NTE INEN 1456.

El uso de biomasa renovable como la del trigo (*Triticum*) y la cebada (*Hordeum vulgare*), debe entenderse en un ciclo completo de carbono. Este concepto se basa en el desarrollo y la fabricación de productos basados en recursos renovables y biodegradables, y por tal motivo son recolectables y compostables. Debido a estos factores se puede generar abono rico en carbono muy necesario para el suelo, por lo que pueden volver a las tierras de cultivo y reiniciar el ciclo del carbono (Avérous, 2017, p.22). Además, el compostaje es un punto clave creciente para mantener la sostenibilidad del sistema agrícola, al reducir el consumo de fertilizantes químicos y la contaminación ambiental ya que también beneficiará al sector agrícola y así al desarrollo del país.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. General

- Obtener bioplástico a partir del trigo (*Triticum*) y cebada (*Hordeum vulgare*) para utilizarlo como envolturas alimenticias biodegradables.

1.3.2. Específicos

- Caracterizar el almidón extraído del trigo y cebada considerando la Norma NTE INEN 1456 para obtener bioplástico.
- Determinar la calidad del bioplástico del trigo y cebada mediante el análisis de sus propiedades físico-químicas y mecánicas.
- Valorar la biodegradabilidad del bioplástico obtenido en base a la norma EN 13432 con el fin de analizar el tiempo de descomposición y su utilidad como envolturas alimenticias.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

La industria del plástico se ha venido desarrollando desde mediados del siglo XX y desde entonces ha sido evidente que se han producido una gran variación de plásticos sintéticos que poseen buenas características y bajos costos. Desde ese entonces los plásticos han sido utilizados para elaborar desde artículos domésticos, hasta industriales; además que debido a la gran demanda de este material se han generado desechos que provocan una gran problemática ya que representan costos y efectos negativos al ambiente.

Existen algunas investigaciones acerca de la obtención de bioplásticos por diferentes métodos y utilizando diferentes productos como materia prima. Sin embargo, no se presentan investigaciones con la utilización del trigo (*Triticum*) y la cebada (*Hordeum vulgare*). Algunas de estas investigaciones siguen en proceso, por lo cual se tomarán como sustento aquellos estudios en lo que se han obtenido bioplásticos a partir de materia prima relacionada a la presente investigación, los cuales se mencionan a continuación.

“OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ”. Esta investigación plantea un método de obtención (a escala de laboratorio) de un bioplástico a partir de almidón de maíz, que es un recurso natural renovable, mismo que fue analizado mediante pruebas mecánicas y fisicoquímicas para comprobar su resistencia y porcentaje de biodegradabilidad con el fin de demostrar las características y propiedades del bioplástico. Las películas correspondientes a los prototipos No 4 y No 5 que se plantearon presentaron una resistencia Tensil de 0.31 MPa y 0.25 MPa respectivamente. Siendo idóneos ambos prototipos ya que cumplen con la norma establecida dentro de la investigación, comparándose así con otros plásticos comerciales (García, 2015, p.35).

De acuerdo con Chariguamán J. perteneciente a la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano de Honduras en su investigación denominada “CARACTERIZACIÓN DE BIOPLÁSTICO DE ALMIDÓN ELABORADO POR EL MÉTODO DE CASTING REFORZADO CON ALBEDO DE MARACUYÁ (*PASSIFLORA EDULIS SPP*)”; elaboró un bioplástico reforzado con fibra de maracuyá, aplicando el método de casting, evaluando su efecto en las propiedades físicas y su tiempo de degradación, tomando en cuenta que en base a los resultados se determinó que la combinación de 2.83% de harina de albedo de maracuyá, dio una proporción de 50:50 almidón de maíz/yuca y 49.5% de glicerol; optimizando así todas las variables físicas y de barrera del bioplástico. Los resultados de la investigación demostró que la incorporación a la matriz del

bioplástico de la harina de albedo de maracuyá mejora las propiedades mecánicas, sin embargo empeoraron las propiedades de barrera (Chariguamán & Agr, 2015, p.16).

En la investigación realizada por Narváez M. en la OPTIMIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE BIOPLÁSTICOS SINTETIZADOS A PARTIR DE ALMIDÓN, se realizó un diseño de experimentación con quince variables donde se alternaron las cantidades de glicerol y el pH, realizando cinco repeticiones por cada experimento. Y de acuerdo a los resultados obtenidos se determinó que para producir la biopelícula sólida se usó la cantidad de 4gr de almidón y 1 ml de glicerina. La temperatura de gelatinización fue de 70°C y el tiempo de agitación de 15 min. De acuerdo al estudio realizado en cuanto al tiempo de secado en probeta es de 4 días, en el cual se presenta una pérdida de humedad de un 70% (Narváez, 2016, p.26-28). La investigación denominada ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta crantz*), planteó como objetivo principal la elaboración de biopelículas a partir del almidón de mandioca o yuca a escala de laboratorio, las cuales tuvieran propiedades muy similares a las de los films procedentes de polietileno. En el capítulo III se detalló el procedimiento experimental, donde explica la metodología para la elaboración de las biopelículas, así como los procedimientos para realizar pruebas de caracterización. Los resultados reportan que las mejores biopelículas de almidón/plastificante son aquellas con una relación de almidón: plastificante entre 1:0.5 a 1:0.625 y la mejor relación (A: P) de las biopelículas de almidón/caseína/plastificante fue de entre 1:0.625 a 1:0.75. en este capítulo también se comprobó que el glicerol es un buen plastificante para ser usado con el almidón de yuca, porque brinda brillo, transparencia y flexibilidad a las biopelículas (Buensuceso, 2010, p.59). Según la revisión realizada por Wang, Yang y Wang sobre las PROPIEDADES DE LAS MEZCLAS DE ALMIDÓN CON POLÍMEROS BIODEGRADABLES se ha resumido la literatura sobre las propiedades de diversas mezclas de almidón y poliésteres alifáticos. Las tasas biodegradables de las mezclas se pueden controlar en cierta medida dependiendo de las constituciones de las mezclas, y las propiedades mecánicas de las mezclas son similares a las de los plásticos tradicionales como el polietileno y el poliestireno. Los biopolímeros procedentes de una base de almidón han mostrado ser de buena calidad para reemplazar los polímeros no degradables, especialmente para los plásticos similares al estireno. Los productos a base de almidón hechos de almidón termoplástico en combinación con poliésteres alifáticos ya están disponibles a nivel industrial (Wang & Yang, 2011, p.19).

2.2. Marco Conceptual o Glosario

2.2.1. Almidón

El almidón es uno de los carbohidratos más importantes, ya que desempeña la labor de proveer energía, pues contiene elementos necesarios para una buena nutrición y alimentación para el ser humano. Además de su función alimenticia, su composición le permite tener un sin número aplicaciones en la industria y en el negocio alimentario. Es el constituyente elemental de algunos alimentos y se encuentra tanto en tubérculos como la papa, y en raíces como la yuca, camote, entre otros, en un porcentaje de 73.7 a 84.9 del peso en base seca. Del mismo modo se encuentra en trigo, centeno, cebada, maíz, avena, arroz. Es una de las macromoléculas naturales más importantes y de abundancia en la naturaleza (Buensuceso, 2010, p.34). Debido a que el almidón es un recurso renovable y con mucha disponibilidad, tiene bastantes y variados usos. En la actualidad por el incremento en el precio de almidones tradicionales como el de maíz, han sido consideradas otras fuentes económicas como yuca, camote y plátano. “En general, los almidones se identifican por sus características microscópicas, y la diferenciación entre la mayoría de los gránulos de almidón es relativamente fácil” (Buensuceso, 2010, p.35).

2.2.2. Amilopeptina

Se encuentra constituida por cadenas de glucosa enlazadas a través de enlaces α (1,4) glucosídicos. Contrarias a la de la amilosa, dentro de la amilopeptina a cada 15 o 30 unidades existe una ramificación α (1,6). Las ramificaciones presentes hacen que la amilopeptina tenga menor capacidad de solubilidad en el agua que la amilosa. Los enlaces se presentan dentro del el carbono 1 de la glucosa y el carbono 6 dentro de la cadena, las cadenas de la amilopeptina son muy ramificadas a diferencia que las que forman el carbohidrato de reserva animal y el glucógeno (Carballo, Aranda, & Escamilla, 2019, p.26).

2.2.3. Gramíneas

2.2.3.1. Trigo (*Triticum*)



Figura 1-2: Trigo

Fuente: (Baypix, 2021, p.25).

El Trigo (*Triticum*) es uno de los productos agrícolas considerado esencial y básico como fuente alimenticia a nivel mundial con un contenido proteico de albúminas del 12%, prolaminas 40% y residuo de gluteinas 40%. El trigo en conjunto con el maíz y el arroz es uno de los cereales con mayor índice de cultivo ya que mueve un activo mercado a nivel mundial, por lo que de acuerdo a la gran demanda de los mismos su cultivo es objeto de estudio, y los investigadores agrícolas se ven en la necesidad de desarrollar programas de mejora en variedades (Rampton, 2016, p.38).

En el Ecuador, el consumo a nivel nacional de trigo sobrepasa los 450.000 Tm/año, dando un consumo per cápita sobresaliendo a 30 kg/año. El país importa desde el extranjero el 98% de la materia prima de trigo mientras que solo un 2% es producido en nuestro país (Banco Central del Ecuador, 2016), lo que ha dado como resultado a una dependencia de las importaciones para abastecer el consumo interno (B. & T. Y, 2018, p.46).

2.2.3.2. Clasificación taxonómica

Tabla 1-2: Taxonomía del trigo (*Triticum*)

1	Reino	<i>Plantae</i>
2	Subreino	<i>Spermatophyta</i>
3	División	<i>Magnoliophyta</i>
4	Clase	<i>Liliopsida</i>
5	Orden	<i>Cyperales</i>
6	Familia	<i>Poaceae</i>
7	Género	<i>Triticum</i>
8	Especie	<i>Triticum aestivum</i>

Fuente: (JUÍNA, 2014, p.38).

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

2.2.3.3. Sistema Radicular

En algunas plantas, en especial en las monocotiledóneas, la raíz primaria no se vuelve en la principal dentro de la planta, sino que deja de desarrollarse y las funciones de sostén y absorción se llevan a cabo por numerosas raíces adventicias que se forman en la base del tallo. Debido a este proceso se conoce como sistema radical fibroso o fasciculado particular del trigo (*Triticum*) y otras gramíneas. El trigo presenta entonces raíces agrupadas en pequeños haces, las primeras son embrionales y provienen de la germinación, su función es ser parte de las primeras fases del desarrollo de la planta. “El sistema de raíces secundarias, permanentes brotan en primera instancia del nudo del tallo a partir del ahijamiento y forman el sistema radicular permanente, estas raíces forman un sistema radicular fasciculado, su desarrollo depende de las condiciones en que se encuentre el suelo” (Carrera, 2005, p.45).

2.2.3.4. Tallo

Al comienzo de la fase vegetativa, el tallo se halla dentro de una masa celular que constituye el nudo de ahijamiento, este tallo presenta brotes axilares, de los que se originan los tallos hijos. El tallo se alarga durante el encañado y lleva 7 u 8 hojas envainadoras a lo largo de la longitud de un entrenudo. En casi todas las variedades, el tallo que es al principio macizo se vuelve después hueco, salvo en los nudos donde permanece macizo (Guerrero, 1999, p.28).

2.2.3.5. Hojas

Se implantan en los nudos del tallo con filotaxia (disposición que presentan las hojas en el tallo) dística en dos filas alternas. Constan de vaina y limbo y prácticamente no tienen pecíolo. Es el órgano de la planta donde se realiza fotosíntesis con mayor intensidad debido a la gran cantidad de cloroplastos en el tejido parenquimático. El limbo de la hoja tiene forma de lámina triangular alargada paralelinervia y borde entero liso y la vaina es abrazadora respecto del tallo o caña (Carrera, 2005, p.45).

2.2.3.6. Inflorescencia

La inflorescencia es una espiga que está constituida por un eje llamado raquis, lleva insertas las espiguillas alternativamente a derecha e izquierda. Estas espiguillas están unidas directamente al raquis. Su número puede llegar hasta 25 y se recubren unas a otras. El trigo es una planta autógama, es decir que la fecundación de la flor tiene lugar antes de su apertura. Cuando las anteras aparecen al exterior, ya la flor está fecundada, por lo que cada variedad de trigo

conserva sus características agronómicas y hereditarias de forma notablemente constante (Guerrero, 1999, p.28).

2.2.3.7. Composición química

Tabla 2-2: Composición Química del trigo y otros cereales

Cereales	Proteína	Grasa	Materiales minerales	Fibra bruta	Carbohidratos solubles
Trigo	12,5	2,2	1,9	2,8	78,6
Cebada	11,8	1,8	3,1	5,3	78,1
Cereal	11,6	5,2	2,9	10,4	69,8
Triticale	14,0	1,7	2,0	2,6	78,7
Maíz	10,0	4,5	2,0	3,5	80,0
Sorgo	12,4	3,6	1,7	2,7	79,7
Arroz (descascarado)	11,0	2,7	1,8	1,2	83,2
Arroz(blanco)	9,8	0,5	0,6	0,3	88,9
Centeno	13,4	1,8	2,1	2,6	80,1

Fuente:(Moreno, Irene; Ramírez, 2001, p.47).

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

2.2.4. Cebada (*Hordeum vulgare*)



Figura 2-2: Cebada

Fuente:(Carrasco, 2019, p.35).

La cebada (*Hordeum vulgare*) es un cereal de gran importancia en la alimentación del campesino de la Sierra Sur y Centro, por su contenido proteico del (13%) barato y de fácil asimilación (Enzimas & Por, 2019, p.11-14). En el Ecuador un 90% del total de la superficie se cultivan cebadas de grano cubierto, las mismas que tienen altos contenidos de fitatos; éstos son

sustancias químicas presentes en los cereales y leguminosas (S. M. de B. Y & Bioingeniería, 2012, p.13). En el Ecuador la cebada se ha adaptado a zonas altas de la Sierra, áreas marginales para el maíz por presentar temperaturas bajas y suelos bajos en nutrientes (Catalan, 2018, p.25). En estas zonas, la cebada es la principal fuente de carbohidratos especialmente para poblaciones indígenas, así mismo el 70 % de los agricultores siembran cebada en superficies inferiores a una hectárea, y es utilizado principalmente para el autoconsumo (Agronómica & Montenegro, S Cajamarca, 2015, p.36).

2.2.4.1. Clasificación taxonómica

Tabla 3-2: Taxonomía de la cebada (*Hordeum vulgare*)

1	Reino	<i>Plantae</i>
2	Subreino	<i>Tracheobionta</i>
3	División	<i>Magnoliophyta</i>
4	Clase	<i>Liliopsida</i>
5	Orden	<i>Cyperales</i>
6	Familia	<i>Poaceae</i>
7	Género	<i>Hordeum</i>
8	Especie	<i>Hordeum vulgare</i>

Fuente:(Polo & Israel, 2015, p.32).

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

2.2.4.2. Raíz

La cebada en cuanto a su sistema de raíces contiene dos tipos, seminales y adventicias. La profundidad del alcance de las raíces depende netamente de la condición, textura y estructura del suelo, así como de la temperatura. Las raíces seminales se forman por el crecimiento de la radícula y de las yemas adventicias adyacentes, siendo su principal función el anclaje de la planta y la obtención de nutrientes que precisa la planta joven en el período comprendido entre la germinación y la formación de la corona. Estas raíces seminales desaparecen en la planta adulta porque dejan de cumplir su función. Las raíces adventicias, se desarrollan en la base del tallo y son numerosas, siendo más grandes y ramificadas que las raíces seminales. Los dos tipos de raíces se encuentran cubiertas de pelos absorbentes (JUIÑA, 2014, p.18).

2.2.4.3. Tallos

El tallo de la cebada tiene una estructura típica de las gramíneas (Rasmusson, 1985, p. 27), y contiene una corona principal, misma que tiene el potencial de producir macollos secundarios. El número y longitud de macollos por planta está influenciado por la densidad de siembra, el genotipo y los factores ambientales. El tallo es una estructura cilíndrica con entrenudos huecos, separados por entrenudos sólidos o articulaciones transversales con septos. En la planta hay entre seis y siete entrenudos, observándose hasta 10 u 11 entrenudos. El entrenudo basal es el más corto, mientras que el diámetro de los entrenudos disminuye hacia la parte superior de la planta. El pedúnculo es la última parte del tallo entre el entrenudo y el collar que marca la transición hacia el raquis en la espiga (JUIÑA, 2014, p.18).

2.2.4.4. Hojas

Las hojas de la cebada son lineales con un ancho de 5 -15 mm, ubicándose alternadamente en el tallo. La hoja presenta en su estructura: envoltura, lámina, aurículas y lígula. La vaina rodea completamente el tallo. La lígula y aurículas distinguen la cebada de otros cereales y son muy útiles para la identificación ya que son lisas, envuelven al tallo y pueden ser pigmentados con antocianinas (Rasmusson; Gómez-Macpherson 2008, p.22).

2.2.4.5. Inflorescencia

La inflorescencia de la cebada se conoce como la cabeza. Las unidades de floración, las espiguillas, se unen directamente al eje central, o raquis, que es la extensión del tallo que soporta la espiga. Existen tres espiguillas en cada nudo de la espiga, llamados trillizos, alternados en lados opuestos de la espiga. Cada espiguilla se compone de dos glumas, que son brácteas vacías y un florete que incluye la lema, la palea, y los componentes reproductivos cerrados (JUIÑA, 2014, p.20).

2.2.4.6. Composición química

Tabla 4-2: Composición química de la cebada

Principios inmediatos	%
Agua	13,00
Hidratos de carbono	76,00
Celulosa	1,20

Grasas	1,10
Proteínas	7,50
Cenizas	1,20
Sales minerales	%
Potasio	0,36
Sodio	0,02
Calcio	0,04
Fosforo	0,39
Magnesio	0,12
Hierro	0,04
Azufre	0,09
Cloro	0,12
Manganeso	$1,6 \times 10^{-3}$
Cobre	$7,0 \times 10^{-4}$
Zinc	$2,4 \times 10^{-3}$
Yodo	$1,0 \times 10^{-6}$

FUENTE:(BAÑOS, 2010, p.52).

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

2.2.5. Biopolímero

Los biopolímeros son macromoléculas presentes en los seres vivos. Una definición de los mismos los considera materiales poliméricos o macromoleculares sintetizados por los seres vivos. También, a raíz de nuevas disciplinas médicas como la ingeniería de tejidos, como biopolímeros también se incluyen materiales sintéticos con la particularidad de ser biocompatibles con el ser vivo (normalmente con el ser humano) (García, 2015, p.31).

De entre los biopolímeros referidos a la primera clasificación, existen tres principales familias: proteínas, polisacáridos y ácidos nucleicos, aunque también otros más singulares como los politerpenos; entre los que se incluye el caucho natural, los polifenoles (como la lignina) o algunos poliésteres como los polihidroxicanoatos producidos por algunas bacterias (García, 2015, p.32).

2.2.6. Bioplástico

Los bioplásticos suponen una importante innovación para la industria química y del plástico. Estos nuevos tipos de plásticos basados en recursos renovables y/o biodegradables están generando un creciente interés tanto en la sociedad en general como en la industria de los

plásticos así como en sector agrícola ya que en éste el uso más generalizado de bioplásticos supondría una salida de sus productos hacia mercados diferentes del sector agroalimentario, ampliándose en consecuencia sus oportunidades de negocio (Kucharek, 2015, p.24).

2.2.7. Plastificante

El plastificante es una sustancia normalmente líquida y de viscosidad mayor a la del agua que se adiciona a la mezcla con el fin de mejorar la flexibilidad del material mediante la reducción de las fuerzas intermoleculares (Trabzon, 2010, p.15).

2.2.8. Películas biodegradables

Son películas flexibles que pueden ser preparadas de macromoléculas biológicas capaces de formar una matriz continua (Luchese & Frick, 2015, p.24). Los materiales biodegradables son aquellos que pueden ser degradados por la acción enzimática de organismos vivos tales como bacterias, levaduras y hongos (Buensuceso, 2010, p.25). Materias primas como proteínas, carbohidratos y lípidos han sido utilizados para elaborar envases biodegradables y para este tipo de material no hay necesidad de utilizar el proceso de reciclado o de incineración. De acuerdo con García y colaboradores, las ventajas de usar biopelículas son: aumentar la vida de anaquel del producto, frenando la migración de gases y transporte del soluto y permitir la conservación de las características organolépticas, nutricionales y mecánicas del producto, además de su textura (Buensuceso, 2010, p.25).

