



# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

## **DESARROLLO DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DE LA MEZCLA DE ALMIDÓN DE TRIGO (*Triticum aestivum* L) Y CENTENO (*Secale cereale*) PARA EL USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA: SONIA ELIZABETH CALO QUIROGA**

**DIRECTOR: ING. HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA PhD.**

Riobamba - Ecuador

2022


**©2022, Sonia Elizabeth Calo Quiroga**

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

Yo, SONIA ELIZABETH CALO QUIROGA, 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 proviene de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 16 de mayo de 2022.






**Sonia Elizabeth Calo Quiroga**

**160084062-1**

**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, **DESARROLLO DE UN BIOPOLÍMERO A PARTIR DE LA MEZCLA DE ALMIDÓN DE TRIGO (*Triticum aestivum L*) Y CENTENO (*Secale cereale*) PARA EL USO EN EL EMBALAJE DE ALIMENTOS** realizado por la señorita: **SONIA ELIZABETH CALO QUIROGA**, ha sido minuciosamente revisado por los miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. Adrián Alejandro Rodríguez Pinos Mgs. <b>PRESIDENTE DE TRIBUNAL</b>		2022-05-16
Ing. Hannibal Lorenzo Brito Moína PhD. <b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION</b>		2022-05-16
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas Mgs. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>		2022-05-16

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado principalmente a mis queridos padres: María Felicidad Quiroga y Néstor Calo por ser los guías principales en el transcurso de mi carrera y su apoyo incondicional que me ha dado fuerzas en cada momento de mi vida, gracias a ellos y por poner su confianza en mí también haberme inculcado grandes valores y ejemplos de constante superación, perseverancia y dedicación. A mi amigo Marlon Guayasamín que ha sido un excelente compañero y un gran apoyo a la vez, por motivarme a continuar con esta investigación, agradezco a todos ustedes por su apoyo incondicional por no dejarme desfallecer y estar siempre conmigo en las buenas y en las malas.

*Sonia*

## TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
TABLA DE ABREVIATURAS .....	xv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

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

### CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO.....	6
2.1. Antecedentes de la investigación.....	6
2.2. Marco conceptual o glosario.....	7
2.2.1. <i>Productos agrícolas del Ecuador</i> .....	7
2.2.2. <i>Cereales</i> .....	8
2.2.2.1. <i>Definición de trigo</i> .....	8
2.2.2.2. <i>Definición del centeno</i> .....	11
2.2.3. <i>Polímeros</i> .....	12
2.2.3.1. <i>Clasificación de los polímeros</i> .....	13
2.2.4. <i>Contaminación ambiental</i> .....	14
2.2.5. <i>Almidón</i> .....	14
2.2.5.1. <i>Extracción del almidón</i> .....	15
2.2.5.2. <i>El Reactivo de Lugol para el reconocimiento</i> .....	16
2.2.5.3. <i>Propiedades del almidón</i> .....	16

2.2.6.	<i>Operaciones unitarias que se utilizaran en la obtención del almidón de trigo y centeno</i> .....	17
2.2.6.1.	<i>Reducción de tamaño</i> .....	17
2.2.6.2.	<i>Filtrado</i> .....	17
2.2.6.3.	<i>Tamizado</i> .....	18
2.2.6.4.	<i>Secado</i> .....	18
2.3.	<b>Planteamiento de las hipótesis</b> .....	19
2.3.1.	<i>General</i> .....	19
2.3.2.	<i>Específicas</i> .....	19
2.4.	<b>Identificación de variables</b> .....	20
2.5.	<b>Operacionalización de variables</b> .....	21
2.6.	<b>Matriz de consistencia</b> .....	22
2.7.	<b>Tipo y diseño de investigación</b> .....	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, materiales, reactivos y materia prima</i> .....	26
2.8.	<b>Unidad de análisis</b> .....	27
2.9.	<b>Población de estudio</b> .....	27
2.10.	<b>Tamaño de muestra</b> .....	28
2.11.	<b>Selección de muestra</b> .....	28
2.12.	<b>Técnicas de recolección de datos</b> .....	29
2.12.1.	<i>Pruebas fisicoquímicas del almidón de trigo y centeno</i> .....	29
2.12.2.	<i>Pruebas del biopolímero obtenido</i> .....	33

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	36
3.1.	<b>Datos</b> .....	36
3.1.1.	<i>Caracterización del grano de trigo y del centeno</i> .....	36
3.1.2.	<i>Determinación del método adecuado para la extracción del almidón</i> .....	37
3.1.3.	<i>Rendimiento de los almidones</i> .....	38
3.1.4.	<i>Variación del peso del proceso de secado de los almidones de trigo y de centeno</i> ...	40
3.1.5.	<i>Determinaciones fisicoquímico y microbiológicos del almidón de trigo y centeno</i> .	42
3.1.6.	<i>Prepruebas para la elaboración del biopolímero</i> .....	43
3.1.6.1.	<i>Determinación de la concentración de almidón</i> .....	43
3.1.7.	<i>Preprueba para determinación de la concentración del plastificante</i> .....	44
3.1.7.1.	<i>Concentraciones de los componentes para el análisis del sistema 2<sup>k</sup> factorial</i> .....	45

3.1.7.2.	<i>Análisis preliminar del plástico biodegradable</i> .....	46
3.1.8.	<b><i>Propiedades mecánicas, físicas y biodegradables del biopolímero</i></b> .....	47
3.1.8.1.	<i>Espesor del biopolímero</i> .....	47
3.1.8.2.	<i>Ensayo de humedad del biopolímero</i> .....	47
3.1.8.3.	<i>Ensayo de solubilidad del plástico biodegradable</i> .....	48
3.1.8.4.	<i>Ensayo de permeabilidad de vapor de agua</i> .....	49
3.1.8.5.	<i>Ensayo de degradabilidad</i> .....	49
3.2.	<b>Cálculos</b> .....	51
3.2.1.	<b><i>Porcentaje de rendimiento de los almidones</i></b> .....	51
3.2.1.1.	<i>Rendimiento del almidón de trigo y centeno</i> .....	51
3.2.2.	<b><i>Ensayos del biopolímero de la mezcla de almidón de trigo y centeno</i></b> .....	52
3.2.2.1.	<i>Porcentaje de solubilidad del plástico biodegradable</i> .....	52
3.2.2.2.	<i>Permeabilidad de vapor de agua</i> .....	52
3.2.2.3.	<i>Porcentaje de degradabilidad del biopolímero</i> .....	52
3.3.	<b>Resultados</b> .....	53
3.3.1.	<b><i>Curva de secado de los almidones de trigo y centeno</i></b> .....	53
3.3.2.	<b><i>Gráficos de la curva de secado de los diferentes tratamientos del almidón de centeno</i></b> .....	54
3.3.3.	<b><i>Rendimiento de la extracción del almidón de trigo y centeno</i></b> .....	56
3.3.3.1.	<i>Análisis de varianza del rendimiento del almidón de trigo y centeno</i> .....	56
3.3.3.2.	<i>Análisis de Tukey para el rendimiento del almidón de trigo y centeno</i> .....	57
3.3.4.	<b><i>Ensayos físicos mecánicos del biopolímero</i></b> .....	59
3.3.4.1.	<i>Pruebas físicas del biopolímero</i> .....	60
3.3.4.2.	<i>Solubilidad del plástico biodegradable</i> .....	61
3.3.4.3.	<i>Permeabilidad de vapor de agua del biopolímero</i> .....	62
3.3.4.4.	<i>Tracción del biopolímero</i> .....	63
3.3.4.5.	<i>Biodegradabilidad del biopolímero</i> .....	64
3.3.5.	<b><i>Recubrimiento del alimento con el bioplástico</i></b> .....	73
3.4.	<b>Prueba de Hipótesis</b> .....	76
3.4.1.	<b><i>Prueba de Hipótesis General</i></b> .....	76
3.4.2.	<b><i>Prueba de Hipótesis específica 1</i></b> .....	76
3.4.3.	<b><i>Prueba de Hipótesis específica 2</i></b> .....	76
3.4.4.	<b><i>Prueba de Hipótesis específica 3</i></b> .....	77
3.4.5.	<b><i>Prueba de Hipótesis específica 4</i></b> .....	77
3.4.6.	<b><i>Prueba de Hipótesis específica 5</i></b> .....	77



