



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**OBTENCIÓN DE LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES
DEL ALMIDÓN DE CENTENO (*Secale cereale*) PARA EL USO DE LA
INDUSTRIA ALIMENTICIA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: JENNIFER ALEXANDRA ARIAS MEDINA

DIRECTOR: ING. MARCO RAÚL CHUIZA ROJAS Mgs.

Riobamba – Ecuador

2022

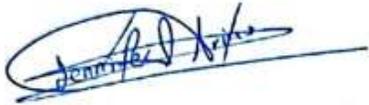
©2022, Jennifer Alexandra Arias Medina

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, JENNIFER ALEXANDRA ARIAS MEDINA, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y academia de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de mayo de 2022.

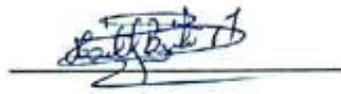


Jennifer Alexandra Arias Medina

C.I.: 050314517-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto de Investigación, **OBTENCIÓN DE LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLES DEL ALMIDÓN DE CENTENO (*Secale cereale*) PARA EL USO DE LA INDUSTRIA ALIMENTICIA** realizado por la señorita: **JENNIFER ALEXANDRA ARIAS MEDINA**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Mónica Lilian Andrade Ávalos Mtr. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-05-30
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas Mgs. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-05-30
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moina PhD. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-05-30

DEDICATORIA

A Dios, a mis padres Arias Javier y Medina Esperanza por apoyarme hasta en los momentos más críticos de este largo camino. A mi hermana Ing. Arias Karolina, porque no solo es mi hermana, es mi confidente, mi amiga y cuando es necesario una madre más para mí.

Jennifer

AGRADECIMIENTO

Quiero extender mi eterno agradecimiento primeramente a Dios y segundo a mis padres quienes han sido el núcleo y el pilar fundamental de cada logro alcanzado por su apoyo, sus consejos, sus regaños, pero sobre todo su amor y comprensión. A mis hermanos, pero en especial a mi hermana Karolina Arias quien siempre ha estado velando por mí, por mis estudios, mis proyectos, mis deseos, mis planes de vida, ella ha sido mi complemento para afrontar las situación buenas, malas, críticas o extremadamente duras. A mis amigos que durante la carrera no faltaron las risas, los chismes, los secretos, el estrés, las ayudas, las quejas y a veces las lágrimas, veíamos tan lejos la meta, pero solo era cuestión de tiempo pues henos aquí a pocos pasos de alcanzar ese sueño. A mis maestros quienes me guiaron en este trabajo de investigación, hasta la culminación de este. A todas aquellas personas que no creyeron que lo lograría, que querían ver mi fracaso y mi derrota, pero todo eso me dio la fuerza y el impulso de continuar de no desistir, aunque quisiera, de seguir luchando por lo que quería, porque en toda batalla siempre hay una recompensa.

Jennifer

TABLA DE CONTENIDOS

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

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	2
1.1. Identificación del problema	2
1.2. Justificación de la investigación.....	3
1.3. Objetivos de la investigación.....	4
1.3.1. <i>General</i>	4
1.3.2. <i>Específicos</i>	4

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO	5
2.1. Antecedentes de la investigación.....	5
2.2. Marco conceptual o glosario	7
2.2.1. <i>Producción agrícola</i>	7
2.2.1.1. <i>Historia de los Productos agrícolas</i>	8
2.2.1.2. <i>Definición de los productos agrícolas</i>	8
2.2.2. <i>Centeno</i>	9
2.2.2.1. <i>Características del Centeno</i>	9
2.2.2.2. <i>Clasificación Taxonómica</i>	10
2.2.2.3. <i>Descripción Organográfica</i>	10
2.2.1.4. <i>Composición Química</i>	11
2.2.3. <i>Almidón</i>	11

2.2.4.	<i>Composición del almidón</i>	11
2.2.5.	<i>Amilosa</i>	11
2.2.6.	<i>Amilopectina</i>	12
2.2.7.	<i>Aplicaciones industriales del almidón</i>	12
2.2.8.	<i>Extracción de almidón</i>	13
2.2.9.	<i>Extracción de almidón en cereales</i>	13
2.2.10.	<i>Método de extracción de almidón</i>	13
2.2.10.1.	<i>Método húmedo</i>	13
2.2.10.2.	<i>Método seco</i>	13
2.2.11.	<i>Operaciones Unitarias involucradas en la obtención de almidón</i>	14
2.2.11.1.	<i>Limpieza de la materia prima</i>	14
2.2.11.2.	<i>Reducción de tamaño</i>	14
2.2.11.3.	<i>Filtración</i>	14
2.2.11.4.	<i>Sedimentación</i>	15
2.2.11.5.	<i>Decantación</i>	15
2.2.11.6.	<i>Secado</i>	15
2.2.12.	<i>Gelatinización</i>	15
2.2.13.	<i>Plásticos</i>	16
2.2.13.1.	<i>Plásticos biodegradables</i>	16
2.2.14.	<i>Aditivos para la elaboración de bioplástico</i>	16
2.2.14.1.	<i>Plastificante</i>	16
2.2.14.2.	<i>Glicerina</i>	17
2.2.14.3.	<i>Ácido acético</i>	17
2.3.	Planteamiento de las hipótesis	18
2.3.1.	<i>General</i>	18
2.3.2.	<i>Específicos</i>	18
2.4.	Identificación de variables	19
2.5.	Operacionalización de variables	20
2.6.	Matriz de consistencia	21
2.7.	Tipo y diseño de investigación	24
2.7.1.	<i>Tipo de investigación</i>	24
2.7.2.	<i>Diseño de la investigación</i>	24
2.7.3.	<i>Descripción de equipos y materiales</i>	27
2.8.	Unidad de análisis	27

2.9.	Población de estudio	28
2.10.	Tamaño de la muestra	28
2.11.	Selección de la muestra	28
2.12.	Técnicas de recolección de datos	29
2.12.1.	<i>Extracción de almidón</i>	29
2.12.2.	<i>Análisis para realizar la caracterización del almidón extraído por vía húmeda</i>	31
2.13.	Técnica de obtención de biofilms	35
2.13.1.	<i>Caracterización de los biofilms</i>	36

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	41
3.1.	Recolección de datos del almidón y materia prima	41
3.1.1.	<i>Características de la materia prima</i>	41
3.1.2.	<i>Extracción del almidón mediante el método de vía húmeda</i>	42
3.1.3.	<i>Secado de almidón por vía húmeda</i>	43
3.1.4.	<i>Pruebas de residuos por calcinación del almidón de centeno</i>	44
3.1.5.	<i>Pruebas previas en la formulación de bioplástico</i>	44
3.1.5.1.	<i>Concentración del almidón</i>	44
3.1.5.2.	<i>Concentración del plastificante (Glicerina)</i>	45
3.1.6.	<i>Propiedades físicas, mecánicas del bioplástico</i>	47
3.1.6.1.	<i>Determinación del espesor con un calibrador digital se tomó 16 medidas diferentes</i>	47
3.1.6.2.	<i>Determinación de la humedad</i>	48
3.1.6.3.	<i>Determinación de la solubilidad</i>	48
3.1.4.4.	<i>Ensayo del grado de transmisión de vapor de agua</i>	49
3.1.7.	<i>Determinación de biodegradabilidad del bioplástico</i>	50
3.1.7.1.	<i>Biodegradabilidad en el suelo</i>	50
3.1.7.2.	<i>Biodegradabilidad en el agua</i>	50
3.1.7.3.	<i>Biodegradabilidad en el ambiente</i>	51
3.2.	Cálculos	52
3.2.1.	<i>Cálculos realizados para el almidón de centeno</i>	52
3.2.1.1.	<i>Porcentaje de rendimiento</i>	52
3.2.1.2.	<i>Contenido de cenizas</i>	52
3.2.2.	<i>Cálculos del bioplástico obtenido a partir del almidón de centeno</i>	52

3.2.2.1.	<i>Porcentaje de humedad</i>	52
3.2.2.2.	<i>Solubilidad del bioplástico</i>	53
3.2.2.3.	<i>Grado transmisión de vapor de agua</i>	53
3.3.	Resultados	54
3.3.1.	<i>Curva de secado del almidón</i>	54
3.3.2.	<i>Resultados obtenidos de los ensayos realizados al almidón de centeno</i>	54
3.3.2.1.	<i>Rendimiento de extracción del almidón por vía húmeda</i>	54
3.3.2.2.	<i>Análisis de tukey sobre el rendimiento del almidón de centeno</i>	56
3.3.3.	<i>Resultados obtenidos para las pruebas físico químicas del almidón de centeno</i>	57
3.3.4.	<i>Resultados obtenidos de los ensayos del bioplástico</i>	59
3.3.4.1.	<i>Pruebas de degradación</i>	60
3.3.4.2.	<i>Recubrimiento en alimentos</i>	62
3.3.4.3.	<i>Prueba de tracción del bioplástico</i>	65
3.4.	Prueba de Hipótesis	66
3.4.1.	<i>General</i>	66
3.4.2.	<i>Específica 1</i>	66
3.4.3.	<i>Específica 2</i>	66
3.4.4.	<i>Específica 3</i>	67
3.4.5.	<i>Específica 4</i>	67
CONCLUSIONES		68
RECOMENDACIONES		69
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Estudios realizados sobre la obtención del almidón y la fabricación de bioplásticos como antecedentes para la investigación	5
Tabla 2-2:	Tipos de producción agrícola.....	7
Tabla 3-2:	Clasificación de los productos	9
Tabla 4-2:	Clasificación taxonómica del centeno.....	10
Tabla 5-2:	Descripción organográfica del centeno	10
Tabla 6-2:	Composición química del centeno, porcentaje en peso	11
Tabla 7-2:	Aplicaciones industriales del almidón	12
Tabla 8-2:	Identificación de variables	19
Tabla 9-2:	Operacionalización de las variables	20
Tabla 10-2:	Matriz de consistencia	21
Tabla 11-2:	Método de extracción del almidón por vía húmeda	25
Tabla 12-2:	Diseño factorial 2 ^k del bioplástico.....	25
Tabla 13-2:	Matriz del diseño factorial 2 ²	25
Tabla 14-2:	Descripción de los equipos y materiales empleados en la investigación	27
Tabla 15-2:	Descripción de las cantidades para la extracción del almidón.....	28
Tabla 16-2:	Técnica de extracción de almidón de centeno.....	29
Tabla 17-2:	Ensayos para realizar la caracterización del almidón de centeno	31
Tabla 18-2:	Proceso para la obtención de biofilms a partir del almidón de centeno.....	35
Tabla 19-2:	Ensayos físicos – mecánicos para la caracterización de los biofilms	36
Tabla 1-3:	Datos característicos de la materia prima.....	41
Tabla 2-3:	Datos obtenidos mediante el método de vía húmeda	42
Tabla 3-3:	Datos del proceso de secado el almidón por vía húmeda	43
Tabla 4-3:	Datos para la prueba de residuos por calcinación	44
Tabla 5-3:	Concentraciones del almidón.....	45
Tabla 6-3:	Concentración del plastificante.....	45
Tabla 7-3:	Nomenclatura y concentraciones para la formulación de bioplástico a partir del diseño factorial 2 ^k	46
Tabla 8-3:	Datos obtenidos del espesor del bioplástico.....	47
Tabla 9-3:	Datos obtenidos para la determinación de la humedad	48
Tabla 10-3:	Datos obtenidos para la solubilidad	48
Tabla 11-3:	Datos del grado de transmisión de vapor de agua realizados al biofilm de centeno ..	49

Tabla 12-3:	Datos obtenidos en la biodegradabilidad del suelo	50
Tabla 13-3:	Datos obtenidos para la biodegradabilidad del biofilm en el agua	50
Tabla 14-3:	Datos obtenidos para la biodegradabilidad del biofilm en el medio ambiente	51
Tabla 15-3:	Factores involucrados en el rendimiento del almidón	55
Tabla 16-3:	Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento del almidón.....	56
Tabla 17-3:	Comparación de factores de tukey	56
Tabla 18-3:	Resultados de las pruebas físico químicas del almidón de centeno.....	57
Tabla 19-3:	Tabla de los resultados obtenidos del espesor del bioplástico	59
Tabla 20-3:	Resultados del ensayo de biodegradabilidad.....	60
Tabla 21-3:	Recubrimiento y análisis físicos de alimentos	62
Tabla 22-3:	Recubrimiento y análisis físicos de alimentos.....	63
Tabla 23-3:	Resultados de pruebas de tracción; esfuerzos y módulos	65

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Diagrama de flujo de extracción del almidón de centeno por vía húmeda	26
Gráfico 2-2:	Diagrama de flujo del proceso para la obtención de biofilms	26
Gráfico 1-3:	Curva de secado del almidón	54
Gráfico 2-3:	Rendimiento del almidón por el método de vía húmeda	55
Gráfico 3-3:	Diferencias de las medias por el método de tukey del centeno	57
Gráfico 4-3:	Biodegradación para el suelo, agua y ambiente para el bioplástico.....	61

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Diseño experimental.....	24
Ecuación 2-2:	Contenido de cenizas.....	34
Ecuación 3-2:	Humedad del bioplástico	37
Ecuación 4-2:	Solubilidad del bioplástico	37
Ecuación 5-2:	Permeabilidad al vapor de agua.....	38

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE ALMIDÓN DE CENTENO
- ANEXO B:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN
- ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL ALMIDÓN DE CENTENO I
- ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL ALMIDÓN DE CENTENO II
- ANEXO E:** CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS
- ANEXO F:** CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS
- ANEXO G:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DE CENTENO
- ANEXO H:** ANÁLISIS AMILOSA DEL ALMIDÓN DE CENTENO

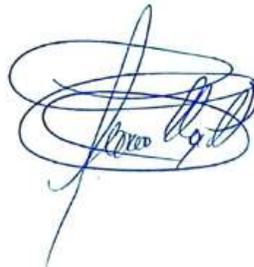
ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CA:	Concentración de almidón
CG:	Concentración de glicerina
C1A:	Centeno 1 tipo A
C1B:	Centeno 2 tipo B
C1C:	Centeno 3 tipo C
RPM:	Revoluciones por minuto
R1:	Repetición 1
R2:	Repetición 2
R3:	Repetición 3
R4:	Repetición 4
T1:	Tratamiento 1
T2:	Tratamiento 2
T3:	Tratamiento 3
T4:	Tratamiento 4
TC1:	Tratamiento de centeno 1
TC2:	Tratamiento de centeno 2
TC3:	Tratamiento de centeno 3
TC4:	Tratamiento de centeno 4

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo formular láminas de biofilm a partir del almidón de centeno (*Secale cereale*) para su aplicación en la industria de alimentos. Por consiguiente, se empleó la metodología del diseño experimental dos k factorial (dos elevado al cuadrado) ya que mide la interacción de k factores en el proceso aplicando el método casting. Por consiguiente, se realizó 4 tratamientos con sus respectivas repeticiones. Por otra parte, la extracción del almidón se realizó por el método de vía húmeda, obteniéndose un rendimiento del 18,702% con una velocidad 2 (20000 RPM) y un tiempo de 90 segundos. Por tanto, la caracterización físico química del almidón se basó en la norma Ecuatoriana INEN 1456 y se obtuvo un 17,76% amilosa y 82,24% amilopectina. En cuanto, a la caracterización del bioplástico, el más adecuado es el tratamiento del centeno 4 (TC4) y se obtuvo un 0,1 mm de espesor, 14,961% de humedad, 38,971% de solubilidad, 0.1208g/hmMPa de permeabilidad de vapor de agua, y en las pruebas de biodegradabilidad se trabajó en tres condiciones como: agua, suelo y ambiente consiguió la pérdida del 94.330 %, 86.8507% y 14,359% respectivamente. Por otro lado, en las propiedades mecánicas se basó en la norma NTE INEN 2043 y se obtuvo un 16,83MPa de módulo de elasticidad, 19,60MPa de carga máxima, 13,07MPa de esfuerzo máximo y un 15,074% de porcentaje de elongación. En conclusión, el bioplástico elaborado muestra propiedades físicas y mecánicas de buena calidad similares a un plástico convencional. Se recomienda profundizar en las investigaciones a base del almidón de centeno propiedades empleado otro tipo de plastificantes.

Palabras clave: <ALMIDÓN>, <CENTENO (*Secale cereale*)>, <GLICERINA>, <FORMULACIÓN>, <CARACTERIZACIÓN FÍSICO-QUÍMICA>, <PROPIEDADES MECÁNICAS>.

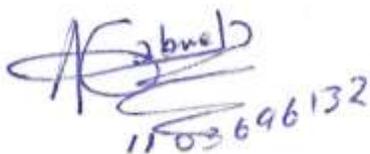


1587-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The current investigation work consisted of formulating biofilm sheets from rye (*Secale cereale*) starch for application in the food industry. Therefore, the two k factorial (two squared) experimental design methodology was used as it measures the interaction of k factors in the process by applying the casting method. Consequently, 4 treatments with their respective repetitions were carried out. On the other hand, starch extraction was carried out by the wet method, obtaining a yield of 18.702% with a speed 2 (20000 RPM) and a time of 90 seconds. Therefore, the physical-chemical characterization of the starch was based on the Ecuadorian standard INEN 1456 obtaining 17.76% amylose and 82.24% amylopectin. As for the characterization of the bioplastic, the most appropriate is the treatment of rye 4 (TC4) which obtained a 0.1 mm thickness, 14.961% moisture, 38.971% solubility, 0.1208g/hmMPa of water vapor permeability, and in the biodegradability tests three conditions were considered: water, soil and environment which resulted in the loss of 94.330%, 86.8507% and 14.359% respectively. On the other hand, the mechanical properties were based on the NTE INEN 2043 standard and obtained 16.83MPa modulus of elasticity, 19.60MPa maximum load, 13.07MPa maximum stress and 15.074% elongation percentage. It is concluded that the elaborated bioplastic shows good quality of physical and mechanical properties that are similar to a conventional plastic. Further research is recommended on rye starch-based properties using other plasticizers.

Keywords: <STARCH>, <RYE (*Secale cereale*)>, <GLYCERIN>, <FORMULATION>, <PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERISATION>, <MECHANICAL PROPERTIES>.