2.2.9. Biopelículas de almidón

El almidón produce biopelículas con buenas propiedades mecánicas y los recubrimientos a base de almidón son eficientes barreras contra compuestos de baja polaridad (Jamróz et al., 2020, p.45). La aplicación de almidón en la confección de biopelículas se basa en las propiedades químicas, físicas y funcionales de la amilosa para formar geles y en su capacidad para formar biopelículas (Luo et al., 2015, p.25). Las biopelículas basadas en almidón reducen el uso de recursos no renovables y el impacto ambiental asociado con el incremento de emisiones de CO₂ y de otros productos. Estas mismas han sido desarrolladas y estudiadas, debido a las amplias ventajas de costo y disponibilidad de la materia prima (Bioplásticos, 2012, p.35).

En la actualidad los almidones han sido aplicados solos o como parte de un compuesto para la elaboración de biopelículas, con la intención de usar estas como una vía de mejora (Luchese & Frick, 2015, p.30). El uso de almidón es viable porque es comestible y tiene amplias facilidades de modificación química, física o genética (Chariguamán & Agr, 2015, p.23). El almidón es un material

apropiado para la formación de biopelículas y proporciona una buena barrera a la permeación de oxígeno y dióxido de carbono, pero no para el vapor de agua.

2.2.10. Empaque

Protege el contenido y facilita la manipulación del producto. Dentro del establecimiento comercial, el tipo de embalaje puede ser útil a la hora de vender la mercancía gracias a su diseño gráfico, estructural y la envoltura que protege sostiene y conserva la mercancía que se encuentra en contacto directo con el producto (Navia & Villada, 2013, p.32).

2.3. Planteamiento de las Hipótesis

2.3.1. Hipótesis General

- El almidón de trigo y cebada permite la formación de películas biodegradables para ser utilizado como material de envoltura biodegradable de alimentos.

2.3.2. Hipótesis Específicas

- El almidón extraído del trigo y cebada cumple con los requisitos de la norma NTE INEN 1456 para la elaboración del bioplástico.
- El bioplástico elaborado a partir del almidón del trigo y cebada tiene adecuadas propiedades físico-químicas y mecánicas.
- El bioplástico obtenido se degrada en menor tiempo que los plásticos convencionales y son una alternativa ecológica en la industria de alimentos.

2.4. Identificación de Variables

Tabla 5-2: Identificación de Variables

N°	Proceso	Variables independientes	Variables dependientes
1	Extracción del almidón	Peso de materia Prima	Volumen de agua destilada Concentración de reactivos
2	Secado	Bioplástico formado	Humedad Solubilidad Rendimiento de vapor
3	Tamizado	Rendimiento	Contenido de amilasa Rendimiento de secado pH Solubilidad Ceniza Humedad Temperatura de gelatinización Densidad Aparente
4	Obtención de Bioplástico	Aditivos de formulación	Tiempo de secado Concentración de reactivos Solubilidad Resistencia
5	Análisis del bioplástico	Biodegradación	Tiempo Peso

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

2.5. Operacionalización de Variables

Tabla 6-2: Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADOR	RANGO	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN
Tiempo	Tiempo de secado del bioplástico en la estufa.	Horas (h)	23-24	Cronómetro
	Tiempo de obtención del almidón de trigo y cebada.	Horas(h)	8-10	Cronometro
Bioplástico formado	Humedad	Porcentaje %	1-6	Shaker
	Solubilidad	Porcentaje %		Cronometro
	Transmisión de vapor	Horas (h)		Balanza
	Permeabilidad de vapor	Horas (h)	1-6	Cronometro
		Masa (kg)		Balanza
Rendimiento	Ph	Concentración de H^+	0-14	pHmetro
	Solubilidad	Porcentaje %	< 25	Balanza
	Ceniza	Porcentaje %		Balanza
	Densidad aparente	Kg /m^3		Balanza
	Humedad	Porcentaje %		Máquina
	Elongación			Universal de ensayos - WAW 600B.
Peso de materia prima	Volumen que ocupa el tamo de cada una de las materias.	kg/ cm^2		Balanza
	Contenido de amilosa	Porcentaje %		Balanza
	Absorción de humedad.	Porcentaje %		Centrifuga

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

2.6. Matriz de Consistencia

Tabla 7-2: Matriz de consistencia

TEMA: “OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL TRIGO (<i>Triticum</i>) Y CEBADA (<i>Hordeum vulgare</i>) PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS”				
PROBLEMA GENERAL		OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	
¿Se podrá obtener bioplástico a partir de del trigo (<i>Triticum</i>) y cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) con características similares a un plástico convencional?		Obtener bioplástico a partir del trigo (<i>Triticum</i>) y cebada (<i>Hordeum vulgare</i>) para utilizarlo como envolturas alimenticias biodegradables.	El almidón de trigo y cebada permite la formación de películas biodegradables para ser utilizado como material de envoltura biodegradable de alimentos.	
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Variables	Técnicas

¿Mediante qué normativa se caracterizará el almidón obtenido?	1. Caracterizar el almidón extraído del trigo y cebada considerando la Norma NTE INEN 1456 MÉTODOS DE ENSAYO	1. El almidón extraído del trigo y cebada cumple con los requisitos de la norma NTE INEN 1456 para la evaluación de un almidón.	— Rendimiento % — pH — Solubilidad — Densidad (kg/m ³)	— Calculo de % de ceniza, humedad y materia seca. — Extracción de almidón por vía seca.
¿Cómo se determinará la calidad del bioplástico obtenido?	2. Determinar la calidad del bioplástico del trigo y cebada mediante el análisis de sus propiedades físico-químicas y mecánicas.	2. El bioplástico elaborado a partir del almidón del trigo y cebada tiene adecuadas propiedades físico-químicas y mecánicas.	— Permeabilidad de vapor — Transmisión de vapor	— Variación de la composición. — Calculo de % de humedad, solubilidad.
¿Cómo se determinará la biodegradabilidad del bioplástico obtenido?	3. Valorar la biodegradabilidad del bioplástico obtenido en base a la norma EN 13432 con el fin de analizar el tiempo de descomposición y su utilidad como envolturas alimenticias.	3. El bioplástico obtenido se degrada en menor tiempo que los plásticos convencionales y son una alternativa ecológica en la industria de alimentos.	— Tiempo (horas) — Peso(g) — Composición (%)	— Cálculo del rendimiento del proceso. — Evaluar el porcentaje de biodegradabilidad

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

2.7. Tipo y Diseño de Investigación

La investigación es de tipo cuantitativa ya que en base a un método constituido por la recopilación y exploración de información se obtuvo datos para la investigación. Este proceso se realizó con el uso de herramientas estadísticas y matemáticas con el propósito de cuantificar el problema de investigación. , por lo tanto los resultados obtenidos se evaluaron bajo la base del diseño factorial 2^k , debido a que se presentaron diferentes factores en la elaboración del bioplástico, determinando así ciertas características que se encuentran relacionadas con la formulación. En función a esto, se evidenció las diferentes reacciones al cambio de temperatura, pH y tiempo de obtención; de acuerdo a estos datos se evaluaron las hipótesis planteadas.

2.8. Unidad de Análisis

En la investigación se analizó el trigo (*Triticum*) y la cebada (*Hordeum vulgare*), mismos que han sido tratados para extraer el almidón, necesario para la obtención del bioplástico. Para un correcto análisis se planteó el diseño factorial 2^k con el cual se elaboró cuatro tratamientos con la variación de cada uno de sus componentes obteniendo cuatro láminas de bioplásticos por cada tratamiento. De los cuatro procedimientos el último no formó la lámina biodegradable pues los resultados demostraron que no se desarrolló con la formulación planteada para ese tratamiento. A través de la evaluación con enfoque metodológico se seleccionó la lámina más idónea de cada tratamiento para ser avalada mediante pruebas mecánicas de tracción en base a la Norma NTE INEN 2635-2012: Método de Ensayo para las Propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas. Posteriormente al bioplástico se le realizaron pruebas de biodegradabilidad por medio de métodos físicos en base a investigaciones con relación al tema.

2.9. Población de Estudio

Esta investigación tuvo como base la utilización de una especie de trigo y una de cebada que posteriormente fueron empleadas para la extracción del almidón. Para el trigo se utilizó la variedad (*Triticum*) y para la cebada (*Hordeum vulgare*) que son endémicas de los sectores rurales productores de trigo y cebada que residen en la comunidad de Tzalaron, perteneciente a la parroquia Punín, del Cantón Riobamba, de la provincia de Chimborazo.

Para la extracción se trabajó con una muestra de 8 kg de trigo y 8 kg de cebada; en ambos casos la materia prima se realizó de grano seco, por lo tanto, la extracción se lo fue por vía seca.

2.10. Tamaño de Muestra

El método que se utilizó para obtener el almidón de trigo (*Triticum*) y cebada (*Hordeum vulgare*) fue por vía seca, a partir de una cantidad de 4,5 Kg de cada una de las materias primas, se extrajeron 1,90 Kg para el Trigo y 1,10Kg en el caso de la cebada mismo que fueron determinados a través de la fórmula de rendimiento. El muestreo llevado a cabo para la investigación correspondió al muestreo probabilístico aleatorio simple puesto que cada muestra tuvo la oportunidad de ser seleccionada.

El análisis de la hipótesis planteada se realizó en base a la evaluación estadística ANOVA de los rendimientos obtenidos del almidón de trigo y cebada.

2.11. Selección de Muestra

La muestra estudiada presentó las especificaciones necesarias para el proceso de extracción, es decir que se utilizó granos de trigo y cebada apropiados para realizar los diferentes procesos de obtención de almidón. Las principales características que se consideraron para la selección de la materia prima fueron las siguientes:

- Madurez
- Uniformidad del color
- Bajo contenido de humedad
- Grano grueso
- Libre de cascara (salvado)

Una vez realizado el proceso de limpieza de la materia prima y seleccionado se obtuvo una cantidad de 4,5 Kg aptos para la extracción de almidón.

En la extracción de materia prima se presentó variación de las condiciones de operación como son temperatura, humedad y cantidad de almidón dentro del grano. Como se mencionó, se planteó el diseño factorial 2^k donde 2 = (tiempo y revoluciones por minuto); k = Número de repeticiones. De esta manera se efectuaron 24 pruebas con 6 tratamientos, lo que permitió conocer las formulaciones con mayor eficiencia para la obtención de materia prima.

2.12. Técnicas de Recolección de Datos

2.12.1. Extracción de almidones de trigo (*Triticum*) y de cebada (*Hordeum vulgare*)

Tabla 8-2: Técnicas de extracción del almidón de trigo y cebada

MÉTODO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	ENSAYO
Vía seca	<ul style="list-style-type: none"> — Molino de mano — Recipiente de 50L — Estufa — Torre de tamices — Guantes aislantes — Balanza — Cronómetro 	<ul style="list-style-type: none"> — Agua — Trigo — Cebada — Agua destilada 	<p>Maceración</p> <ul style="list-style-type: none"> — Pesar 100g de trigo y 100g de cebada — Mezclar cada uno con 500ml de agua destilada — Colocar en una estufa a una temperatura de 60°C por 40min <p>Molienda</p> <ul style="list-style-type: none"> — Sacar de la estufa y enfriar — Filtrar y moler — Pesar los sólidos y medir el volumen del líquido desechado. <p>Filtración de la suspensión</p> <ul style="list-style-type: none"> — Retirar el agua residual con una pipeta — Lavar el almidón con 100ml de agua destilada a 40°C. <p>Secado</p> <ul style="list-style-type: none"> — Colocar el almidón en una placa de vidrio a una temperatura de 60°C por 24h — Moler la muestra con un mortero y pistilo para reducir hasta una granulometría de 106 µm. Finalmente almacenar en recipientes herméticos y mantener a una temperatura de 20°C. 	<p>(Antonieta & Mendoza, 2019, pp.4-5.)</p> <p>(Rodríguez, Aguilar, & Morfa, 2015, p.91)</p>

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

En las figuras 3-2 y 4-2 se detallan los procesos de recepción del trigo y la cebada, así como la eliminación de las impurezas que dentro de ellas se presentan.

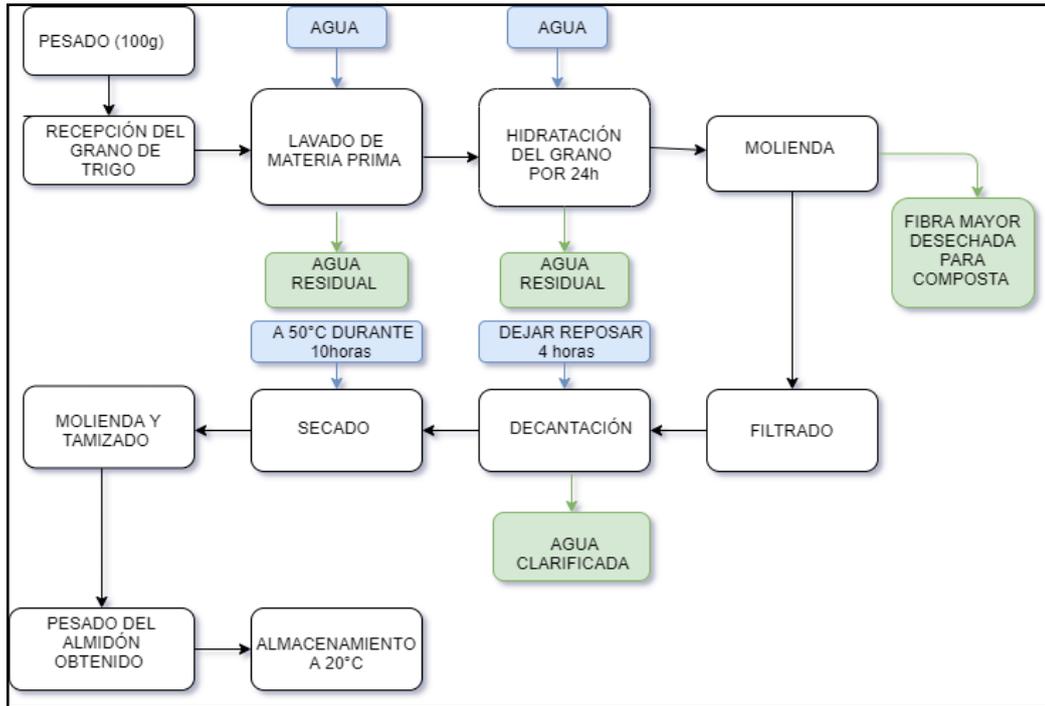


Figura 3-2: Diagrama de flujo de extracción de almidón de trigo por vía seca
Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

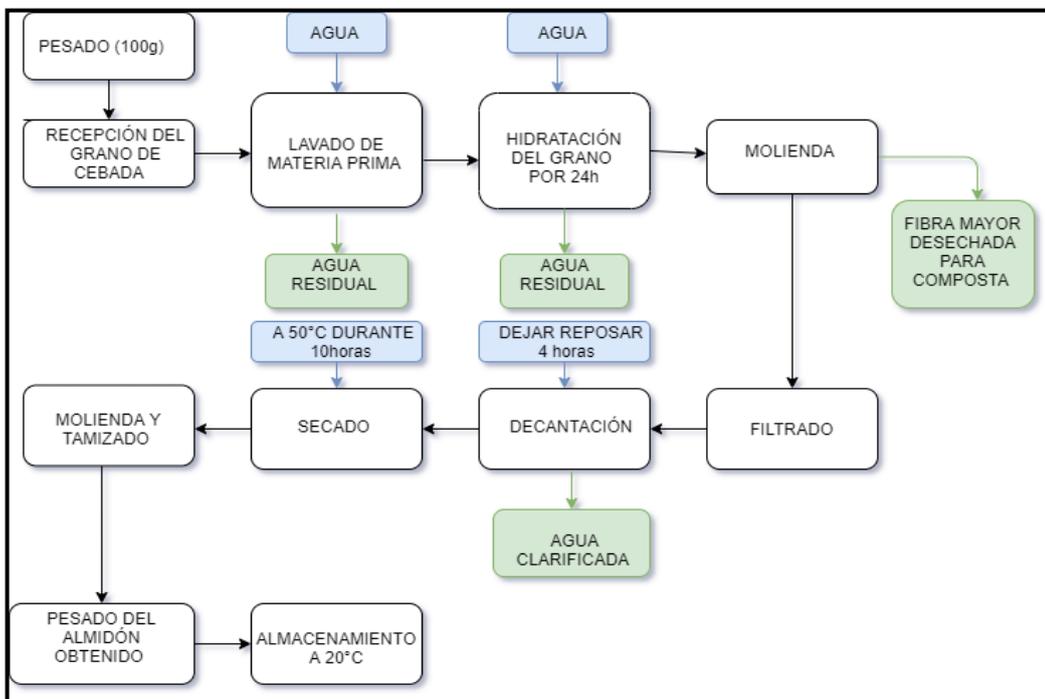


Figura 4-2: Diagrama de flujo de extracción de almidón de cebada por vía seca
Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

2.12.1.2. Caracterización físico química de los almidones extraídos

Tabla 9-2: Ensayos físicos y químicos para la caracterización de los almidones.

N°	ANÁLISIS	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	FÓRMULA PARA EL CALCULO	MÉTODO DE ENSAYO
1	Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> — Balanza analítica — Vasos de precipitación de 25ml y 200ml — Varilla de vidrio — Probeta graduada de 100ml 	<ul style="list-style-type: none"> — Agua destilada — Almidón de cebada — Almidón de trigo 	<ul style="list-style-type: none"> — En un vaso de precipitación de 25ml pesar 2g de muestra, añadir 5ml de agua fría y agitar. — Transferir totalmente la suspensión sobre 100ml de agua hirviendo contenida en un vaso de precipitación de 200ml. 	Medición cualitativa	INEN 1456
2	pH	<ul style="list-style-type: none"> — pH-metro normalizado a 25°C — Vaso de 50ml con tapa — Tubos de centrifuga — Papel filtro — Shaker 	<ul style="list-style-type: none"> — Agua destilada — Almidón de trigo — Almidón de cebada 	<ul style="list-style-type: none"> — Incorporar 5gr de almidón a un vaso de 50ml con tapa, añadir 25ml de agua destilada y cerrar. — Introducir al Shaker por 30min. — Sumergir los electrodos en una solución tampón pH 7,0 y ajustar el control a 25°C. — Lavar los electrodos con agua destilada y secar con papel suave. 	Medición directa	INEN 1456
3	Sensibilidad	<ul style="list-style-type: none"> — Balanza analítica — Vasos de precipitación de 50ml y 250ml — Reverbero y malla — Varilla de vidrio — Termómetro 	<ul style="list-style-type: none"> — Agua destilada — Almidón de trigo — Almidón de cebada — Yoduro de potasio — Solución de yodo 0,1N — Solución de tiosulfato de sodio 0,1N 	<ul style="list-style-type: none"> — En un vaso de 50ml añadir 25ml de agua destilada más 1g de muestra y agitar. — Transferir totalmente la suspensión en un vaso de precipitación con 200ml que contiene agua y se encuentra a una temperatura de 80°C. — Enfriar y añadir 5ml de esta solución a 100ml de agua, 	Medición directa	INEN 1456

				conteniendo 50mg de yoduro de potasio. Añadir 0,005ml de solución de yodo 0,1N.		
4	Residuo por calcinación	<ul style="list-style-type: none"> — Crisoles — Balanza analítica — Mufla — Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> — Almidón de trigo — Almidón de cebada 	<ul style="list-style-type: none"> — Pesar 1g de almidón en un crisol de porcelana previamente tarado. — Colocar el crisol con la muestra en la mufla a 550°C durante tres horas y media, enfriar el crisol y las cenizas en un desecador. — Pesar el crisol que contiene la ceniza y calcular la cantidad de este producto. — Expresar el resultado como porcentaje de cenizas totales. 	$\% \text{Cenizas} = \frac{P_3 - P_1}{P_2 - P_1} \times 100$ <p>Ecuación 1-2: Porcentaje de ceniza Dónde: P_1 = Peso inicial (g) P_2 = Peso del crisol más la muestra (g) P_3 = Peso final (g)</p>	INEN 1456
5	Temperatura de gelatinización	<ul style="list-style-type: none"> — Balanza analítica — Vaso de precipitación de 600ml, 250ml — Reverbero — Termómetro — Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> — Almidón de trigo — Almidón de cebada — Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> — Pesar 10 g de almidón y colocar agua destilada, disolver y completar hasta 100mL. — Tomar 50mL de esta suspensión y colocarlo a baño maría a una temperatura de 85°C. — Agitar constantemente hasta que se forme una pasta. 	Medición directa	(BOLETÍN DE SERVICIOS AGRÍCOLAS DE LA FAO -, 2007)
6	Viscosidad Brookfield	<ul style="list-style-type: none"> — Vaso de precipitación — Varilla de agitación de vidrio — Reverbero — Viscosímetro Brookfield — Termómetro 	<ul style="list-style-type: none"> — Almidón de trigo — Almidón de cebada — Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> — Pesar 25g de almidón y disolver en agua destilada hasta completar 500ml. — Pesar 10 g de almidón y colocar agua destilada, disolver y completar hasta 100mL. — Tomar 50mL de esta suspensión y colocarlo a baño maría a una temperatura de 85°C. — Agitar constantemente hasta que 	Medición directa	(BOLETÍN DE SERVICIOS AGRÍCOLAS DE LA FAO -, 2007)

				<p>se forme una pasta.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Leer directamente la temperatura de gelatinización del termómetro. 		
7	Densidad Aparente	<ul style="list-style-type: none"> — Balanza analítica — Probeta graduada de 50ml — Embudo — Espátula doble 	<ul style="list-style-type: none"> — Almidón de trigo — Almidón de cebada 	<p>Densidad aparente del almidón suelto</p> <ul style="list-style-type: none"> — Pesar la probeta vacía. — Adicionar cuidadosamente con una espátula 25g de almidón dentro de la probeta de modo que el volumen total se complete libremente. <p>Densidad aparente del almidón empacado</p> <ul style="list-style-type: none"> — Sostener la probeta con la muestra de almidón, sellar la parte superior con la mano y agitar sobre una superficie suave hasta compactar y que el volumen ocupado sea mínimo — Realizar la compactación durante cinco minutos de manera que ya no exista variación en su volumen. — Medir el volumen de muestra empacada. 	Medición Directa	(BOLETÍN DE SERVICIOS AGRÍCOLA S DE LA FAO -, 2007)

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

2.13. Método de obtención de bioplástico

2.13.1. Diseño factorial 2^k

La concentración de almidón de Trigo y Cebada se determinó mediante el análisis factorial 2^k , donde 2 = (Concentración almidón y plastificante); k = Número de repeticiones; dando así un diseño $2^k = (2 \times 2) * 4 = 16$ pruebas, con 4 tratamientos. Además, se realizó una tabla para los resultados, concentraciones de almidón y plastificante (glicerina) que se aplicaron para la obtención del bioplástico, esto se muestran en la tabla 10-2.