<b>CONCLUSIONES</b> .....	78
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	79
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-2:</b>	Composición química aproximada de los granos de cereales sin refinar (g/100g de porción comestible) .....	8
<b>Tabla 2-2:</b>	Clasificación taxonómica del trigo .....	9
<b>Tabla 3-2:</b>	Composición química del trigo .....	11
<b>Tabla 4-2:</b>	Clasificación taxonómica del centeno .....	12
<b>Tabla 5-2:</b>	Identificación de variables.....	20
<b>Tabla 6-2:</b>	Operacionalización de variables.....	21
<b>Tabla 7-2:</b>	Matriz de consistencia .....	22
<b>Tabla 8-2:</b>	Método de extracción del almidón por vía húmeda.....	24
<b>Tabla 9-2:</b>	Diseño factorial $2^k$ ( $2^2$ ) para el biopolímero .....	24
<b>Tabla 10-2:</b>	Equipos, materiales y reactivos a emplearse .....	26
<b>Tabla 11-2:</b>	Prueba físico químicas de los almidones de trigo y centeno .....	29
<b>Tabla 12-2:</b>	Ensayos para la caracterización del biopolímero .....	33
<b>Tabla 1-3:</b>	Medidas realizadas a la materia prima trigo .....	36
<b>Tabla 2-3:</b>	Medidas realizadas a la materia prima grano de centeno .....	37
<b>Tabla 3-3:</b>	Peso del almidón obtenidos mediante el método de la vía húmeda para el trigo. 38	
<b>Tabla 4-3:</b>	Peso del almidón obtenidos mediante el método de la vía húmeda del centeno . 39	
<b>Tabla 5-3:</b>	Peso del proceso de extracción por vía húmeda.....	40
<b>Tabla 6-3:</b>	Caracterización fisicoquímica del almidón de trigo .....	42
<b>Tabla 7-3:</b>	Caracterización fisicoquímica para el almidón centeno .....	42
<b>Tabla 8-3:</b>	Determinación de la concentración del almidón .....	43
<b>Tabla 9-3:</b>	Determinación de la concentración del plastificante .....	44
<b>Tabla 10-3:</b>	Nomenclatura y concentración de los bioplásticos generados a partir del diseño factorial $2^k$ .....	45
<b>Tabla 11-3:</b>	Características preliminares del bioplástico obtenido .....	46
<b>Tabla 12-3:</b>	Espesor del plástico biodegradable.....	47
<b>Tabla 13-3:</b>	Peso del biopolímero para la determinación de la humedad .....	48
<b>Tabla 14-3:</b>	Pesos obtenidos del ensayo de solubilidad del plástico biodegradable .....	48
<b>Tabla 15-3:</b>	Permeabilidad de vapor de agua.....	49
<b>Tabla 16-3:</b>	Ensayo de degradabilidad en el Agua.....	50
<b>Tabla 17-3:</b>	Ensayo de degradabilidad en el Suelo .....	50
<b>Tabla 18-3:</b>	Ensayo de degradabilidad en el ambiente.....	51
<b>Tabla 19-3:</b>	Información del factor para el trigo y centeno .....	57
<b>Tabla 20-3:</b>	Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento del trigo .....	57
<b>Tabla 21-3:</b>	Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento del centeno .....	57

<b>Tabla 22-3:</b>	Comparación de los factores Tukey en el almidón de trigo .....	58
<b>Tabla 23-3:</b>	Comparación de los factores Tukey en el almidón de centeno .....	58
<b>Tabla 24-3:</b>	Información del factor del biopolímero.....	60
<b>Tabla 25-3:</b>	Análisis de varianza (ANOVA) para el biopolímero obtenido .....	60
<b>Tabla 26-3:</b>	Caracterización del biopolímero.....	61
<b>Tabla 27-3:</b>	Biodegradabilidad del bioplástico .....	65
<b>Tabla 28-3:</b>	Recubrimiento del mejor biopolímero en moras .....	73
<b>Tabla 29-3:</b>	Recubrimiento del mejor biopolímero en uvas.....	74
<b>Tabla 30-3:</b>	Recubrimiento del mejor biopolímero en manzanas verdes.....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1-2:</b> Porcentaje de participación en el uso .....	7
<b>Figura 2-2:</b> Estructuras de la espiga, espiguilla y flores .....	9
<b>Figura 3-2:</b> Estructura del grano de trigo .....	10
<b>Figura 4-2:</b> Estructura de los polímeros.....	12
<b>Figura 5-2:</b> Estructura molecular de la amilosa .....	15
<b>Figura 6-2:</b> Estructura molecular de la Amilopectina.....	15
<b>Figura 7-2:</b> Prueba de lugol .....	16

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-2:</b>	Diagrama de bloques de la extracción de almidón de las materias primas .....	25
<b>Gráfico 2-2:</b>	Diagrama de flujo para la obtención del biopolímero degradable.....	26
<b>Gráfico 1-3:</b>	Curva de secado del tratamiento 1 para el trigo .....	53
<b>Gráfico 2-3:</b>	Curva de secado del tratamiento 2 para el trigo .....	53
<b>Gráfico 3-3:</b>	Curva de secado del tratamiento 3 para el trigo .....	54
<b>Gráfico 4-3:</b>	Curva de secado del tratamiento 4 para el trigo .....	54
<b>Gráfico 5-3:</b>	Curva de secado del tratamiento 1 para el centeno .....	54
<b>Gráfico 6-3:</b>	Curva de secado del tratamiento 2 para el centeno .....	55
<b>Gráfico 7-3:</b>	Curva de secado del tratamiento 3 para el centeno .....	55
<b>Gráfico 8-3:</b>	Curva de secado del tratamiento 4 para el centeno .....	55
<b>Gráfico 9-3:</b>	Rendimiento del almidón del trigo.....	56
<b>Gráfico 10-3:</b>	Rendimiento del almidón de centeno .....	56
<b>Gráfico 11-3:</b>	Diferencias de las medias por el método de Tukey del trigo.....	58
<b>Gráfico 12-3:</b>	Diferencias de las medias por el método de Tukey del centeno.....	59
<b>Gráfico 13-3:</b>	Espesor de los plásticos biodegradables.....	61
<b>Gráfico 14-3:</b>	Solubilidad del plástico biodegradable.....	62
<b>Gráfico 15-3:</b>	Permeabilidad de vapor de agua del biopolímero .....	62
<b>Gráfico 16-3:</b>	Tracción del biopolímero .....	63
<b>Gráfico 17-3:</b>	Ensayo de Biodegradabilidad.....	64

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1-2:</b>	Diseño experimental .....	25
<b>Ecuación 2-2:</b>	Para el cálculo del rendimiento.....	29
<b>Ecuación 3-2:</b>	Para calcular el porcentaje de cenizas.....	31
<b>Ecuación 4-2:</b>	Para calcular la densidad aparente.....	32
<b>Ecuación 5-2:</b>	Para determinar la solubilidad en el bioplástico .....	33
<b>Ecuación 6-2:</b>	Para determinar la permeabilidad al vapor de agua.....	34

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE TRIGO Y CENTENO POR EL MÉTODO DE VÍA HÚMEDA

**ANEXO B:** CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMIDONES DE TRIGO Y CENTENO

**ANEXO C:** CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN

**ANEXO D:** CARACTERIZACIÓN DEL BIOPOLÍMERO

**ANEXO E:** DEGRADABILIDAD DEL BIOPLÁSTICO EN DIFERENTES SITUACIONES

**ANEXO F:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DE TRIGO

**ANEXO G:** ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DE CENTENO

**ANEXO H:** ANÁLISIS DE AMILOSA DEL ALMIDÓN Y DE LA MATERIA PRIMA  
INIAP

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

- H:** Hipótesis general
- T1:** Tratamiento 1 del trigo: se establece que (T1, T2, T3y T4) son el número de tratamientos realizados en el rendimiento del almidón.
- T1R1:** Repetición 1 del tratamiento 1 para el trigo.
- C1:** Tratamiento 1 de centeno: se establece que (C1.C2.C3y C4) son el número de tratamientos realizados en el rendimiento del almidón.
- C1R1:** Repetición 1 del tratamiento 1 para el centeno
- P1:** Tratamiento 1 para el biopolímero; se establece que (P1, P2, P3 Y P4) hace referencia los números de tratamientos realizados.
- P1A:** Repetición 1 para el tratamiento 1 del biopolímero se establece las letras (A, B, C y D) como números de repeticiones de cada tratamiento.



## RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo desarrollar un biopolímero a partir de la mezcla de almidón de trigo y centeno para el uso en el embalaje de alimentos, para ello, se utilizó la metodología del diseño factorial 2k específicamente  $2^2$ , se trabajó con dos factores que son: almidón y glicerina con sus respectivos niveles bajos y altos, con la ayuda del software Minitab 19 se generó los 4 tratamientos con sus 4 repeticiones aplicando el método casting. Además, en la interpretación de los resultados se aplicó el análisis de varianza (ANOVA), y también, se usó la comparación entre factores con el análisis Tukey. Por otra parte, en la extracción de los almidones trigo y centeno se empleó el método por vía húmeda y se obtuvo un mejor rendimiento en el tratamiento 4 para ambos casos con un 19.779% y 4.764%, respectivamente. Posteriormente, en la caracterización de los almidones se obtuvo 21.36% y 17.76% de amilosa, respectivamente. En el caso de la caracterización del biopolímero se realizó pruebas físico-mecánicas y microbiológicas obteniéndose 0.16 mm de espesor, 10.975% de humedad, 29.801% de solubilidad, 0.0357 g/h\*m\*MPa de permeabilidad de vapor de agua, 7.800MPa de carga máxima, 50.00% de elongación, 6.717MPa de módulo de elasticidad, 5.194% de biodegradación en el ambiente a los 60 días y presentó la ausencia de microorganismo patógenos, respectivamente. Por ende, la formulación óptima contiene 70% de almidón de trigo y 30% de almidón de centeno y 0.015% de plastificante correspondiente al tratamiento 2 (P2). En el secado del biopolímero se recomienda dejar reposar en una superficie plana para la uniformidad del espesor.

**Palabras clave:** <TRIGO (*Triticum aestivum* L)>, <CENTENO (*Secale cereale*)>, <BIOPOLÍMERO>, <ALMIDÓN>, <AMILOSA>, <EXTRACCIÓN POR VÍA HÚMEDA>, <PROPIEDADES DE TRACCIÓN>, <BIODEGRADABILIDAD>.



1095-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The objective of the research was to develop a biopolymer from the mixture of wheat and rye starch for use in food packaging, for this, the 2k factorial design methodology was used, specifically 2 squared, working with two factors which are: starch and glycerin with their respective low and high levels, with the help of the Minitab 19 software, the 4 treatments with their 4 repetitions were generated by applying the casting method. In addition, the analysis of variance (ANOVA) was applied in the interpretation of the results, and the comparison between factors was also used with the Tukey analysis. On the other hand, in the extraction of wheat and rye starches, the wet method was used and a better yield was obtained in treatment 4 for both cases with 19.779% and 4.764%, respectively. Subsequently, in the characterization of the starches, 21.36% and 17.76% amylose, respectively, were obtained. In the case of the characterization of the biopolymer, physical-mechanical and microbiological tests were carried out, obtaining 0.16 mm thickness, 10.975% of humidity, 29.801% solubility, 0.0357 g/h\*m\*MPa water vapor permeability, 7.800MPa maximum load, 50.00% elongation, 6.717MPa modulus of elasticity, 5.194% biodegradation in the environment at 60 days and presented the absence of pathogenic microorganisms, respectively. Therefore, the optimal formulation contains 70% wheat starch and 30% rye starch and 0.015% plasticizer corresponding to treatment 2 (P2). When drying the biopolymer, it is recommended to let it rest on a flat surface for thickness uniformity

**Keywords:** <WHEAT (*Triticum aestivum* L)>, <RYE (*Secale cereale*)>, <BIOPOLYMER>, <STARCH>, <AMYLOSE>, <WET EXTRACTION>, <TRACTION PROPERTIES>, <BIODEGRADABILITY>



Firmado electrónicamente por:

**NANCI  
MARGARITA INCA  
CHUNATA**

## INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo principal elaborar un biopolímero que se degrade de una manera fácil y en poco tiempo por acción de los microorganismos, disminuyendo así los residuos acumulativos en el medio ambiente y tratar de lograr crear un biopolímero que sustituya al plástico sintético, por lo tanto, se busca crear un biopolímero degradable a partir de la mezcla de los almidones de los dos cereales establecidos, haciendo uso del método de casting con las concentraciones óptimas de plastificante, ácido acético, agua con el fin de utilizar el biopolímero en el embalaje de alimentos (Alemán et al., 2020, p.1).

De acuerdo con Green Peace (2019, p.9), en la investigación hay aproximadamente 150 millones de toneladas de plásticos en el océano y aproximadamente 8 millones de toneladas de plásticos ingresan anualmente en él. Teniendo en cuenta estos datos, se predice que la cantidad de plástico que ingresa al océano cada año aumentará a alrededor de 16 millones de toneladas para 2030, y aproximadamente a 32 millones de toneladas para 2050, por lo cual se estima que, en términos de peso, habrá más plásticos en el océano que peces en 2050, estos plásticos acaban en el océano debido a que son tan ligeros que se transportan fácilmente por medio del viento o los ríos que desembocan en el mar (MASP, 2019, p.9).

Por ende el Parlamento Europeo publicó la nueva directiva de plásticos que se trasladará a los países socios después de 2020, la propuesta sugiere que la solución a la contaminación del plástico se centre en la prevención de la generación de residuos de plástico desde el inicio y el promover el reciclado del mismo así como llevar a cabo una gestión del plástico de forma sostenible a largo plazo de toda la cadena de valor, además de darle un tratamiento específico a cada tipo de plástico (Litterthub, 2019, p.24).

Por otro lado, el desarrollo de bioplásticos tienen su origen en materias orgánicas renovables, según la International Standard Organization (ISO), los bioplásticos son definidos como aquellos plásticos que se degradan por la acción de microorganismos, son estructuras poliméricas que permiten mantener completamente la integridad física durante su manufactura, posterior almacenamiento, envasado, vida en estanterías y uso por el consumidor, gracias a su Biodegradabilidad, la mayor parte de la producción de bioplásticos se dedica al embalaje y envasado de alimentos, también se utilizan en otros campos como la agricultura, la construcción, los productos sanitarios, etc (Balletero, 2014, p.6).

Por lo tanto, las materias primas utilizadas es el trigo (*Triticum aestivum L*) y centeno (*Secale cereale*) son cereales que se han considerado históricamente como el eje de la agricultura y la fuente más productiva de alimentos, la mayoría de ellos tienen una amplia variedad de usos, aunque sólo el trigo y el centeno son cereales apropiados para la elaboración del pan (Riofrio, 2019, pp.16-20).