Mg. Ana Gabriel Reinoso Espinoza

C.I: 110369613-2

INTRODUCCIÓN

Desde la década de 1950, la producción de plástico ha superado a cualquier otro material, con la revolución industrial y el creciente aumento poblacional llevo a la industria del plástico a ser una de las más demandadas a nivel mundial, el consumo excesivo de plásticos reemplazo materiales como la madera y materiales metálicos pues lo costos de fabricación de este polímero son bajos en comparación con los otros.

Según (Bölli, 2019, p.10), los tipos más importantes de plásticos se inventaron entre 1850 y 1950 y han sido perfeccionados, a menudo mezclándolos con aditivos tóxicos. De ahí que en el mundo se utilizan 5 billones de bolsas al año, casi 10 millones de bolsas por cada minuto, y se vierten hasta 8 millones de toneladas de plástico en los océanos, la mayoría de estos residuos se generan en Asia, mientras que Estados Unidos, Japón y la Unión Europea son los mayores productores mundiales de residuos de envases de plástico por per cápita generando así botaderos con impacto ambiental critico

A nivel global el 50 % del total de residuos plásticos son de un solo uso, desecharse después de ser utilizado una única vez.

Incitados por la cultura de usar y tirar se trata al plástico como un material rechazable y no como un recurso valioso que puede ser aprovechado (ONU Medio Ambiente, 2018, p.5). Las nuevas innovaciones y propuestas ecológicas han ayudado a generar consciencia sobre el daño que causa este polímero, por lo tanto se ha dado paso a los plásticos biodegradables mismos que son fabricados a partir de materias primas renovables, como el maíz, la yuca, las patatas, y variedad de cereales las cuales tienen un alto porcentaje de almidón (hidrato de carbono complejo), lo que genera un considerable interés en la fabricación de productos basados en esta materia para reemplazar a los plásticos convencionales derivados del petróleo.

Los productos a base de almidón son prometedores y amigables con el medio ambiente. Por lo tanto, lo que se propone en este trabajo es elaborar un plástico biodegradable a partir del almidón de centeno, para su posible aplicación en la industria alimenticia en el área de empaquetado, mismo que será accesible y además se considera costos bajos para la elaboración de este con el uso de métodos sencillos.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Identificación del problema

El plástico es tan omnipresente que a menudo se percibe como un material sin valor, los plásticos de un solo uso, se encuentran presentes comúnmente en el medio ambiente, por ejemplo: colillas de cigarrillos, botellas, tapas de botellas, envoltorios de alimentos, bolsas plásticas, sorbetes, agitadores, y envases de espuma para llevar alimentos (ONU, 2018, p.5).

Desde la década de 1950, la producción de plástico ha superado a cualquier otro material. Gran parte del plástico que se produce está diseñado para desecharse después de ser utilizado una única vez. Incitados por la cultura de usar y tirar se trata al plástico como un material rechazable y no como un recurso valioso que puede ser aprovechado. Como resultado, los envases de plásticos representan aproximadamente la mitad de los desechos de plástico de todo el mundo (ONU, 2018, p.5).

La mayoría de estos residuos se generan en Asia, mientras que Estados Unidos, Japón y la Unión Europea son los mayores productores mundiales de residuos de envases de plástico por per cápita. Según (ONU, 2018, p.5), si se continúan los patrones de consumo y las prácticas de gestión actuales, para 2050 habrá alrededor de 12000 millones de toneladas de basura plástica en los vertederos y espacios naturales, si el aumento en la producción de plástico mantiene su ritmo vigente, la industria de este polímero consumirá el 20% de la producción global de petróleo.

Una de las soluciones planteadas para reducir la problemática expuesta en base a los plásticos es la fabricación de bioplásticos amigables con el medio ambiente donde su tiempo de descomposición sea reducido notablemente en comparación con un plástico común.

Los plásticos biodegradables son fabricados a partir de materias primas renovables, como el maíz, la yuca, las patatas, y variedad de cereales; mismas que tienen un alto porcentaje de almidón (hidrato de carbono complejo), generando un considerable interés en la fabricación de productos basados en esta materia para reemplazar los plásticos convencionales. Los productos a base de almidón son prometedores y amigables con el medio ambiente. Por lo tanto, en este trabajo se propone elaborar un plástico biodegradable a partir de un recurso que tenemos a disponibilidad en nuestro país como lo es el cereal de centeno, para su posible aplicación en la industria alimenticia en el área de empaquetado, mismo que será accesible y además se considera costos bajos para la elaboración de este con el uso de métodos sencillos.

1.2. Justificación de la investigación

Alrededor de los últimos años se ha visto un notable incremento en los estudios concernientes a la sustitución total o parcial de los polímeros sintéticos, mismo que son suplantados por la producción de polímeros biodegradables, es decir presentan ahorro de energía y favorecen al medio ambiente (Ruiz et al., 2009, p.69).

La mayor parte de plásticos creados a partir de compuestos petroquímicos no se biodegradan, es decir, se fragmentan poco a poco en trozos más pequeños hasta transformarse en micro plásticos, una vez que el plástico alcanza esta fase se tornan todavía más complejo de retirar de los mares. Los estudios sugieren que las bolsas de plástico y los contenedores hechos de espuma de poliestireno expandido tienen la posibilidad de tardar milenios en descomponerse, por consiguiente, contaminan el suelo y el agua por periodo de tiempo prolongado.

Al acoger esta alternativa verde empleando el centeno, no solo favorecerá a la industria alimenticia misma que es el objeto de aplicación, sino que otro de los beneficiarios son los mismos productores minoristas de este cereal es decir a los pequeños agrícolas, pues como bien se sabe este tipo de cereal se desarrolla dentro de climas fríos.

El centeno es un alimento que se consume en gran cantidad en todo el mundo especialmente en Asia y Europa, la harina que se produce a partir de esta materia prima es muy utilizada en la elaboración de pan, aunque la misma materia prima también posee otras utilidades como la elaboración de cervezas. La presencia de almidón dentro de este cereal es del 55%, siendo este porcentaje sumamente favorecedor para poder usarlo en la elaboración de un plástico biodegradable (Hernández et al., 2008, p.718).

Los bioplásticos elaborados principalmente de almidón tienen como ventaja el descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua y componentes orgánicos, biomasa cuyo instrumento predominante es la acción enzimática de microorganismos mismos que producirán un biomaterial posterior a la descomposición (Vih-sida, 2009, p.7).

El desarrollo del actual Trabajo de Integración Curricular se llevará a cabo en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en conjunto con el Grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH (GUIADE), como aporte al proyecto de Investigación “OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS DE ECUADOR”, aprobado con resolución administrativa No.002-ESPOCH-2020 del Plan Operativo Anual de la ESPOCH, con fecha de inicio del 2020/01/07 y fecha de finalización 2022/11/04 de la convocatoria 2019.

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. General

- Obtener láminas de plástico biodegradables del almidón de centeno (*Secale cereale*) para el uso de la industria alimenticia.

1.3.2. Específicos

- Obtener el almidón a partir del centeno (*Secale cereale*).
- Efectuar la caracterización físico-química del almidón de centeno mediante la normativa INEN 1456 para la obtención del plástico biodegradable.
- Determinar la mejor formulación para la obtención la biopelícula a partir del almidón de centeno mediante pruebas a nivel de laboratorio.
- Caracterizar el plástico obtenido mediante la ejecución de ensayos físicos y mecánicos.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Los plásticos comunes elaborados a partir de hidrocarburos han manejado a las grandes industrias, pues el uso de este no solo se aplica en botellas o bolsas pequeñas, sino que también lo incluyen en chips de computadoras. Es muy frecuente observar objetos elaborados a partir de este material al igual que la contaminación que producen sus residuos posteriores a ser desechados.

A causa de la alta demanda de plásticos a nivel mundial se ha generado alternativas verdes por medio de propuestas ecológicas, es decir, la elaboración de un plástico biodegradable empleando materia prima de origen natural o animal para nuestro caso emplearemos el uso de almidón a base de un tipo de cereal conocido como centeno, mismo que cuenta con características semejantes de los plásticos comunes, pero con un tiempo de degradabilidad menor a estos, adicionalmente posee una estructura química que lo diferencia de un polímero convencional y permite ser destruido por microorganismos. A continuación, se detalla un poco de la historia e investigaciones que profundizan el tema.

Tabla 1-2: Estudios realizados sobre la obtención del almidón y la fabricación de bioplásticos como antecedentes para la investigación

N ^o	Año	Tipo	Nombre de la Investigación	Autor (es)	Revista	DOI
1	2004	Artículo de revista	Aislamiento y caracterización del almidón de centeno	T. Verwimp G.E. Vandepu t e K. Marrant J.A. Delcour	Journal of cereal science	https://doi.org/10.1016/S0733-5210(03)00068-7
2	2011	Artículo de revista	Caracterización estructural y fisicoquímica del almidón de centeno	SV Gomand T. Verwimp H. Goesaert	Carbohydrate research	https://doi.org/10.1016/j.carres.2011.09.024

				J.A. Delcour		
3	2010	Artículo de revista	Desarrollo de bioplásticos a base de almidón/proteína de alta transparencia.	J. González-Gutiérrez P. Partal M. García-Morales C. Gallegos	Bioresource technology	https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.10.025
4	2018	Artículo de revista	Extracción y caracterización del almidón de grano de centeno y su susceptibilidad a la formación de almidón resistente	Krzysztof Buksa	Carbohydrate polymers	https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.04.024
5	2019	Artículo	Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza	Marco Chuiza, Hannibal Brito	Reserchgate	10.23857/dc.v6i3.1261
6	2021	Artículo de revista	Investigación sobre síntesis, estructura y degradabilidad de bioplásticos a base de almidón.	L. Srinivasa Rao C.D. Naidu Shuchi Tiwari	Materialstoda y proceedings	https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.917

Realizado por: Arias, J. 2022.

2.2. Marco conceptual o glosario

2.2.1. Producción agrícola

La producción agrícola es el resultado de la utilización de la tierra para la obtención de productos básicos, principalmente cereales como cereales y hortalizas diversas. Es decir, si bien una porción puede ser utilizada en industrias que aporten valor agregado, es el fruto sembrado y cosechado en los campos para obtener comestibles para el consumo humano. La producción agrícola pertenece a la industria primaria y tiene las características de desarrollarse fuera de la ciudad (Sánchez, 2017, p.3).

Tabla 2-2: Tipos de producción agrícola

Clasificación	Tipos	Definición
Según su dependencia del agua	Se secado	Sin riego. Depende de las lluvias y del agua del subsuelo.
	De riego	Se construye un sistema de riego artificial que dirige las aguas provenientes de las lluvias, ríos u otras fuentes hídricas
Según su magnitud de producción	De subsistencia	Está destinada al autoconsumo y se desarrolla en pequeñas extensiones.
	Industrial	La cosecha se destina a la comercialización en el mercado. Se caracteriza por grandes volúmenes de producción.
Según los objetivos de rendimiento	Intensa	Se busca obtener grandes volúmenes de producción en espacios pequeños. Usualmente se centran en un solo producto.
	Extensiva	La explotación se desarrolla en extensos terrenos, sin usar

		tantos recursos por hectárea como en la agricultura intensiva.
Según el método	Tradicional	Se utilizan técnicas transmitidas de generación en generación en el entorno rural.
	Industrial	Se caracteriza por implementar la tecnología, aprovechando la innovación para desarrollar métodos más productivos.

Fuente: Sánchez, 2017.

2.2.1.1. Historia de los Productos agrícolas

El origen de los productos agrícolas ha estado en la producción agrícola desde la antigüedad, cuando se trataba de la domesticación de animales y plantas. Más tarde, a partir del 9500, fueron alimentados con cereales silvestres. C Los 8 primeros cultivos del Neolítico, como son: lino, garbanzos, milenrama, lentejas, guisantes, cebada, espelta y farro. Finalmente, como el feudalismo y la Revolución Industrial dominaron la Edad Media, se produjo una migración del campo a las ciudades, aumentando la demanda de trabajadores en los centros de producción (Sánchez, 2017, p.3).

2.2.1.2. Definición de los productos agrícolas

Se refiere al nombre de los principales productos, bienes o servicios obtenidos de la agricultura y actividades humanas que utilizan materias primas a través del cultivo de plantas con el fin de proporcionar productos básicos, productos y materias primas para la seguridad alimentaria, el procesamiento industrial y la nutrición saludable. y obtener una mejor calidad de vida (Sánchez, 2017, p.3).

Tabla 3-2: Clasificación de los productos

Clasificación	Tipos	Ejemplos
Productos agrícolas alimenticios	Cereales	Maíz, sorgo, arroz y otros
	Leguminosas	Caraotas, quinchoncho frijoles
	Oleaginosas	Girasol, olivo, soja, colza, soya y ajonjolí
	Hortalizas	Tomate brócoli pimentón lechuga zanahoria
	Frutas	Naranja parchita cambur piña mango
	Ornamentales	Ornato
	Raíces y tubérculos	Papa ame ocumo yuca
Productos agrícolas industriales	Materias primas para la industria textil el caucho el tabaco tintes químicos biocombustibles	

Fuente: Sánchez, 2017.

2.2.2. Centeno

El vocablo centeno viene del latín hispánico centenum, derivado a su vez del latín centeni que denota de cento en cento, porque se cree da cien granos por cada uno que se siembra (León & Rosell, 2007, p.164). Es una planta de cereal tolerante al frío, y tolerante a la sequía perteneciente a la familia (gramíneas) (León & Rosell 2007, p.167). La producción de centeno es más evidente en Alemania, Rusia, Polonia y Bielorrusia, es decir, en el centro, norte y noreste de Europa (Izydorczyk & Edney, 2017, p.153). En un inicio, el centeno era una maleza (Secale ancestrale o Secale montanum), que crecía con variedades de cereales domésticos como el trigo y la cebada, y poco a poco fue invadiendo, especialmente en zonas de climas fríos y suelos pobres. Es en estas zonas donde se adueña de estas características y de lo que se forma seleccionando plantas con fuertes espigas no quebradizas (Escobar, 2011, p.295).

2.2.2.1. Características del Centeno

El centeno, en comparación con el trigo, incluye resistencia al invierno, resistencia a la sequía, compatibilidad con suelos de pH bajo y la capacidad de prosperar en suelos que contienen hierro y aluminio por otro lado, los precios del grano de centeno son menores que los del trigo, ya que una proporción significativa de centeno se destina a la alimentación animal (Izydorczyk & Edney 2017,

p.155).Es muy adaptable al medio, su caña puede alcanzar el largo de 180 centímetros (Escobar, 2011, p.297) . El centeno es de polinización cruzada y anemófila, lo que significa que es polinizado por el viento. En cuanto a las semillas, los lados del grano son alargados y aplanados, y suelen ser grises, pero también se pueden reconocer colores como el amarillo pajizo, el naranja o el tostado (Escobar, 2011, p.299).

2.2.2.2. Clasificación Taxonómica

Tabla 4-2: Clasificación taxonómica del centeno

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Monocotiledonea
Orden	Poales
Familia	Poaceae
Genero	Secale
Especie	S. cereale
Nombre Científico	<i>Secale cereale</i>
Nombre común	Centeno

Fuente: Soraluz, 2015.

2.2.2.3. Descripción Organográfica

Tabla 5-2: Descripción organográfica del centeno

Raíz	Sistema radicular fasciculado, con pelos absorbentes
Tallo	El tallo es largo y flexible
Hojas	Estrechas y acintadas, abrazadas al tallo con entrenudos
Inflorescencia	Las espiguillas no tienen pedúnculos y van todas las unidades directamente al raquis, correspondiendo una sola a cada diente de este. Las glumas son alargadas y agudas en su ápice y las glumillas, vellosas por su parte dorsal, se prolongan en una larga arista
Fruto	Es un cariopsis con el pericarpio soldado al tegumento seminal. El endospermo contiene las sustancias de reserva, constituyendo la masa principal del grano
Semilla	Monocotiledónea

Fuente: Soraluz, 2015.

2.2.1.4. Composición Química

Tabla 6-2: Composición química del centeno, porcentaje en peso

Agua	13,7 %
Proteína	11,6 %
Lípidos	1,7 %
Almidón	52,4 %
Otros hidratos de carbono	16,6 %
Fibra bruta	2,1 %
Minerales	1,9 %

Fuente: Soraluz, 2015.

2.2.3. Almidón

El almidón es un polímero de condensación de glucosa, con una relación atómica de C, H, O; 6: 10: 5, respectivamente, existe en semillas, tubérculos y raíces en forma granular con la principal diferencia de que si se extrae de cereales (granos) se llama almidón de lo contrario se lo conoce como fécula (Howatt & Cuadra, 1946, p.1).

El almidón consiste en un Polímero de D-glucosa, en el que, además del carbohidrato en sí, también posee: humedad, Proteína, lípidos minerales, fibra. Este polisacárido tiene una variedad de formas y tamaños de partículas se puede determinar en el rango de 0.5 a 100 μm , lo que afectará sus características funcionales, al mezclar este material y agua forma una suspensión temporal por lo cual no forman soluciones (Middleton, 2019, p.24).

2.2.4. Composición del almidón

La mayoría de los almidones contienen dos tipos de polímeros: la amilosa y la amilopectina y una pequeña parte de formación no glucosídica, generalmente los almidones cuentan con una relación de 20-80% de amilosa y amilopectina (Brumovsky, 2010, p.1).

2.2.5. Amilosa

La amilosa se compone principalmente de cadenas de restos de α -Dglucopiranosilo unidas por enlaces α -(1 \rightarrow 4). Aunque se admite que se trata de un polímero lineal, existe una pequeña proporción (de 0,3

a 0,5) de ramificaciones por enlaces α - (1 \rightarrow 6) . El peso molecular varía entre 1×10^5 y 1×10^6 Da (Dalton) y puede contener entre 500 y 6000 unidades de glucosa. La naturaleza lineal y de gran longitud le confieren a la amilosa algunas propiedades únicas, como por ejemplo su capacidad para formar complejos con yodo, alcoholes o ácidos orgánicos y su tendencia a asociarse consigo misma, precipitando de la solución (Brumovsky, 2010, p.1).