Tabla 10-2: Tabla de datos obtenidos del diseño factorial 2^k para la obtención del bioplástico

No.	TRATAMIENTOS	VARIABLES	REPETICIONES
1	(TP1)	CA1 : VS1	R1
2	(TP1C)		R2
3			R3
4			R4
5	(TP2T)	CA1 : VS2	R1
6	(TP2C)		R2
7			R3
8			R4
9	(TP3T)	CA2 : VS1	R1
10	(TP3C)		R2
11			R3
12			R4
13	(TP4T)	CA2 : VS2	R1
14	(TP4C)		R2
15			R3
16			R4

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

En la tabla 11-2 se describen las variables y las constantes obtenidas mediante el diseño factorial 2^k para la elaboración de los bioplásticos

Tabla 11-2: Concentraciones de variables y constantes para la elaboración de bioplástico

Muestra	Variables		Constantes			
	Almidón	Glicerina	Vinagre	Agua	Tiempo(h)	Temperatura(°C)
Cebada	8,53%	6,09%	12,19%	73,17%	24	50
Trigo	7,31%	7,31%	12,19%	73,17%	24	50

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Tabla 12-2: Proceso para la obtención del bioplástico

MÉTODO	MATERIALES Y EQUIPOS	REACTIVOS	PROCEDIMIENTO	MÉTODO DE ENSAYO
Obtención del bioplástico	<ul style="list-style-type: none"> — Estufa — Reverbero y malla — Varilla de agitación — Termómetro — Vasos de precipitación de 250ml — Probetas de 50 y 10ml — Balanza analítica — Espátula — Moldes de vidrio — Cajas Petri 	<ul style="list-style-type: none"> — Agua destilada — Glicerol — $C_3H_8O_3$ — Ácido acético — CH_3COOH — Almidón de trigo — Almidón de cebada 	<ul style="list-style-type: none"> — En un vaso de precipitación de 250ml preparar una solución de agua destilada y almidón de acuerdo a las concentraciones de la tabla 11-2. — Colocar un vaso de precipitación de 500ml sobre el reverbero protegido con una malla metálica. — Colocar la solución preparada en el vaso de precipitación de 250ml a 85°C. — Agitar la solución que se encuentra en baño maría de manera constante hasta alcanzar la temperatura de gelatinización. — Agregar el plastificante (glicerol) y el conservante (ácido acético), y agitar hasta homogenizar la mezcla. Dejar enfriar. — Verter la mezcla en la caja Petri de vidrio, colocar la muestra a 50°C por 24h hasta obtener las propiedades cualitativas deseadas. 	(Rodríguez et al., 2015)

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

2.13.2. Caracterización del bioplástico

Tabla 13-2: Ensayos para la caracterización del bioplástico

N°	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Fórmula para el cálculo	Método de ensayo
1	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> — Balanza analítica — Estufa — Crisol — Cúter — Calibrador 	Bioplástico de trigo y cebada	<ul style="list-style-type: none"> — Anotar el peso inicial de las muestras — Colocar en la estufa a 105°C durante 24 horas, tomar los pesos finales (reservar estas muestras). — Realizar dos ensayos por cada muestra. 	$\% \text{Humedad} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100$ <p>Ecuación 2-2: Porcentaje de Humedad</p> <p>Donde:</p> <p>P_1 = Peso inicial de bioplástico (g)</p> <p>P_2 = Peso final seco de bioplástico (g)</p>	(Escobar, etc, 2009)
2	Solubilidad en agua	<ul style="list-style-type: none"> — Vaso con tapa de 100ml — Probeta 50ml — Papel filtro — Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> — Agua destilada — Bioplásticos para ensayo 	<ul style="list-style-type: none"> — Colocar las biopelículas secas en 80 ml de agua desionizada con una agitación de 100 rpm durante una hora. — Filtrar la solución y colocar en la estufa a 40 °C hasta que esté seca. — Anotar el peso de la muestra seca. — Luego a 105 °C secar hasta que tenga 	$\% \text{Solubilidad} = \frac{P_2 - P_1}{P_1} * 100$ <p>Ecuación 3-2: Porcentaje de solubilidad</p> <p>Donde:</p> <p>P_1 = Peso inicial seco de la película (g)</p> <p>P_2 = Peso final seco de la</p>	(Escobar, D.etc 2009)

				un peso constante. Realizar ensayos por duplicado de cada tipo de biopelícula.	película (g)	
3	Transmisión de vapor de agua	<ul style="list-style-type: none"> — Balanza analítica — Tubos de ensayo — Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> — Agua destilada — Sílice — Bioplásticos de ensayo 	<ul style="list-style-type: none"> — Emplear el método desecante, el cual utiliza sílice gel previamente activada a 200°C por 24 horas. — Llenar los tubos de ensayo de 10cm de altura y 16mm de diámetro, dejando este espacio libre para mezclar delicadamente la sílice gel durante cada pesado. Las películas se cortan en cuadrados de 2.5 cm² para cada muestra, luego se colocan en la boca del tubo de ensayo sellándolos herméticamente y añadiendo un pedazo de cinta scotch. — Colocar o guardar en una gradilla. — Una vez sellados los tubos, pesar y colocar en un desecador equilibrado con un ambiente de una HR 60 - 65% que se obtendrá colocando una solución saturada de Cloruro de sodio (NaCl) a una temperatura de 26 - 	<p>película (g)</p> $WVTR = \frac{Q}{A}$ <p>Ecuación 4-2: Grado de transmisión de vapor expresada en (g/h*m³)</p> <p>Donde:</p> <p>Q= Peso ganado del desecante(g)</p> <p>WVTR = Tasa de transmisión de vapor de agua</p> <p>t= Tiempo de prueba (h)</p> <p>A= Área de las muestras de ensayo (m²)</p> <p>Ecuación 5-2: Transmisión de vapor de agua</p> $WVP = \frac{WVTR * e \Delta p}{\Delta p}$ <p>=s'(HR₂-HR₁)</p> <p>Donde:</p>	ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico.

				<p>29°C.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Esperar 1 hora hasta que las muestras lleguen al equilibrio. — Luego pesar cada tubo con las muestras estabilizadas en un lapso de 1 hora, durante 6 horas consecutivas. 	<p>WVP = Permeabilidad al vapor de agua en $(g \cdot h^{-1} \cdot m^{-1} \cdot MPa^{-1})$.</p> <p>WVTR = Pendiente de la curva (g/h) sobre el área expuesta de la lámina $(g/h \cdot m)$.</p> <p>s' = Presión de vapor de agua a la temperatura del ensayo (MPa) T = 20°C.</p> <p>HR2 = Humedad relativa de la cámara con solución de cloruro de sodio saturada (HR2 = 75%).</p> <p>HR1 = Humedad relativa en el interior de la celda (HR1 = 0%).</p>	
4	Ensayo de tracción	Equipo universal de pruebas de tracción	Bioplástico de trigo y cebada	<ul style="list-style-type: none"> — El ensayo consiste en deformar la probeta a lo largo de su eje mayor, a velocidad constante aplicando una fuerza determinada hasta que la probeta se rompa o hasta que la carga o el alargamiento alcancen un valor 	Prueba realizada en el laboratorio Len Mav	(INEN, 2012)

				previamente elegido. (INEN,2012. p.3)		
5	Biodegradabilidad	Balanza analítica	Bioplástico de ensayo	<p>— Valorar la biodegradabilidad por el método gravimétrico, considerando un tiempo de exposición de 30 días y evaluar la pérdida de peso cada 7 días en condiciones aeróbicas. Tomar varias muestras de dimensiones 2,5 cm x 2,5 cm.</p> <p>— Enterrar los bioplásticos en condiciones aerobias (2 cm de profundidad).</p>	<p>Forma de cálculo</p> <p>%Pérdida de peso</p> $= \frac{P_1 - P_2}{P_1} * 100$ <p>Ecuación 6-2: Porcentaje de biodegradabilidad</p> <p>Donde:</p> <p>P_1 = Peso inicial seco</p> <p>P_2 = Peso final seco</p>	EN 13432 Requisitos de los envases y embalajes valorizables mediante compostaje y biodegradación
6	Microbiológicos	Equipo rayos gamma	Bioplástico de trigo Bioplástico de cebada	— Tomar una muestra con un peso aproximado a 2g en base a la normativa de la FAO.	Prueba realizada en el Laboratorio de SAQMIC.	(BOLETÍN DE SERVICIOS AGRÍCOLAS DE LA FAO - , 2007)

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Datos obtenidos de los ensayos físicos químicos de la materia prima

3.1.1. Caracterización física de las semillas de trigo y cebada

En la caracterización de la materia prima para la obtención del almidón del trigo y cebada se evaluó las propiedades físicas de las semillas, con la finalidad de obtener un almidón de calidad. Para la determinación se pesaron 5gr de cada materia prima para obtener los datos de longitud y diámetro de los granos; resultados que se presentan en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Resultados de la caracterización física de los granos de trigo y cebada

N° muestra	Trigo		Cebada	
	Longitud (mm)	Diámetro (mm)	Longitud (mm)	Diámetro (mm)
1	6,20	1,80	6,90	2,01
2	6,20	1,90	6,95	2,02
3	6,20	1.10	6,93	2,02

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.1.2. Resultados obtenidos del rendimiento de los almidones de trigo y cebada

De acuerdo al análisis estadístico de varianza ANOVA y aplicando el diseño factorial 2^k se realizó el uso de variables como se determina en la Tabla 2-3 donde RPM son las revoluciones por minuto que se dieron en distintos tiempos puesto que el proceso de extracción del almidón se llevó acabo con un molino de mano. Así también, en base a este diseño se establecieron 24 análisis en función de los 6 tratamientos determinados, como se muestra en las Tablas 3-3 y Tabla 3-4 respectivamente.

Los tratamientos más favorecedores en el caso del trigo fueron el TP1T, TP3T y TP5T de los cuales se realizaron los bioplásticos y para la cebada se pudo observar una mayor efectividad para los tratamientos TP3C, TP5C y TP6C respectivamente, mismos que se encuentran reflejados en las tablas a continuación.

Tabla 2-3: Variables utilizadas para la extracción del almidón

Variabales	Condición 1	Condición 2	Condición 3
RPM (Revoluciones por minuto)	35	50	60
Tiempo (min)	10	15	20

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

El porcentaje de rendimiento de los almidones de trigo y cebada se calcularon en base a la siguiente formula:

$$\%R = \frac{\text{Peso del almidón obtenido}}{\text{Peso inicial de la muestra}} \times 100$$

Tabla 3-3: Resultados obtenidos del rendimiento del almidón de Trigo

No. MUESTRA	TRATAMIENTOS	VARIABLES	ALMIDÓN DE TRIGO (g)			VOLUMEN AGUA (ml)	TIEMPO DE REPOSO (h)	TEMPERATURA DE SECADO (°C)	TIEMPO SECADO (h)	RENDIMIENTO (%)	PROMEDIO DE RENDIMIENTO (%)
			R	TRIGO CANTIDAD (g)	CANTIDAD DE ALMIDÓN(g)						
1	TP1T	RPM1 : 10	R1	100	42,342	1000	8	60	24	42,342	42,41
2			R2		42,321					42,321	
3			R3		42,432					42,432	
4			R4		42,543					42,543	
5	TP2T	RPM2 : 15	R1		40,678					40,678	40,86
6			R2		40,876					40,876	
7			R3		40,654					40,654	
8			R4		41,231					41,231	
9	TP3T	RPM3 : 20	R1		43,123					43,123	43,17
10			R2		42,789					42,789	
11			R3		43,543					43,543	
12			R4		43,234					43,234	
13	TP4T	RPM1 : 10	R1		41,456					41,456	41,94
14			R2		41,876					41,876	
15			R3		41,765					41,765	
16			R4		42,654					42,654	
17	TP5T	RPM2 : 15	R1		41,543					41,543	42,58
18			R2		42,657					42,657	
19			R3		43,564					43,564	
20			R4		42,543					42,543	
21	TP6T	RPM 3: 20	R1		40,776					40,776	41,07
22			R2		40,765					40,765	
23			R3		40,876					40,876	
24			R4		41,876					41,876	

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Tabla 3-3: Resultados obtenidos del rendimiento del almidón de cebada

No. MUESTRA	TRATAMIENTOS	VARIABLES	R	VOLUMEN AGUA (mL)	ALMIDÓN DE CEBADA (g)		TIEMPO DE REPOSO (h)	TEMPERATURA DE SECADO (°C)	TIEMPO SECADO (h)	RENDIMIENTO (%)	PROMEDIO DE RENDIMIENTO (%)
					CEBADA CANTIDAD D(g)	CANTIDAD DE ALMIDÓN(g)					
1	TP1C	RPM1 :10	R1	1000	100	22,342	8	60	24	22,342	22,41
2			R2			22,321				22,321	
3			R3			22,432				22,432	
4			R4			22,543				22,543	
5	TP2C	RPM2 :15	R1			20,678				20,678	20,86
6			R2			20,876				20,876	
7			R3			20,654				20,654	
8			R4			21,231				21,231	
9	TP3C	RPM3 :20	R1			23,123				23,123	23,17
10			R2			22,789				22,789	
11			R3			23,543				23,543	
12			R4			23,234				23,234	
13	TP4C	RPM1 :10	R1			21,456				21,456	21,94
14			R2			21,876				21,876	
15			R3			21,765				21,765	
16			R4			22,654				22,654	
17	TP5C	RPM2 :15	R1			21,543				21,543	22,58
18			R2			22,657				22,657	
19			R3			23,564				23,564	
20			R4			22,543				22,543	
21	TP6C	RPM 3:20	R1			24,776				24,776	23,57
22			R2			23,765				23,765	
23			R3			20,876				20,876	
24			R4			24,876				24,876	

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.1.3. Análisis estadístico del rendimiento de los almidones de trigo y cebada

Para el cálculo de la varianza se utilizó el programa Statgraphics Centurion XVI, realizando un análisis ANOVA MULTIFACTORIAL debido a las diferentes variables que intervienen en los procesos de la investigación. Resultados que se observan en las tablas 5-3 y 6-3.

Tabla 4-3: Cálculo de varianza del rendimiento del almidón de trigo

Análisis de Varianza para RENDIMIENTO % - Suma de Cuadrados Tipo III					
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	15.478	5	3.09567	12.90	0.0000
RESIDUOS	4.32	18	0.24		
TOTAL (CORREGIDO)	19.7983	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Tabla 5-3: Cálculo de varianza del rendimiento del almidón de cebada

Análisis de Varianza para RENDIMIENTO % - Suma de Cuadrados Tipo III					
<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
EFFECTOS PRINCIPALES					
A:TRATAMIENTOS	18.145	5	3.629	4.69	0.0064
RESIDUOS	13.92	18	0.773333		
TOTAL (CORREGIDO)	32.065	23			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.1.4 Caracterización físico química de los almidones de trigo y cebada

Los ensayos físico químicos que se realizaron al almidón de yuca, fueron considerados como referencia para los almidones de trigo y cebada como se puede observar en las **tablas 7-3 y 8-3**. Los valores de la caracterización se evaluaron con el rango estándar de la Normativa de la (FAO, 2007, p.113) y la Norma 1456 (INEN, 2012).

Tabla 6-3: Resultados obtenidos de la caracterización físico química del almidón de trigo

N°	Parámetros físico químicos del almidón de Trigo			
	Parámetro físico químico	Norma	Rango estándar	Resultado obtenido
1	Humedad (%)	(Owolabi, B/ Olayinka, 2014)	10,0-13,0	10,23
2	Ceniza (%)	(INEN, 2012)	< 0,40	0,22
3	Contenido de Materia seca (%)	(FAO, 2007)	87-90	89,77
4	Solubilidad	(INEN, 2012)	Presencia de opalescencia	Leve
5	Densidad Aparente (g/ml)	(Owolabi, B/ Olayinka, 2014)	1,51-1,67	1,55
6	Densidad Empacada (g/ml)	(Owolabi, B/ Olayinka, 2014)	1,34-156	1,29
7	Tamaño de granulo (% de malla 100)	(FAO, 2007)	99	79,50
8	Temperatura de gelatinización (°C)	(INEN, 2012)	58,5-70,0	69,60
9	pH	(INEN, 2012)	5,0 -7,0	5,48

Fuente: (FAO, 2007; INEN, 2012).

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Tabla 7-3: Resultados obtenidos de la caracterización físico química del almidón de cebada

N°	Parámetros físico químicos del almidón de Cebada			
	Parámetro físico químico	Norma técnica	Rango estándar	Resultado obtenido
1	Humedad (%)	(Owolabi, B/ Olayinka, 2014)	10,0-13,0	11,83
2	Ceniza (%)	(INEN, 2012)	<0,40	0,19
3	Contenido de materia seca (%)	(FAO, 2007)	87-90	88,17
4	Solubilidad	(INEN, 2012)	Presencia de opalescencia	Leve
5	Densidad Aparente (g/ml)	(Owolabi, B/ Olayinka, 2014)	1,51-1,67	1,53
6	Densidad Empacada (g/ml)	(Owolabi, B/	1,34-1,56	1,43

		Olayinka, 2014)		
7	Tamaño de granulo (% de malla 100)	(FAO, 2007)	99	77
8	Temperatura de gelatinización (°C)	(INEN, 2012)	58,5-70,0	69,97
9	pH	(INEN, 2012)	5,0 -7,0	5,51

Fuente: (FAO, 2007; INEN, 2012).

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.1.5 Contenido de amilosa y amilopectina en los almidones de Trigo y Cebada

Para determinar el contenido de amilopectina se realizó el cálculo de la diferencia del 100% de la amilosa obtenida, tomando como referencia un estudio realizado por (Toledo, 2008, p.56). Como se muestra a continuación, en la tabla 9-3. En el caso del trigo, supera el porcentaje de contenido de amilosa mientras que el contenido de amilopectina se encuentra bajo los límites de referencia establecidos.

Tabla 9-3: Resultados de amilosa y amilopectina de las muestras de trigo y cebada

N°	Prueba	Metodo de referencia	Limite de referencia	Almidon de trigo	Almidon de cebada	Institucion
1	Amilosa	Metodo colorimétrico de Morrison & Laignelet. 1983,p-26	(17 - 25)%	44,97%	24,23%	INIAP
2	Amilopectina	Metodo colorimetrico de Morrison & Laignelet. 1983,p-26	(75-83)%	55,03%	75,77%	INIAP

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.2. Caracterización físico química y mecánica de los bioplásticos de trigo y cebada

Para la elaboración de las láminas de bioplástico se utilizaron cantidades determinadas de cada uno de los componentes, como se muestra a continuación en la tabla 10-3; en ésta se observa que para la obtención de bioplásticos de cebada se utilizó una mayor cantidad de almidón en comparación con los resultados obtenidos del trigo, pues en este último, el contenido de amilosa es mayor.