De la misma manera la metodología a implementarse en esta investigación para la extracción de los almidones de los granos de trigo y centeno es por el método de vía húmeda que requiere la reducción del material de interés usando un medio líquido que va a facilitar la eliminación de componentes que son relativamente más grandes (Mogrovejo, 2019, p.31), y utilizando varias operaciones unitarias, como tamizado, reducción de tamaño, filtrado, sedimentado, etc y se realizará los análisis necesarios del almidón para la formulación del biopolímero.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Identificación del problema

En la actualidad la contaminación generada por los plásticos es conocida a nivel mundial debido a que afecta a todo el ecosistema, existe plástico en el suelo, en los mares en pocas palabras vivimos rodeados de plástico, un material inventado hace más de 150 años que supuso una revolución por ser resistente, ligero y barato, el consumo de plástico continúa creciendo al igual que la población, la producción mundial del plástico ha pasado de 2,3 millones de toneladas en 1950 a 407 millones hasta finales del 2015, un estudio estima que, de todo el plástico que el ser humano ha producido durante más de 150 años en todo el mundo, el 79%, está acumulado en vertederos o en entornos naturales, el mismo estudio refleja que actualmente el 57% del plástico producido mundialmente acaba abandonado, es el material más empleado y por ende, el más abandonado, especialmente en países donde no hay gestión de residuos (Litterhub, 2019, p.24).

El plástico se ha convertido en una amenaza ambiental global, dada la amplia distribución del patrón, cuando el plástico se centra en la tierra genera la producción de micro plásticos (100 mm e 5 mm) y nano plástico (<100 nm), que por su baja densidad y resistencia a la biodegradación se dispersa de una manera fácil por el suelo y agua, generando la contaminación a los organismos y microorganismos existentes (Iqbal et al., 2020, p.2).

La situación en nuestro país no es diferente a la del mundo, a pesar de que no existe una gran difusión al respecto, lo que permite que la contaminación aumente de manera descomunal sin crear conciencia, el grupo de Mingas por el Mar, en el año 2019 recogieron casi diez toneladas de basura de las playas del país, lo que nos demuestra la excesiva cantidad de basura que se genera en el Ecuador Continental, por lo cual decidieron implementar algunas normas ambientales y bajar el porcentaje de contaminación, una de las más importante es reducir los plásticos de un solo uso a plásticos que se puedan reutilizar más de una vez (Bonilla et al., 2019, p.2).

#### 1.2. Justificación de la investigación

En el Ecuador en la región sierra es considerado como el lugar de producción de cereales más abundantes, los agricultores cultivan una infinidad de semillas entre las más abundantes se encuentran el trigo y el centeno, el trigo es uno de los cereales más cultivados en el mundo para el consumo humano y otras aplicaciones industriales como la producción de malta, galletas, pastas etc. El centeno es uno de los granos más resistentes a los inviernos, sequías y al frío, es una planta que se utiliza como alimento para el ser humano, también para la producción de licores fuertes

además es utilizado para el alimento de algunos animales, factor que ayuda para utilizar el grano en el desarrollo del biopolímero biodegradable (Riofrio, 2019, pp.16-20).

Los plásticos derivados del petróleo constituyen a varias industrias que van creciendo a nivel mundial, sin embargo, estas industrias con lleva una problemática ambiental debido a que producen plásticos de un solo uso que es desechado y pasa a formar parte de las 200,000,000 toneladas de desechos producidos mundialmente cada año, al provenir de una fuente no renovable y no ser biodegradables, los desechos plásticos permanecen como contaminantes en la superficie terrestre durante largos periodos de tiempo, esto ha impulsado la búsqueda de biopolímeros elaborados a partir de recursos renovables que son biodegradables, como una alternativa para disminuir el impacto ambiental (Nárvaez, 2016, p.7).

Los materiales plásticos certificados como biodegradables tienen su origen en materias orgánicas (recursos agrícolas, forestales y animales), que se degradan por la acción de los microorganismos, el desarrollo de los biopolímeros a partir de almidón se centran en sustentar y reemplazar a los plásticos sintéticos, que son la causa principal de la contaminación del medio Ambiente, los biopolímeros deben presentar las características similares a los plásticos químicos pero debe diferenciarse con el menor tiempo de degradabilidad y que sea amigable con el medio ambiente, la producción futura de los biopolímeros llegará a sustituir hasta un 12% en peso a los plásticos de origen sintéticos. En el sector del envase se estima una sustitución de un 23-25% y en algunos productos concretos, hasta del 50% (Goyena y Fallis, 2019, p.33).

El almidón comercial se obtiene generalmente de los cereales tales como trigo, cebada, centeno y otros granos procedentes de cultivos agrícolas, una de las características principales para el siguiente Trabajo de Integración Curricular corresponde a las propiedades que poseen los granos de trigo y centeno que es el porcentaje de almidón que poseen cada uno de ellos siendo estas cantidades respectivamente del 60% a 75% del peso en grano otros glúcidos son los polisacáridos no amiláceos constituyentes de la fibra dieta diaria y azúcares simples como lo son glucosa, sacarosa y fructosa (Martini, 2015, p.10).

El desarrollo del presente Trabajo de Integración Curricular se realizará en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo conjuntamente con el grupo de Investigación Ambiental y Desarrollo de la ESPOCH (GIADE), como aporte al proyecto de investigación “OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE LOS PRODUCTOS AGRÍCOLAS DEL 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**

- Desarrollar un biopolímero a partir de la mezcla de almidón de trigo (*Triticum aestivum L*) y centeno (*Secale cereale*) para el uso en el embalaje de alimentos.

#### **1.3.2. Específicos**

- Extraer el almidón del grano de trigo (*Triticum aestivum L*) y del grano de centeno (*Secale cereale*) por el método de vía húmeda.
- Caracterizar el almidón de trigo (*Triticum aestivum L*) y centeno (*Secale cereale*) extraído mediante pruebas físico-químicas en base los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 1456.
- Establecer una composición adecuada para la obtención de un biopolímero a partir de la mezcla de los almidones.
- Determinar las propiedades del biopolímero mediante ensayos físico, mecánicos y microbiológicos para conocer la calidad del producto.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

En la actualidad la contaminación ambiental generado por los plásticos sintéticos, sin duda es una de las principales causas que impulsan a realizar investigaciones y determinar formulaciones adecuada para obtener un biopolímero con características similares al sintético, pero con un tiempo de degradabilidad menor y el impacto contra el medio ambiente sea contrarrestado, la investigación tiene como finalidad suplantar al plástico común y reducir el uso de los mismos o a su vez crear bolsas que se pueda utilizar varias veces antes de ser desechados al suelo.

Los biopolímeros se dividen en recursos renovables y degradables que cumplen todos los criterios de las normas científicamente reconocidas para Biodegradabilidad, compostaje de plásticos y productos plásticos, la Biodegradabilidad está relacionado directamente relacionada con las estructuras químicas más que en el origen de las materias primas (Valdivieso, et al., 2013, p.2).

El término biodegradación en el campo de los polímeros hace referencia al ataque de microorganismos a estos materiales, proceso a través del cual se obtiene la desintegración del polímero en pequeños fragmentos debido a la ruptura de enlaces en su cadena principal, la biodegradación de plásticos generalmente es un proceso complejo, debido al tamaño molecular de los polímeros y a su falta de solubilidad en agua, los microorganismos no son capaces de transportar el material polimérico a sus células donde la mayoría de procesos bioquímicos tienen lugar, por lo que inicialmente excretan enzimas extracelulares que de polimerizan el material fuera de las células, los productos finales de este proceso metabólico son agua, dióxido de carbono, metano (biodegradación anaerobia) y materia orgánica (Valdivieso, et al., 2013, p.2).

Se han originado una enorme cantidad de investigaciones, con el objetivo de obtener polímeros biodegradables con propiedades idénticas a las de los plásticos convencionales, que puedan sustituir a estos últimos en aplicaciones actuales en el caso de la síntesis de biopelícula que poseen propiedades de conducción, con el fin de ser utilizada en la industria electrónica y médica (Guamán, 2019, pp.1-54).