2.2.6. *Amilopectina*

Está constituida por cadenas de glucosa unidas por enlaces α (1,4) glucosídicos. A diferencia de la amilosa, en la amilopectina a cada 15 a 30 unidades hay una ramificación α (1,6). Las ramificaciones hacen que la amilopectina sea menos soluble en agua que la amilosa. Los enlaces son entre el carbono 1 de la glucosa y el carbono 6 de la ramificación. Las cadenas son muy ramificadas (pero menos ramificadas que la forma de carbohidrato de reserva animal, el glucógeno (Bakhri, 2015, p.9).

2.2.7. *Aplicaciones industriales del almidón*

Tabla 7-2: Aplicaciones industriales del almidón

Industrias	Aplicaciones
Química	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación de colas y pegamentos • La esterificación que produce poliéster para la fabricación de espumas de poliuretano • En la fabricación de películas biodegradables • Materia prima para tensos activos biodegradables
Minería Petrolera	<ul style="list-style-type: none"> • Agentes floculantes en las minas de potasio y en las perforaciones petrolíferas • Materia prima para el tratamiento de aguas usadas para metales pesados (cobre, níquel, etc.)
Textil	<ul style="list-style-type: none"> • Engrudo o gel utilizado en las tintorerías para almidonar las ropas • Material para dar aprestos a los tejidos
Papelería	<ul style="list-style-type: none"> • Engrudo presentado en forma de escamas de almidón hinchables o pregelatinizadas para la fabricación de pasta de papel, papel couche, papel Kraft, cartón, etc.
Farmacéutica	<ul style="list-style-type: none"> • Materia prima para la fabricación de dextrosa • Como relleno en píldoras tabletas y otros productos de la industria farmacéutica

Fuente: Bakhri, 2015.

2.2.8. Extracción de almidón

La extracción de almidón es la técnica que se emplea para aislar un producto orgánico de su fuente natural, se lo realiza comúnmente a base de materias primas ya antes mencionadas como cereales, tubérculos y semillas. Este procedimiento consiste en agitar los compuestos orgánicos con un disolvente orgánico inmiscible con el agua y dejar separar ambas capas.

2.2.9. Extracción de almidón en cereales

Uno de los métodos para obtener almidón de manera comercial consiste en la llamada molienda húmeda de maíz, en la que intervienen los siguientes pasos: Se limpian los granos y se maceran en agua de 24 a 48 horas a 50 °C (se puede añadir entre 0.1 y 0.2 % de anhídrido sulfuroso como agente microbiano); en esta etapa el maíz o cereal en cuestión, absorbe agua hasta alcanzar un contenido de 45 a 50 %, con lo cual se ablanda el grano y se facilita su trituración; durante este proceso se desprende el germen, que se recupera por flotación o mediante un sistema de hidrociclones. La suspensión resultante se muele y se filtra, y el almidón se separa de las proteínas por diferencia de densidades. La fracción que contiene el polisacárido se purifica hasta reducir su contenido de proteínas a un valor menor de 0.3 %; posteriormente se concentra y se seca por métodos como el de tambor rotatorio o el de aspersion. Los subproductos también tienen un alto valor comercial, ya que el germen se usa para la extracción de aceite comestible, y el gluten, rico en proteínas, para el consumo humano y animal (Brumovsky, 2010, p.4).

2.2.10. Método de extracción de almidón

2.2.10.1. Método húmedo

Este método necesita la reducción del tamaño del material a utilizar usando un líquido que va a facilitar la eliminación de componente que son relativamente grandes.

2.2.10.2. Método seco

Se basa en la obtención del almidón a partir del secado del material que es sometido a pequeñas operaciones que se lleva a cabo para la obtención del producto final.

2.2.11. Operaciones Unitarias involucradas en la obtención de almidón

Para la obtención de almidón se aplican una serie de operaciones unitarias mismas que son fundamentales dentro de este proceso, y son detalladas a continuación:

2.2.11.1. Limpieza de la materia prima

En este proceso se procede a eliminar toda impureza, o basura presente en el grano, es decir todo objeto que pueda generar algún efecto en el proceso.

2.2.11.2. Reducción de tamaño

Para los granos que se consideran sólidos, el término reducción de tamaño se logra mediante desintegración mecánica, es decir, corte, molienda, trituración y trituración. La aplicación de esta única operación mejora la palatabilidad y aumenta la utilidad del producto en el contexto del grano (Colina, 2013, p.3).

2.2.11.3. Filtración

La filtración consiste en separar las partículas sólidas contenidas en un fluido y pasarlas a través de un medio filtrante sobre el que se depositan los sólidos. La filtración industrial abarca desde una simple fundición hasta separaciones más complejas. Los fluidos pueden ser líquidos o gases, y las partículas sólidas pueden ser gruesas o finas, rígidas o flexibles, redondas o alargadas, separadas o agregadas. La suspensión de pienso puede llevar proporciones altas o muy bajas del 40-5% en volumen de sólidos (UNAM, 2010, p.7).

Un tipo común es la filtración de revoque, donde las partículas sólidas se acumulan en el filtro y el medio filtrante tiene poros que no permiten el paso de las partículas sólidas, formando un revoque. Está diseñado para separar sólidos de líquidos y, en muchos casos, los alimentos pueden provenir de un sedimentador. Este es un excelente proceso de filtración donde la torta de filtración que se forma crecerá y debe ser removida o removida de vez en cuando (Martín et al., 2011, p.15).

2.2.11.4. Sedimentación

Se trata de una operación de separación de fases fluido-sólido en la que se separan partículas sólidas de un fluido, que puede ser líquido o gaseoso, ya que tienden a sedimentarse por gravedad debido a su mayor densidad lotes (Martín, et al., 2011, p.3). Los sólidos finamente divididos suelen formar flóculos en solución, esta operación unitaria se puede llevar a cabo de forma continua o por lotes (Martín, et al., 2011, p.3).

2.2.11.5. Decantación

La decantación es una operación que separa líquidos de diferentes densidades, este proceso consiste en separar por gravedad el componente más denso (sólido o líquido más denso) del líquido menos denso. Se deja que la mezcla se asiente en el recipiente para que los componentes más densos caigan al fondo por gravedad, mientras que los componentes menos densos permanezcan en la parte superior.

2.2.11.6. Secado

Este proceso incluye la reducción del contenido de disolvente del producto mediante evaporación o sublimación. Su finalidad es estabilizar el producto, mantener su actividad, reducir su volumen o recuperar disolvente. En el secado de productos biológicos, una limitación de la elección del método de secado es la temperatura que el material objetivo puede soportar sin perder su actividad. Dado que el disolvente suele ser agua en el proceso de secado y el medio para eliminar el disolvente es el aire, el análisis se basa básicamente en un sistema aire-agua (Ochoa, 2018, p.2).

2.2.12. Gelatinización

La gelatinización es un proceso en el que los gránulos de almidón se calientan (60-70 °C) y comienzan a absorber agua lentamente en la región Inter micelar amorfa; los gránulos de almidón son insolubles en agua fría debido a su estructura altamente ordenada y son de fácil acceso. A medida que aumenta la temperatura, aumenta la retención de agua y las partículas comienzan a expandirse y aumentar de volumen. Si los gránulos hinchados continúan calentándose, se romperán parcialmente y la amilosa y la amilopectina se dispersarán en la solución. Al final de este proceso se obtiene una pasta o gel en el que existen agregados de cadenas de amilosa altamente hidratadas rodeando los remanentes de la partícula, también hidratada. (Brumovsky, 2010, p.5).

2.2.13. Plásticos

El plástico son polímeros sintetizados de un material ligero, higiénico, resistente que se puede moldear en diferentes formas y usos. La mayoría de los plásticos no son biodegradables, sino fotodegradables, tardan en descomponerse entre 100 y 1000 años, donde van formando pequeños fragmentos que terminan en los océanos provocando la muerte de la fauna marina (ONU, 2018, p.14).

2.2.13.1. Plásticos biodegradables

Los plásticos biodegradables son plásticos fabricados a partir de materias primas renovables, como el trigo, el maíz o la fécula de maíz, el aceite de soja, las patatas, los plátanos o la mandioca. Dada la forma en que se producen, estos plásticos son biodegradados por microorganismos, por lo que pueden reintroducirse en el ciclo natural del medio ambiente en forma de fertilizantes orgánicos amigables con el suelo en un período de tiempo mucho más corto que los plásticos convencionales. Los plásticos biodegradables tienen el potencial de reducir el uso de combustibles fósiles e impactos ambientales y de salud evitando los residuos plásticos no degradables y voluminoso, pero también contribuyen a la salud ambiental y Ocupación a lo largo de su ciclo de vida (Vazquez & Perez, 2016, p.6).

2.2.14. Aditivos para la elaboración de bioplástico

Para hacer posible la elaboración de un bioplástico a partir de almidón, se requiere la adición de ciertos reactivos en la mezcla que aseguren las condiciones necesarias para su obtención. Por esta razón los bioplásticos precisan de componentes que proporcionen características de plasticidad, humectación, espesantes, resistencia, lubricación y desmoldantes.

2.2.14.1. 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. El efecto plastificante puede ser dado por sustancias como: agua, alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos, aminas, ésteres, amidas y mezclas entre estos, es preferible plastificantes cuya presión de vapor sea baja para evitar que éste se volatilice al finalizar el proceso de extrusión o de calentamiento. Los plastificantes solubles en agua como el glicerol son efectivos agentes suavizantes para los almidones, mejorando la flexibilidad de las películas resultantes (Reynoso & Chambi, 2016, p.7).

2.2.14.2. Glicerina

La glicerina es el plastificante más utilizado en diferentes estudios sobre la fabricación de polímeros Termoplástico a base de almidón. Las mezclas que contienen glicerina tienen un aspecto morfológico, liso y uniforme, útil para retrasar la retrogradación. Los productos termoplásticos y su papel como lubricantes promueven el flujo del producto cadenas de polímeros de almidón, este plastificante le da al producto propiedades elásticas finales, haciéndola maleable (Rosales , 2016, p.37).

2.2.14.3. Ácido acético

El ácido acético (CH_3COOH), es un líquido incoloro de olor fuerte similar al vinagre. También puede ser un sólido similar al hielo a temperaturas inferiores a 62°F (17°C). Se utiliza en la elaboración de fármacos, tintes, plásticos, aditivos alimentarios e insecticidas.

El ácido acético en la elaboración del bioplástico actúa como un agente antimicrobiano ya que impide el crecimiento de microorganismos presentes en la humedad ya que según (Pinzón et al., 2010, p.11), el efecto antimicrobiano del ácido acético incluso a concentraciones tan bajas como 5%, ha sido atribuido a su capacidad para disminuir el pH tanto intra- como extracelularmente y por ende alterar el transporte, la integridad de la membrana celular, así como la actividad enzimática llegando incluso a precipitar las proteínas citoplasmáticas .

El ácido acético influencia directamente en el aumento de peso por absorción de agua, debido a que permite modificar la naturaleza hidrofílico del biopolímero, volviéndolo más resistente al agua (Garcia, 2017, p.15).

2.3. Planteamiento de las hipótesis

2.3.1. General

- **H.** Con la obtención del almidón a partir del centeno (*Secale cereale*) se prevé obtener una lámina de plástico biodegradable con propiedades y características similares a un plástico convencional, pero con la diferencia que el tiempo de degradabilidad es menor a este, con lo cual favorece al uso dentro de la industria alimenticia

2.3.2. Específicos

- **H1.** Es posible la extracción del almidón de centeno (*Secale cereale*) puede ser realizado mediante 2 métodos como lo son: por vía húmeda o vía seca. Se escogerá por vía húmeda al considerarlo más factible y con la probabilidad de obtener más hidrato de carbono complejo de este cereal.
- **H2.** Es posible efectuar la caracterización físico-química del almidón de centeno mediante la normativa INEN 1456 con esto se conocerá si la materia prima con la que se trabajara tiene parámetros de calidad.
- **H3.** Es posible determinar la mejor formulación para la obtención de la biopelícula a partir del almidón de centeno mediante pruebas a nivel de laboratorio, mismos que nos revelaran la cantidad específica de cada aditivo usado dentro de elaboración del bioplástico.
- **H4.** Mediante la caracterización física (humedad, solubilidad, permeabilidad al vapor de agua, biodegradabilidad) y mecánica (modelo de elasticidad carga máxima, porcentaje de elongación) del bioplástico se puede aplicar dentro de la industria alimenticia

2.4. Identificación de variables

Tabla 8-2: Identificación de variables

Etapas del proceso	Variables independientes	Variables dependientes
Extracción del almidón	<ul style="list-style-type: none"> • Peso de la materia prima • Tiempo de secado 	<ul style="list-style-type: none"> • Velocidad de secado • Humedad • Volumen del agua destilada • Concentración de reactivos
Caracterización físico-química del almidón	<ul style="list-style-type: none"> • Peso del almidón obtenido de centeno (<i>Secale cereale</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Solubilidad • Ceniza • Humedad • Temperatura de gelatinización • Densidad aparente
Formulación para la obtención de la biopelícula	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • aditivos • Tiempo de secado 	<ul style="list-style-type: none"> • Resistencia • Medición del espesor • Elongación
Caracterización física y mecánica del plástico biodegradable	<ul style="list-style-type: none"> • Intervalo de tiempo 	<ul style="list-style-type: none"> • Biodegradabilidad • Tracción • Permeabilidad • Espesor • Humedad • Solubilidad

Realizado por: Arias, J. 2022.

2.5. Operacionalización de variables

Tabla 9-2: Operacionalización de las variables

Variable	Tipo de variable	Definición operacional	Indicadores	Instrumentos de medición
Pesado	Independiente	Medida de la fuerza gravitacional que actúa sobre un objeto	Kilogramo, gramo	Balanza analítica
Secado	Independiente	Separación total o parcial del líquido que contiene un sólido	Tiempo	Estufa
Temperatura	Independiente	Es la magnitud física que mide la cantidad de calor o energía térmica de un sistema.	Calor	Termómetro 0-360°C
Humedad	Dependiente	Se define como la cantidad de agua contenida en un cuerpo.	% humedad	Balanza de humedad
Solubilidad	Dependiente	Capacidad que posee una determinada sustancia para disolverse en otra y formar un sistema homogéneo.	Temperatura	-
pH	Dependiente	Medida del grado de acidez o alcalinidad de una sustancia o una solución.	-	pH-metro
Densidad aparente	Dependiente	Propiedad de los polvos, gránulos y otros sólidos conocida también como densidad volumétrica.	Gramo / Litro	-
Aditivos para bioplástico	Independientes	Componentes necesarios para adicionar a una sustancia y obtener un producto que sea susceptible de ser utilizado.	Cantidad	Pipetas
Espesor	Dependiente	Dimensión más pequeña de un cuerpo de tres dimensiones.	Milímetros	Medidor de espesor

Permeabilidad	Dependiente	Capacidad de un material para ser atravesado por una sustancia líquida.	WVTR	Copa de aluminio
Resistencia a la tracción	Dependiente	Máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de romperse.	Esfuerzo máximo	Probetas
Elongación	Dependiente	Máximo esfuerzo de tracción que un cuerpo puede soportar antes de romperse.	Distancia, esfuerzo máximo	Probetas
Biodegradabilidad	Dependiente	Capacidad de un material de ser biodegradado.	-	-

Realizado por: Arias, J. 2022.

2.6. Matriz de consistencia

Tabla 10-2: Matriz de consistencia

ASPECTOS GENERALES		
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General
<p>El plástico es tan omnipresente que a menudo se percibe como un material sin valor, los plásticos de un solo uso se encuentran presentes comúnmente en el medio ambiente.</p> <p>Los productos a base de almidón son prometedores y amigables con el medio ambiente. Por lo tanto, lo que se propone en este Trabajo de Integración Curricular es</p>	<p>Obtener láminas de plástico biodegradables del almidón de centeno (<i>Secale cereale</i>) para el uso de la industria alimenticia.</p>	<p>Con la obtención del almidón a partir del centeno (<i>Secale cereale</i>) se prevé obtener una lámina de plástico biodegradable con propiedades y características similares a un plástico convencional, pero con la diferencia que el tiempo de degradabilidad es menor a este, con lo cual favorece al uso dentro de la industria alimenticia</p>

<p>elaborar un plástico biodegradable a partir del centeno, para su posible aplicación en la industria alimenticia en el área de empaquetado, mismo que será accesible y además se considera costos bajos para la elaboración de este con el uso de métodos sencillos.</p>				
ASPECTOS ESPECÍFICOS				
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	Variables	Técnicas
<p>No existe un método empleado para la extracción del almidón de centeno.</p>	<p>Obtener el almidón a partir del centeno (<i>Secale cereale</i>).</p>	<p>Es posible la extracción del almidón de centeno (<i>Secale cereale</i>) puede ser realizado mediante 2 métodos como lo son: por vía húmeda o vía seca. Se escogerá por vía húmeda al considerarlo más factible y con la probabilidad de obtener más hidrato de carbono complejo de este cereal.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura • Tiempo • Humedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Extracción del almidón por vía húmedo • Medición del tiempo de secado • Curva de secado • Cálculo del rendimiento del secado
<p>¿El almidón extraído cuenta con las características que establece la normativa?</p>	<p>Efectuar la caracterización físico-química del almidón de centeno mediante la normativa INEN 1456 para la obtención del</p>	<p>Es posible efectuar la caracterización físico-química del almidón de centeno mediante la normativa INEN 1456 con esto se conocerá si la materia prima con la que se trabajara tiene parámetros de calidad.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • pH • Solubilidad • Ceniza • Humedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Normativa NTE INEN 1456

	plástico biodegradable.		<ul style="list-style-type: none"> • Temperatura de gelatinización 	
¿Cuáles son las cantidades necesarias de cada aditivo a usarse dentro del bioplástico?	Determinar la mejor formulación para la obtención la biopelícula a partir del almidón de centeno mediante pruebas a nivel de laboratorio.	Es posible determinar la mejor formulación para la obtención de la biopelícula a partir del almidón de centeno mediante pruebas a nivel de laboratorio, mismos que nos revelaran la cantidad específica de cada aditivo usado dentro de elaboración del bioplástico.	<ul style="list-style-type: none"> • Aditivos • Almidón de centeno 	<ul style="list-style-type: none"> • Medición del tiempo de secado de las películas degradables
¿Se lo puede aplicar dentro de la industria alimenticia como se tiene previsto?	Caracterizar el plástico obtenido mediante la ejecución de ensayos físicos y mecánicos.	Mediante la caracterización física (humedad, solubilidad, permeabilidad al vapor de agua, biodegradabilidad) y mecánica (modelo de elasticidad carga máxima, porcentaje de elongación) del bioplástico se puede aplicar dentro de la industria alimenticia	<ul style="list-style-type: none"> • Humedad • Espesor • Permeabilidad • Propiedades de tracción 	<ul style="list-style-type: none"> • Métodos físicos • Métodos mecánicos

Realizado por: Arias, J. 2022.