Tabla 10-3: Cantidades de variables utilizadas para la elaboración de los bioplásticos

Muestra	Variables			Constantes		
	Almidón (g)	Glicerina (ml)	Agua (ml)	Ácido acético (ml)	Tiempo (h)	Temperatura (°C)
Trigo	9,0	9,0	90,0	15,0	24,0	50,0
Cebada	10,5	6,0	105,0	15,0	24,0	50,0

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.2.1. Análisis físico químico y mecánico de los bioplásticos de trigo y cebada

3.2.1.1. Evaluación del análisis sensorial de los bioplásticos de trigo y cebada

El análisis sensorial permite establecer el mejor método para la obtención de un material con características de calidad, en base a los parámetros organolépticos, el cual permite evaluar a los bioplásticos; este análisis busca seleccionar la formulación más apropiada que permita conseguir un bioplástico con características similares de los plásticos derivados del petróleo. Por la misma razón se consideró medir los atributos organolépticos importantes y en ellos está el aspecto, la textura, la flexibilidad y la resistencia (Tubón, 2013, p.35).

En la tabla 11-3 se puede apreciar los resultados del análisis sensorial de los bioplásticos, realizado mediante un esquema de puntuación estructurado con una calificación de 1 - 5, por lo que, el de menor puntuación es inaceptable y a mayor puntuación es aceptable; esto considerando los parámetros organolépticos a través del tacto y la vista. (Guamán, 2019 p.32).

Tabla 11-3: Resultados del análisis sensorial de los bioplásticos de trigo y cebada

Formulación	Parámetros			
	Aspecto	Textura	Flexibilidad	Resistencia
Trigo				
T1T	Traslucido	Lisa	Flexible	Fuerte
T2T	Traslucido	Lisa	Flexible	Fuerte
T3T	Traslucido	Lisa	Flexible	Fuerte
T4T	Traslucido	Áspera	Poco Flexible	Débil
Cebada				
T1C	Traslucido	Lisa	Flexible	Fuerte
T2C	Traslucido	Lisa	Flexible	Fuerte
T3C	Traslucido	Lisa	Flexible	Fuerte
T4C	Traslucido	Áspera	Poco Flexible	Débil

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Puntuaciones:

T, L, F, Fu= 5

O, A, PF, D=1

En la evaluación individual de cada tratamiento se tomó en cuenta los aspectos que se presentan en la tabla 12-3 tanto en el caso del trigo como de la cebada. Los tres primeros tratamientos presentaron características organolépticas favorables obteniendo una puntuación de 20 y en ambos casos el T4 no se encontró bajo las características apropiadas.

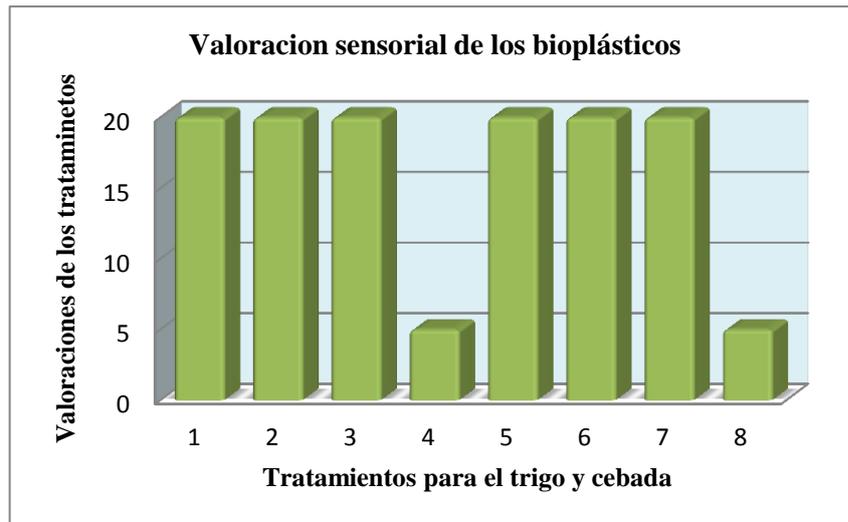


Gráfico 1-3: Resultados de la evaluación de los atributos sensoriales.

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.2.1.2. Características de los bioplásticos obtenidos

Una vez establecidas las concentraciones planteadas bajo el diseño factorial 2^k se prepararon las soluciones para ser vertidas en las cajas como se menciona en el método de casting, pero en el caso del cuarto tratamiento tanto en el trigo como en la cebada no formaron el bioplástico de características apropiadas, debido a que este resultó quebradizo. Los T1, T2, T3 en ambos casos formaron bioplásticos, y todos presentaban uniformidad junto con adecuada transparencia como propiedad de estos materiales.

Tabla 12-3: Características de los bioplásticos de trigo

Tratamientos	Almidón (%)	Glicerina (%)	Formación de bioplástico	Facilidad de moldeo	Transparencia	Observaciones
T1	7,317	7,317	SI	SI	SI	Transparente
T2	7,692	7,128	SI	SI	SI	Transparente
T3	7,228	8,433	SI	SI	SI	Transparente
T4	5,042	5,042	SI	SI	Media	Bioplástico quebradizo

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

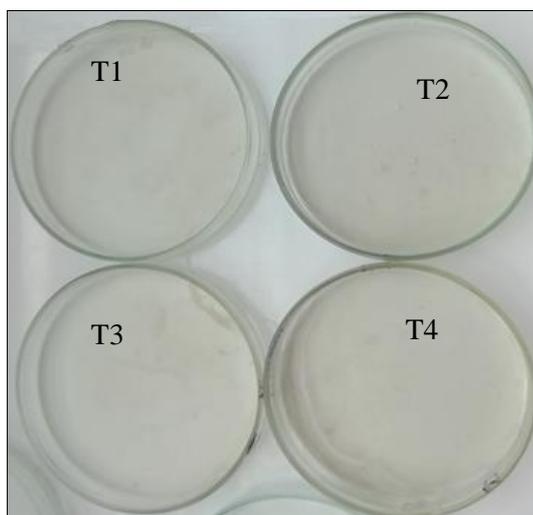


Figura 1-3: Bioplástico obtenido de los ensayos preliminares de trigo

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Tabla 13-3: Características de los bioplásticos de cebada

Tratamientos	Almidón (%)	Glicerina (%)	Formación de bioplástico	Facilidad de moldeo	Transparencia	Observaciones
T1	7,692	6,395	SI	SI	SI	Transparente
T2	7,621	6,097	SI	SI	SI	Transparente
T3	7,228	5,433	SI	SI	SI	Transparente
T4	8,235	7,058	NO	SI	Media	El bioplástico se quebró

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

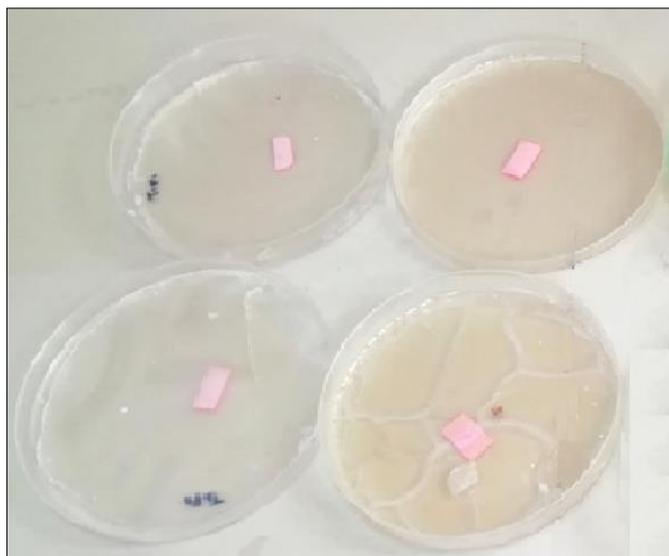


Figura 2-3: Bioplástico obtenido de los ensayos preliminares de la cebada
 Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.2.2. Cálculos realizados para la caracterización de los bioplásticos de trigo y cebada

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis sensorial de los bioplásticos de trigo y cebada se eligió las láminas biodegradables con mejores características para efectuar la caracterización física química y mecánica a través de diferentes ensayos, mismos que se presentan a continuación.

3.2.2.1. Cálculo para el porcentaje de humedad

Para determinar el valor del porcentaje de humedad se realizaron pruebas por duplicado, obteniendo de esa manera un promedio por cada tratamiento; a continuación, se ejemplifica el cálculo T1 del trigo, a partir de la ecuación 6-2.

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

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(42,560-38.9768)\text{g}}{38,9768\text{g}} * 100$$

$$\% \text{ Humedad} = 34,33\%$$

3.2.2.2. Cálculos del ensayo de solubilidad

Para determinar el cálculo de la solubilidad se realizaron pruebas por duplicado que dieron como resultado un promedio por cada tratamiento como se muestra a continuación; cálculo T1 del trigo, a partir de la ecuación 7-2.

$$\% \text{ Solubilidad R1} = \frac{(\text{Peso inicial del bioplástico} - \text{Peso final del bioplástico})}{\text{Peso inicial del bioplástico}} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad R1} = \frac{(0,737 - 0,337) \text{g}}{0,737 \text{g}} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad R1} = 54,27\%$$

3.2.2.3. Resultados obtenidos de los ensayos de humedad y solubilidad de los bioplásticos

La tabla 14-3 muestra los resultados de los porcentajes de humedad y solubilidad que presentaron los bioplásticos de trigo y cebada, considerando que los valores se encuentran dentro de los rangos de referencia.

Tabla 14-3: Resultados de los porcentajes de humedad y solubilidad de los bioplásticos

Resultados de los análisis físico-químicos del bioplástico		
Trigo		
	Limite estándar	Resultados obtenidos
Humedad (%)	(Sun et al., 2017) 25,95 - 42,71	33,37 - 35,10
Solubilidad (%)	(Guamán, 2019) 40 -65	54,52 - 60,94
Cebada		
	Limite estándar	Resultados obtenidos
Humedad (%)	(Sun et al., 2017) 25,95 - 42,71	34,8 - 38,63
Solubilidad (%)	(Guamán, 2019) 40-65	44,05 - 50,77

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021)

3.2.3. Resultados de la caracterización de las propiedades físico químicas, mecánicas y biodegradables de los bioplásticos de trigo y cebada

3.2.3.1 Resultados de espesor de los bioplástico del trigo y cebada

Para la evaluación del espesor se tomó en cuenta la norma INEN 2542, la misma que permite un máximo de 0,2 mm. Siendo este parámetro una de las propiedades consideradas para determinar la aplicación de las láminas biodegradables.

Tabla 15-3: Resultados del ensayo de espesor de los bioplásticos de trigo

No.	Tratamientos	Repeticiones	Espesor (mm)	Promedio (mm)	Límites de referencia
1	(TP1T) Tratamiento 1 de trigo	R1	0,198	0,199	(INEN, 2010)
2		R2	0,201		
3		R3	0,199		
4		R4	0,198		
5	(TP2T) Tratamiento 2 de trigo	R1	0,194	0,197	(Escobar et al., 2009)
6		R2	0,197		
7		R3	0,198		
8		R4	0,199		
9	(TP3T) Tratamiento 3 de trigo	R1	0,189	0,193	(Escobar et al., 2009)
10		R2	0,196		
11		R3	0,199		
12		R4	0,189		
13	(TP4T) Tratamiento 2 de trigo	R1	0,201	0,203	(INEN, 2010)
14		R2	0,203		
15		R3	0,202		
16		R4	0,204		

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Tabla 16-3: Resultados del ensayo de espesor de los bioplásticos de cebada

No.	Tratamientos	Repeticiones	Espesor (mm)	Promedio (mm)	Límites de referencia
1	(TP1C) Tratamiento 1 de Cebada	R1	0,165	0,167	(Escobar et al., 2009)
2		R2	0,168		
3		R3	0,167		
4		R4	0,168		
5	(TP2C) Tratamiento 2 de Cebada	R1	0,164	0,163	(Escobar et al., 2009)
6		R2	0,165		
7		R3	0,162		
8		R4	0,162		
9	(TP3C) Tratamiento 3 de Cebada	R1	0,165	0,166	(Escobar et al., 2009)
10		R2	0,166		
11		R3	0,164		
12		R4	0,167		
13	(TP4C) Tratamiento 2 de Cebada	R1	0,169	0,169	(Escobar et al., 2009)
14		R2	0,168		
15		R3	0,169		
16		R4	0,170		

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.2.3.4. *Resultados obtenidos a partir del ensayo de permeabilidad de vapor realizado a los bioplásticos de trigo y cebada*

Este ensayo se hizo en condiciones de humedad de 60 % y 22 °C por un periodo de 6 horas con mediciones periódicas de cada hora; para cada tratamiento se realizó por duplicado tanto para el bioplástico de trigo como el bioplástico de la cebada.

3.2.3.5. *Cálculo del ensayo de permeabilidad de vapor*

Para este ensayo se recortaron 2 muestras de bioplástico para cada tratamiento del tamaño que se encuentra descrito dentro de los procedimientos, como referencia se toma en cuenta el cálculo de TP1T, a partir de la ecuación 8-2 y 9-2.

$$WVTR = \frac{Q}{A \cdot t}$$

$$WVTR = \frac{(26,089-26,086)g/1h}{0,20062m^2}$$

$$WVTR = 0,0169 \frac{g}{h \times m^2}$$

$$WVTR = \frac{WVTR \times e}{\Delta p}$$

$$\times \Delta p = 0,0023392 (75-0)\%$$

$$\times \Delta p = 0,175425MPa$$

$$WVTR = \frac{0,0169 g/h \times m^2 \times 0,000199m}{0,175425MPa}$$

$$WVTR = 1,9225E-05 g/h \cdot m^{-1} \cdot MPa$$

El valor del vapor es proporcionado por la Tabla A-4; Agua saturada. Tabla de temperaturas página 914.

Tabla 17-3: Resultados de la permeabilidad de vapor de agua

Permeabilidad de vapor (g*h-1*m-1*Mpa-1)							
Tiempo (horas)	TP1(g)		TP2(g)		TP3(g)		TP4(g)
	TRIGO	CEBADA	TRIGO	CEBADA	TRIGO	CEBADA	TRIGO CEBADA
1	1,92E-05	9,51E-06	1,57E-05	1,39E-05	1,48E-05	1,13E-05	No formó Bioplástico
	9,05E-06	2,85E-06	1,46E-05	1,34E-05	1,65E-05	1,37E-05	
2	3,62E-05	9,51E-06	3,26E-05	1,39E-05	1,48E-05	2,55E-05	
	1,47E-05	1,24E-05	2,58E-05	2,73E-05	2,74E-05	2,78E-05	
3	4,75E-05	2,38E-05	3,26E-05	2,31E-05	3,13E-05	2,55E-05	
	3,17E-05	2,66E-05	3,14E-05	2,73E-05	2,74E-05	2,78E-05	
4	5,88E-05	2,38E-05	4,38E-05	3,24E-05	4,23E-05	3,96E-05	
	4,86E-05	2,66E-05	3,14E-05	4,12E-05	3,84E-05	3,73E-05	
5	7,01E-05	3,80E-05	1,68E-05	4,17E-05	5,33E-05	5,38E-05	
	5,43E-05	4,09E-05	5,39E-05	5,05E-05	5,49E-05	4,67E-05	
6	8,14E-05	5,23E-05	7,75E-05	5,56E-05	5,33E-05	5,85E-05	
	5,43E-05	5,51E-05	7,07E-05	5,05E-05	5,49E-05	6,09E-05	

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.2.3.6. Resultados del ensayo de tracción realizados a los bioplásticos de trigo y cebada

Para la evaluación de los bioplásticos de trigo y cebada se realizó el ensayo de tracción en base a la Norma NTE INEN 2635. Se escogió las 3 mejores probetas de cada formulación para la realización de este ensayo. En la tabla 18-3 se presentan los resultados obtenidos del módulo de elasticidad, (Trujillo, 2014, pp.93-96) resultados que se basan en el análisis de Trujillo quien menciona los límites de referencia que están entre (0,1710-211,038) MPa. Los resultados obtenidos demuestran que en el caso del trigo no se cumple con los límites de acuerdo a la investigación del autor citado, pero en el caso de la cebada se encuentra bajo este rango, cabe recalcar que el autor mencionado realiza el estudio en bioplásticos de yuca.

Tabla 18-3: Resultados obtenidos de las propiedades mecánicas del bioplástico de trigo y cebada

N°	Muestra	Probetas	Módulo de elasticidad (MPa)	Esfuerzo máximo (MPa)	Esfuerzo de fluencia (MPa)
TRIGO					
1	TRIGO	P-TR1	5,29E-01	0,05	0,04
2		P-TR2	5,16E-01	0,06	0,05
3		P-TR3	6,62E-01	0,08	0,07
CEBADA					
1	CEBADA	P-CEB1	1,32E+00	0,23	0,22
2		P-CEB2	1,41E+00	0,26	0,25
3		P-CEB3	1,23E+00	0,24	0,23

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.4.1. Resultados del análisis microbiológico de los bioplásticos de trigo y cebada

De los bioplásticos seleccionados para el análisis microbiológico se cortó en tiras finas una cantidad de 5gr de cada una de las materias primas, manteniendo un manejo adecuado de la muestra y para una mejor eliminación microbiana antes de ser enviados a evaluación se colocó 30 min en la Cámara de Flujo laminar del Laboratorio de Análisis Clínicos de la Facultad de Ciencias ESPOCH. Según ROMERO (G.1997, p. 25) se realizó la técnica de cuenta microbiana en placa con la finalidad de determinar el número de microorganismos adheridos a las muestras. Los resultados obtenidos dentro de análisis dieron ausencia total, es decir los bioplásticos obtenidos son apropiados para ser usados como envoltura de alimento puesto que está libre de cualquier microorganismo que provoque alteración en los alimentos.

Tabla 19-3: Resultados de los análisis microbiológicos de los bioplásticos de trigo y cebada

	Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Trigo	Coliformes Totales	UFC/g	-	Ausencia
	Coliformes Fecales(Escherichia Coli)	UFC/g	< 10	Ausencia
	Mohos y levaduras	UFC/g	1 000- 5 000	Ausencia

Cebada	Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
	Coliformes Totales	UFC/g	-	Ausencia
	Coliformes Fecales (Escherichia Coli)	UFC/g	< 10	Ausencia
	Mohos y levaduras	UFC/g	1 000- 5 000	Ausencia

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021)*Análisis realizado por: Álvarez, Gina 2020

3.4.2. Ensayo de espectrofotometría infrarroja para el análisis de los bioplásticos de trigo y cebada.

El análisis presentado a continuación se desarrolló con los tres tipos de tratamientos que formaron bioplásticos tanto en el caso del trigo como de la cebada. Debido a que se realizaron con la misma materia prima, los espectros presentaban una mínima variación por lo que se escogió uno de cada caso para el análisis respectivo.