La demanda se está generando desde las propias empresas productoras, haciendo referencia a un sentido más ecológico y de consumo responsable, a través del empleo de envases biodegradables, para que exista esta demanda se deben alcanzar los siguientes puntos: (Ecoembes, 2009, p.10).

- Lograr la Biodegradabilidad total del envase.
- Conseguir una respuesta positiva de los consumidores al precio de los envases biodegradables, que hoy en día son de 2 a 4 veces más altos que los de los envases convencionales (Ecoembes, 2009, p.10).



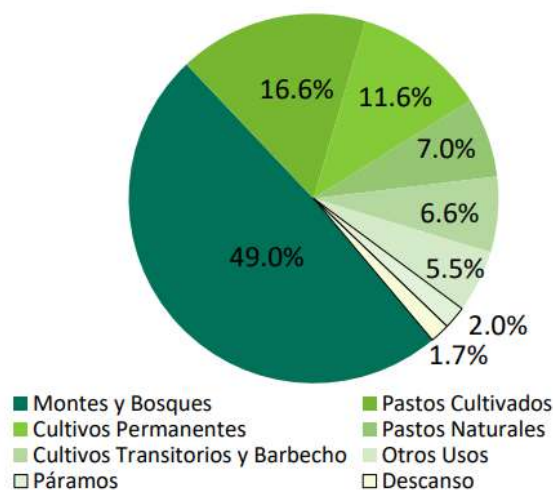
## 2.2. Marco conceptual o glosario

### 2.2.1. Productos agrícolas del Ecuador

En el Ecuador, el sector agropecuario es de suma relevancia debido a su contribución al Producto Interno Bruto (PIB), ya que según el Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), como entidad del Sistema Estadístico Nacional (SEN), se muestra los resultados de la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) 2020, como: el uso del suelo se refiere al manejo de las tierras en el sector rural del país (INEC, 2021, pp.1-14).

Por ello, la tierra que se encuentra bajo labor agropecuaria a nivel nacional es de 5,20 millones de hectáreas se refiere a: permanentes, transitorios, pastos cultivados y naturales y 7,26 millones de hectáreas sin uso agropecuario se refiere a: montes, bosques, páramos, descanso y otros usos no agropecuarios, en la siguiente figura 1-2 se muestra el porcentaje del uso del suelo en el Ecuador (INEC, 2021, pp.1-14).

En los productos agrícolas del Ecuador, específicamente en el uso agropecuario, se encuentran los siguientes cultivos: los cultivos permanentes: la caña de azúcar para azúcar, banano y palma africana, por otro lado, los cultivos transitorios: maíz duro seco, el arroz en cáscara y papa, y finalmente, los pastos cultivados; las variedades saboya y pasto mixto (INEC, 2021, pp.1-14).



**Figura 1-2:** Porcentaje de participación en el uso de suelo

Realizado por: (ESPAC, 2020).

### 2.2.2. Cereales

Los cereales de grano completo no forman parte de los hábitos de consumo de alimentos medios en la población española, aunque existen pautas de diversos organismos oficiales que aconsejan incluirlos en la dieta diaria debido a que constituyen la principal fuente de energía y tienen un alto valor energético en comparación con otro alimento para lograr diversos beneficios nutricionales y sanitarios, se pueden consumir en su forma natural o procesada a partir de su transformación en harinas además se utilizan como alimento para animales como ganados cerdos y aves (Rosa et al., 2015, p.3).

**Tabla 1-2:** Composición química aproximada de los granos de cereales sin refinar (g/100g de porción comestible)

Cereal	Humedad	Hidratos de carbono	Proteínas	Lípidos	Minerales	Fibra
Trigo	14	56,9	12,7	2,2	1,6	1,6
Arroz	11,8	74,3	6,4	2,4	1,6	3,5
Maíz	12	62,4	8,7	4,3	1,6	11
Avena	8,9	60,1	12,4	6,4	1,9	10,3
Centeno	15	58,9	8,2	1,5	1,8	14,6
Cebada	11,7	56,1	10,6	1,6	2,7	17,3
Sorgo	14	59,3	8,3	3,1	1,5	13,8
Mijo	13,3	66,3	5,8	4,6	1,5	8,5

Realizado por: (Marquina, 2017).

#### 2.2.2.1. Definición de trigo

El trigo pertenece al género *Triticum*, de la familia Gramineae, con el término trigo, se designa tanto a la planta tanto como a las semillas, el trigo es uno de los cereales más cultivados en el mundo, junto al maíz y el arroz, siendo cultivado preferentemente para el consumo humano y en menor cantidad para piensos (Riofrio, 2019, pp.16-20).

- **Clasificación Taxonómica del trigo (*Triticum aestivum* L)**

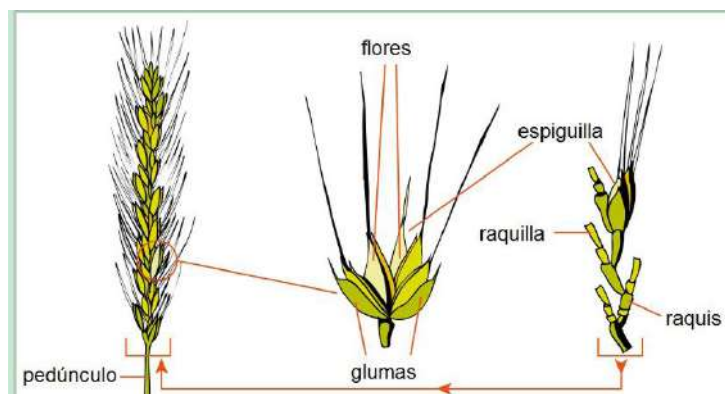
**Tabla 2-2:** Clasificación taxonómica del trigo

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida
<b>Orden</b>	Poales
<b>Familia</b>	Poaceae
<b>Subfamilia</b>	Pooideae
<b>Tribu</b>	Triticeae
<b>Género</b>	<i>Triticum</i> L.
<b>Especie</b>	<i>Triticum aestivum</i> .

Realizado por: (Villarreal, 2000).

- **Floración del trigo**

La antesis (o floración) consiste en la aparición de las anteras por fuera del antecio, luego de la fertilización de los carpelos y el alargamiento del filamento del estambre, la floración comienza en la parte central de la espiga y se extiende hacia arriba y abajo, dentro de cada espiguilla, la floración progresa desde las flores basales hacia el ápice de la espiguilla. Usualmente, la antesis ocurre en los antecios basales (primera y segunda) de cada espiguilla, mientras que el tercer y cuarto antecio sólo produce flores (y antesis) bajo buenas condiciones de crecimiento, de manera similar, las espiguillas de los extremos de la espiga (inferior y superior) tampoco producen flores fértiles si el crecimiento del cultivo está restringido por algún factor, en una espiga la antesis ocurre en un lapso de 4 a 7 días. En una planta, por su parte, la antesis ocurre primero en el tallo principal y luego en los macollos. Así, el proceso completo suele durar alrededor de 10 días en un cultivo homogéneo, dependiendo de las condiciones ambientales (Divito y Garcia, 2017, pp. 14-17).



**Figura 2-2:** Estructuras de la espiga, espiguilla y flores

Realizado por: (Divito y Garcia, 2017).