2.7. Tipo y diseño de investigación

2.7.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental, en la búsqueda de una composición óptima para la elaboración de una biopelícula a partir del almidón de centeno (*Secale cereale*), mismo que contempla características similares de un plástico convencional.

Este estudio es de tipo cualitativo y cuantitativo pues ejecuta análisis y ensayos tanto para la materia prima como para el producto final terminado es decir el bioplástico por lo tanto estas pruebas proporcionaran resultados para establecer variables de procesamiento.

2.7.2. Diseño de la investigación

El diseño experimental empleado en este proyecto para conocer la cantidad de concentración tanto para el almidón como para el plastificante es:

Ecuación 1-2: Diseño experimental

$$DE = 2^K$$

En donde:

DE = Diseño experimental

2 = Concentración de almidón y plastificante

K = Número de repeticiones

El diseño experimental permite identificar y cuantificar una variable dentro de un estudio experimental (Sánchez, 2015, p.2), en nuestro caso conocer el valor de las concentraciones de almidón y glicerina a mezclar. Para poder emplear este diseño factorial se realizaron diferentes pruebas en cuanto a la concentración del almidón y del plastificante para poder obtener un límite superior y un límite inferior de las dos concentraciones, al obtener los diferentes límites se reemplaza en la ecuación de diseño experimental.

Tabla 11-2: Método de extracción del almidón por vía húmeda

N°	Producto	Tratamiento	Variable	Repeticiones
1	Centeno (<i>Secale cereale</i>)	T1	RPM 1:60	4
		T2	RPM 1:90	4
		T3	RPM 2:60	4
		T4	RPM 2:90	4

Realizado por: Arias, J. 2022.

Tabla 12-2: Diseño factorial 2k del bioplástico

Descripción	Factores	Niveles	
		Bajo	Alto
Variables	Almidón (g)	2	2.33
	Glicerina (mL)	0.5	0.53

Realizado por: Arias, J. 2022.

Tabla 13-2: Matriz del diseño factorial 2²

Tratamientos	Variables		Constantes		
	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Ácido acético	Agua	Temperatura
TC1	2	0,5	2	30	70
TC2	2	0,53			
TC3	2,33	0,5			
TC4	2,33	0,53			

Realizado por: Arias, J. 2022.

A continuación, se presenta de forma general el procedimiento que se llevara a cabo para la elaboración del biopolímero.

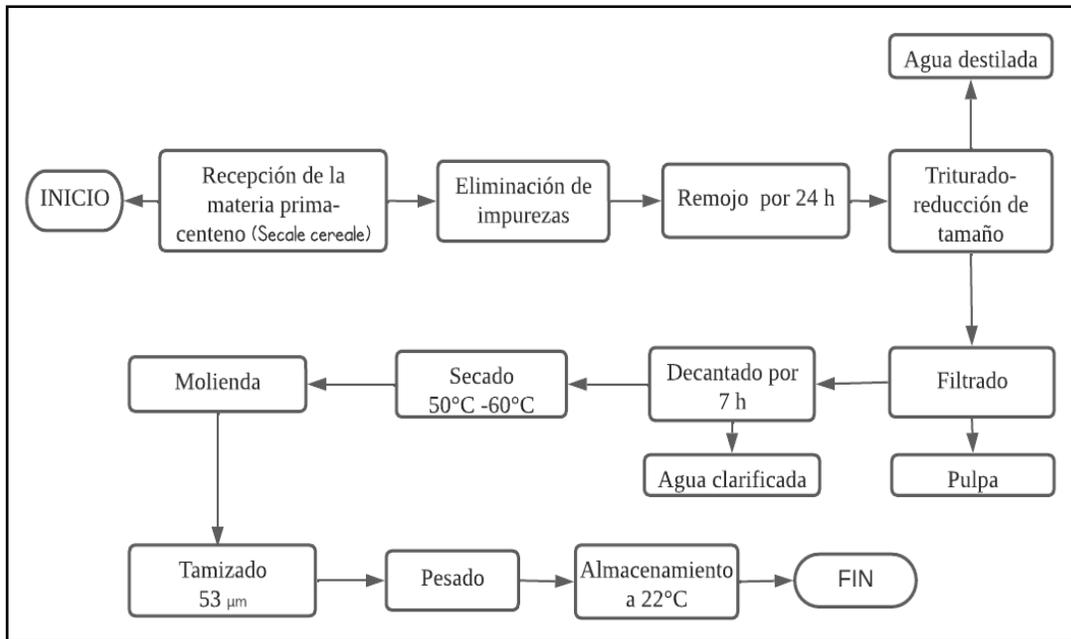


Gráfico 1-2: Diagrama de flujo de extracción del almidón de centeno por vía húmeda

Realizado por: Arias, J. 2022.

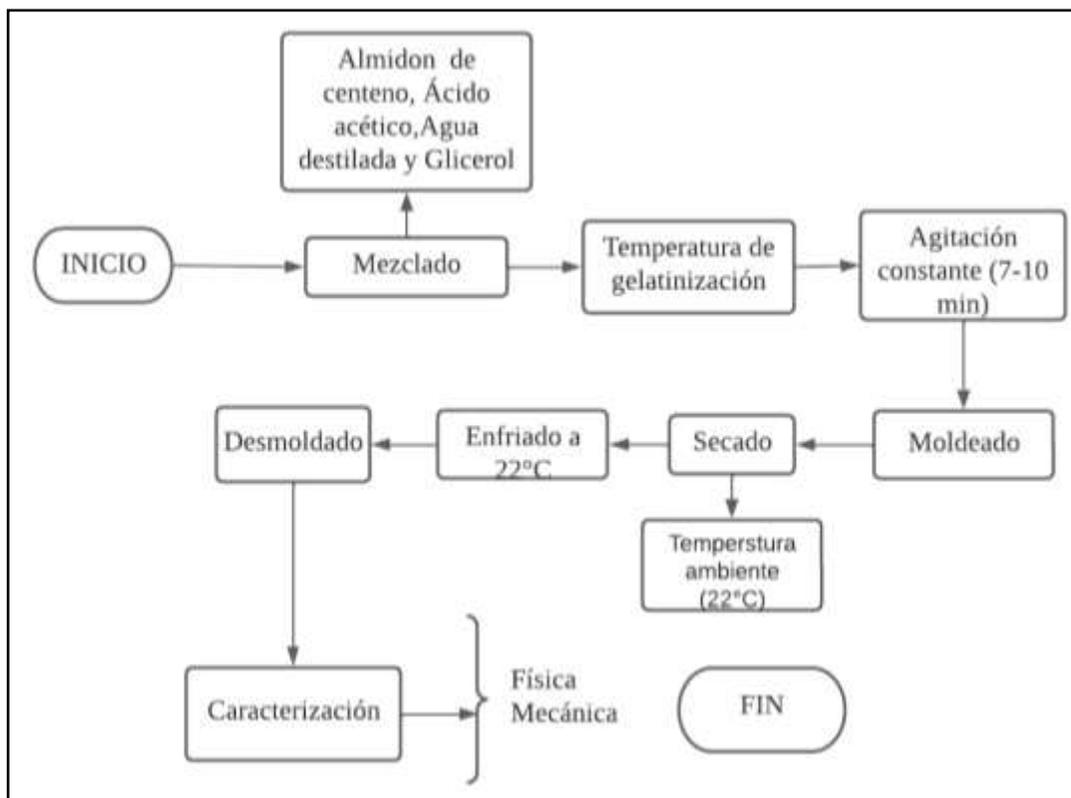


Gráfico 1-2: Diagrama de flujo del proceso para la obtención de biofilms

Realizado por: Arias, J. 2022.

2.7.3. Descripción de equipos y materiales

En el trabajo de investigación se hace uso de los equipos, materiales y reactivos a los que se tiene acceso en los diferentes laboratorios y bodegas de la facultad de ciencias pertenecientes a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo previamente aprobados los usos de estos por parte de las autoridades pertinentes, además de ello la materia prima se obtuvo en el mercado de San Alfonso de la ciudad de Riobamba.

Tabla 14-2: Descripción de los equipos y materiales empleados en la investigación

Materiales	Reactivos	Equipos
<ul style="list-style-type: none">• Reverbero• Malla de asbesto• Tubos de ensayo• Espátula• Varilla de agitación• Crisoles• Capsulas de porcelana• Cajas Petri de vidrio• Probetas 10ml, 100 ml• Vasos de precipitación, 50ml, 100 ml, 250 ml, 600ml• Termómetro• Vidrio reloj• Tubos de centrifuga	<ul style="list-style-type: none">• Glicerina• Ácido Acético• Agua destilada• Centeno• Metabisulfito de sodio	<ul style="list-style-type: none">• Balanza analítica• Estufa• pH metro• Mufla• Termo balanza• Tamizadora• Desecador• Agitador orbital

Realizado por: Arias, J. 2022.

2.8. Unidad de análisis

La unidad de análisis de la presente investigación es el bioplástico formado a partir del almidón de centeno (*Secale cereale*), mismo que será sometido a análisis para conocer sus características las mismas que revelaran si es de buena calidad o no.

2.9. Población de estudio

La población de este estudio es la materia prima, centeno (*Secale cereale*) mismo que será provisto por un proveedor independiente quien realizará la entrega de la materia prima en excelente estado.

2.10. Tamaño de la muestra

Para la presente investigación se trabajará con una muestra de 0,150 Kg de centeno, según bibliografía contiene un 55% de almidón, el porcentaje de materia seca en cereales va de 30-80%, por lo que la cantidad a obtenerse de almidón variara de tratamiento a tratamiento. En la tabla 15-2 se describió las cantidades que se utilizó en la extracción de almidón por el método de vía húmeda.

Tabla 15-2: Descripción de las cantidades para la extracción del almidón

Volumen de agua (ml)	Peso de la materia prima (g)
500	150

Realizado por: Arias, J. 2022.

2.11. Selección de la muestra

Al elegir nuestras muestras de centeno, consideraremos algunos parámetros que determinan su calidad. Las características importantes al seleccionar muestras se detallan a continuación.

- Libre de impurezas
- Libre de otro cereal que no sea el centeno

2.12. Técnicas de recolección de datos

2.12.1. Extracción de almidón

Tabla 16-2: Técnica de extracción de almidón de centeno

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
Vía Húmeda	<ul style="list-style-type: none"> • Licuadora industrial • Balanza • Probetas • Espátula • Cronometro • Recipiente de vidrio • Recipientes plásticos • Tela filtrante • Secador de bandejas tipo armario • Papel aluminio 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua baja en dureza • Centeno • Metabisulfito de sodio ((Na₂S₂O₅)) • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Limpiar la materia prima eliminar cualquier impureza • Dejar en remojo por 24 horas aproximadamente. • Sumergir en solución al 0,5% de metabisulfito de sodio por aproximadamente 15 min. • Filtramos la materia prima de la solución y procedemos a licuar junto con agua destilada, por cada 0,150Kg de materia prima agregamos 500 ml de agua destilada. • Filtrar para separar los residuos y obtener una suspensión. • Dejar reposar por 7 horas para que se forme una capa de sedimento. • Retirar el agua en exceso y realizar un enjuague de este sedimento por tres veces para eliminar alguna contaminación o elementos no deseados • Pesar el sedimento (almidón húmedo) • Secar el sedimento a una temperatura de 50-60°C, en un secador para bandejas de tipo armario con una distribución homogénea en el mismo. 	(Brito et al., 2020, p.5).

	<ul style="list-style-type: none"> • Guantes aislantes • Fundas ziploc • Mortero y pistilo • Tamices 		<ul style="list-style-type: none"> • Pesar las muestras cada hora hasta que el peso sea constante • Moler las muestras secas con ayuda de un mortero y un pistilo hasta reducir la granulometría. • Tamizar las muestras empleando un tamiz de 53 μm intentado evitar pérdidas excesivas del almidón, • Finalmente se almacena en las bolsas ziploc a temperatura ambiente. 	
--	--	--	---	--

Realizado por: Arias, J. 2022.

2.12.2. *Análisis para realizar la caracterización del almidón extraído por vía húmeda*

Tabla 17-2: Ensayos para realizar la caracterización del almidón de centeno

N°	Análisis	Materiales y equipos	Reactivos	Procedimiento	Fórmula para el calculo	Método de ensayo
1	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Termobalanza 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de centeno 	<ul style="list-style-type: none"> • Se toma 2 g de muestra y se coloca en el platillo de muestra. • Se cierra la cámara de secado. 	Método directo de manera cuantitativa	(NTE INEN 1456, 2012, p.2).
2	Solubilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Reverbero • Malla de asbesto • Varilla de agitación • Balanza analítica • Probeta graduada de 100 cm³ • Vaso de precipitación de 25 y 200 cm³ 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de centeno • Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • En un vaso de precipitación de 25 cm³ pesar 2 g de muestra, añadir 5 cm³ de agua fría y agitar. • Transferir totalmente la suspensión sobre 100 cm³ de agua hirviendo contenida en un vaso de precipitación de 200 cm³, continuar la ebullición por aproximadamente 2 min. 	Método directo (Análisis sensorial)	(NTE INEN 1456, 2012, p.1).
3	pH	<ul style="list-style-type: none"> • pH- metro normalizado a 25°C 	Solución de almidón con agua destilada	<ul style="list-style-type: none"> • Calibrar el medidor de pH con las soluciones tampón pH 4,0 y pH 7,0 	Medición directa	(NTE INEN 1456, 2012, p.3).

		<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación Termómetro 		<ul style="list-style-type: none"> • Mezclar 20,0 g de almidón en base seca con 100 mL de agua destilada (previamente hervida para eliminar el CO₂) durante 15 minutos • Filtrar a través de un papel filtro Whatman N°1. <p>Tomar una alícuota y medir el pH con una cifra decimal.</p>		
4	Temperatura de gelatinización	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Vaso de precipitación • Reverbero • Varilla de agitación 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de centeno (<i>Secale cereale</i>) Agua destilada 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 10 g de almidón (bs) disolver en agua destilada y completar a 100 mL. • Calentar agua en un vaso de precipitado de 250 mL a 85 °C. • Tomar 50 mL de la suspensión en un vaso de precipitado de 100 mL. • Introducir el vaso de precipitado con la muestra en el agua a 85 °C. • Agitar con el termómetro constantemente la suspensión de almidón hasta que se forma una pasta y la temperatura 	Medición directa del termómetro	(Aristizábal & Sánchez, 2007, p.72).

				<p>permanezca estable por unos segundos.</p> <p>Leer la temperatura de gelatinización.</p>		
5	Viscosidad Bookfield	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica con una precisión de 0,01 • Viscosímetro Brookfield modelo DV-II (Lámina 41) • Aguja para el Brookfield N° 21 • Baño de agua con temperatura constante • Balón volumétrico de 500 mL • Vaso de precipitado de vidrio de 1 000 mL • Plancha con agitador 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de centeno <p>Agua destilada</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar 25,0 g de almidón en base seca, disolver en agua destilada y completar a 500 mL. • Colocar la suspensión en un vaso de precipitado de 1 000 mL y calentar con agitación hasta ebullición (aproximadamente 15 minutos). • Enfriar el gel hasta 25 °C y tomar una alícuota de 15 mL <p>Medir la viscosidad a 25 °C, con una velocidad de 10 RPM.</p>	Medición directa	(Aristizábal & Sánchez, 2007, p.66).

		<ul style="list-style-type: none"> • Magneto • Termómetro 				
6	Contenido de cenizas	<ul style="list-style-type: none"> • Cisoles de porcelana • Balanza analítica • Mufla • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Almidón de centeno 	<ul style="list-style-type: none"> • Pesar aproximadamente 1,0 g de almidón en un crisol de porcelana que ha sido previamente lavado, secado en un horno y pesado. • Colocar el crisol de porcelana con la muestra en la mufla e incinerar a 550 °C durante tres horas y media. • Enfriar el crisol y las cenizas en un desecador hasta tener peso constante. • Pesar el crisol con las cenizas y calcular la cantidad de cenizas. <p>ÿ</p> <p>Expresar los resultados como porcentaje de cenizas totales</p>	<p>Ecuación 2-2:</p> <p>Contenido de cenizas</p> $\text{Cenizas (\%)} = \frac{P. \text{ de las cenizas (g)}}{P. \text{ de la muestra}} * 100$	(NTE INEN 1456, 2012, p.4).

Realizado por: Arias, J. 2022.

2.13. Técnica de obtención de biofilms

Tabla 18-2: Proceso para la obtención de biofilms a partir del almidón de centeno

Método	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Método de ensayo
Obtención de los biofilms - método casting	<ul style="list-style-type: none"> • Reverbero • Vaso de precipitación de 100 ml y 600 mL • Varilla de agitación • Balanza Analítica • Moldes de acrílico • Cajas Petri • Espátula • Probetas de 25 y 10 mL • Malla de asbesto • Pinzas para crisol 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua (H₂O) • Glicerol (C₃H₈O₃) • Almidón de centeno • Ácido Acético (CH₃COOH) • Agua destilada 	<p>El procedimiento se basa en (Jami, 2015, p.32), tener pesado los reactivos a utilizarse, se inicia mezclando el almidón y el agua destilada en un vaso de precipitación durante 1 min, luego se agrega el ácido acético y se continúa mezclando, finalmente se adiciona la glicerina y se mezcla aproximadamente 2 min hasta obtener una solución homogénea. Se prepara el baño maría en un reverbero con su respectiva malla de asbesto a una temperatura de 85°C, después se coloca el vaso de precipitación con la mezcla homogénea en el baño maría en constante agitación con la ayuda de un termómetro hasta llegar a su temperatura de gelatinización T=70 °C obteniéndose una mezcla de consistencia viscosa (el tiempo varía dependiendo de cada tratamiento aproximadamente 6 min) inmediatamente verter la mezcla sobre las cajas Petri de vidrio, dejar reposar por 10 min y después colocar la muestra en una estufa a 40°C por 20 min y finalmente dejar secar a temperatura ambiente aproximadamente 24 horas. Luego del secado de las biopelículas se separaron de las cajas Petri manualmente con la ayuda de un estilete y se almacenaron para su previa caracterización.</p>	<p>(Brito et al., 2020, p.8).</p>

Realizado por: Arias, J. 2022.