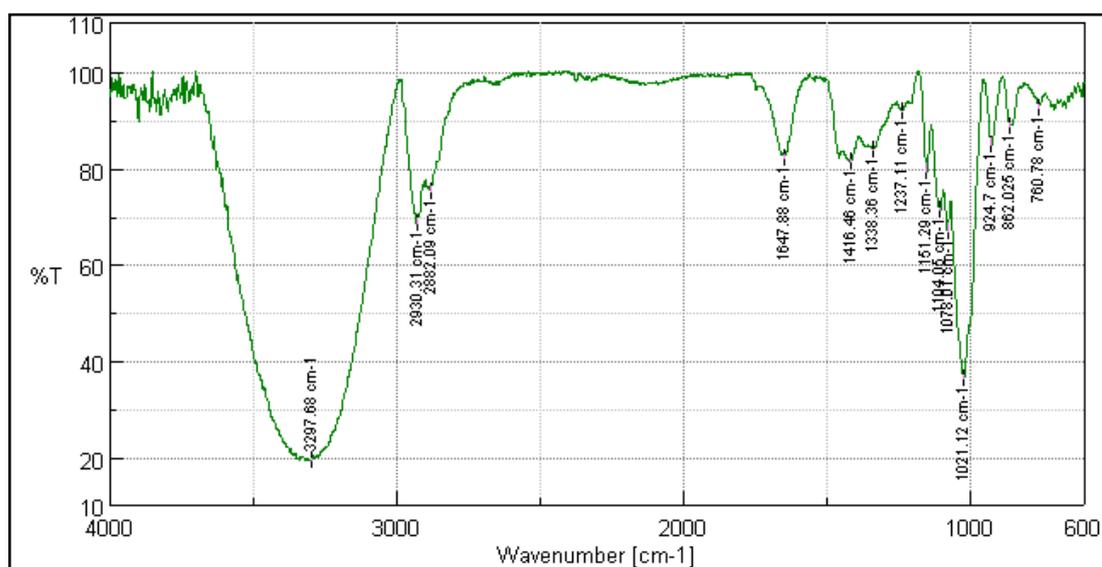


Gráfico 2-3: Espectrofotometría IR del bioplástico de trigo

*Espectrofotometría, realizo por: Álvarez, Mauricio 2021

Tabla 20-3: Análisis de espectro en muestra de bioplástico de trigo

Banda	Observaciones	Referencia
3297,68	Vibración de tensión de los enlaces oxígeno-hidrógeno relacionada con el enlace libre inter e intramolecular del grupo hidroxilo. Característico de la estructura de almidón.	(Meré, 2009, p.39)
2930,31	Vibración de tensión de los enlaces $-CH_2$ presentes también en el espectro del almidón.	(R, U, & C, 2019)

2882,09	Aparición de pico que explicaría el enlace carbono-hidrógeno formado al reaccionar el glicerol y la glucosa.	(R et al., 2019)
1338,36	Desaparece éste pico respecto al espectro del almidón, el cual correspondería a los enlaces hidroxilo de los alcoholes primarios presentes en los anillos de glucosa.	(Conley, 1972, p.82)
1237,11-1151,29	Originadas por la respiración del anillo de pirrol.	(Conley, 1972, p.82)
1078,01	Aparición de pico que explicaría los enlaces éter formado por la reacción de la glucosa y el glicerol.	(R et al., 2019)

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

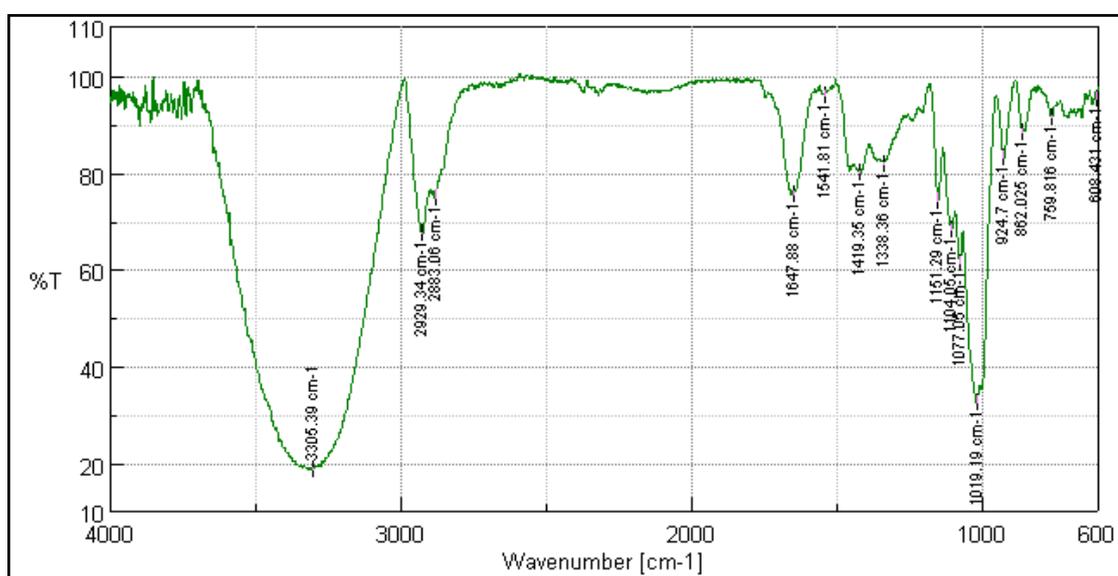


Gráfico 3-3: Espectrofotometría IR del bioplástico de cebada

*Espectrofotometría, realizado por: Álvarez, Mauricio 2021

Tabla 21-3: Análisis de espectro en muestra de bioplástico de cebada

Banda	Observación	Referencia
3305,39	Vibración de tensión de los enlaces oxígeno-hidrógeno relacionada con el enlace libre inter e intramolecular del grupo hidroxilo. Característico de la estructura de almidón.	(Meré, 2009, p.35)
2929,34	En esta región se encuentran enlaces de hidrógeno de carbono tanto aromáticos como vinílicos	(R et al., 2019, p.38)
2883,06	Solo se observa un estiramiento de CH para los aldehídos que tienen el movimiento de flexión de CH de un aldehído	(Conley, 1972, p.83)
1338,36	significativamente cambiado de 1390cm^{-1}	

1151,29	Originadas por la respiración del anillo de pirrol.	(R et al., 2019, p.39)
1077,05	Aparición de pico que explicaría los enlaces éter formado por la reacción de la glucosa y el glicerol.	(Conley, 1972, p.83)

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.3. Ensayos de biodegradabilidad de los bioplásticos de trigo y cebada

3.3.1. Resultados de biodegradabilidad de los bioplásticos

De acuerdo a la norma EN 13432 el tiempo mínimo de descomposición de un bioplástico es de 30 días y para ello se realizó un monitoreo de la biodegradación del bioplástico durante 5 semanas. Los resultados obtenidos se pueden observar en las tablas 21-3 y 22-3, para este ensayo las láminas tenían un tamaño 2cm x 2cm y para comprobar si el suelo era apropiado se realizó un análisis de pH. Para llevar a cabo el proceso de biodegradación se lo realizó mediante el método de biodegradación aerobia ya que se produce una oxidación completa del material descompuesto.

3.2.2. Cálculos para el ensayo de biodegradabilidad

Para este ensayo se recortaron 6 muestras para cada tratamiento que formo el bioplástico, en total siendo analizadas 36 unidades, es decir, 18 de trigo y 18 de cebada. Para la toma de datos en cuando a biodegradabilidad se evaluó por un lapso de 5 semanas como establece la norma EN 13432, se pesó cada 7 días y como referencia para el cálculo se tomó el T1 del trigo, a partir de la ecuación 10-2.

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{(\text{Peso inicial del bioplástico} - \text{Peso final del bioplástico})}{\text{Peso inicial del bioplástico}} * 100$$

$$\% \text{ Pérdida de peso} = \frac{(0,704-0,007)\text{g}}{0,704\text{g}} * 100$$

$$\% \text{ Pérdida de peso} = 99\%$$

En la tabla 22-3 se muestran los resultados de la degradación de los bioplásticos del trigo y la cebada de manear visual, en las tablas 23-3 y 24-3 se encuentran los valores de la pérdida de

peso de las películas degradadas. Para probar que el suelo en donde se dio la biodegradación es apto para cultivo se probó con un tubérculo de ciclo corto como es el rábano (*Raphanus sativus*) lo cual es apropiado para el tiempo de monitoreo de la biodegradación.

Tabla 22-3: Resultados gráficos de biodegradación los bioplásticos de trigo y cebada

NÚMERO DE SEMANA	APRECIACIÓN VISUAL DE LA DEGRADACIÓN
<p>Semana N°1 En la primera semana procedió a la siembra del rábano sobre los bioplásticos</p>	
<p>Semana N°2 Germinación y posterior crecimiento de la planta</p>	
<p>Semana N°3 Crecimiento adecuado del rábano sobre el bioplástico</p>	
<p>Semana N°4 Degradación parcial de los bioplásticos</p>	
<p>Semana N° 5 Degradación total y cosecha de los rábanos</p>	

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Tabla 23-3: Resultados del ensayo de biodegradabilidad para los bioplásticos de trigo

N°	Muestra	Peso inicial(g)	Semana 1 peso(g)	Semana 2 peso(g)	Semana 3 peso (g)	Semana 4 peso(g)	Semana 5 peso(g)
1	TR1A	0,704	0,451	0,177	0,046	0,0007	-
		0,706	0,453	0,179	0,048	0,0025	-
2	TR1B	0,646	0,393	0,119	-	-	-
		0,650	0,397	0,123	-	-	-
3	TR1C	0,564	0,311	0,038	-	-	-
		0,550	0,297	0,023	-	-	-
4	TR2A	0,687	0,434	0,161	0,029	-	-
		0,689	0,436	0,163	0,031	-	-
5	TR2B	0,704	0,451	0,177	0,046	0,0002	-
		0,705	0,452	0,179	0,047	0,0018	-
6	TR2C	0,677	0,424	0,15	0,018	-	-
		0,680	0,427	0,153	0,021	-	-
7	TR3A	0,667	0,414	0,14	0,008	-	-
		0,670	0,417	0,143	0,011	-	-
8	TR3B	0,650	0,397	0,123	-	-	-
		0,652	0,399	0,125	-	-	-
9	TR3C	0,664	0,411	0,137	0,005	-	-
		0,665	0,412	0,138	0,007	-	-

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Tabla 24-3: Resultados del ensayo de biodegradabilidad para los bioplásticos de cebada

N°	Muestra	Peso inicial(g)	Semana 1 peso(g)	semana 2 peso(g)	Semana 3 peso(g)	Semana 4 peso(g)	Semana 5 peso(g)
1	CB1A	0,843	0,587	0,211	0,034	-	-
		0,842	0,586	0,210	0,033	-	-
2	CB1B	0,862	0,606	0,230	0,053	-	-
		0,867	0,611	0,235	0,058	-	-
3	CB1C	0,792	0,536	0,160	-	-	-
		0,795	0,539	0,163	-	-	-
4	CB2A	0,766	0,510	0,134	-	-	-
		0,764	0,508	0,132	-	-	-
5	CB2B	0,710	0,454	0,078	-	-	-
		0,713	0,457	0,081	-	-	-

6	CB2C	0,766	0,510	0,134	-	-	-
		0,768	0,512	0,136	-	-	-
7	CB3A	0,772	0,516	0,140	-	-	-
		0,773	0,517	0,141	-	-	-
8	CB3B	0,733	0,477	0,101	-	-	-
		0,735	0,479	0,103	-	-	-
9	CB3C	0,774	0,518	0,142	-	-	-
		0,775	0,519	0,143	-	-	-

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Las uniones entre los monómeros dentro de un material biodegradable son más fáciles de hidrolizar a diferencia de un plástico convencional, los microorganismos existentes dentro del compost ayudaron a acelerar la descomposición; las bacterias Psicrófilas crecen entre una temperatura de 5°C y 20°C mismas que intervinieron en la biodegradación en el medio donde se realizó la experimentación. Los resultados hallados demuestran que el bioplástico obtenido es biodegradable y compostable dado que no interfirió en el desarrollo de la planta de rábano. En las tablas 25-3 y 26-3 se puede apreciar el porcentaje de biodegradación semanal de acuerdo al peso del bioplástico; Para la quinta semana se degradó en su totalidad.

Tabla 25-3: Porcentaje de biodegradabilidad de los bioplásticos de trigo

N°	Muestra	Peso inicial(g)	% de pérdida Semana 1	% de pérdida Semana 2	% de pérdida Semana 3	% de pérdida Semana 4	% de pérdida Semana 5
1	TR1A	0,704	35,94	74,86	93,47	99,90	-
		0,706	35,84	74,65	93,20	99,65	-
2	TR1B	0,646	39,16	81,58	-	-	-
		0,650	38,92	81,08	-	-	-
3	TR1C	0,564	44,86	93,26	-	-	-
		0,550	46,00	95,82	-	-	-
4	TR2A	0,687	36,83	76,56	95,78	-	-
		0,689	36,72	76,34	95,50	-	-
5	TR2B	0,704	35,94	74,86	93,47	99,97	-
		0,705	35,89	74,61	93,33	99,74	-
6	TR2C	0,677	37,37	77,84	97,34	-	-
		0,680	37,21	77,50	96,91	-	-

7	TR3A	0,667	37,93	79,01	98,80	-	-
		0,670	37,76	78,66	98,36	-	-
8	TR3B	0,650	38,92	81,08	-	-	-
		0,652	38,80	80,83	-	-	-
9	TR3C	0,664	38,10	79,37	99,25	-	-
		0,665	38,05	79,25	98,95	-	-

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Tabla 26-3: Porcentaje de biodegradabilidad del bioplástico de cebada

Nº	Muestra	Peso inicial(g)	% de pérdida Semana 1	% de pérdida Semana 2	% de pérdida Semana 3	% de pérdida Semana	% de pérdida Semana
1	CB1A	0,843	30,37	74,97	95,97	-	-
		0,842	30,40	75,06	96,08	-	-
2	CB1B	0,862	29,70	73,32	93,85	-	-
		0,867	29,53	72,90	93,31	-	-
3	CB1C	0,792	32,32	79,80	-	-	-
		0,795	32,20	79,50	-	-	-
4	CB2A	0,766	33,42	82,51	-	-	-
		0,764	33,51	82,72	-	-	-
5	CB2B	0,710	36,06	89,01	-	-	-
		0,713	35,90	88,64	-	-	-
6	CB2C	0,766	33,42	82,51	-	-	-
		0,768	33,33	82,29	-	-	-
7	CB3A	0,772	33,16	81,87	-	-	-
		0,773	33,12	81,76	-	-	-
8	CB3B	0,733	34,92	86,22	-	-	-
		0,735	34,83	85,99	-	-	-
9	CB3C	0,774	33,07	81,65	-	-	-
		0,775	33,03	81,55	-	-	-

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.4. Aplicación de los bioplásticos como envolturas alimenticias.

En los gráficos 2-3 y 3-3 se puede apreciar los prototipos de aplicación de los bioplásticos como envoltura en los alimentos, estas láminas pueden ser utilizadas como reemplazo de los plásticos

convencionales; considerando que las pruebas microbiológicas realizadas a los bioplásticos dieron resultados positivos al no presentar ningún agente patógeno que altere las condiciones organolépticas que tiene los alimentos a ser envueltos con este material.



Gráfico 4-3: Prototipo del bioplástico de trigo como envoltura de alimentos

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).



Gráfico 5-3: Prototipo del bioplástico de cebada como envoltura de alimentos

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Los bioplásticos obtenidos cumplen con los objetivos planteados en la investigación al ser utilizados como envoltura, dándose a notar que provee de frescura y buen estado a los alimentos, es importante también mencionar que los alimentos que se pueden apreciar en las gráficas son propios del sector.

Gracias a las buenas propiedades fisicoquímicas y mecánicas que poseen cada uno de los bioplásticos, éstos cumplen con las funciones del plástico convencional. Para su monitoreo la prueba se realizó en un transcurso de 3 días donde se procedió a colocar sobre una bandeja de poliestireno expandido (EPS) de aproximadamente 20x14cm, legumbres cortadas y granos pelados, luego se cubrió con el bioplástico todo el recipiente con el propósito de lograr una buena apreciación, así como de mantener y proteger la vida útil de los alimentos. Durante este

tiempo se tomó en cuenta las variaciones de las características como el estado de los alimentos y la apariencia de la lámina.

Las condiciones en las que se realizó esta evaluación fueron a temperatura ambiente, y los resultados fueron satisfactorios ya que los alimentos se encontraron en buenas condiciones, comprobándose así que los bioplásticos obtenidos pueden sustituir al plástico tradicional, con la ventaja que el material obtenido es biodegradable y amigable con el ambiente.

3.5. Discusión

3.5.1. Extracción y caracterización de los almidones obtenidos de trigo y cebada

Para obtener la materia prima para fabricar el bioplástico se obtuvo el grano de los productores de trigo y cebada en el mercado de Tzaron, perteneciente al cantón Riobamba; el siguiente paso fue liberar de impurezas al grano mediante lavado, además se realizó un proceso de clasificación en donde se descartó los granos que se encontraban en mal estado; por último, se procedió a hidratar el grano antes de molerlo para obtener el almidón. A través del diseño factorial 2^k se determinó 6 tratamientos con 4 réplicas cada una, en donde se determinó el tratamiento que otorga un mayor rendimiento. En el caso del trigo, el tratamiento TP3T presentó un resultado del 42,58% y en el caso de la cebada, el tratamiento TP6C produjo un resultado de 23,57%. En comparación con estudios previos realizados sobre la extracción del almidón; según Lescano, (2010. p.58) de acuerdo a su estudio, en la tabla de rendimiento del almidón obtenido en la elaboración de las harinas, señala un 30,5% para el trigo y 20,7% para la cebada; por lo tanto se puede evidenciar que los valores obtenidos superan a los valores que ofrece el estudio de Lescano, con respecto a la obtención de almidón de estos granos.

Con respecto al contenido de amilosa y amilopectina, en el caso del trigo fue de 44,97% y 55,03%, respectivamente; mientras que en la cebada se evidencia un 24,23% y 75,77%, respectivamente. De acuerdo a (Méndez et al., 2009, p.67) indican que en el caso del trigo se evidencia un 25% y 75%; de tal manera que los valores encontrados en el estudio realizado son superiores a los que presentó el estudio de Méndez; mientras que para el caso de la cebada, según el estudio de Martínez (2005, p. 24) señala un porcentaje de 22% y 78%, lo que indica que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites de referencia.

En el gráfico 12-3. Se puede apreciar el resultado en cuanto al análisis físico químico realizado a los almidones de trigo y cebada misma que fueron desarrollados en base a la norma NTE INEN 1456 y el rango establecido de la guía de la FAO 2008.

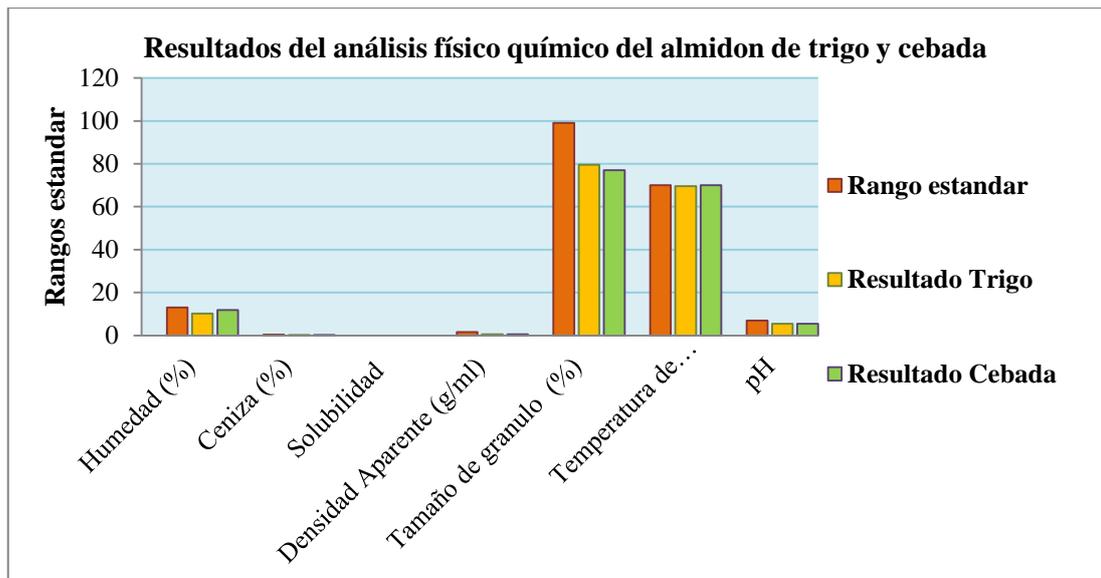


Gráfico 6-3: Resultados fisicoquímicos del almidón de trigo y cebada

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.5.2. Obtención del bioplástico y caracterización

3.5.2.1. Obtención del bioplástico

De acuerdo a la experimentación que se realizó, la concentración del almidón fue de 7,317% en el trigo, mientras que en la cebada fue de 7,62%; la concentración de la glicerina fue de 7,317%, en el trigo y de 6,097%, en la cebada. Para la obtención de los bioplásticos derivados del trigo y la cebada se seleccionaron los siguientes tipos de tratamientos: TP1T, TP3T, TP4T, TP5T y TP1C, TP3C, TP5C, TP6C ya que fueron los que mejores resultados arrojaron, con el fin de realizar el análisis fisicoquímico.

Para determinar el espesor del bioplástico se analizaron las láminas de bioplástico obtenidas en la experimentación mediante la norma 2542 (INEN, 2010) LÁMINAS PLÁSTICAS REQUISITOS, donde se señala que las biopelículas tendrán una máximo de 0,2 mm de espesor, demostrando que las láminas de bioplástico obtenidas están dentro de la norma, como se aprecia en la tabla 13-3 y tabla 14-3. Por el contrario, el tratamiento TP4T aplicado al trigo, como se puede observar en la gráfica 4-3, supera el límite máximo de espesor de los bioplásticos.