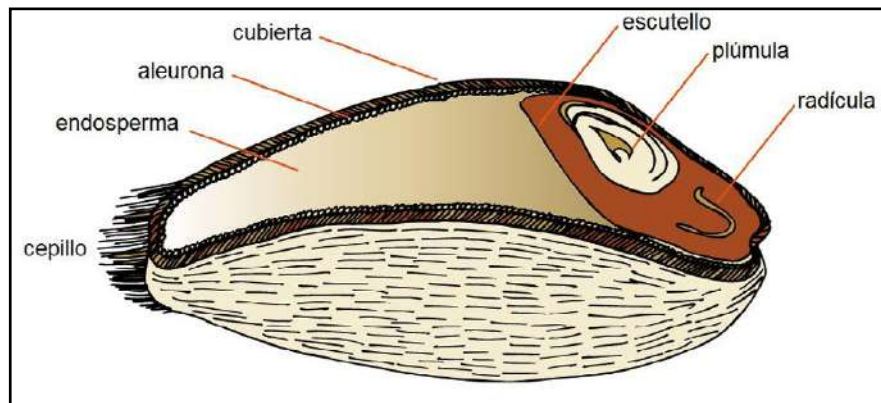
- **El grano de trigo**

El grano es la unidad reproductiva de la planta de trigo y, también, el principal producto para industrialización, de manera general, el grano se puede dividir en tres partes:

**Coberturas y capa de aleurona:** la cobertura de protección de la semilla está compuesta por la testa, tegmen y pericarpio. La aleurona es una capa de proteína alrededor del endosperma que secreta enzimas responsables de disolver las reservas de carbohidratos. El peso de estas estructuras es aproximadamente el 14% del peso total del grano (Divito y Garcia, 2017, pp.14-17).

**Endosperma:** Comprende tejidos que rodean al embrión y provee la energía para la germinación. Es el principal producto que se procura obtener con la molienda. Representa un 83% del peso del grano (Divito y Garcia, 2017, pp.14-17).

**Embrión:** Contiene las estructuras principales de la planta. Comprende el escutelo, plúmula y radícula (Divito y Garcia, 2017, pp.14-17).



**Figura 3-2:** Estructura del grano de trigo

**Realizado por:** (Divito y Garcia, 2017).

En madurez comercial, el grano contiene un 70% de carbohidratos, de los cuáles un 59% a 70% es almidón. El contenido de proteína varía entre 8% y 15%. Tiene un 2% de lípidos, 2% de vitaminas y minerales y 2% de fibra. Al igual que la mayoría de los cereales, la proteína de trigo es pobre en lisina (Divito y Garcia, 2017, pp.14-17).

- Composición química del grano de trigo

**Tabla 3-2:** Composición química del trigo

<b>COMPONENTES</b>	<b>VALOR (%)</b>
Humedad	11.6-12
Proteínas	9.9-18.6
Lípidos	5-6.3
Almidón	21.1-38.9
Fibra cruda	36-63
Cenizas	5.7-6.5

**Realizado por:** (Chaquilla et al., 2018).

#### 2.2.2.2. *Definición del centeno*

El centeno tiene la capacidad única de crecer en entornos en los que no pueden hacerlo otros cereales, es resistente al clima y capaz de sobrevivir en zonas templadas frías, zonas semiáridas y zonas a gran altitud, y puede cultivarse en terrenos marginales, en suelos arenosos y en suelos pobres relativamente infértiles, además el centeno se cultiva principalmente por su grano, que es rico en fibra dietética y carbohidratos y también contiene proteínas y diversos minerales y nutrientes esenciales, el centeno es único entre los cereales por contener un nivel elevado de fibra en su endospermo, no solo en su salvado, en consecuencia, el índice glucémico (IG) de los productos elaborados con centeno es generalmente más bajo que el de los productos hechos con trigo y la mayoría de los demás cereales (FAO, 2018, p.4).

- Composición taxonómica del centeno

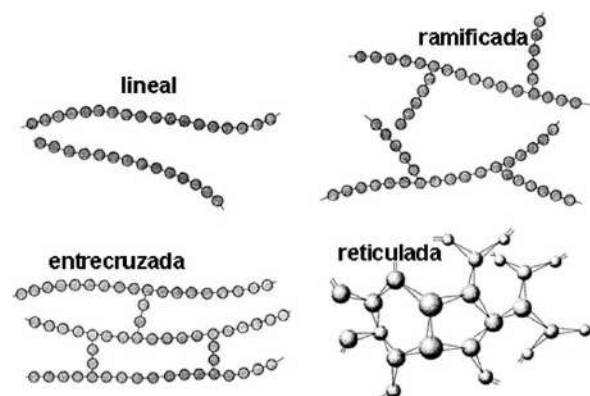
**Tabla 4-2:** Clasificación taxonómica del centeno

<b>Reino</b>	Plantae
<b>División</b>	Magnoliophyta
<b>Clase</b>	Liliopsida
<b>Subclase</b>	Commelinidae
<b>Orden</b>	Poales
<b>Familia</b>	Poaceae
<b>Subfamilia</b>	Pooideae
<b>Tribu</b>	Triticeae
<b>Genero</b>	Secale
<b>Especie</b>	Secale cereale L

Realizado por: (Soraluz, 2017, p.3).

### 2.2.3. Polímeros

Los polímeros son moléculas de gran tamaño, constituidas por “eslabones” orgánicos denominados monómeros, unidos mediante enlaces covalentes, los eslabones están formados, fundamentalmente, por átomos de carbono y pueden poseer grupos laterales o radicales con uno o más átomos, estas moléculas orgánicas son las que constituyen los materiales plásticos que conocemos y también los tejidos de los seres vivos (piel, músculos, tela de araña, seda, etc) (Hermida et al., 2011, pp.14-18).



**Figura 4-2:** Estructura de los polímeros

Realizado por: (Polanco et al., 2015).

### 2.2.3.1. Clasificación de los polímeros

La estructura, la síntesis, la producción y las aplicaciones de los polímeros abarcan tantas disciplinas que es difícil clasificarlos en una forma general, sin embargo, se comparan algunas de las diversas formas de los polímeros de acuerdo con su origen, su estructura y su reacción (Carey, 2006, p.1218).

- **Clasificación de los polímeros según su origen**

**Naturales:** Son sustancias producidas por organismos vivos que se emplean sin modificación.

**Sintéticos:** Son macromoléculas creados por el hombre y se dividen en dos categorías según su comportamiento al ser calentados: termoplásticos y termorrígido (Hermida et al., 2011, pp.14-18).

- **Según la estructura de la cadena**

**Lineal:** Se repite siempre el mismo tipo de unión.

**Ramificado:** Con cadenas laterales unidas a la principal

**Entrecruzado:** Si se forman enlaces entre cadenas vecinas.

**Homopolímeros:** Son aquellos polímeros en los que todos los monómeros que los constituyen son iguales.

**Copolímeros:** Están formados por dos o más monómeros diferentes (Hermida et al., 2011, pp.14-18).

- **Según su respuesta termo-mecánica**

**Termoplásticos:** Se comportan de manera plástica a elevadas temperaturas, la naturaleza de sus enlaces no se modifica radicalmente cuando la temperatura se eleva.

**Termorrígido:** También denominados termoestables son polímeros reticulados durante la reacción de polimerización o mediante la introducción de entrecruzamientos químicos (Cross links).

**Elastómero:** También denominados cauchos o hules tienen un comportamiento térmico que puede variar de termoplástico a termorrígido según su estructura sea lineal o reticulada.

**Adhesivos:** Tienen cierto grado de extensibilidad, alta adhesión, pero conservando cierto grado de cohesión, suelen tener baja cristalinidad.

**Recubrimientos de superficies:** Sus características son similares a las de los adhesivos, pero además tienen gran resistencia a la abrasión, se usan para proteger y decorar.

**Fibras:** Pueden tejerse o enlazarse para formar prendas dimensionalmente estables; es necesario que no cedan demasiado. Deben ser resistentes y con tendencia a la cristalización (Hermida et al., 2011, pp.14-18).