2.13.1. *Caracterización de los biofilms*

Tabla 19-2: Ensayos físicos – mecánicos para la caracterización de los biofilms

N°	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Formular para el calculo	Método de ensayo
1	Espesor	<ul style="list-style-type: none"> • Pie de rey • Láminas de biofilm • Cúter 	<ul style="list-style-type: none"> • Biofilms 	<ul style="list-style-type: none"> • Recortar 10 películas con medidas de 2,5 cm x 2,5 cm de cada muestra • Medir con un pie de rey las laminas • Realizar el promedio de las mediciones dadas. 	Medición directa	Este ensayo fue basado en la revista del laboratorio tecnológico de Uruguay del tema 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
2	Humedad	<ul style="list-style-type: none"> • Balanza Analítica • Estufa 	<ul style="list-style-type: none"> • Biofilms 	<ul style="list-style-type: none"> • Tomar el peso inicial de las muestras • Coloca en la estufa a 105°C durante 24 H hasta llegar a un peso constante • Realizar varios ensayos por cada muestra 	<p>Ecuación 3-2:</p> <p>Humedad del bioplástico</p> $\%Humedad = \frac{P.i(g) - P.f(g)}{P.i(g)} * 100$ <p>Donde:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pi = Peso inicial del biofilm (g) • Pf= Peso final seco del biofilms (g) 	Método gravimétrico
3	Solubilidad en agua	<ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación • Probetas • Papel filtro • Balanza analítica 	<ul style="list-style-type: none"> • Agua destilada • Biofilms 	<ul style="list-style-type: none"> • Las películas previamente secadas a temperatura ambiente (22°) se colocaron en un vaso de precipitación de 100 mL con 80 mL de agua destilada • Se lleva a agitación de 100 rpm durante 1 hora. • Filtrar y se procede a colocar en una estufa a 40°c 	<p>Ecuación 4-2:</p> <p>Solubilidad del bioplástico</p> $\%Solubilidad = \frac{P.i(g) - P.f(g)}{P.i(g)} * 100$ <p>Donde:</p>	(Carballo & Martínez, 2010, p.70).

				hasta que no queden residuos de agua	P.i = Peso inicial seco de la película (g) Pf = Peso final seco de la película (g)	
4	Grado de transmisión de vapor de Agua	<ul style="list-style-type: none"> • Tubos de ensayo • Gradilla • Balanza Analítica • Desecador 	<ul style="list-style-type: none"> • Biofilms de almidón de centeno • Solución de cloruro de sodio • Silicagel activada 	<ul style="list-style-type: none"> • Se empleó el método desecante, el cual utiliza sílica gel previamente activada a 200°C por 24 horas. • Posterior a ello, se llenaron los tubos de ensayo de 10cm de altura y 16mm de diámetro, dejando este espacio libre para mezclar delicadamente la sílica gel durante cada pesado. Las películas se cortaron en cuadrados de 2.5 cm² para cada muestra, luego se colocaron en la boca del tubo de ensayo sellándolos herméticamente y un pedazo de cinta scotch. Colocar o guardar en una 	Ecuación 5-2: Permeabilidad al vapor de agua $WVP = \frac{WVTR * e}{t * (HR2 - HR1)}$ $WVTR = \frac{Pendiente}{área}$ Donde: PWRT= Pendiente de la curva (peso vs tiempo) sobre el área expuesta de la lámina (g/h*m2) WVP= Permeabilidad de vapor de agua. P1= Peso inicial del tubo de ensayo	ASTM D1653-93: Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de una película de recubrimiento orgánico. (Bío-bío et al., [sin fecha], p.10).

				<p>gradilla.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una vez sellados los tubos, fueron pesados y luego colocados en un desecador equilibrado con un ambiente de una HR 60 - 65% que se obtuvo colocando una solución saturada de Cloruro de sodio (NaCl) y una temperatura de 26 - 29°C. Se esperó 1 hora hasta que las muestras lleguen al equilibrio. Las muestras fueron pesadas el primer día cada hora, durante 6 horas consecutivas. 	<p>P2= Peso final del tubo ensayo t=tiempo transcurrido en todo el ensayo e=espesor del biopolímero PV= Presión de vapor HR2 = Humedad relativa al 75% HR1 = Humedad relativa al 0%</p>	
5	<p>Propiedades mecánicas de los biofilms</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Dinamómetro • Maquina universal de pruebas de tracción 	<p>Biofilms cortados en probetas con medidas de 7 cm de largo *1,5 cm de ancho</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Se sujeta los extremos de la probeta dentro del dinamómetro • Se toma los datos arrojados por el equipo 	<p>El cálculo se emite de acuerdo a la elongación y la fuerza de tracción</p>	<p>Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas (INEN NTE 2635, 2012, p.8).</p>

6	Biodegradabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Recipientes herméticos • Biofilms 	<ul style="list-style-type: none"> • Tierra orgánica • Agua potable • Biofilms 	<ul style="list-style-type: none"> • Recortar el biofilm en láminas de 2*2 cm • Colocarlas en la tierra orgánica a unos 12 cm de superficie y mantener en un ambiente húmedo • Colocar en el interior de un frasco con agua una lámina de 2*2 cm • Colocar una muestra al ambiente por un mínimo de 30 días • Revisar cada 7 días para verificar la presencia de las láminas. 	<p>Para determinar la degradabilidad del plástico se hace uso del programa image J mismo que nos permite conocer la disminución del área en cada muestra de plástico</p>	<p>Método de pérdida de área uso del programa Imagen J</p>
---	--------------------------	--	---	--	--	--

Realizado por: Arias, J. 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Recolección de datos del almidón y materia prima

3.1.1. *Características de la materia prima*

En la tabla 1-3, Se muestran los resultados de los análisis físicos del grano de centeno como materia prima, se tomó un total de 20 muestras al azar especificando su peso, longitud y espesor.

Tabla 1-3: Datos característicos de la materia prima

N°	Peso (g)	Longitud (mm)	Espesor (mm)
1	0,0327	6,17	2,45
2	0,0265	7,09	2,21
3	0,0246	6,31	2,27
4	0,0212	6,26	2,05
5	0,0271	6,13	2,54
6	0,0208	5,72	2,16
7	0,0283	7,00	2,47
8	0,0375	6,58	2,05
9	0,0327	6,37	2,54
10	0,0219	5,69	2,22
11	0,0479	7,96	2,66
12	0,0329	6,66	2,65
13	0,0378	6,65	2,60
14	0,0282	6,44	2,55
15	0,0191	5,41	2,02
16	0,0305	6,87	2,47
17	0,0320	6,85	2,32
18	0,0318	6,60	2,65
19	0,0343	6,94	2,61
20	0,0293	6,45	2,52
P.M	0,029855	6,5075	2,4005

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.2. Extracción del almidón mediante el método de vía húmeda

El enfoque de este experimento es la reducción de tamaño (molienda y trituración), filtración, decantación, secado y tamizado, se trabajó a revolución baja de 6800 rpm y revolución alta de 20000 rpm con una licuadora Oster modelo BLST4655 y dos tiempos: 60 y 90 segundos.

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

Materia prima	Tratamientos	VARIABLES	Repeticiones	Vol. Agua (mL)	Peso de la materia prima	Rendimiento	% Rendimiento	Tiempo (H)
Cente no (<i>Secal e cereal e</i>)	T1	RPM 1:60	R1	500	150	13,21	8,563	24
			R2			12,15		
			R3			13,5		
			R4			12,52		
	T2	RPM 1:90	R1			14,12	10,430	24
			R2			15,11		
			R3			16,22		
			R4			17,13		
	T3	RPM 2:60	R1			19,43	14,585	24
			R2			21,34		
			R3			22,42		
			R4			24,32		
	T4	RPM 2:90	R1			26,43	18,702	24
			R2			28,43		
			R3			27,23		
			R4			30,12		

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.3. Secado de almidón por vía húmeda

Para este proceso de secado una vez obtenido el almidón, se mantuvo a una temperatura constante de 50°C durante 24 horas, se tomaron datos en intervalos de tiempo de 2 horas, para cada tratamiento con sus respectivas repeticiones.

Tabla 3-3: Datos del proceso de secado el almidón por vía húmeda

N°	Materia prima	Tratamientos	Repeticiones	Peso inicial (g)	Tiempo (H)						
					0	2	4	6	8	10	12
					P1 (g)	P2 (g)	P3 (g)	P4 (g)	P5 (g)	P6 (g)	P7 (g)
1	Centeno (Secale cereale)	T1	R1	59	48,58	45,37	36,63	22,45	17,38	13,21	13,21
			R2	58	47,45	41,06	37,44	20,61	16,31	12,15	12,15
			R3	56	49,12	41,34	33,56	22,87	18,67	13,5	13,5
			R4	50	43,21	39,45	25,53	29,46	17,17	12,52	12,52
		T2	R1	65	61,79	56,98	49,45	33,88	29,11	14,12	14,12
			R2	67	63,26	58,45	41,66	35,78	20,99	15,11	15,11
			R3	63	58,09	41,67	37,86	22,43	18,25	16,22	16,22
			R4	60	55,33	41,45	37,78	22,45	19,31	17,13	17,13
		T3	R1	70	63,21	58,76	43,39	39,06	24,58	19,43	19,43
			R2	73	68,01	50,55	47,17	33,38	27,34	21,34	21,34
			R3	75	71,47	68,52	52,08	54,63	36,77	22,42	22,42
			R4	76	73,07	69,69	54,33	48,81	30,60	24,32	24,32
		T4	R1	82	78,18	71,06	67,93	60,13	44,12	26,43	26,43
			R2	84	79,33	62,52	58,04	42,18	37,01	28,43	28,43
			R3	80	76,04	70,55	68,56	51,11	30,34	27,23	27,23
			R4	86	81,13	74,56	64,20	57,68	45,67	30,12	30,12

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.4. Pruebas de residuos por calcinación del almidón de centeno

Para cada ensayo se tomó tres muestras de los 4 tratamientos obtenidos, dándonos como resultado las siguientes cantidades.

Tabla 4-3: Datos para la prueba de residuos por calcinación

Cenizas				
Tratamientos	Tiempo del tarado de los crisoles (H)	Peso inicial de los crisoles (g)	Peso de la muestra de almidón (g)	Peso del crisol + peso de las cenizas (g)
T1	24	35,2685	1,0741	35,2722
		37,3268	1,1811	37,3298
		42,0523	1,0213	25,6899
T2	24	25,6861	1,0452	39,3376
		39,3347	1,0994	36,7395
		33,7460	1,0112	43,8869
T3	24	36,7375	1,0029	42,0571
		43,8828	1,0567	43,3822
		35,4636	1,0329	33,5464
T4	24	42,0533	1,0306	43,0544
		43,3793	1,0535	33,7497
		33,5456	1,0473	35,4657

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.5. Pruebas previas en la formulación de bioplástico

3.1.5.1. Concentración del almidón

Según fuentes bibliográficas y experimentaciones en la formulación de bioplástico el peso del almidón para la aplicación de este varía en el rango de 1-5 gramos.

Tabla 5-3: Concentraciones del almidón

N°	Almidón (g)	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	1	SI	NO	Opaco	Quebradizo
2	2	SI	SI	Opaco	SI
3	2,5	SI	SI	Opaco	SI
4	3	SI	SI	Opaco	Quebradizo
5	3,5	SI	SI	Opaco	Quebradizo
6	4	SI	SI	Opaco	SI
7	4,5	NO	NO	Opaco	Quebradizo

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.5.2. Concentración del plastificante (Glicerina)

La concentración varía según la elasticidad que se busque en cada biopelícula.

Tabla 6-3: Concentración del plastificante

N°	Almidón (g)	Plastificante - Glicerina (mL)	Facilidad de moldeo	Forma películas	Transparencia	Estabilidad
1	1	0,5	SI	SI	Opaco	SI
		1	NO	NO	Opaco	NO
		1,5	NO	NO	Opaco	NO
		2	NO	NO	Opaco	NO
2	2	0,5	SI	SI	Opaco	SI
		1	SI	SI	Opaco	Quebradizo
		1,5	NO	NO	Opaco	NO
		2	NO	NO	Opaco	NO
3	2,5	0,5	SI	SI	Opaco	SI
		1	SI	SI	Opaco	SI
		1,5	NO	NO	Opaco	NO
		2	NO	NO	Opaco	NO
4	3	0,5	SI	NO	Opaco	Quebradizo
		1	SI	NO	Opaco	Quebradizo
		1,5	SI	SI	Opaco	SI
		2	SI	SI	Opaco	NO

5	3,5	0,5	NO	NO	Opaco	NO
		1	NO	NO	Opaco	NO
		1,5	SI	SI	Opaco	SI
		2	SI	SI	Opaco	SI
6	4	0,5	NO	NO	Opaco	NO
		1	NO	NO	Opaco	NO
		1,5	SI	SI	Opaco	SI
		2	SI	SI	Opaco	SI
7	4,5	0,5	NO	NO	Opaco	NO
		1	NO	NO	Opaco	NO
		1,5	NO	NO	Opaco	NO
		2	SI	SI	Opaco	SI

Realizado por: Arias, J. 2022.

Al realizar algunas prepruebas con las formulaciones y basándonos en el diseño factorial 2^2 , nos indican que los factores a variar son el almidón y el plastificante (glicerina), y se mantiene constante para las variables del ácido acético y el agua.

Tabla 7-3: Nomenclatura y concentraciones para la formulación de bioplástico a partir del diseño factorial 2^k

N°	Variables			Constantes	
	Nomenclatura	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Ácido acético (mL)	Agua (mL)
1	TC1	2	0,5	2	30
2	TC2	2	0,53	2	30
3	TC3	2,33	0,5	2	30
4	TC4	2,33	0,53	2	30

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.6. *Propiedades físicas, mecánicas del bioplástico*

3.1.6.1. *Determinación del espesor con un calibrador digital se tomó 16 medidas diferentes*

Tabla 8-3: Datos obtenidos del espesor del bioplástico

Tratamiento	Repetición	Temperatura (°C)	Secado				Área (cm ²)	Volumen (ml)	peso (g)		Peso / área	Espesor (mm)
			Lugar	Método	Temperatura (°C)	Tiempo (h)			R	Promedio		
TC1	R1	70	Laboratorio Investigación	Ambiente	22	48	9	30	1,034	1,04	0,115	0,1
	R2								1,066		0,118	0,1
	R3								1,053		0,117	0,1
	R4								1,015		0,113	0,1
TC2	R1	70			22	48	9	30	1,022	1,03	0,114	0,1
	R2								1,027		0,114	0,1
	R3								1,029		0,114	0,1
	R4								1,044		0,116	0,1
TC3	R1	70			22	48	9	30	1,037	1,06	0,115	0,1
	R2								1,101		0,122	0,1
	R3								1,042		0,116	0,1
	R4								1,046		0,116	0,1
TC4	R1	70			22	48	9	30	1,032	1,03	0,115	0,1
	R2								1,003		0,111	0,1
	R3								1,063		0,118	0,1
	R4								1,039		0,115	0,1

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.6.2. *Determinación de la humedad*

Tabla 9-3: Datos obtenidos para la determinación de la humedad

Muestra	Peso inicial (g)	Peso final seco (g)
C1A	0,117	0,1040
C1B	0,207	0,1771
C1C	0,125	0,11011
C2A	0,154	0,1357
C2B	0,164	0,1418
C2C	0,184	0,1607
C3A	0,131	0,1138
C3B	0,133	0,1158
C3C	0,156	0,1367
C4A	0,152	0,1317
C4B	0,160	0,1407
C4C	0,158	0,1365

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.6.3. *Determinación de la solubilidad*

Tabla 10-3: Datos obtenidos para la solubilidad

Tratamiento	Nombre	Peso inicial	Peso del papel filtro	Peso final seco (papel filtro + biofilm)	Peso final seco
T1	C1A	0,1096	0,3749	0,4380	0,0633
	C1B	0,1811	0,4000	0,5011	0,1011
	C1C	0,1152	0,3912	0,4604	0,0692
T2	C2A	0,1379	0,4027	0,4839	0,0812
	C2B	0,1456	0,3910	0,4827	0,0917
	C2C	0,1645	0,3857	0,4843	0,0986
T3	C3A	0,1203	0,3672	0,4377	0,0705
	C3B	0,1218	0,3750	0,4454	0,0704
	C3C	0,1438	0,3895	0,4744	0,0849
T4	C4A	0,1368	0,3828	0,4656	0,0828
	C4B	0,1421	0,3905	0,4776	0,0871
	C4C	0,1407	0,3890	0,4752	0,0862

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.4.4. Ensayo del grado de transmisión de vapor de agua

Tabla 11-3: Datos del grado de transmisión de vapor de agua realizados al biofilm de centeno