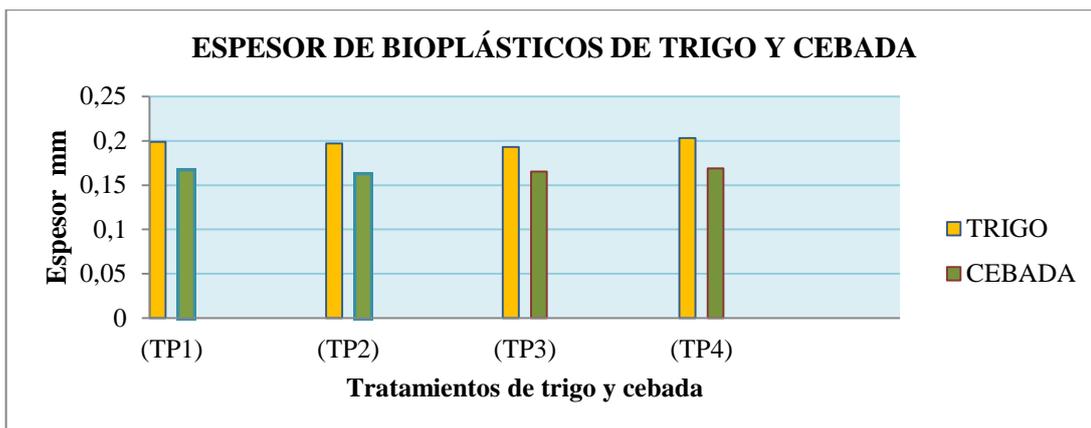


Gráfico 7-3: Espesor del bioplástico de trigo y cebada

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.5.2.2. Características físico químicas del bioplástico

En cuanto al análisis de humedad que poseen los bioplásticos, el tratamiento TP3T R2, aplicado al trigo, fue el que produjo una mayor cantidad de humedad, ya que arrojó un resultado de 36,3%; mientras que, para la cebada, el tratamiento TP2C R1 presentó una humedad de 40,48%. Cabe resaltar que no existen datos o estudios previos realizados con trigo y cebada, pero Ruiloba en su investigación realizada con cáscaras de mango, señala que se puede tener una humedad de $(33,5 \pm 0,8)\%$. El aumento de porcentaje de humedad puede contribuir para una formación de flora bacteriana que se pueda dar en el bioplástico.

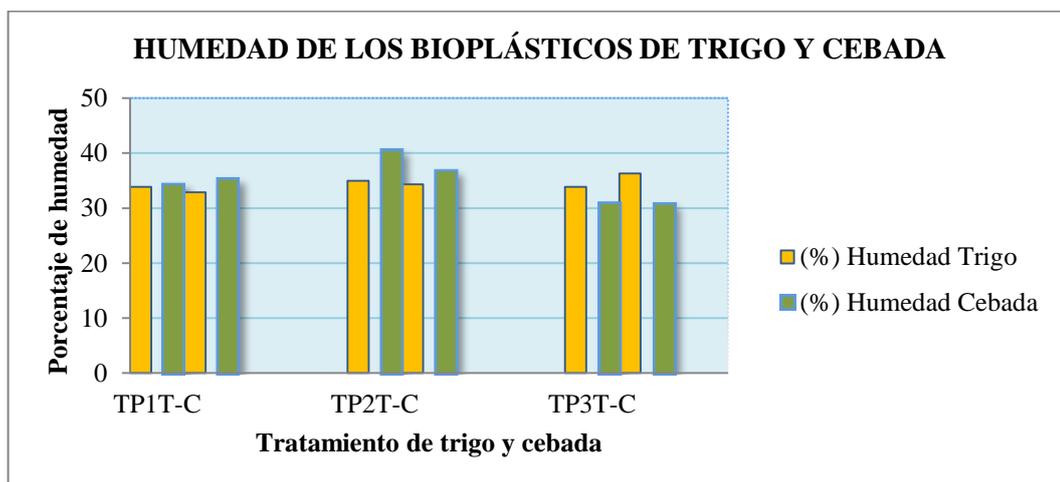


Gráfico 8-3: Humedad de los bioplásticos de trigo y cebada

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

La investigación de Trujillo (2014, pp.71-76) con respecto a la solubilidad de los bioplásticos como alternativa de envoltura, establece que cuando un bioplástico tiene un porcentaje menor al 70% de solubilidad puede ser utilizado como recubrimiento soluble en cápsulas para píldoras

medicinales. La gráfica 8-3 demuestra que todos los tratamientos realizados en la experimentación arrojan valores acordes a los que señala Trujillo en su investigación, es decir que los bioplásticos obtenidos poseen buena solubilidad.

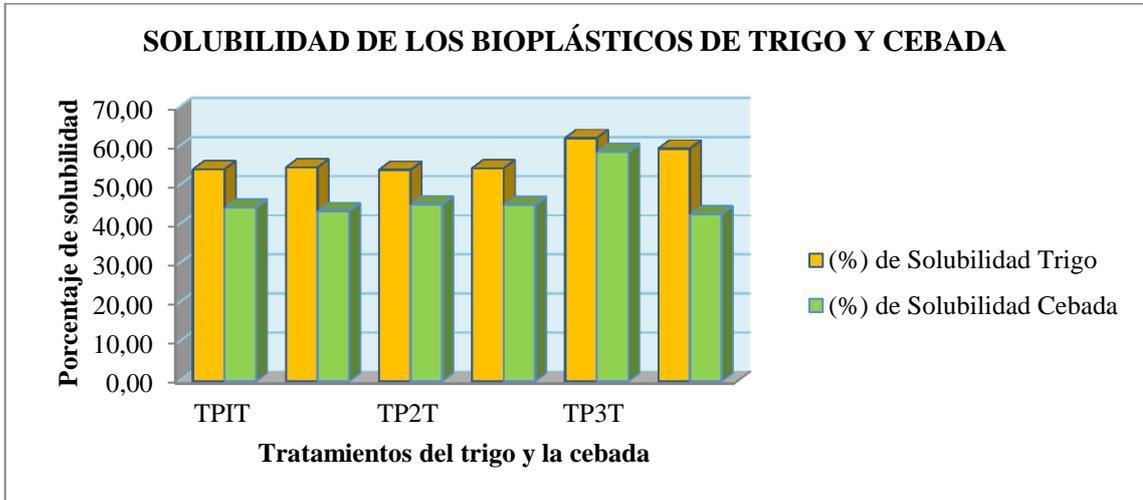


Gráfico 9-3: Solubilidad de los bioplásticos de trigo y cebada

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.5.2.3. Características mecánicas de los bioplásticos

Los bioplásticos obtenidos fueron evaluados mediante pruebas mecánicas, de las cuales se obtuvo el módulo de elasticidad; de la misma forma se obtuvo el esfuerzo máximo. Ambos resultados se encuentran representados en la tabla 18-3. Para este ensayo se dimensionaron probetas representativas (P-TR1; P-TR2; P-TR3 y P-CEB1; P-CEB2; P-CEB3) de los tratamientos; siendo tres probetas por cada materia prima, porque el cuarto tratamiento no formó bioplástico. De acuerdo a Parra (2019, p.70) los valores hallados en su investigación oscilan entre los valores hallados en esta investigación.

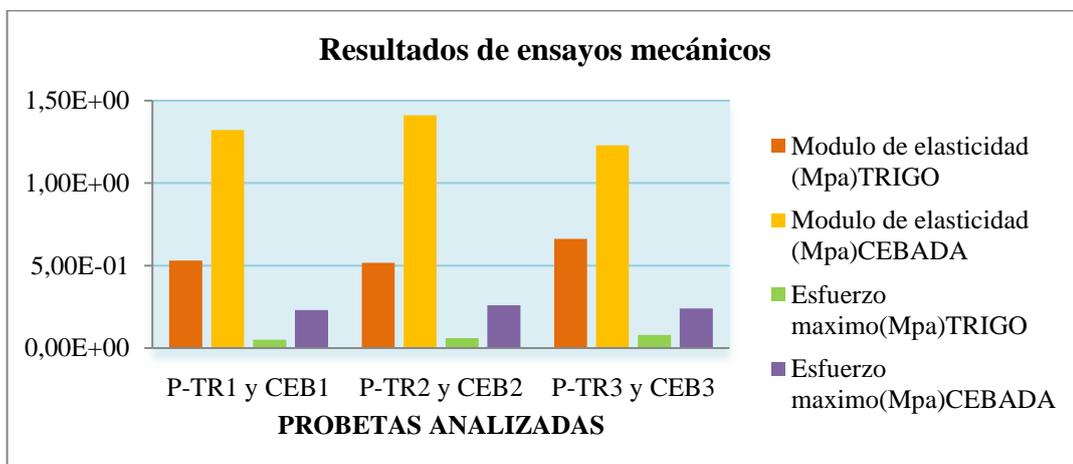


Gráfico 9-3: Resultados de ensayos mecánicos

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

3.5.2.4. Análisis infrarrojo IR

El análisis infrarrojo (IR) mostró la formación de enlaces que caracterizan un biopolímero. Ricardo (2017, p.133) señala en su investigación que un LDPE (polietileno de baja densidad) es un polímero flexible que presenta diferencias en la polimerización y tiene buena resistencia, por lo que es utilizada para elaborar bolsas y envolturas. En los espectros mostrados en los gráficos 2-3 y 3-3 que se realizaron a los bioplásticos de trigo y cebada; se pueden observar dos grupos de bandas correspondientes a los movimientos de tensión de los enlaces C-H a $2930,31\text{ cm}^{-1}$ y C-C a $1338,36\text{ cm}^{-1}$, para el trigo; y, un movimiento de flexión C-H a $2929,34\text{ cm}^{-1}$ y C-C a $1338,30\text{ cm}^{-1}$, para la cebada. Las bandas analizadas muestran la presencia de LDPE por lo que el bioplástico obtenido es idóneo para la formación de envolturas para alimentos.

3.5.2.5. Pruebas de biodegradabilidad de los bioplásticos de trigo y cebada

La norma europea 13432 establece que el tiempo de degradación mínimo para un bioplástico es de 30 días; debido a esta información, en esta investigación se llevó un monitoreo de degradación del bioplástico de 5 semanas, notándose que en el caso del trigo (en la gráfica 10-3) algunos de los bioplásticos desaparecen en su totalidad desde la tercera semana y tan solo en dos casos tienen una presencia mínima en la cuarta semana.

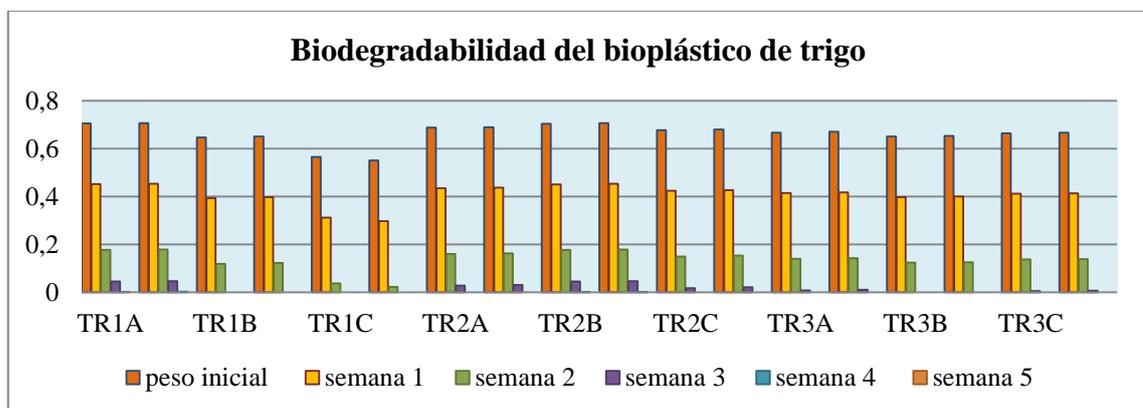


Gráfico 10-3: Resultados de biodegradabilidad del trigo

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Para la cebada se debe destacar que en la mayoría de los casos los bioplásticos se degradan en su totalidad desde la tercera semana, a excepción del CB1A Y CB1B que a partir de la cuarta semana presenta degradación.

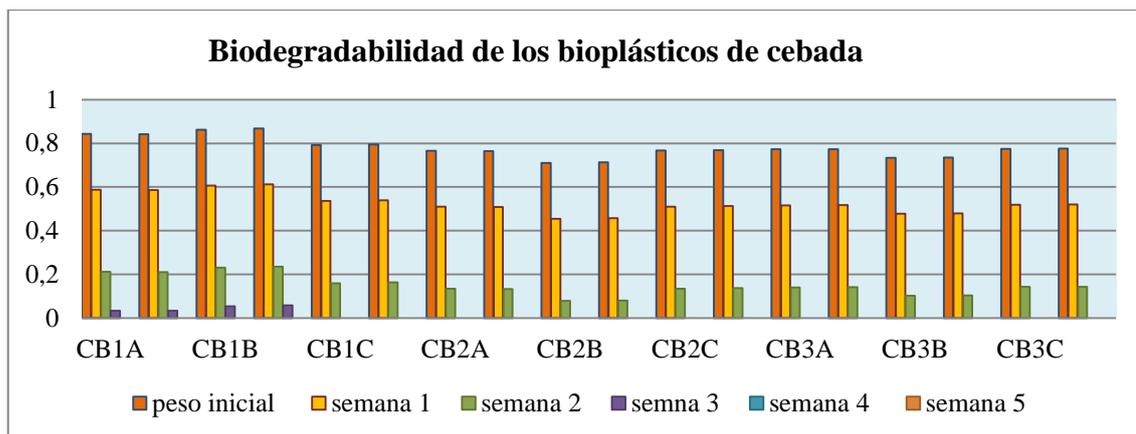


Gráfico 11-3: Resultados de biodegradabilidad de la cebada

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

Guamán (2019, p.86) señala en su investigación que los bioplásticos de papa se degradan entre un 90,77% y 92,05% en el mismo lapso de tiempo, pero en esta investigación algunas de las muestras presentaron degradación del 99% a partir de la tercera semana, por lo que la experimentación realizada brinda mejores resultados para la degradación de los bioplásticos de trigo y cebada.

3.6. Prueba de hipótesis

3.6.1. Hipótesis 1

3.6.1.1. Caracterización de los almidones obtenidos de trigo y cebada

La tabla ANOVA presenta la variabilidad de RENDIMIENTO (%) en contribuciones debidas a varios factores. Puesto que se ha escogido la suma de cuadrados Tipo III (por omisión), la contribución de cada factor se mide eliminando los efectos de los demás factores. Los valores-P prueban la significancia estadística de cada uno de los factores. Puesto que un valor-P es menor que 0.05, este factor tiene un efecto estadísticamente significativo sobre RENDIMIENTO (%) con un 95.0% de nivel de confianza.

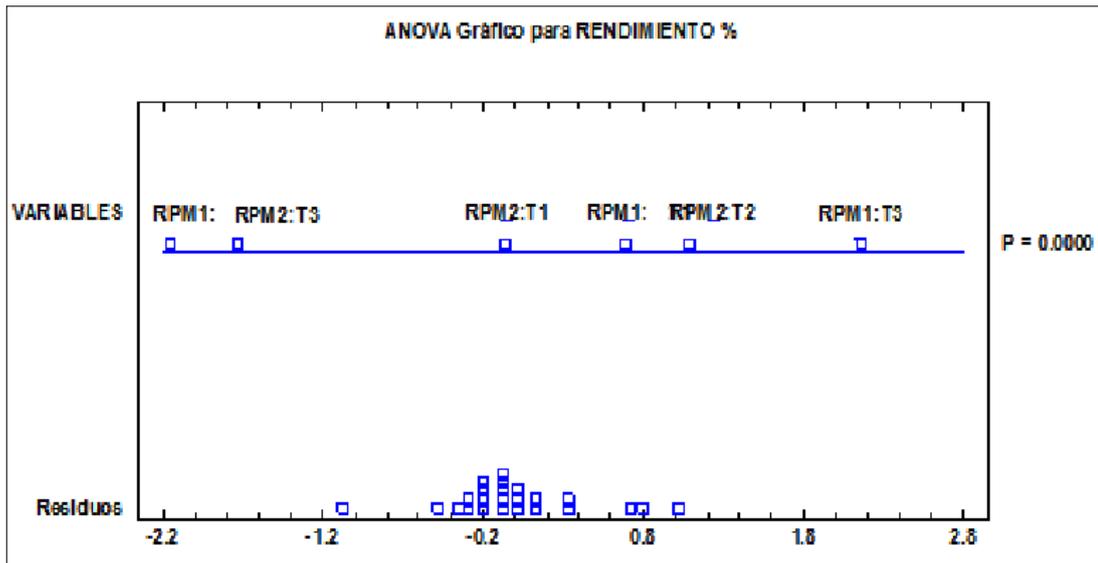


Gráfico 12-3: Representación mediante el análisis ANOVA para rendimiento del trigo

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

En función de esto se pudo identificar que el tratamiento 3 RP1:T3 coinciden en dar mayor rendimiento en función de no tener mucha dispersión en sus datos o repeticiones para el caso del trigo.

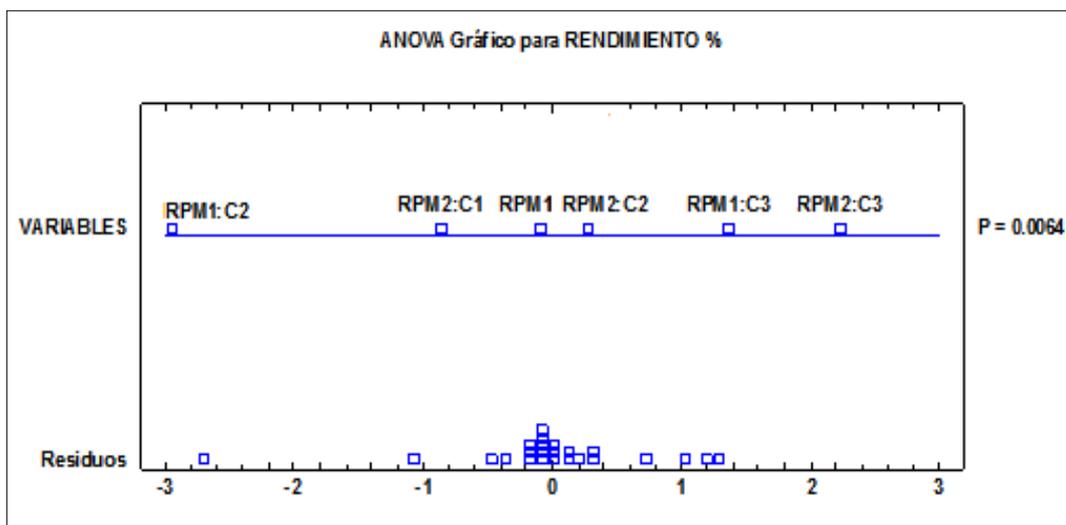


Gráfico 13-3: Representación mediante el análisis ANOVA para rendimiento de cebada

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

En base a los resultados expuestos se identifica que el mejor tratamiento corresponde al TP6C, el cual presentó mejor rendimiento (%) y baja dispersión en sus resultados y como muestra el valor P, es estadísticamente significativo. De la misma manera en el caso de las RPM2:C3 concuerda con los resultados de tratamientos afianzando estos.

3.6.1.2. Comparación de medias

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Rendimiento del trigo %: 42.0083 +/- 0.391773 [41.6166, 42.4001]

Intervalos de confianza del 95.0% para la media de Rendimiento de cebada %: 22.425 +/- 0.498581 [21.9264, 22.9236]

Intervalos de confianza del 95.0% intervalo de confianza para la diferencia de medias suponiendo varianzas iguales: 19.5833 +/- 0.616997 [18.9663, 20.2003]

Prueba t para comparar medias

Hipótesis nula: $\mu_1 = \mu_2$

Hipótesis Alta: $\mu_1 < \mu_2$

Suponiendo varianzas iguales: $t = 63.889$ valor-P = 0

Se rechaza la hipótesis nula para $\alpha = 0.05$.

Esta opción ejecuta una prueba-t para comparar las medias de las dos muestras. También construye los intervalos, o cotas, de confianza para cada media y para la diferencia entre las medias. De interés particular es el intervalo de confianza para la diferencia entre las medias, el cual se extiende desde 18.9663 hasta 20.2003. Puesto que el intervalo no contiene el valor 0, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con un nivel de confianza del 95.0%.

También puede usarse una prueba-t para evaluar hipótesis específicas acerca de la diferencia entre las medias de las poblaciones de las cuales provienen las dos muestras. En este caso, la prueba se ha construido para determinar si la diferencia entre las dos medias es igual a 0.0 versus la hipótesis alterna de que la diferencia no es igual a 0.0. Puesto que el valor-P calculado es menor que 0.05, se puede rechazar la hipótesis nula en favor de la alterna.