#### **2.2.4. Contaminación ambiental**

El mundo está inmerso de plástico, tras transcurrir el tiempo, el aumento masivo en la producción de plásticos ha creado una gran contaminación tanto en los océanos, mares y vías fluviales, es por ello, que la contaminación ambiental se ha incrementado gracias a los plásticos ocasionando daños en los ecosistemas y reduciendo la biodiversidad, por lo que se estima que de los 8.3 billones de toneladas de plásticos producidos entre 1950 y 2015, alrededor de 5,7 billones de toneladas fueron residuos, de los cuales 4,9 billones de toneladas se desecharon en vertederos o en el entorno natural, como, por ejemplo: en los océanos (80-85%) y río, de hecho, se reciclaron apenas 0,6 billones de toneladas y se incineraron alrededor de 0,8 billones de toneladas (Barnes, 2019, pp.812-821).

Lamentablemente, la mayoría de los plásticos de uso común no son biodegradables ya que se rompen físicamente en partículas diminutas (Barnes, 2019, pp.812-821). El uso de plástico dio lugar a una amplia gama de aplicaciones tanto industriales como domésticas debido a sus características como, por ejemplo, resistencia, durabilidad, resistencia a la corrosión, altas propiedades de aislamiento térmico y eléctrico (Soares et al., 2021, p.1)

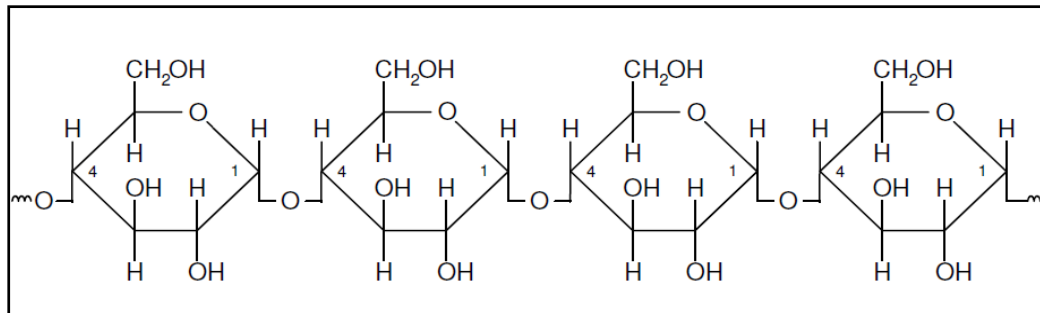
Por ende, los envases son la mayor producción en la industria del plástico, ya que representan alrededor del 45% de toda la producción de resina de polímero entre el año 2002 – 2014, por ello, los plásticos de uso común, como: el polietileno, el polipropileno, el poliestireno, el cloruro de polivinilo, el poliuretano, el polietileno tereftalato, poliéster, poliamida y fibras acrílicas no son biodegradables y permanecen en los vertederos o en el entorno natural (Barnes, 2019, pp.812-821).

#### **2.2.5. Almidón**

El almidón es un producto natural de las plantas al cual se le han dado diversos usos, desde caseros hasta una gran variedad de usos industriales, a nivel microscópico, el almidón se ve como pequeños gránulos con morfologías diferentes (Sánchez-Ken, 2021, p.2). El almidón se clasifica como homopolisacárido y su unidad básica es la glucosa. Se considera biopolímero principalmente por su origen natural, está constituido por dos componentes principales: amilosa y amilopectina. La amilosa es una estructura lineal polímero donde las unidades de glucosa están unidas por enlaces  $\alpha$ - (1-4), con pocos puntos de ramificación, conformando las regiones amorfas de los gránulos de almidón. Por otro lado, la amilopectina es el componente ramificado donde las unidades de glucosa están también unidas por enlaces  $\alpha$ - (1-4) en las secciones lineales, y por enlaces  $\alpha$ - (1-6)

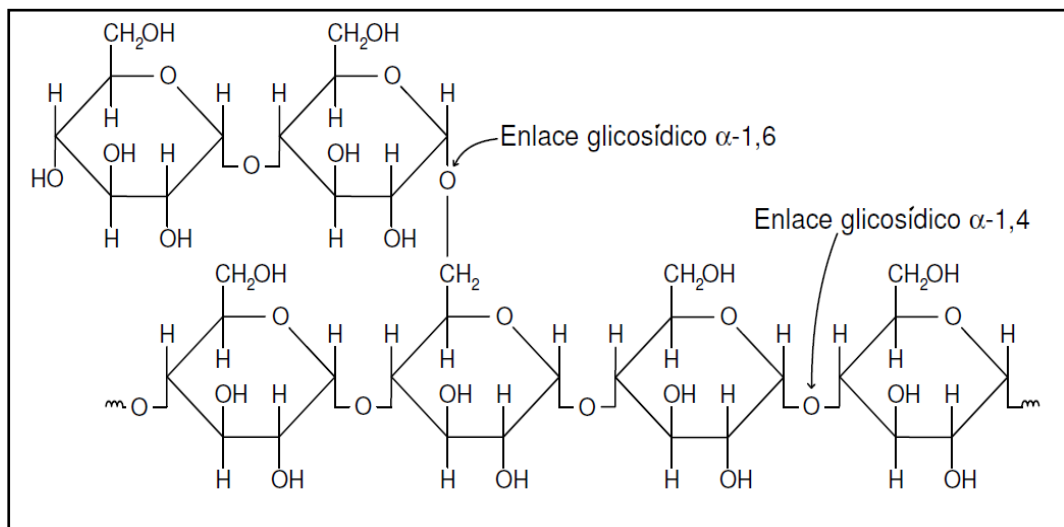


en los puntos de ramificación, la amilopectina es responsable de la laminilla cristalina del almidón, aunque sus puntos de ramificación son parte del amorfo (Perez y Acevedo, 2017, p.2).



**Figura 5-2:** Estructura molecular de la amilosa

Realizado por: (Ruiz, 2006).



**Figura 6-2:** Estructura molecular de la Amilopectina

Realizado por: (Ruiz, 2006).

### 2.2.5.1. Extracción del almidón

La extracción de almidón de los granos secos se puede obtener por dos métodos, el método de vía húmeda y el método de vía seca.

#### • Método de vía húmeda

El método de vía húmeda es un método donde la fuente de almidón granos y pulpa es sumergido en agua o solución, donde se utiliza un reactivo para evitar la oxidación del material está incluido, ácido cítrico, bisulfito de sodio, etc., Cuando se utilizan cereales, se sumergen en la solución durante varias horas para ablandar el tejido, para posteriormente tritarlo, filtrar y sedimentar (Perez y Acevedo, 2017, p.8).

- **Método de vía seca**

El método por vía seca se utiliza la clasificación de aire y tamizado para la separación de componentes del grano (proteínas, almidón y fibra), pero se obtiene una menor eficiencia. Esta técnica separa el germen y el pericarpio del endospermo se obtiene un buen rendimiento cuando se lograron 8 h de maceración. y se recupera el almidón mediante molienda en seco con métodos no es satisfactorio incluso cuando se utiliza la molienda fina de granos y clasificación de aire, en este sentido, la molienda húmeda puede producir un resultado comercialmente satisfactorio, de rendimiento y calidad del almidón (Perez y Acevedo, 2017, p.8).

### 2.2.5.2. *El Reactivo de Lugol para el reconocimiento*

El reactivo de Lugol obtenido en el apartado anterior se puede utilizar para reconocer la presencia de almidón, porque esta sustancia adsorbe el yodo produciendo una coloración azul intensa, coloración que desaparece al calentar, porque se rompe la estructura que se ha producido, pero vuelve a aparecer al enfriar. Nos permite reconocer la presencia de almidón en alimentos como el pan, las papas, pero también en otros como en diversos tipos de jamón (Sánchez et al., 2013, p.5).



**Figura 7-2:** Prueba de lugol

Realizado por: Calo, S. 2022.

### 2.2.5.3. *Propiedades del almidón*

- **Gelatinización**

Se define como la pérdida de la semi-cristalinidad de los gránulos de almidón en presencia de calor y altas cantidades de agua, con muy poca o ninguna ocurrencia de despolimerización (Meneses et al., 2007, p.5).