<i>Tratamientos</i>	<i>Tiempo (horas)</i>							<i>Área m²</i>	<i>Espesor</i>	<i>Pendiente</i>
	<i>0</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>			
<i>TC1A</i>	13,84 73	13,86 39	13,86 96	13,87 19	13,87 35	13,87 67	13,88 01	0,0002 011	0,1	0,0046
<i>TC1B</i>	14,24 94	14,25 85	14,26 09	14,26 39	14,26 97	14,27 05	14,27 9	0,0002 011	0,1	0,0043
<i>TC1C</i>	13,90 66	13,91 91	13,92 18	13,92 91	13,93 28	13,93 41	13,94 7	0,0002 011	0,1	0,0058
<i>TC2A</i>	13,61 9	13,62 68	13,63 23	13,63 99	13,64 03	13,64 27	13,65 47	0,0002 011	0,1	0,0052
<i>TC2B</i>	12,68 09	12,69 31	12,69 55	12,69 86	12,70 14	12,70 34	12,71 56	0,0002 011	0,1	0,0047
<i>TC2C</i>	13,84 95	14	13,86 86	13,87 07	13,87 27	13,87 98	13,89 03	0,0002 011	0,1	0,0057
<i>TC3A</i>	14,15 91	14,16 96	14,17 36	14,17 74	14,17 94	14,18 33	14,19 47	0,0002 011	0,1	0,0050
<i>TC3B</i>	14,20 31	14,21 75	14,21 91	14,22 22	14,22 51	14,22 62	14,23 66	0,0002 011	0,1	0,0044
<i>TC3C</i>	12,99 52	13,01 11	13,01 34	13,01 56	13,01 66	13,01 84	13,03 06	0,0002 011	0,1	0,0044
<i>TC4A</i>	12,31 19	12,32 39	12,32 6	12,32 83	12,33 26	12,33 42	12,34 15	0,0002 011	0,1	0,0041
<i>TC4B</i>	14,41 29	14,42 34	14,42 51	14,42 83	14,43 04	14,43 42	14,44 43	0,0002 011	0,1	0,0043
<i>TC4C</i>	12,85 61	12,86 79	12,87 27	12,87 75	12,87 98	12,88 55	12,89 1	0,0002 011	0,1	0,0053

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.7. Determinación de biodegradabilidad del bioplástico

3.1.7.1. Biodegradabilidad en el suelo

Tabla 12-3: Datos obtenidos en la biodegradabilidad del suelo

Tratamiento	Área inicial <i>mm</i> ²	Área Semana 1 <i>mm</i> ²	Área Semana 2 <i>mm</i> ²	Área Semana 3 <i>mm</i> ²	Área Semana 4 <i>mm</i> ²	Área Semana 5 <i>mm</i> ²
C1A	1562,69	1357,78	1173,63	849,24	567,63	222,79
C1B	1544,88	1246,99	1093,74	820,68	592,82	284,52
C1C	1497,94	1237,89	1126,99	856,59	571,79	270,63
C2A	1466,49	1333,66	1048,06	799,08	489,34	155,79
C2B	1589,13	1259,14	1105,29	883,78	588,52	284,21
C2C	1461,83	1275,08	997,83	753,78	498,07	168,69
C3A	1598,13	1352,22	1120,5	842,98	563,27	197,74
C3B	1563,78	1367,52	1083,64	866,99	512,78	240,99
C3C	1488,73	1297,25	989,39	769,22	477,63	111,74
C4A	1478,61	1247,01	1086,77	891,61	578,06	155,63
C4B	1482,83	1296,61	1058,23	792,09	479,25	119,08
C4C	1541,99	1322,03	1138,17	820,98	500,73	202,87

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.7.2. Biodegradabilidad en el agua

Tabla 13-3: Datos obtenidos para la biodegradabilidad del biofilm en el agua

Tratamiento	Área inicial <i>mm</i> ²	Área Semana 1 <i>mm</i> ²	Área Semana 2 <i>mm</i> ²	Área Semana 3 <i>mm</i> ²	Área Semana 4 <i>mm</i> ²	Área Semana 5 <i>mm</i> ²
C1A	1489,64	1133,14	965,17	628,13	264,14	97,7
C1B	1586,23	1185,42	957,13	624,64	358,13	85,84
C1C	1549,62	1173,77	935,28	687,23	389,73	100,24
C2A	1494,19	1125,19	953,42	584,12	284,69	58,14

C2B	1586,23	1118,57	986,83	613,19	228,14	90,23
C2C	1587,24	1175,83	974,92	697,43	264,61	96,53
C3A	1523,96	1136,05	900,26	568,23	296,15	33,15
C3B	1542,91	1166,49	944,12	693,97	254,99	87,73
C3C	1463,05	1025,08	864,53	541,63	284,61	98,88
C4A	1471,16	1073,58	894,51	588,19	221,78	104,68
C4B	1582,79	1098,16	823,86	599,66	117,78	96,72
C4C	1569,34	1157,08	965,13	643,98	284,85	95,62

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.1.7.3. Biodegradabilidad en el ambiente

Tabla 14-3: Datos obtenidos para la biodegradabilidad del biofilm en el medio ambiente

Tratamiento	Área inicial <i>mm</i>²	Área Semana 1 <i>mm</i>²	Área Semana 2 <i>mm</i>²	Área Semana 3 <i>mm</i>²	Área Semana 4 <i>mm</i>²	Área Semana 5 <i>mm</i>²
C1A	1553,81	1531,71	1509,81	1468,61	1411,71	1335,81
C1B	1538,03	1515,93	1494,03	1452,83	1395,93	1320,03
C1C	1557,96	1535,86	1513,96	1472,76	1415,86	1339,96
C2A	1489,91	1467,81	1445,91	1404,71	1347,81	1271,91
C2B	1495,3	1473,2	1451,3	1410,1	1353,2	1277,3
C2C	1524,83	1502,73	1480,83	1439,63	1382,73	1306,83
C3A	1564,19	1542,09	1520,19	1478,99	1422,09	1346,19
C3B	1489,61	1467,51	1445,61	1404,41	1347,51	1271,61
C3C	1475,96	1453,86	1431,96	1390,76	1333,86	1257,96
C4A	1523,41	1501,31	1479,41	1438,21	1381,31	1305,41
C4B	1559,72	1537,62	1515,72	1474,52	1417,62	1341,72
C4C	1478,3	1456,2	1434,3	1393,1	1336,2	1260,3

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.2. Cálculos

3.2.1. Cálculos realizados para el almidón de centeno

3.2.1.1. Porcentaje de rendimiento

Se realizaron 4 repeticiones para cada tratamiento por lo que se procedió a realizar el porcentaje de rendimiento por cada repetición, se calculó la media.

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

$$\%Rendimiento \text{ del T4} = \frac{71,25}{150} * 100$$

$$\%Rendimiento \text{ del T4} = 47,50$$

Basándose en el cálculo de cada rendimiento se observa cual obtuvo mayor porcentaje.

3.2.1.2. Contenido de cenizas

La cantidad de cenizas representa el contenido total de minerales presente en los alimentos, para este ensayo se realizaron 3 repeticiones en cada tratamiento, haciendo uso de la siguiente ecuación

$$\%C = \frac{m_2 - m_c}{m_1 - m_c} * 100$$

$$\% C. Tratamiento 1 = \frac{35,2722 - 35,2670}{1,0741} * 100$$

$$\% C. Tratamiento 1 = 0,4841\%$$

3.2.2. Cálculos del bioplástico obtenido a partir del almidón de centeno

3.2.2.1. Porcentaje de humedad

De cada tratamiento desarrollado del biofilm se realizaron tres repeticiones y se procedió a establecer un promedio de estas.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{peso muestra} - \text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100$$

$$\% \text{ Humedad Tratamiento 1} = \frac{0,1170 - 0,1040}{0,1040} * 100$$

$$\% \text{ Humedad Tratamiento 1} = 12,5\%$$

3.2.2.2. Solubilidad del bioplástico

La prueba de solubilidad reconoce la capacidad de disolución de una masa de un soluto en una masa de disolvente, por lo tanto, se aplica la siguiente ecuación.

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

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{0.1096 - 0.0633}{0.1096} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = 42,24\%$$

3.2.2.3. Grado transmisión de vapor de agua

$$WVP = \frac{WVTR * e}{t * (HR2 - HR1)}$$

$$WVTR = \frac{Q}{\text{área} * t}$$

$$WVTR = \frac{13,88801 - 13,8473}{(7 - 0) * 0,0015}$$

$$WVTR = 3,1240$$

$$WVP = \frac{WVTR * e}{(\Delta p)}$$

$$WVP = \frac{3,7250 \frac{g}{h * m^2}}{0,00317 \text{ Mpa} * (0,75 - 0)} * 0,0001m$$

$$WVP = 0,1314 \frac{g}{h * m^2 * Mpa}$$

3.3. Resultados

3.3.1. Curva de secado del almidón

En el siguiente gráfico se puede observar la pérdida de humedad para el almidón una vez extraído por la vía húmeda en cada tratamiento, al cabo de 24 horas, los pesos fueron tomados cada 2 horas.

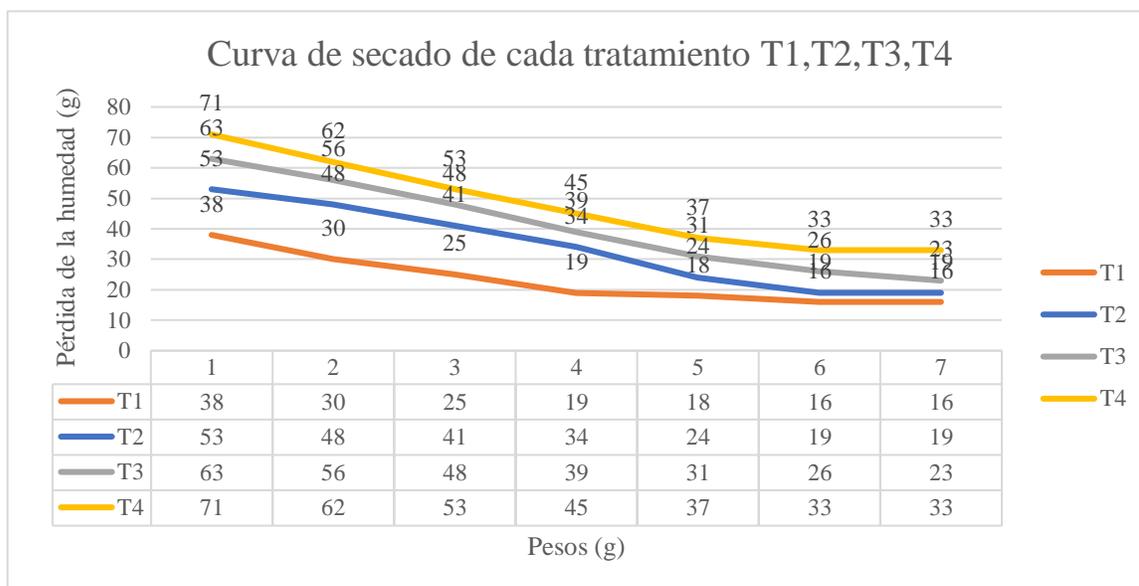


Gráfico 1-3: Curva de secado del almidón

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.3.2. Resultados obtenidos de los ensayos realizados al almidón de centeno

3.3.2.1. Rendimiento de extracción del almidón por vía húmeda

Para la determinación del porcentaje de cada tratamiento se usó aproximadamente 150 g de materia prima (centeno) obteniéndose una pulpa neta de $135\text{g} \pm 0,33$.

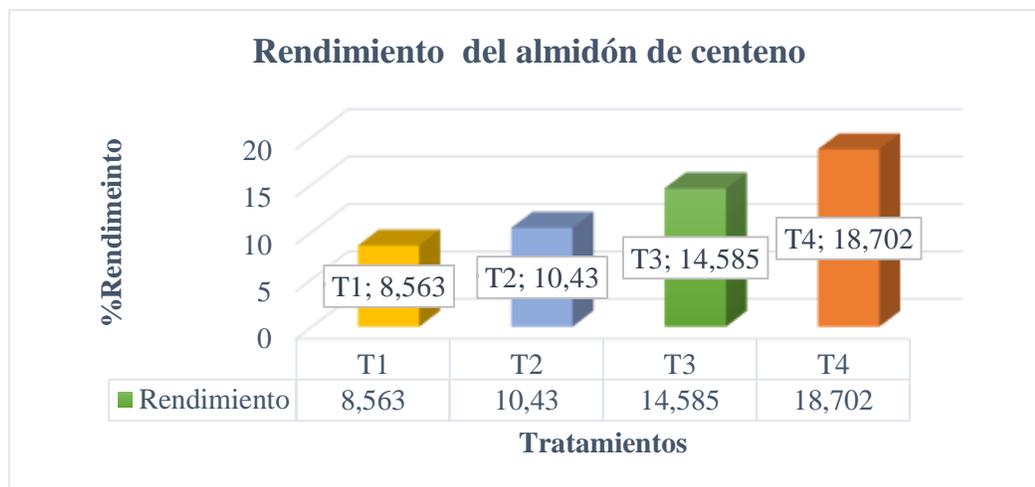


Gráfico 2-3: Rendimiento del almidón por el método de vía húmeda

Realizado por: Arias, J. 2022.

Respecto al rendimiento, el análisis presentado en el gráfico nos da que el mejor tratamiento es el 4 bajo las siguientes condiciones: Velocidad 2 (Alta) en un tiempo de 90 segundos, en el cual se obtiene un total de 18,702 % de rendimiento, si lo comparamos con el tratamiento uno, existe una diferencia del 10,13%, si lo comparamos con (Huacho et al., 2021, p.11), en su trabajo “Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (*Manihot Esculenta Crantz*)”, tenemos una diferencia mínima de 3,58%

En el Análisis de varianza del rendimiento del almidón de centeno (Sécale cereale), al compararlo con (Brito et al., 2021, p.8), en su trabajo “Extracción de almidón del arroz de cebada por procesos físicos de separación, se obtuvo una diferencia significativa 19,5%, esto se debe a la superficie de cada materia prima con la que se trabajó, así como también, el tiempo y la velocidad de los equipos que se empleó.

Para el análisis de varianza (ANOVA) se empleó el programa Minitab 19 utilizando el modelo lineal general.

Tabla 15-3: Factores involucrados en el rendimiento del almidón

Factor	Tipo	Niveles	Valores
RPM	Fijo	2	1;2
Tiempo	Fijo	2	60;90

Realizado por: Arias, J. 2022.

Tabla 16-3: Análisis de varianza (ANOVA) del rendimiento del almidón

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Valor crítico para F</i>
RPM	204,2993778	1	204,2993778	207,652973	6,1433E-09	4,747225347
TIEMPO	35,80027778	1	35,80027778	36,3879431	5,9171E-05	4,747225347
RPM*TIEMPO	5,0625	1	5,0625	5,14560146	0,04256139	4,747225347
Dentro del grupo	11,8062	12	0,98385			
Total	256,9683556	15				

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.3.2.2. Análisis de tukey sobre el rendimiento del almidón de centeno

En el análisis de tukey se compara dos factores RPM Y el tiempo con una confianza del 95%

Tabla 17-3: Comparación de factores de tukey

RPM*Tiempo	N	Media	Agrupación		
2 90	4	18.7017	A		
2 60	4	14.5850		B	
1 90	4	10.4300			C
1 60	4	8.5633			C

Realizado por: Arias, J. 2022.

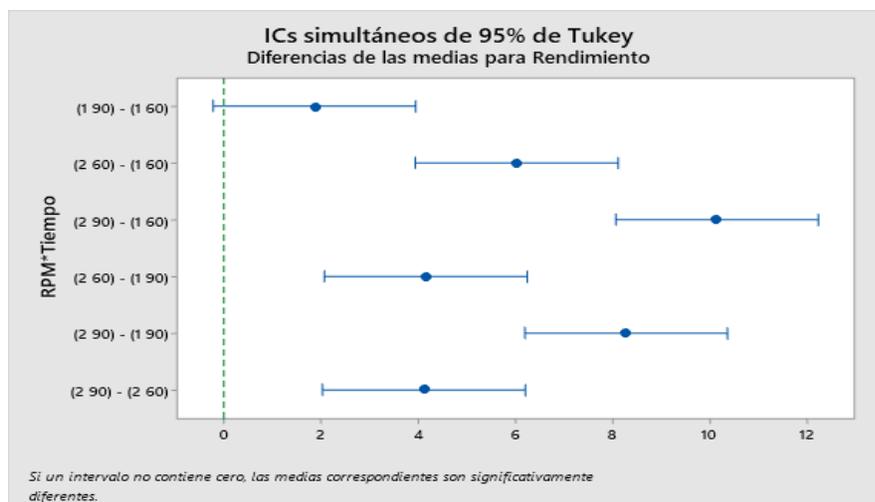


Gráfico 3-3: Diferencias de las medias por el método de Tukey del centeno

Realizado por: Arias, J. 2022.

3.3.3. Resultados obtenidos para las pruebas físico químicas del almidón de centeno

Tabla 18-3: Resultados de las pruebas físico químicas del almidón de centeno

N°	Parámetros	Unidades	Valor	Estándar	Norma/ Institución
1	Humedad	6,92	%	–	NTE INEN- ISO 1666
2	Cenizas	0,4198	%	2	NTE INEN- ISO 3593
3	Solubilidad	√		Ligera opalencia	INEN 1456
4	pH	5,7425		5.00-7.00	INEN 1456
5	Viscosidad	1000	cP	840-1500	FAO 2007
6	Temperatura de gelatinización	70	°C	–	INEN 1456
7	Hongos	0	UFC/g		SAQMIC
8	Mohos y levaduras	150	UFC/g	1000-5000	SAQMIC
9	Coliformes totales	200	UFC/g	<10	SAQMIC
10	Coliformes fecales	0	UFC/g	<10	SAQMIC
11	Amilosa	17,76	%	MO-LSAIA-04	INIAP
12	Amilopectina	82,24	%	MO-LSAIA-04	INIAP

Realizado por: Arias, J. 2022.

Como primer parámetro físico químico del almidón de centeno tenemos a la humedad (Cuadrado, 2019, p.33), en su trabajo de investigación alude que existe una variación en cuanto al porcentaje de humedad con valores que van desde 10 hasta 12 % en cereales, mientras que almidones provenientes de raíces y tubérculos la humedad varía de entre 14 a 19 %, además de que un mayor contenido de humedad afectara la calidad del almidón por daño microbiano.

Para el contenido de cenizas evaluado bajo la norma NTE INEN-ISO 3593 no debe ser superior al 2%, el almidón de centeno obtuvo un promedio de 0,4198% es decir que la cantidad de materia orgánica presente fue mínima.

La norma (NTE INEN 1456, 2012, p.2) señala el proceso a seguir para determinar la solubilidad de almidón al tomar 2 g de muestra y ponerla en contacto con el agua, acotando a este (Acevedo et al., 2014, p.5), explica que el índice de solubilidad del almidón es la capacidad de reaccionar y disolverse en agua, y también indica el grado de asociación (enlaces intra-granulares) presente entre polímeros de almidón-amilosa/amilopectina es decir que la muestra que presenta una ligera opalencia se considera soluble; basándonos en la misma norma el pH (potencial de hidrogeno) se encuentra dentro del estándar 5.00-7.00 límite.