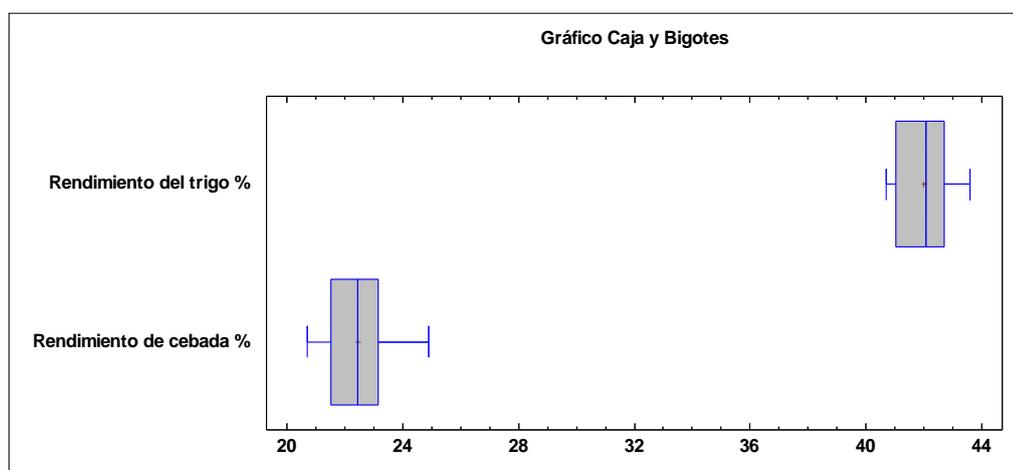


Gráfico 14-3: Resultados de análisis t-student

Realizado por: (MOROCHO, M. 2021).

NOTA: estos resultados asumen que las varianzas de las dos muestras son iguales. En este caso, esa suposición parece razonable, con base en los resultados de la prueba-F para comparar las desviaciones estándar.

3.6.2. Hipótesis 2

Los almidones extraídos del trigo y la cebada cumplen con los requisitos de la norma NTE INEN 1456 para la elaboración del bioplástico. Una vez hallado el método adecuado de extracción del almidón de las materias primas se procedió a realizar su caracterización en base a la norma NTE INEN 1456 y la Guía Técnica de la FAO. Los resultados de la caracterización del almidón de trigo se muestran en la Tabla 7-3, en cambio para la cebada se pueden apreciar en la Tabla 8-3. Los datos obtenidos fueron comparados con valores de referencia de la norma utilizada, se puede verificar que la información obtenida de la investigación se encuentra bajo los parámetros establecidos de la norma NTE INEN 1456 y la Guía Técnica de la FAO. En consecuencia, de la caracterización del almidón de trigo y de la cebada se verifico que cumplen con los requisitos de calidad para la producción de bioplásticos.

3.6.3. Hipótesis 3

Los bioplásticos obtenidos del almidón de trigo y de la cebada tienen adecuadas propiedades físico químicas y mecánicas. Estos bioplásticos fueron sometidos a pruebas físico químicas y mecánicas para comparar sus características con los plásticos derivados de petróleo. A través de un análisis sensorial realizado a los bioplásticos se determinó que los tratamientos: T4T, para el trigo y T4C, para la cebada, no cumplían con los requisitos; mientras que los demás tratamientos presentaron mejores características físico químicas y mecánicas demostrando ser aptos para poder reemplazar a las envolturas convencionales.

Las propiedades mecánicas de los bioplásticos se encuentran dentro los rangos de la norma NTE INEN 2635 y para comparación de los resultados de espesor, Escobar (2019, p.86) señala que el espesor máximo de las biopelículas es de 2,0 mm y en ambos casos cumplen con lo establecido.

3.6.4. Hipótesis 4

El bioplástico obtenido se degrada en menor tiempo que los plásticos convencionales y son una alternativa ecológica en la industria de alimentos. Los bioplásticos de trigo y cebada fueron sometidos a una biodegradación aerobia donde los principales actores de la biodegradación fueron los microorganismos psicótrofos que crecen en temperaturas de 5°C y 20°C. Dentro de la norma EN 13432 señala que el periodo de prueba es de 30 días mínimo, por lo que para un

mejor monitoreo se evaluó durante 5 semanas, dejando resultados bastante favorables que se aprecian en la Tabla 21-3 y Tabla 22-3 así como también de manera visual en la Tabla 20-3.

La norma utilizada para esta experimentación indica que el bioplástico debe degradarse como mínimo en un 90% de su estructura por un periodo de 6 meses, por lo que al comparar con el resultado de la investigación en medio aerobio se observó que los datos se encuentran en un 90% de degradación a partir de las 3 semanas, por lo que se encuentra dentro de la norma.

Queiroz (2009, p.65) indica que los bioplásticos constituyen un segmento industrial emergente e innovador, caracterizado por nuevas sinergias y colaboraciones entre los sectores químico, biotecnológico, agrícola y de consumo, lo que conlleva a desarrollar nuevas alternativas para la sustitución de plásticos derivados del petróleo de esta manera incursionando como una alternativa ecológica en el campo de la industria de alimentos.

CONCLUSIONES

A través de la extracción del almidón obtenido de los granos del trigo y cebada por medio de vía seca se obtuvieron almidones con un porcentaje de rendimiento de 43,17% en TP3T para el trigo; así como para la cebada el tratamiento TP6C con 23,57%. Los almidones obtenidos fueron usados para la elaboración de los bioplásticos como envolturas, mismas que se pueden apreciar en los prototipos finales.

Se caracterizó los almidones del trigo y la cebada mediante la norma NTE INEN 1456 mediante el análisis físico químico de las propiedades del almidón donde los valores encontrados se ubican dentro los rangos establecidos en la norma. Los valores obtenidos en esta investigación en cuanto al tamaño del granulo se encontraban dentro de los parámetros de la norma de la FAO. Los resultados del contenido de amilosa y amilopectina corresponden para el trigo, 44,97% y 55,03% respectivamente. En el caso de la cebada los resultados corresponden a 24,23% de amilosa y 75,77% de amilopectina. Para la prueba de amilosa y amilopectina se usaron el Método colorimétrico de Morrison & Laignelet, análisis que permitió obtener datos reales en cuanto a las materias primas usadas.

Se determinó la calidad de los bioplásticos en base a los ensayos físico químicos de sus propiedades, resultados que se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la normativa. Así también como los resultados de espesor, demostrando que se encuentran bajos los límites establecidos. En cuanto a los ensayos de tracción, se evaluaron de acuerdo a la norma INEN 2635(Método de ensayo para las propiedades de Tracción de Laminas Plásticas Delgadas) obtenido como resultado el esfuerzo máximo las láminas de 0,08MPa para PTR3 y 0,26MPa para PCEB2, módulo de elasticidad de 5,161E-0MPa para PTR2 y 1,41E+00MPa para PCEB2, esfuerzo de fluencia de 0,07MPa para PTR3y 0,25MPa para PCEB2 y de acuerdo al análisis el de mejor calidad fueron las probetas de cebada.

La norma europea EN 13432 indica que el tiempo mínimo de degradación de un bioplástico es de 30 días por lo que se realizó una valoración periódica con un monitoreo de la biodegradación por 5 semanas. Este proceso se dio a través de la biodegradación anaerobia, lo cual acelera la biodegradación del bioplástico; uno de los apartados dentro de la norma también indica que el suelo donde se realiza la degradación tiene que encontrarse apto y rico en minerales, mismos que se comprobaron con la germinación de semillas del rábano (*Raphanus sativus*) y su posterior desarrollo, de tal manera que dentro de monitoreo se parecía su degradación. Una de las razones por las cuales se escogió este tipo de bulbo fue porque su desarrollo se lo realiza en un ciclo corto, lo que ayuda a una mejor visualización en cuanto al tiempo de biodegradación del bioplástico. En los prototipos realizados se puede apreciar el resultado final del bioplástico en los alimentos, cabe destacar que para ser ya usados se realizó un análisis microbiológico a los bioplásticos para probar que estos están aptos para el uso como envolturas.

RECOMENDACIONES

- Para la extracción del almidón de ambas gramíneas es necesario que la molienda se realice sin cascara para evitar que la materia prima sea opaca y obtener el bioplástico más transparente.
- Los residuos de la extracción del almidón pueden ser usados para una nueva investigación en cuanto a compostaje puesto que se obtiene una buena cantidad.
- Luego del proceso de secado del almidón es recomendable que se realice una trituración con un equipo apropiado con el fin de reducir tiempos de molienda en un mortero y obtener el tamaño de granulo menor a 104 μm .
- Vistas las condiciones de extracción dentro de esta investigación, se determinó que es posible realizar nuevos métodos de extracción como el uso de una licuadora.
- Dentro de la biodegradabilidad es conveniente que se lo realice con los primeros bioplásticos obtenidos puesto que se podrá monitorear con más tiempo como va evolucionando la degradación.
- El bioplástico obtenido se encuentra dentro de las normas de calidad, por lo que es posible su aplicación en envolturas para frutas o verduras como se platea en los prototipos dentro de esta investigación.
- De acuerdo al grado de solubilidad que presenta el bioplástico, se recomienda una posible investigación de los bioplásticos obtenidos para ser usados como envolturas para capsulas en la industria de los fármacos.

GLOSARIO

Adventicias: dentro del reino vegetal se refiere a que la planta se desarrolla espontáneamente en lugares distintos del habitual.

Autógama: Es el modo de reproducción sexual que consiste en la fusión de gametos femeninos y masculinos producidos por el mismo individuo.

Filotaxia: Estructuras vegetativas repetitivas que se forman alrededor de un eje, es muy frecuente que se encuentren en varios sistemas de espirales.

Paralelinervia: El termino se hace uso cuando los nervios de las hojas son aproximadamente paralelos unos con otros.

Parenquimático: Tejido orgánico que poseen los órganos de las plantas como de los animales, pero en cada uno de ellos cumplen distintas funciones.

Sorgo: Originaria de la India pertenece a la familia de las gramíneas presenta características como su tamaño es de dos a tres metros llenas de un tejido blanco y dulce mismo que es usado para hacer pan y de alimento para aves.

BIBLIOGRAFÍA

AGRONÓMICA, C.“SELECCIÓN DE UNA LÍNEA PROMISORIA DE CEBADA (HORDEUM VULGARE L.) BIO – FORTIFICADA, DE GRANO DESCUBIERTO Y BAJO CONTENIDO EN FITATOS, EN ÁREAS VULNERABLES DE LA SIERRA SUR ECUATORIANA.”[En línea](Trabajo de titulación)(Ingeniero Químico) UNIVERSIDAD DE CUENCA.Azuay, Ecuador. 2015. p.36 [Consulta:2020-12-11] Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/23473>

ANTONIETA, M., & MENDOZA, A. ALMIDÓN DE MAÍZ (*Zea mays* L .) (Obtaining bioplastic from corn starch (*Zea mays* L .)). *Revista Colón Ciencias, Tecnología Y Negocios*, 7, 11. [en línea], 2019, (United State of America), p.35[Consulta: 12 de noviembre 2020]. ISSN123-823X. Disponible en: <https://doi.org/2313-7819>

AVÉROUS, L. Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch : A Review Biodegradable Multiphase Systems Based on Plasticized Starch : A Review. *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews*, [en línea], 2017, (United State of America), pp.22-25. [Consulta: 11 de diciembre 2020].ISSN 2345-23.Disponible en: <https://doi.org/10.1081/MC-200029326>

BAÑOS, G.“ELABORACION Y VALORACION NUTRICIONAL DE TRES PRODUCTOS ALTERNATIVOS A BASE DE CEBADA PARA ESCOLARES DEL PROYECTO RUNA KAWSAY.” [en línea] (Trabajo de titulación)ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. 2010. p.32[Consulta: 2020-12-11] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/724/1/56T00242.pdf>

BIODEGRADÁVEIS, F., & AMIDO, À. COMPOSICIÓN Y PROCESAMIENTO DE STARCH-BASED BIODEGRADABLE FILMS . COMPOSIÇÃO E TRANSFORMAÇÃO DE. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustria*, [en línea], 2012 , (Brazil) 10(1), pp. 182–192.[Consulta: 13 diciembre 2020]. ISSN 2541-2378 Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>

BOLETÍN DE SERVICIOS AGRÍCOLAS DE LA FAO -. [en línea]. Capítulo 8 Análisis físicoquímico del almidón DISTRIBUCIÓN. In *GUÍA TÉCNICA PARA PRODUCCIÓN Y ANÁLISIS DE ALMIDÓN DE YUCA* 207.(Vol. 140, p. 78). [Consulta: 13 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s00.htm>

BUENSUCESO, V. *ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE BIOPELÍCULAS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA (MANIHOT ESCULENTA CRANTZ)*”. [En línea] (Trabajo de titulación), (Ingeniera Química Industrial) ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS EXTRACTIVAS. Distrito Federal, México. 2010. pp.25-59. [Consulta: 16-12-2020] Disponible en: <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/25079>

CARBALLO, Z. B. C., ARANDA, S. D., & ESCAMILLA, G. C. Properties and Biodegradation of Thermoplastic Starch Obtained from Grafted Starches with Poly (lactic acid). *Journal of Polymers and the Environment*, (123456789), [en línea], 2019, (United State of America)11. p.26. [Consulta: 20 diciembre 2020]. ISSN 3421-2314. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s10924-019-01540-w>

CATALAN, G. Z. *Estudio comparativo de los efectos de dos estrategias de fertilización sobre el desarrollo de un cultivo de cebada y sobre las propiedades del suelo*. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniero Agroalimentaria) Escuela Politécnica Superior de Huesca (EPS), Zaragoza. 2018. [Consulta: 2021-01-05]. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/77887>

CHARIGUAMÁN, J. A., & AGR, C. E. *Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (Passiflora edulis s pp.)*. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniero Agrónomo). Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Honduras. 2015. pp.16-23. [Consulta: 2021-01-05]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>

CONLEY, R. *Infrared spectroscopy*. [blog], [Consulta: 05 enero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/904/90411687002.pdf>

ESCOBAR, D., SALA, A., SILVERA, C., HARISPE, R., MÁRQUEZ, R. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo : estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *REVISTA DEL LABORATORIO TECNOLÓGICO DEL URUGUAY*, (4), [en línea], 2009, (Uruguay)11. p.26. [Consulta: 15 enero 2021]. ISSN 6221-2314. Disponible en: https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1442

ESCOBAR, D. , SALA, A. Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *Revista Anual Del Laboratorio Tecnológico Del Uruguay*, 4, [en línea], 2009, (Uruguay)11. pp. 33–36. [Consulta: 15 enero 2021]. ISSN 6221-2314. Disponible

en: https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1442

FABIOL, H. I. Aprovechamiento de almidón de cebada de mala calidad para la producción de enzimas amilolíticas por. *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental*, 35(2), en línea], 2019, (Mexico). pp. 435–446.[Consulta: 15 enero 2021].ISSN 8731-2312.Disponible en: <https://doi.org/10.20937/RICA.2019.35.02.14>

GARCÍA, A. E. E. I. I. – F. “ *OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ* ” [en línea], 2015, (El Salvador)11. pp.31-38.[Consulta: 15 enero 2021].ISSN 9221-1214. r. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>

GUAMÁN, J. (2019). *OBTENCION DE ALMIDÓN DE CASCARAS DE PAPA PARA SU APLICACIÓN INDUSTRIAL* “. [en línea] (Trabajo de titulación)ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. 2010. pp.32-86[Consulta: 2021-01-23] Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/11069>

INEN. 1456. *NORMA TÉCNICA ECUATORIANA MÉTODO DE ENSAYO PARA LAS PROPIEDADES DE LOS ALMIDONES.* Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>

INEN. 2542. Instituto ecuatoriano de normalización (2010). *LAMINAS PLÁSTICAS. REQUISITOS.* Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2542.pdf>

JUIÑA, G. D. G. *ESTUDIO DE VARIABILIDAD FENOTÍPICA DE ACCESIONES DE TRIGO (Triticum aestivum L.) Y CEBADA (Hordeum vulgare L.)*. [en línea] (Trabajo de titulación) UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS Carrera de Ingeniería Agronómica. Quito, Pichincha, Ecuador. 2014. pp. 18-20. [Consulta: 2021-01-23] Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2857/1/T-UCE-0004-90.pdf>

KUCHAREK, Z. B. Bioplastics and food packaging: A review. *Cogent Food & Agriculture*, [en línea], 2015, (United State of America)11. pp.24-25.[Consulta: 23 enero 2021].ISSN 1221-3242(1), 12. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/23311932.2015.1117749>

LESCANO, L.*CARACTERIZACIÓN DE LAS HARINAS DE TRIGO NACIONAL (Cojitambo), MAÍZ (INIAP 122), CEBADA (Cañicapa), QUINUA, PAPA (Gabriela), DESTINADAS A*

PANIFICACIÓN MEDIANTE LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FUNCIONALES DE SUS ALMIDONES. [en línea] (Trabajo de titulación)(Ingeniero Agrónomo) UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. Ambato, Tungurahua, Ecuador. 2010. p.58 [Consulta: 2021-01-23]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/849>

LUCHESE, L., & FRICK, I. C. Food Hydrocolloids Synthesis and characterization of bio films using native and modified starch pinh a Cl a, 45. [en línea], 2015, (United State of America) pp.24-30.[Consulta: 10 Febrero 2021].Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.11.015>

MARTINEZ, J. *Utilización de [alfa]-amilasas en la formulación de detergentes industriales.* [En línea] (Trabajo de titulación)(Ingeniero Químico) Universidad de Granada. España. 2005. p. 35 [Consulta:2021-02-10]. Disponible en: https://www.academia.edu/29983586/Utilización_de_alfa_amilasas_en_la_formulación_de_detergentes_industriales

MÉNDEZ, P., Hinojosa, R., Carmen, U., Gutiérrez, R., Alma, D., Marzo, M., ... García, P. Degradación física del almidón de cebada (*Hordeum sativum* Jess). Correlación entre la gelatinización y el tamaño de gránulos. *Multiciencias*[en línea],2009, 115–125. p.24.[Consulta: 10 de febrero 2021]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/904/90411687002.pdf>

MERÉ, J. *Estudio del procesado de un polímero termoplástico basado en almidón de patata amigable con el medio ambiente.* [En línea] (Trabajo de titulación)(Ingeniero Químico Industrial) UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID. España. 2009. p.39 [Consulta:2021-04-23]. Disponible en: https://e-archivo.uc3m.es/bitstream/handle/10016/10823/PFC_Javier_Mere_Marcos.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MORENO, I.; RAMÍREZ, A.EL CULTIVO DEL TRIGO. ALGUNOS RESULTADOS DE SU PRODUCCIÓN EN CUBA. *Cultivos Tropicales* 22, [en línea],2001.(Cuba) ,pp.55–67.[Consulta: 10 diciembre 2020], Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193230162009.pdf>

NARVÁEZ, M.*Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón.* [En línea] (Trabajo de titulación)(Ingeniero Químico) UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ. Quito, Pichincha, Ecuador. 2016. pp.26-28 [Consulta: 2021-05-15]. Disponible en : <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/6299>

NAVIA, D. P., & VILLADA, C. S. EMPAQUES BIODEGRADABLES EN CIENCIA , IMPACT OF BIODEGRADABLE PACKAGING RESEARCH IN SCIENCE , TECHNOLOGY AND INNOVATION PESQUISA DE CIÊNCIA , TECNOLOGIA E. *Biotecnología En El Sector Agropecuario Y Agroindustrial*, 11(2)[en línea],2013.(Uruguay), pp. [Consulta: 12 marzo 2021] 173–180. Disponible en: dpnavia@usbcali.edu.co

PARRA, J. B. “OBTENCIÓN DE BIOFILM A PARTIR DEL ALMIDÓN DE ZANAHORIA BLANCA (*Arracacia xanthorrhiza*) Y DE CAMOTE (*Ipomoea batatas*) COMO ALTERNATIVA AL USO DE MATERIAL PLÁSTICO DERIVADO DE PETRÓLEO.” [en línea] (Trabajo de titulación)(Ingeniero Químico), ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Riobamba, Chimborazo, Ecuador.2019. pp. 65-70. [Consulta: 2020-11-10] Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/handle/123456789/13808>

POLO, M., & ISRAEL, S.“SELECCIÓN DE UNA LÍNEA PROMISORIA DE CEBADA (*HORDEUM VULGARE L.*) BIO – FORTIFICADA, DE GRANO DESCUBIERTO Y BAJO CONTENIDO EN FITATOS, EN ÁREAS VULNERABLES DE LA SIERRA SUR ECUATORIANA.” [en línea] (Trabajo de titulación)(Ingeniero en Agroalimentos) UNIVERSIDAD DE CUENCA. Cuenca, Azuay, Ecuador. 2015.p35. [Consulta. 2021-01-20] Disponible en: [http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23473/1/TESIS CEBADA.pdf](http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23473/1/TESIS%20CEBADA.pdf)

Queiroz, A. U., & Collares-Queiroz, & F. P. *Innovation and Industrial Trends in Bioplastics. Polymer Reviews*,[en línea]. 2009. (United State of America). p. 65.[Consulta: 14 mayo 2021] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/15583720902834759>

R, P. M., U, L. Q., & C, V. M. *Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad - Proyecto de laboratorio Elaboration of bioplastics and determination of their biodegradability - Laboratory proyect. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN FIGMMG-UNMSM* (Vol. 22).[en línea]. 2019.(Mexico). p. 39.[Consulta: 25 abril 2021] Disponible en: [file:///C:/Users/Dell 5ta Generación/Downloads/16691-Texto del artículo-58242-1-10-20190911 \(2\).pdf](file:///C:/Users/Dell%205ta%20Generación/Downloads/16691-Texto%20del%20artículo-58242-1-10-20190911%20(2).pdf)

RAMPTON, A. (INSTITUTO N. DE T. A., & ARGENTINA). Almidon del la casaba de trigo:Estudio compartivo para uso de conservacion. *RIA. Revista de Investigaciones Agropecuarias*. [en línea]. 2016. (Argentina). p. 38.[Consulta: 15 Junio 2021] Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/864/86429344012.pdf>

RIERA, J., CABRA, V., & ONTARE, R. Identificación de polímeros por espectroscopía infrarroja. *ONTARE*, [en línea]. 2017, (Mexico), p.140. [Consulta: 20 mayo 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.21158/23823399.v5.n0.2017.2005>

RODRÍGUEZ, L. R., AGUILAR, I. G., & MORFA, C. N. Evaluación de dos variedades de sorgo para la obtención de almidón. *Revista Centro Azúcar*, 42(2223–4861), [en línea]. 2015, (Argentina), p.88–95. [Consulta: 25 marzo 2021]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2223-48612015000100009

ROMERO G., D. L. (2010). *EVALUACION DEL GRADO DE DETERIORO EN PLASTICOS BIODEGRADABLES SOMETIDOS A DISTINTOS ECOSISTEMAS DE ESTUDIO*. [En línea] (Trabajo de titulación), (Ingeniero ambiental) UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON. Mexico. 2010. [Consulta: 2021-02-25]. Disponible en: <http://eprints.uanl.mx/7786/1/1020120834.PDF>

RUILOBA, I., LI, M., QUINTERO, R., & CORREA, J. *Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango* (Vol. 4). [en línea], 2018 (Panamá) p.30. [Consulta: 15 febrero 2021]. ISSN: 2412-0464 Disponible en: <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/1815>

SUN, L., SUN, J., CHEN, L., NIU, P., YANG, X., & GUO, Y. *Preparation and characterization of chitosan film incorporated with thinned young apple polyphenols as an active packaging material*. *Carbohydrate Polymers*, 8617(17). [en línea], 2017 (China), p.13 [Consulta: 10 junio 2021] Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.01.016>

TOLEDO, K. A. L. *Efecto de varios ciclos de enfriamiento/calentamiento en el contenido de almidón resistente tipo III en almidones de achira (Canna edulis Ker) y papa (Solanum tuberosum)*. [En línea]. 2008. (Trabajo de titulación) (Ingeniero Químico) Universidad San Francisco de Quito. Quito, p.56. Pichincha, Ecuador [Consulta: 25-05-25]. Disponible en: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/717/1/87604.pdf>

TRABZON, T. Biodegradable Plastics from Renewable Resources. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, [en línea], 2010 (Inglaterra), p.15-45 [Consulta: 15 marzo 2021] Disponible en: <https://doi.org/10.1080/009083190965820>

TRUJILLO, C.” *OBTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE*

ALMIDÓN DE YUCA (Manihot esculenta Crantz) DOBLEMENTE MODIFICADO PARA USO EN EMPAQUE. [En línea] (Trabajo de titulación) UNIVERSIDAD NACIONAL AMAZONICA DE MADRE DE DIOS FACULTAD. Puerto Maldonado, Peru. 2014. pp.93-96 [Consulta: 2021-06-18] Disponible en: <https://docplayer.es/64206300-Obtencion-de-peliculas-biodegradables-a-partir-de-almidon-de-yuca-manihot-esculenta-crantz-doblemente-modificado-para-uso-en-empaque-de-alimentos.html>

TUBON, I. R. "FORMULACIÓN, ELABORACIÓN Y EVALUACIÓN DE BIOENVASE PARA CAMELOS A BASE DE ALMIDÓN DE YUCA, SACAROSA Y GELATINA". [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniero Biotecnología), ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO. Riobamba, Chimborazo, Ecuador. 201. p.35 [Consulta: 2021-07-05] Disponible en: <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/2572/1/56T00339.pdf>

WANG, X., & YANG, K. Properties of Starch Blends with Biodegradable Polymers. *Journal of Macromolecular Science, Part C: Polymer Reviews*, 1797, 27. [en línea], 2011 (China), pp.5-19 [Consulta: 10 febrero 2021] Disponible en: <https://doi.org/10.1081/MC-120023911>

Y, B. & T. INFLUENCIA DE LA VARIEDAD DE TRIGO (*Triticum aestivum*) SOBRE LA CALIDAD PANADERA DE LA HARINA PRODUCIDA Tesis INFLUENCIA DE LA VARIEDAD DE TRIGO (*Triticum aestivum*). [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniero en Alimentos) UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO. Lambayeque, Perú. 2018. p.56 [Consulta: 2021-07-12]. Disponible en: <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/2120/BC-TES-TMP-990.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Y, S. M. DE B., & BIOINGENIERÍA, A. C. INCLUIDA EN P. *Caracterización Física y Química Proximal de Paja, Grano y Almidón de Cebada de la Variedad Esmeralda* (Dr. Sergio, Vol. 16). Mexico. 2012: Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería, A.C. incluida en PERIÓDICA. [blog] [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <http://www.smbb.com.mx/>

ANEXOS

ANEXO A: Obtención del almidón

a)



b)



c)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: María Cruz Morocho Pilataxi	OBTENCION DEL ALMIDON DE TRIGO Y CEBADA		
a. Humectación de las gramíneas b. Molienda de ambas materias primas c. Decantación del almidón	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	02 - 09- 2021

CONTINUACION DE ANEXO A

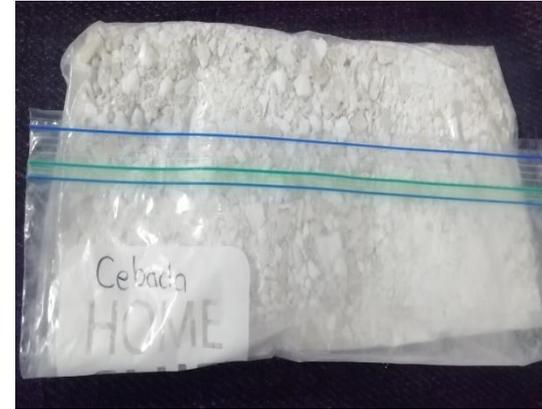
d)



e)



f)



NOTAS: d. Molienda del almidón para granular e. Almidón de trigo f. Almidón de cebada	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: María Cruz Morocho Pilataxi	OBTENCION DEL ALMIDON DE TRIGO Y CEBADA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	02 - 09- 2021

ANEXO B: Caracterización de almidones

a)



b)



c)



d)



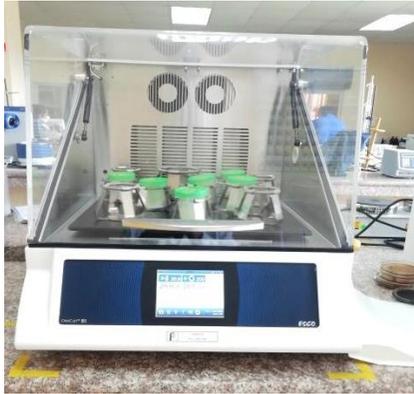
e)



NOTAS: a. Prueba de densidad b. Prueba de humedad a los almidones c. Prueba de ceniza en los almidones d. Prueba de pH del almidón e. Prueba de solubilidad	CATEGORIA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: María Cruz Morocho Pilataxi	CARACTERIZACION DE LOS ALMIDONES DE TRIGO Y CEBADA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	02 - 09 - 2021

CONTINUACION DE ANEXO B

f)



g)



h)



i)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: María Cruz Morocho Pilataxi	CARACTERIZACION DE LOS ALMIDONES DE TRIGO Y CEBADA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
f. Prueba de pH solubilidad del almidón g. Prueba de poder de hinchamiento h. Tamaño de granulo i. Residuo prueba de ceniza	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	1	1:1	02 - 09 - 2021	

CONTINUACION DE ANEXO B

j)



k)



l)



m)



NOTAS:

- j. Preparación para la prueba de viscosidad.
- k. Equipo prueba de viscosidad
- l. Prueba de sensibilidad
- m. Presencia de almidones prueba de sensibilidad almidón de trigo y cebada

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

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

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ELABORADO POR:

María Cruz Morocho Pilataxi

CARACTERIZACION DE LOS ALMIDONES DE TRIGO Y CEBADA

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	02 - 09 - 2021

ANEXO C: Elaboración del bioplástico

a)



b)



c)



d)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: María Cruz Morocho Pilataxi	ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE TRIGO Y CEBADA		
a. Peso de la cantidad de muestra a utilizar en la elaboración. b. Materiales usados dentro del elaboración. c. Ingresando el plastificante a la solución. d. Vertido en cajas de diferentes concentraciones.	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar				
			1	1:1	02 - 09 - 2021

CONTINUACION DE ANEXO C

e)



f)



g)



h)



NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: María Cruz Morocho Pilataxi	ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO DE TRIGO Y CEBADA		
e. Secado de los bioplasticos f. Formación de los bioplasticos en las cajas Petri. g. Formación de lámina mayor para las probetas. h. Transparencia de los bioplasticos	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	02- 09 - 2021

ANEXO D: Pruebas físico químicas

a)



b)



c)



d)



NOTAS:

- a. Corte de láminas de trigo para las pruebas físico químicas
- b. Corte de láminas de cebada para la pruebas físico químicas
- c. Prueba de humedad de los bioplásticos de trigo y cebada
- d. Prueba de solubilidad de los bioplásticos.

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

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

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ELABORADO POR:**

María Cruz Morocho Pilataxi

PRUEBAS FÍSICO QUÍMICAS DE LOS
BIOPLASTICOS DE TRIGO Y CEBADA

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	02 - 09 - 2021

CONTINUACIÓN DE ANEXO D

e)



f)



g)



h)



NOTAS:

- e. Ensayo de solubilidad en el Equipo Shaker
- f. Láminas de bioplástico secos
- g. Elementos necesarios para el ensayo de permeabilidad de vapor
- h. Ensayo de permeabilidad de vapor

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

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

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ELABORADO POR:**

María Cruz Morocho Pilataxi

PRUEBAS FÍSICO QUÍMICAS DE LOS
BIOPLASTICOS DE TRIGO Y CEBADA

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	02 - 09 - 2021

ANEXO E: Preparación de muestras

a)



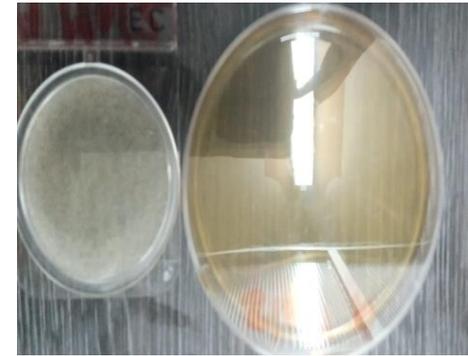
b)



c)



d)



NOTAS:

- a. Esterilización de los bioplásticos en el equipo rayos gamma
- b. Muestras de bioplásticos de trigo y cebada
- c. Resultados de los bioplástico de cebada dentro del agar
- d. Resultado del bioplásticos de trigo dentro del agar.

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

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

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ELABORADO POR:**

María Cruz Morocho Pilataxi

PREPARACIÓN PARA PRUEBAS
MICROBIOLÓGICAS

LÁMINA

ESCALA

FECHA

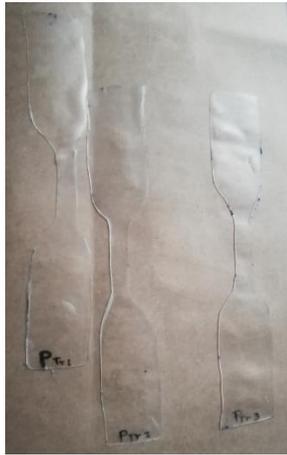
1

1:1

02- 09 - 2021

ANEXO F: Pruebas de Tracción

a)



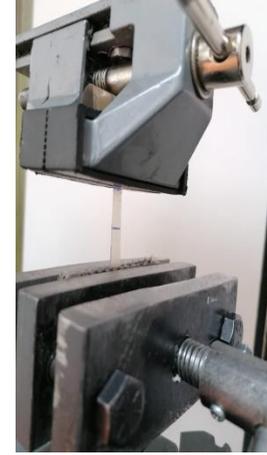
b)



c)



d)



e)



NOTAS:

- a. Probetas de análisis del bioplástico de trigo
- b. Probetas de análisis de bioplástico de la cebada
- c. Prueba mecánica del bioplástico de trigo
- d. Prueba mecánica al bioplástico de cebada
- e. Equipo universal de ensayo de materiales.

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

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

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
ELABORADO POR:**

María Cruz Morocho Pilataxi

PRUEBAS MECANICAS DE TRACCIÓN

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	02- 09 - 2021

ANEXO G

MC-LSAIA-2201-03

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

INFORME DE ENSAYO No: 20-112

NOMBRE PETICIONARIO: Srta. María Cruz Morocho Pilataxi	INSTITUCIÓN: ESPOCH	
DIRECCIÓN: Riobamba	ATENCIÓN: Srta. María Morocho	
FECHA DE EMISIÓN: 10 de diciembre de 2020	FECHA DE RECEPCIÓN.: 30/11/2020	
FECHA DE ANÁLISIS: Del 30 de noviembre al 9 de diciembre de 2020	HORA DE RECEPCIÓN: 08H30	
	ANÁLISIS SOLICITADO: Amilosa	

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ¹²				IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04				
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelet 1983				
UNIDAD	%	%				
20-0733	8,64	44,97				Almidón de trigo
20-0734	6,86	24,23				Almidón de cebada

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



Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO

RESPONSABLES DEL INFORME




Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigido únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA ELABORADO POR: María Cruz Morocho Pilataxi	PRUEBA DE AMILOSA		
a. Resultado de amilosa	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Información	<input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Por calificar	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	02 - 09 - 2021

ANEXO H: RESULTADOS DE LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS DE TRIGO Y CEBADA



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 01	
SOLICITADO POR:	Maria Cruz Morocho Pilataxi
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCION DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL TRIGO (TRITICUM) Y CEBADA (HORDEUM VULGARE) PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUIMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - TRIGO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 11
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	24-nov-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-201650064 Cód IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	P - Tr1
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.42
ANCHURA [mm]	8.45
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	3.55
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.291 E-01
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.16
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.04
CARGA MAXIMA [N]	0.18
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.05
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	12.58
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:

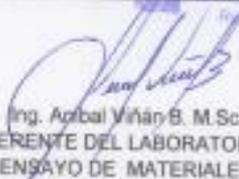
Ing. Anibal Viñán B. MsC.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES

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

1/1

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 02	
SOLICITADO POR:	Maria Cruz Morocho Pilatani
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DEL TRIGO (TRITICUM) Y CEBADA (HORDEUM VULGARE) PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO - TRIGO
MATERIAL:	LAMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 11
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635-012
FECHA DE ENSAYO:	24-nov-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064
CÓD IDENT: M2	
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	P - Tr2
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.44
ANCHURA [mm]	8.27
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	3.64
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	5.161.E-01
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.19
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.05
CARGA MAXIMA [N]	0.23
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.06
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	14.28
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. MsC.
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

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 03	
SOLICITADO POR:	María Cruz Merocho Platani
PROYECTO DE TESIS:	*OBTENCION DE BIOPLASTICO A PARTIR DEL TRIGO (TRITICUM) Y CEBADA (HORDEUM VULGARE) PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS*
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO - TRIGO
MATERIAL:	LÁMINA DE PLASTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 11
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	24-nov-20
EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064 COD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	P - Tr3
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.34
ANCHURA [mm]	8.34
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.84
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	6.622 E-01
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.21
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.07
CARGA MAXIMA [N]	0.23
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.08
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	14.48
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

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 04	
SOLICITADO POR:	Maria Cruz Morocho Platani
PROYECTO DE TESIS:	*OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DEL TRIGO (TRITICUM) Y CEBADA (HORDEUM VULGARE) PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS*
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO - CEBADA
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 11
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635:012
FECHA DE ENSAYO:	24-nov-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064 CÓD IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	P - Ceb1
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.38
ANCHURA [mm]	8.34
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	3.17
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.322.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.70
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.22
CARGA MAXIMA [N]	0.74
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.23
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	25.30
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



LenMaV
LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Ing. Anibal Viñán B. MsC.
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

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 05	
SOLICITADO POR:	Maria Cruz Morocho Pilatavi
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLASTICO A PARTIR DEL TRIGO (TRITICUM) Y CEBADA (HORDEUM VULGARE) PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLASTICO - CEBADA
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 11
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	24-nov-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: LNM-F-2016500064 Cód IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL:	P - Ceb2
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.24
ANCHURA [mm]	8.73
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCION TRANSVERSAL [mm ²]	2.10
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.411.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.52
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.25
CARGA MAXIMA [N]	0.55
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.26
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	29.79
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



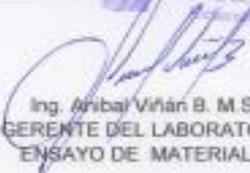
Ing. Anibal Viñan B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

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

INFORME DE RESULTADOS	
ENSAYO DE TRACCIÓN	
Denominación: RG 18 - 1	
N° 06	
SOLICITADO POR:	María Cruz Morocho Pilataxi
PROYECTO DE TESIS:	"OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DEL TRIGO (TRITICUM) Y CEBADA (HORDEUM VULGARE) PARA USO COMO ENVOLTURAS BIODEGRADABLES DE ALIMENTOS"
DIRECCION:	ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA
TIPO DE MATERIAL:	BIOPLÁSTICO - CEBADA
MATERIAL:	LÁMINA DE PLÁSTICO
FECHA DE FABRICACIÓN:	2020 - 11
NORMA UTILIZADA:	NTE INEN 2635.012
FECHA DE ENSAYO:	24-nov-20
EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B	
MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD	
SERIE: 7136	CERTIFICADO: ENM-F-2016500064 Cód IDENT: M2
DESIGNACIÓN DEL MATERIAL	P - Ceb3
CARACTERÍSTICA	LÁMINA TRANSPARENTE
ESPESOR [mm]	0.4
ANCHURA [mm]	8.65
LONGITUD INICIAL [mm]	25.00
SECCIÓN TRANSVERSAL [mm ²]	3.46
MODULO DE ELASTICIDAD [MPa]	1.228.E+00
CARGA DE FLUENCIA [N]	0.80
ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa]	0.23
CARGA MAXIMA [N]	0.84
ESFUERZO MAXIMO [MPa]	0.24
PORCENTAJE DE ELONGACION [%]	27.87
OBSERVACIONES:	

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. MsC.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

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

1/1

ANEXO I: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

RESULTADOS DE ANÁLISIS BACTERIOLÓGICOS DE LOS BIOPLASTICOS

NOMBRE Maria Cruz Morocho Pilatuxi
TIPO DE MUESTRA Lámina de bioplástico de trigo(<i>Triticum</i>) y lámina de bioplástico de Cebada(<i>Hordeum vulgare</i>)
FECHA DE ENTREGA 10 de diciembre del 2020

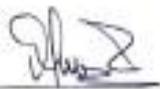
Examen Fisico

COLOR: Transparente
OLOR: Inoloro
ASPECTO: Uniforme

Examen Bacteriológico

Trigo (<i>Triticum</i>)			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia Coli</i>)	UFC/g	< 10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1 000- 5 000	Ausencia
Cebada(<i>Hordeum vulgare</i>)			
Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Coliformes Totales	UFC/g	-	Ausencia
Coliformes Fecales (<i>Escherichia Coli</i>)	UFC/g	< 10	Ausencia
Mohos y levaduras	UFC/g	1 000- 5 000	Ausencia

Valores de Referencia tomados de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca (FAO).



Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO

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



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: 25 / 10 / 2021

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

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=BANCO
CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE
CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE,
l=QUITO, serialNumber=0000621485,
cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.10.25 17:56:35 -05'00'



1533-DBRA-UTP-2021