Para el caso de los análisis microbiológicos: hongos, mohos y levaduras, coliformes totales y coliformes fecales; medidos en UFC/g, el único parámetro alterado es de los coliformes totales pues es mayor al estándar (<10) esto se debe a que las muestras de almidón no fueron almacenadas en recipientes aislados de condiciones ambientales y de la humedad.

(Pertuz, 2021, p.55), en su trabajo “Biopolímeros a base de almidón de papa (*Solanum tuberosum*), para uso de la industria alimentaria en Colombia” señala que el contenido de amilosa presente en el almidón permite la combinación con el plastificante, la concentración del plastificante determinara las características de la película como la solubilidad y las propiedades mecánicas. El contenido de amilopectina presente en el almidón determina la solubilidad y el índice de absorción del bioplástico.

3.3.4. Resultados obtenidos de los ensayos del bioplástico

Se tomaron los valores de las muestras de cada tratamiento dentro de cada, sacando un promedio final

Tabla 19-3: Tabla de los resultados obtenidos del espesor del bioplástico

N°	Análisis	Tratamientos	Resultados	Unidad
1	Espesor	Tratamiento C1	0,1	mm
		Tratamiento C2	0,1	
		Tratamiento C3	0,1	
		Tratamiento C4	0,1	
2	Humedad	Tratamiento C1	14,302	%
		Tratamiento C2	14,547	
		Tratamiento C3	14,695	
		Tratamiento C4	14,961	
3	Solubilidad	Tratamiento C1	39,399	%
		Tratamiento C2	42,117	
		Tratamiento C3	38,971	
		Tratamiento C4	41,519	
4	Permeabilidad al vapor del agua	Tratamiento C1	0,1385	g/m ² h*Mpa
		Tratamiento C2	0,1459	
		Tratamiento C3	0,1295	
		Tratamiento C4	0,1282	

Realizado por: Arias, J. 2022.

Para el espesor del biofilms nos basamos en la norma (INEN 2637, 2012, p.3), el cual establece un rango entre 0 y 0,2 mm y una transparencia ligeramente opaca presentando estabilidad. Para el análisis de la humedad no hay una variación significativa entre cada tratamiento, en general las películas a partir de almidón con un aumento de concentración de glicerol resultan ser más hidrofílicas, esto se debe a la naturaleza del glicerol que retiene el agua en la película. En el caso de la solubilidad (Paspuel, 2016, p.32) señala que el plastificante es muy importante en la solubilidad cuanto mayor concentración de glicerol se añada mayor es la solubilidad de los filmes debido a su característica hidrofílica, que puede causar mayor solubilidad en agua. Según Trujillo 2014 en su estudio “Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca”, menciona que para valores menores al 70% son

utilizados en embalaje de alimentos, y valores mayores son empleados como recubrimientos solubles de cápsulas en el área de medicina, por lo que, este resultado indica que este biomaterial es adecuado para el embalaje de alimentos. En la tabla se muestra los análisis de la solubilidad para el T1 fue de 39,399%, T2 : 42,117%, T3: 38,971 % y T4: 41,519%, como se evidencia existe un aumento de solubilidad al aumentar la concentración de la glicerina de 1,5% y 1,59% . Estas películas a base de almidón de centeno presentaron una menor solubilidad en comparación los resultados de (Ruano, 2015, p.25), con un rango de 54,76 – 39,88% de solubilidad de las biopelículas del almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá.

En el análisis de la permeabilidad al vapor de agua se observa que el tratamiento con menor permeabilidad es el T4 :0,1282 $g/m^2h \cdot Mpa$ y nuestro valor mas alto es del T2: 0,1459 $g/m^2h \cdot Mpa$ si comparamos con los valores de (Charro, 2015, p.80) que tiene un rango de 0,0258 a 0,1766 se observa que tiene un menor en comparación a 0,1766 pero mayo en comparación a 0,0258 esto se debe a la influencia de la glicerina y el aumento de la concentración de la misma dentro de la formulación de cada tratamiento, al tener una menos permeabilidad quiere decir que los bioplásticos no presentan muchos espacios intermoleculares para que sean ocupados por moléculas de agua.

3.3.4.1. Pruebas de degradación

Tabla 20-3: Resultados del ensayo de biodegradabilidad

TRATAMIENTO	% DEGRADACIÓN					
	Suelo	Días	Agua	Días	Ambiente	Días
TC1	83,086	35	93,853	35	14,085	35
TC2	86,650	35	94,779	35	14,523	35
TC3	88,236	35	95,126	35	14,460	35
TC4	89,429	35	93,560	35	14,359	35

Realizado por: Arias, J. 2022.

Una vez obtenido el promedio de cada componente (suelo, agua, ambiente), se obtiene la curva de degradabilidad vs las semanas que se empleó en el proceso de descomposición.

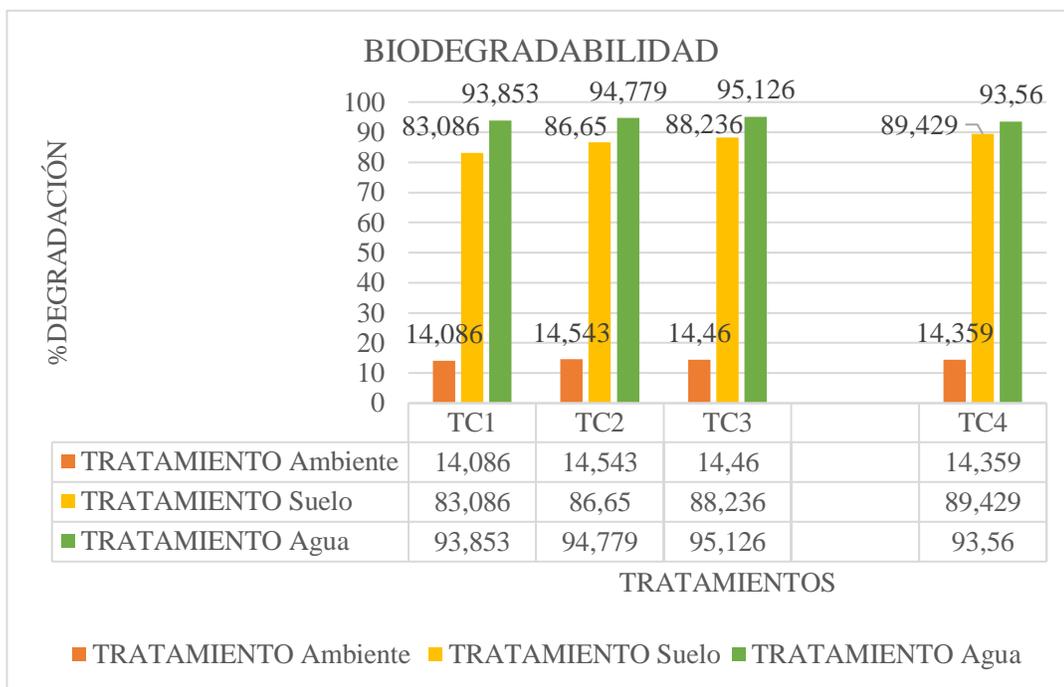


Gráfico 4-3: Biodegradación para el suelo, agua y ambiente para el bioplástico

Realizado por: Arias, J. 2022.

Se tomo en cuenta 3 ambientes para la prueba de degradación : suelo, agua y ambiente, con ayuda del programa imagen J se puede determinar la pérdida de área que tiene cada plástico bajo las condiciones establecidas, los datos se tomaron cada 7 días y al cabo de 35 días se evidencio cambios significativos en la forma de cada bioplástico , cada tratamiento cuenta con una formulación específica, T1: 1,59% de glicerina y 6,99% de almidón, T2: 1,5% de glicerina y 6% de almidón, T3: 1,59% de glicerina y 6% de almidón, T4: 1,5% de glicerina y 6% de almidón.

Para la biodegradación en el suelo en un periodo de 14 días existe una pérdida de área, para el T1 y T2 de 26% y 30% y para el T3 Y T4 de 31% y 14%, con una humedad relativa del suelo baja, al cabo de 35 días el T1 y el T2 reflejan valores de 83,086% y 86,650%, mientras que el T3 y el T4 con 88,236% y 89,429% respectivamente según los datos establecidos en la tabla se evidencia que el T3 y T4 son los tratamientos con mayor descomposición a diferencia del T1 y T2, esto se debe al incremento de la humedad relativa del suelo pues está directamente relacionado con la actividad microbiana del suelo lo que aumenta la degradación del bioplástico.(Sernaqué et al., 2020, p.5), señala que esto se debe a que los biopolímeros para ser degradados y perder peso molecular, utilizan las moléculas de agua presentes en el suelo , las cuales hinchan y atacan principalmente a los enlaces ésteres inestables del objeto biodegradable convirtiendo a las cadenas de polímeros en fragmentos cortos solubles en agua.

Para el análisis de la biodegradabilidad en el agua a 22°C es más efectiva en poco tiempo, cumpliendo con la norma (INEN 2643, 2012, p.2), al cabo de 21 días hay una pérdida de área mayor al 50% en cada tratamiento, en el transcurso de 35 días existe un desprendimiento de pequeños fragmentos de textura pegajosa, el porcentaje de degradación que tiene el T1 y T2 fue de 93,871% y 94,793% y para el T3 y T4 fue de 95,152% y 93,576 por lo tanto se evidencia que hubo mayor degradación en el T2 y el T3.

En el análisis de la biodegradación en el ambiente, se observó que la pérdida de área es retardada en comparación con la biodegradación del suelo y del agua. Al cabo de 21 días se puede observar un pequeño cambio en la pérdida de área para el T1 y T2 fue 5,344% y 5,510% y para el T3 y T4 fue 5,486% y 5,448%. En el transcurso de 35 días se observa para el T1 y T2 un porcentaje de 14,086% y 14,523%; para el T3 y T4 fue de 14,460% y 14,359%, por lo tanto, los tratamientos con mayor porcentaje de degradabilidad en el medio ambiente es el T2 y T3.

3.3.4.2. Recubrimiento en alimentos

Se realizaron pruebas para la conservación de alimentos (frutas) como: manzana, uvas y fresas con el uso de la aplicación por casting la cual consiste en un método que se centra básicamente en la obtención de un film de gran tamaño, el cual es fraccionado para ser aplicado sobre los alimentos a tratar (Jami, 2015, p.32).

Tabla 21-3: Recubrimiento y análisis físicos de alimentos

Observaciones	Estado inicial				Estado final			
	Con biofilm	Sin biofilm	Con biofilm	Sin biofilm	Con biofilm	Sin biofilm	Con biofilm	Sin biofilms
Fruta								
Días	0		0		3		3	
Olor	Leve a fresa		Fuerte a mora		Fuerte a fresa y	Leve a fresa	Fuerte a mora y	Leve a mora

			degradada		degradada	
Color	Rojo	Morado oscuro	Conser va su color rojo con presen cia de puntos blanco s	Color rojo con zonas negras y puntos blanco s	Conser va su color morad o oscuro con presen cia leve de puntos blanco s	Conser va su color morado oscuro con aglomera ción de hongos en zonas específic as de color blanco

Realizado por: Arias, J. 2022.

Tabla 22-3: Recubrimiento y análisis físicos de alimentos

Observaciones	Estado inicial				Estado final			
	Con biofilm	Sin biofilm	Con biofilm	Sin biofilm	Con biofilm	Sin biofilm	Con biofilm	Sin biofilms
Fruta								
Días	0		0		30		18	
Olor	Leve a manzana		Leve a uva		Leve a manzana	Leve a manzana	Fuerte a uva degradada	Fuerte a uva
Color	Rojo		Morado oscuro		Conser va su color rojo	Color rojo con zonas pequeños	Conser va su color morado oscuro	Conser va su color morado

				puntos blancos	con presencia leve de puntos blancos	oscuro con aglomeración de hongos en zonas específicas de color blanco
Textura	Dura y firme	Dura y firme	Levemente suave	Extremadamente suave	Suave, pérdida de la consistencia y su firmeza, presencia de humedad	Perdida de la forma

Realizado por: Arias, J. 2022.

Las fresas, las moras y las uvas son consideradas frutas no climatéricas, es decir no pueden madurar fuera del árbol, por otro lado, las manzanas son consideradas frutas climatéricas, es decir pueden seguir madurando una vez recolectadas por efecto del etileno.

En cualquier caso, la velocidad de maduración y la vida en postcosecha no se asocia con el carácter climatérico o no climatérico de las frutas, sino con la respiración: cuanto mayor es la tasa respiratoria (constante o no), mayor es la permeabilidad de la fruta. Por ejemplo, la manzana es una fruta climatérica que evidencia un pico en la producción de etileno y en la tasa respiratoria durante su maduración. Sin embargo, su tasa respiratoria media-baja le asegura una vida en postcosecha más prolongada que la de algunos frutos no climatéricos, como las fresas, las zarzamoras o las frambuesas que poseen tasas respiratorias más elevadas (León, 2015, p.31).

Los recubrimientos efectúan una barrera física a los gases, creando una atmósfera modificada, reduciendo la disponibilidad de O₂ y aumenta la concentración de CO₂ controlando el crecimiento microbiano, según (Jami, 2015, p.45), en su trabajo de titulación “Caracterización de los recubrimientos comestibles de biopolímeros y aceites esenciales para la conservación de fresa (*Fragaria*) y papaya (*Carica papaya*)”, la vida útil de la fresa bajo recubrimiento es de 4 días, el resultado de nuestra envoltura es similar a este trabajo de titulación, aunque para mejorar estos resultados es necesario que se almacene fajo refrigeración.

Por otro lado, las manzanas tomaron un tiempo de 1mes 15 días para completar el proceso de transferencia de masa de los gases causantes de la pérdida de peso, color, textura y firmeza de las frutas.

3.3.4.3. Prueba de tracción del bioplástico

Tabla 23-3: Resultados de pruebas de tracción; esfuerzos y módulos

Nº	Tratamiento	Esfuerzo Máximo (MPa)	Módulo Elasticidad (MPa)	Elongación (%)	Carga Máxima (N)
1	T1	13,067	16,770	12,50	16,70
2	T2	11,133	14,436	15,693	19,60
3	T3	13,067	16,833	10,584	13,70
4	T4	9,133	11,808	15,074	19,60

Realizado por: Arias, J. 2022.

Los resultados de la prueba de tracción son llevados a cabo bajo la norma (ASTM D638-14, 2015, p.6) y NTE INEN 2637, en una maquina universal de ensayos -WAW600B de marca Jinan Liangong testing Technology CO., LTD de serie 7136 con certificado LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2.

En la tabla 23-3 se observa los resultados de las pruebas mecánicas para el bioplástico a base de almidón de centeno, en el caso de la resistencia de tracción (Esfuerzo máximo), se observó una disminución significativa de 13,067 MPa a 11,133 MPa cuando se aumenta la concentración de glicerina de 1,5% a 1,59% con un 6% de almidón para el T1 y T2. En cambio, para el T3 y T4 se observó una disminución significativa en la resistencia a la tracción de 13,067 MPa a 9,133 MPa al aumentar la concentración de glicerina de 1,5% a 1,59% con 6,99% de almidón. Estos cambios se debe al plastificante (glicerina), (Ruano, 2015, p.44), explica que generalmente un incremento en la

cantidad de plastificante da como resultado bioplásticos con menor fuerza de tensión, es decir a bajas concentraciones de plastificante sus moléculas se mantienen fuertemente unidas al almidón.

Para los resultados del módulo de elasticidad se evidencio la influencia que tiene la glicerina dentro de esta propiedad mecánica por lo tanto se observó una disminución cuando se aumentó la concentración de la glicerina de 1,5% a 1,59%, es decir en el caso de T1 y T2 disminuyo de 16,770 MPa a 14,436 MPa respectivamente. Mientras que en T3 y T4 disminuyo de 16,833 MPa a 11,808 MPa.

En los resultados de análisis del porcentaje de elongación (Harryson, 2016, p.21), en su trabajo de titulación “Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón” menciona que el aumento de la elongación es directamente proporcional a la concentración de glicerina. Se observo en el T1 y T2 los porcentajes de elongación fueron de 12,50% y 15,693% , para el T3 y T4 los porcentajes de elongación fueron 10,584% y 15,074% esto se debe al incremento de la concentración de la glicerina (López & Osorio, 2019, p.6) señala que el incremento de concentración de glicerol aumenta la elongación pero se reduce la resistencia a la tracción.

3.4.1. Prueba de Hipótesis

3.4.1. General

Al extraer el almidón del centeno (*Secale cereale*) se puede generar un plástico biodegradable haciendo usos de la glicerina como aditivo plastificante y el ácido acético como conservante antibacteriano. Al ejecutar las pruebas mecánicas y de tracción a los biofilms se comprueba sus similitudes con un plástico convencional siendo una opción favorable en la industria de alimentos.

3.4.2. Específica 1

Los métodos de extracción de almidón más comunes son por vía seca y vía húmeda, pero en este experimento se utilizó el método húmedo: reducción de tamaño (molienda y pulverización), tamizado, decantación y secado obteniéndose un porcentaje de rendimiento de 47,5%.

3.4.3. Específica 2

El almidón de centeno tiene buenas propiedades de calidad y puede ser utilizado como materia prima para la obtención de plásticos biodegradables, lo cual puede ser verificado mediante la caracterización

fisicoquímica del almidón según la norma INEN 1456, que establece valores estándar para realizar ensayos, por ejemplo, humedad, cenizas, pH, solubilidad.

3.4.4. Específica 3

Con ayuda del diseño 2 k factorial se determina la mejor formulación para la obtención de la biopelícula a partir del almidón de centeno, y este fue el tratamiento 4 con la formulación de 2,33 g de almidón, 0,5mL de glicerina, 2 mL de ácido acético en 30 mL de agua destilada.

3.4.5. Específica 4

Después de haber realizado las pruebas físicas y mecánicas pertinentes al bioplástico se comprueba que este es apto para su uso y aplicación dentro de la industria alimenticia.

CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados obtenidos de la caracterización del almidón de centeno se obtuvo valores de pH = 5,7, residuo de calcinación = 0,42% , Humedad = 6,92 %, Solubilidad = ligera opalencia , temperatura de gelatinización = 70 °C.

Se obtuvo láminas de plástico biodegradable a partir de la extracción de almidón de centeno por vía húmeda donde se realizó cuatro tratamientos, en consecuencia, el mejor tratamiento que se obtuvo es el 4 con 18,70% en rendimiento.

Se determinó que el tratamiento 4 es el más óptimo, mediante un análisis estadístico de ANOVA con una confianza del 95%, donde se verificó que la hipótesis alternativa se acepta por lo tanto existe diferencias significativas entre el rendimiento de cada tratamiento.

Se caracterizó el almidón de centeno extraído bajo la norma INEN 1456. El almidón obtenido se encuentra dentro de los parámetros establecidos por la norma: pH = 5,7425, residuo de calcinación = 0,4198% , Humedad = 6,92 %, Solubilidad = ligera opulencia, temperatura de gelatinización = 70 °C patógenos nos indica que el almidón cumple con lo que estipula la normativa.

Se realizó la respectiva caracterización al bioplástico para determinar la calidad de este dándonos como resultado que el biofilm del Tratamiento 4 es el más óptimo con las siguientes características: espesor 0,10 mm, la humedad de 14,961%, con lo que respecta a la solubilidad se tuvo un valor de 38,971%, se obtuvo $0,128 \frac{mm.g}{h.MPa}$ para la permeabilidad de vapor de agua. Por otra parte, en lo que respecta a las propiedades mecánicas se obtuvo: 16,83MPa de módulo de elasticidad, 19,6 MPa de carga máxima, esfuerzo máximo de 13,07 MPa y 58,57% en lo que se refiere a elongación. Es decir, se obtuvo un biomaterial óptimo con características similares a un plástico convencional.

RECOMENDACIONES

Para el proceso de extracción por vía húmeda del almidón de centeno se recomienda que la cantidad de agua al momento de triturarlo sea el triple o más a la cantidad de materia prima, pues al ser un cereal cuenta con un porcentaje de almidón elevado dificultaría al momento de filtrarlo ya que se obtiene un líquido viscoso.

Es recomendable realizar una limpieza al grano de centeno para liberar de impurezas, posterior a esto dejarlo en reposo por 24 horas con sorbato de potasio y cambiarle el agua cada 6 horas antes de que el grano se fermente.

Es necesario realizar un lavado al mosto que se extrae posterior a la trituración y volver a filtrarlo para evitar pérdidas de almidón.

Posterior a las 6 horas de sedimentación es necesario retirar el agua excedente y volver a colocar un litro de agua nuevamente y esperar 6 horas más.

Es recomendable controlar la temperatura a la que se seca las muestras dentro de la estufa y verificar que las salidas de corriente de aire estén abiertas pues bajo condiciones inapropiadas las muestras se quemarían.

Se recomienda profundizar en las investigaciones a base del almidón de centeno propiedades empleando otro tipo de plastificantes.

BIBLIOGRAFÍA

ACEVEDO CORREA, Diofanor, GUZMÁN, Luis, GRANADOS CONDE, Clemente, DÍAZ, María & HERRERA, Ana, Propiedades funcionales del almidon de sagu (maranta arundinacea). *Propiedades funcionales del almidon de sagu (maranta arundinacea)*, 2014. vol. 12, no. 2, pp.90-96. ISSN 1909-9959.

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

BÖLLL STIFTUNG, Heinrich, *El atlas del plástico* [en línea]. S.l.: s.n. 2019. ISBN 978-3-86928-211-4. Disponible en: <https://co.boell.org/sites/default/files/2021-02/Plastic Atlas 2019 cambio.pdf>.

BRITO MOÍNA, Hanníbal Lorenzo, CHIUZA ROJAS, Marco Raúl & RODRÍGUEZ BASANTES, Adriana Isabel, Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de las Ciencias* [en línea], 2020. vol. 6, pp.981-994. ISSN 2477-8818. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1261>.

BRITO MOÍNA, Hanníbal Lorenzo, HUACHO CHÁVEZ, Iván Fernando & RODRÍGUEZ BASANTES, Adriana Isabel, Extracción de almidón del arroz de cebada por procesos físicos de separación. *Revista Alfa*, 2021. vol. 5, no. 14, pp.319-330. DOI 10.33996/revistaalfa.v5i14.120.

CARBALLO, Evelin Araceli & MARTÍNEZ, Emerson Samuel, Determinación de la permeabilidad al vapor de agua por el método ASTM E96/E 96M-05 en películas de quitosano. [en línea], 2010. p.218. Disponible en: http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2497/1/Determinación_de_la_permeabilidad_al_vapor_de_agua_por_el_método_ASTM_E96M-05_en_películas_de_quitosano.pdf.

CHARRO, Mónica, Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. [en línea], 2015. vol. 151, no. 1, pp.10-17. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>.

COLINA, Luisa, Reducción de tamaño de alimentos. *Ingeniería de alimentos III* [en línea], 2013. pp.1-39. Disponible en: http://sgpwe.izt.uam.mx/files/users/uami/mlci/red_tam_solidos_intro.pdf.

CUADRADO, Edwin, Diseño de un proceso industrial para la obtención de almidón a partir de camote (*Ipomoea batatas l.*) para su uso alimenticio. [en línea], 2019. pp.39-44. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10790/1/96T00529.pdf>.

DE LOS ANGELES, Abigail, Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación. [en línea], 2016. p.16. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>.

ECOEMBES, Proyecto de Análisis de Bioplásticos. [en línea], 2009. pp.1-15. Disponible en: https://nanopdf.com/download/proyecto-de-analisis-de-bioplasticos_pdf.

ESCOBAR, M., *El Centeno* [en línea], 2011. vol. 0, pp.295-341. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/export/sites/default/comun/galerias/galeria_Descargas/cap/produccion-ecologica/produccion/estudios/4_centeno_avena_maiz.pdf.

GARCIA, Iber, Determinación de concentración óptima de ácido acético-glicerol en la elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) en Pucallpa. *Universidad Nacional de Ucayali* [en línea], 2017. p.32. Disponible en: <http://190.116.57.28/handle/UNU/3626>.

HERNÁNDEZ, Marilyn, TORRUCO, Juan Gabriel, CHEL-GUERRERO, Luis & BETANCUR, David, Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2008. vol. 28, no. 3, pp.718-726. ISSN 0101-2061. DOI 10.1590/s0101-20612008000300031.

HOLGUIN, Juan, Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa. [en línea], 2019. Disponible en: <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>.

HOWATT, Consuelo y **CUADRA, Manolo**, Estructura del almidón. *Books Abroad* [en línea], 1946. vol. 20, no. 4, p.422. ISSN 00067431. DOI 10.2307/40088581. Disponible en: https://www.produccion-animal.com.ar/tablas_composicion_alimentos/150-Estructura_del_Almidon.pdf.

HUACHO, Iván, RODRÍGUEZ, Adriana & BRITO, Hanníbal, Síntesis de un polímero biodegradable a base de la yuca (*Manihot Esculenta Crantz*) Synthesis of a biodegradable polymer based on cassava (*Manihot Esculenta Crantz*) Síntese de um polímero biodegradável à base de mandioca (*Manihot Esculenta Crantz*). *Dominio de las ciencias*, 2021. vol. 7, no. February, pp.216-232. DOI 10.23857/dc.v7i1.1701.

INEN 2637, Ensayo de Tracción para Determinar el Punto Final de la Degradación de Polietileno y Polipropileno Degradables. [en línea], 2012. p.9. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2637.pdf>.

INEN NTE 2635, Método de Ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. *Instituto Ecuatoriano de Normalización* [en línea], 2012. p.19. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>.

UNAM, Procesos de. *Procesos de tratamiento de aguas residuales, objetivos y selección de tecnologías en función al tipo de reutilización* [en línea], 2010. pp.1-20. Disponible en: <http://depa.fquim.unam.mx/procesos/PDF/ProcesosI.pdf>.

IZYDORCZYK, Marta S. & EDNEY, Michael, *Barley: Grain-Quality Characteristics and Management of Quality Requirements* [en línea]. Second Edi. S.l.: Elsevier Ltd. 2017. ISBN 9780081007198. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-08-100719-8/00007-3>.

JAMI, Yomaira, Caracterización de los recubrimientos comestibles de biopolímeros y aceites esenciales para la conservación de fresa (*Fragaria*) y papaya (*Carica papaya*). [en línea], 2015. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15548>.

LEÓN, Alberto Edel & ROSELL, M. Cristina, De tales harinas,tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica. *Research Gate*, 2007. vol. 1, no. January, pp.125-159. ISSN 1098-6596.

LEÓN, Carmen, Determinación de la vida útil de frutas inmersas en dos tipos de geles a temperatura ambiente en periodos estacionales. [en línea], 2015. p.130. Disponible en: <http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/991/005.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

LÓPEZ, David F. y OSORIO, Oswaldo, Propiedades Mecánicas de un Material de Pectina para Revestimiento de Fibras Naturales Utilizadas en Aplicaciones Agrícolas Mechanical Properties of a Pectin Material for Coating Natural Fibers used in Agricultural Applications. *Universidad de Nariño, Sede Torobajo, Facultad de ingeniería agroindustrial, Grupo de apoyo a la investigación y desarrollo agroalimentario GAIDA, Pasto*, 2019. vol. 30, no. 3, pp.189-198.

MARIN, Jesús, Química del almidón: composición, estructura, obtención, cambios producidos por tratamientos hidrotérmicos y fuentes de almidón. *Química del almidón* [en línea], 2010. p.10. Disponible en: https://www.academia.edu/21607198/Química_del_almidón.

MARTÍN, I., SALCEDO, R. & FONT, R., Operaciones separación sólido-fluido. *Mecánica De Fluidos* [en línea], 2011. pp.1-34. Disponible en: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/20299/11/tema5_operaciones_separacion.pdf.

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

NOLL, Hermann & G, Ingrid Wohlk, Materiales de construcción y aislación - Determinación de la permeabilidad al vapor de agua (humedad). *Materiales de construcción y aislación* [en línea], 2021. p.19. Disponible en: <https://seigrapa.weebly.com/uploads/1/1/8/2/11828201/nch2457-2001.pdf>.

NTE INEN 1456, Reactivos Para Análisis . Almidón Soluble. *Inen* [en línea], 2012. vol. Primero, pp.2-9. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>.

OCHOA, Sergio Huerta, Secado. *Planta Piloto de Fermentaciones Departamento de Biotecnología* [en línea], [s.f]. Disponible en: <https://docplayer.es/68441596-Secado-sergio-huerta-ochoa-uam-iztapalapa.html>.

ONU, *Plásticos De Un Solo Uso* [en línea]. S.l.: s.n. 2018. ISBN 9789280737059. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25523/singleUsePlastic_sustainability_factsheet_SP.pdf?sequence=3&isAllowed=y.

ONU MEDIO AMBIENTE, Plásticos de un solo uso. *Technology for Environment* [en línea], 2018. p.20. Disponible en: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state_plastics_WED_SP.pdf?sequence=5&isAllowed=y.

PASPUEL, A., Caracterización de un bioplástico de almidones de maíz y yuca con antocianinas de repollo morado (Brassica oleracea) como potencial indicador de pH. *Escuela Agrícola Panamericana* [en línea], 2016. pp.1-34. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu:80/jspui/handle/11036/5838>.

PERTUZ, Alex, Biopolímeros a base de almidón de papa (*Solanum tuberosum*), para uso de la industria alimentaria en Colombia. *Universidad Nacional Abierta y a Distancia Programa* [en línea], 2021. p.78. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/41710>.

PINZÓN, Harold Torres, ALODIA, Carmen & LÓPEZ, Martínez, Antimicrobial activity of acetic acid and colgate 360° Several organizations and authors recommend replacing the toothbrush in short intervals of time some toothbrushes whose bristles are provided with fection . One of them is Colgate 360 ° antibacterial. *Revista Colombiana de Derecho Internacional* [en línea], 2010. vol. 16, pp.381-414. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/odont/article/download/10842/12197/#:~:text=Conclusión%3A%20in%20vitro%20el%20vinagre,cepillo%20dental%20libre%20de%20microorganismos.>

REYNOSO CARRASCO, Angel Abraham & CHAMBI SARMINETO, Jefferson Mario, Aplicación del aceite de soya epoxidado para la obtención de pvc flexible para uso industrial. [en línea], 2016. pp.1-91. Disponible en: <http://bibliotecas.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/1909/MTcareaa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

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

014.pdf.

RUIZ AVILÉS, Gladys, MONTOYA MESA, Carolina y PANIAGUA VILLA, Marco, Degradabilidad de un polímero de almidón de yuca. *Revista EIA*, 2009. vol. 6, no. 12, pp.67-78. ISSN 2463-0950. DOI 10.24050/reia.v6i12.221.

SÁNCHEZ CASTAÑEDA, Javier, Mercado de productos agrícolas ecológicos en Colombia. *Suma de Negocios*, 2017. vol. 8, no. 18, pp. 156-163. ISSN 2215910X. DOI 10.1016/j.sumneg.2017.10.001.

SÁNCHEZ, Ismael, Diseño de experimentos factoriales a dos niveles. *Métodos Estadísticos para la Mejora de la Calidad* [en línea], 2015. pp.1-23. Disponible en: http://www.est.uc3m.es/esp/nueva_docencia/leganes/ing_telecomunicacion/metodos_mejora_calidad/MEMC/doc_generica/Temario/CapDosK/CapDosK.pdf.

SERNAQUÉ AUCCAHUASI, Fernando Antonio, HUAMÁN MOGOLLÓN, Lilian del Carmen, PECHO CHIPA, Hugo y CHACÓN CHACÓN, Michiel Elizabeth, Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de Mangifera indica y Musa paradisiaca. *Centro Agrícola* [en línea], 2020. vol. 47, no. 4, pp.22-31. ISSN 0253-5785. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0253-57852020000400022.

SORALUZ, L., Inducción de mutaciones en centeno (Secaño cereale linneo) empleando radiación gamma. *Tesis* [en línea], 2015. p.65. Disponible en: <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/1421>.

VAZQUEZ, Alethia y PEREZ, Maribel Velasco, Bioplásticos y plásticos degradables. *ResearchGate* [en línea], 2016. no. May. DOI 10.13140/RG.2.1.1294.4241. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/303045045>.

ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE ALMIDÓN DE CENTENO



a)



b)



c)



d)

NOTAS: a. Pesaje de la materia prima b. Proceso de licuefacción c. Proceso de filtrado d. Proceso de sedimentación	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Jenifer Arias	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	30/05/2022

ANEXO B: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN



e)



f)



g)



h)



i)

NOTAS: a. Trasvaso a las bandejas b. Proceso de secado c. Proceso de trituración d. Proceso de tamizado e. Obtención de almidón	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Jenifer Arias	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			2	1:1	30/05/2022

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL ALMIDÓN DE CENTENO I



f)



g)



h)



i)

NOTAS: f. Prueba de cenizas g. Prueba de humedad h. Prueba de pH i. Proceso de gelatinización	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA: <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Jenifer Arias	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			3	1:1	30/05/2022

ANEXO D: CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL ALMIDÓN DE CENTENO II



j)



k)



l)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
j. Prueba de solubilidad k. Prueba de viscosidad l. Prueba de densidad aparente			<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Jenifer Arias	LÁMINA
			4	1:1	30/05/2022

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS



m)



n)



o)



p)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
m. Bioplásticos obtenidos n. Determinación de espesor o. Prueba de permeabilidad p. Prueba de solubilidad			<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Jenifer Arias	LÁMINA
			5	1:1	30/05/2022

ANEXO F: CARACTERIZACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS



q)



r)



s)

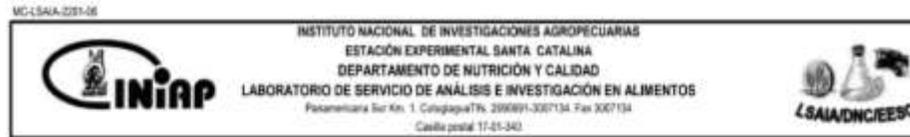
NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO	LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN		
q. Prueba de tracción r. Prueba de degradabilidad del suelo s. Prueba de degradabilidad para el suelo, agua y ambiente					
			6	1:1	30/05/2022

ANEXO G: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DE CENTENO



NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA	LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA		
Análisis microbiológicos del almidón de centeno	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	REALIZADO POR: Jenifer Arias	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			7	1:1	30/05/2022

ANEXO H: ANÁLISIS AMILOSA DEL ALMIDÓN DE CENTENO



INFORME DE ENSAYO No: 21-0146

****NOMBRE PETICIONARIO:** Srta. Jennifer Alexandra Arias
****DIRECCIÓN:** Barrio Unidesa del Norte Robatamba
FECHA DE EMISIÓN: 03/06/2021
FECHA DE ANÁLISIS: Del 22 de julio al 03 de agosto del 2021

****INSTITUCIÓN:** Particular
****ATENCIÓN:** Srta. Jennifer Alexandra Arias
FECHA DE RECEPCIÓN: 22/07/2021
HORA DE RECEPCIÓN: 10:00
ANÁLISIS SOLICITADO: Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA ¹⁾	**IDENTIFICACIÓN
MÉTODO	MO-LSAIA-01.01	MO-LSAIA-04	
MÉTODO REF.	U. FLORIDA 1976	Morrison y Laignelet 1983	
UNIDAD	%	%	
21-0086	1.13	17.76	Almidón de centeno
21-0067	10.79	11.86	Grano de centeno

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

Dr. MSc. Yvoni 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 antes indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo.

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o ha no es el destinatario del mismo, se le ruega que cualquier copia o distribución de este es ensayo es totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información. La información entregada por el cliente y generada durante las actividades de laboratorio es de carácter confidencial, esta dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos manuscritos con ** son suministrados por el cliente. El laboratorio no se responsabiliza por esta información.

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA	LABORATORIO DEL INIAP		
Análisis de amilosa del almidón de centeno	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input checked="" type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	REALIZADO POR: Jenifer Arias	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			8	1:1	30/05/2022