- **La retrogradación**

Se define como un incremento espontáneo del estado del orden, es decir, una reorganización de los puentes de hidrógeno y reorientación de las cadenas moleculares. Paralelamente se genera un decrecimiento de la solubilidad en el agua fría y un incremento de la turbiedad (Meneses et al., 2007, p.5).

- **La transición vítrea**

La transición vítrea de un material polimérico se refiere al cambio inducido por el calor sobre las características de un polímero, el cual con el incremento de la temperatura pasa de sólido frágil y quebradizo a flexible (Meneses et al., 2007, p.5).

- **La desestructuración**

La desestructuración del almidón nativo consiste en la transformación de los gránulos de almidón cristalino en una matriz homogénea de polímero amorfo, acompañada por un rompimiento de los puentes de hidrógeno entre las moléculas de almidón, de un lado, y la despolimerización parcial de las moléculas, del otro (Meneses et al., 2007, p.5).

## ***2.2.6. Operaciones unitarias que se utilizaran en la obtención del almidón de trigo y centeno***

### ***2.2.6.1. Reducción de tamaño***

Las operaciones unitarias que reducen el tamaño de partículas son procesos industriales muy importantes, en efecto se aplican para: rocas, carbón, cemento, plásticos, granos, etc. los equipos que se usan para disminuir el tamaño de partículas se denominan en general molinos., Se puede procesar desde pocos kilogramos por hora (operaciones de baja escala) hasta cientos de toneladas por hora en la industria minera (Brito, 2017, p.34).

### ***2.2.6.2. Filtrado***

Es una Operación Unitaria que separa los sólidos suspendidos en un líquido (sólidos con diámetro grandes), en cambio centrifugación (sólidos suspendidos, pero con diámetro mucho más pequeños) utilizando una superficie permeable a los fluidos. La filtración da como resultado, por lo general, la formación de una capa (torta) de partículas sólidas sobre la superficie de un cuerpo

poroso, a menudo un tejido que constituye el medio filtrante. Una vez que se ha formado esta capa, su superficie actúa como medio filtrante, depositándose los sólidos que van aumentando el espesor de la torta mientras el líquido claro pasa a través de ella. La torta se compone, por consiguiente, de una masa voluminosa de partículas de forma irregular, entre las que hay conductos capilares (Brito, 2017, p. 25).

#### 2.2.6.3. *Tamizado*

El objeto del cribado o tamizado es separar las distintas fracciones que componen un sólido granular o pulverulento por el diferente tamaño de sus partículas para lo cual; se utilizan los equipos denominados cribas o tamices. En principio se puede considerar como tamiz a cualquier superficie agujereada para que la operación pueda realizarse es necesario que el sólido y el tamiz se encuentre en movimiento relativo con lo cual se da la oportunidad de que las partículas sólidas que tienen diámetros menores a la del tamiz puedan atravesarlo. los tamices se fabrican con barras metálicas entrecruzadas o paralelas, placas metálicas entrecruzadas o tejidos de material metálico o sintético (Brito, 2017, p.34).

#### 2.2.6.4. *Secado*

Es uno de los métodos que permite separar un líquido de un sólido, entendiéndose por secado a la separación de la humedad de los sólidos (o de los líquidos) por evaporación en una corriente gaseosa, los tipos de secados pueden ser de manera directa al aire (continuo o discontinuo) y de manera indirecta (se utiliza una fuente térmica).

## **2.3. Planteamiento de las hipótesis**

### **2.3.1. General**

- **H.** Mediante la extracción de los almidones de trigo (*Triticum aestivum L*) y centeno (*Secale cereale*) se podrá obtener un material apto para elaborar un polímero biodegradable con propiedades similares a los plásticos sintéticos que servirán para hacer uso en el embalaje de alimentos.

### **2.3.2. Específicas**

- **H1.** Es posible extraer el almidón de trigo (*Triticum aestivum L*) y centeno (*Secale cereale*) utilizando el método de vía húmeda.
- **H2.** Mediante la caracterización fisicoquímica del almidón y de la materia prima de trigo (*Triticum aestivum L*) y centeno (*Secale cereale*) se podrá comprobar que el almidón sea apto para la elaboración del biopolímero.
- **H3.** Al mezclar los almidones con los aditivos en proporciones adecuadas se obtendrá una biopelícula con buenas características.
- **H4.** Al realizar las pruebas físicas-mecánicas y análisis microbiológicas correspondientes se comprobará que el biopolímero obtenido es apto para su uso en el embalaje de alimentos.
- **H5.** Mediante el diseño factorial 2k se podrá determinar las concentraciones de almidón y aditivos para obtener la biopelícula óptima haciendo uso del software Minitab 19.

## 2.4. Identificación de variables

**Tabla 5-2:** Identificación de variables

<b>Etapas del proceso</b>	<b>Variables independientes</b>	<b>Variables dependientes</b>
Extracción del almidón	*Peso de la materia prima	*Velocidad de secado
	*Tiempo de secado	*Humedad
		*pH
Caracterización fisicoquímica del almidón	*Peso del almidón obtenido	*Solubilidad
		*Cenizas
		*Humedad
		*Temperatura de gelatinización
		*Densidad aparente
Obtención del biopolímero	*Temperatura	*Humedad
	*Aditivos	*Espesor
	*Tiempo de secado	*Permeabilidad
		*Propiedades de tracción
		*Biodegradabilidad

**Realizado por:** Calo, S. 2022.

## 2.5. Operacionalización de variables

**Tabla 6-2:** Operacionalización de variables

Variable	Tipo de variable	Definición operacional	Categorización	Indicadores	Instrumentos de medición
Pesado	Independiente	Medida de la fuerza de la gravedad que actúa sobre un objeto.	-	Kilogramo/gramo	Balanza analítica
Humedad	Dependiente	Cantidad de agua contenida en un cuerpo.	-	% de humedad	Balanza de humedad
Secado	Dependiente	Eliminación del agua contenida en un cuerpo.	-	Tiempo	Estufa
Solubilidad	Dependiente	Es la capacidad de una sustancia para disolverse en un líquido formando una mezcla homogénea.	-	Temperatura	Termómetro
pH	Dependiente	Medida de acidez o alcalinidad de una solución.	-		Potenciómetro
Aditivos para bioplásticos	Independiente	Son sustancias que se añaden a los bioplásticos para que adquieran las propiedades requeridas.	-	Gramo/litro	Pipetas
Espesor	Dependiente	Es la medida de grosor de un material.	-	Milímetros	Medidor de espesor
Permeabilidad	Dependiente	Capacidad de un cuerpo para permitir que un fluido lo atraviese sin alterar su estructura interna.	-	WVTR	Copa de aluminio
Elongación	Dependiente	Es el máximo esfuerzo de tracción que soporta un material antes de su rotura.	-	Distancia, esfuerzo máximo	Probetas
Biodegradabilidad	Dependiente	Capacidad de una sustancia orgánica para descomponerse por acción de sustancias enzimáticas y condiciones climáticas.	-	Área	Programa de imagen j

Realizado por: Calo, S. 2022.

## 2.6. Matriz de consistencia

**Tabla 7-2:** Matriz de consistencia

<b>ASPECTOS GENERALES</b>				
<b>Planteamiento del problema</b>		<b>Objetivo general</b>	<b>Hipótesis General</b>	
La acumulación de plásticos sintéticos se ha convertido en una amenaza ambiental global, dada la amplia distribución del patrón, cuando el plástico se centra en la tierra genera la producción de micro plásticos (100 mm e 5 mm) y nano plástico (<100 nm), que por su baja densidad y resistencia a la biodegradación se dispersa de una manera fácil por el suelo y agua, generando la contaminación a los organismos y microorganismos existentes.		Desarrollar un biopolímero a partir de la mezcla de almidón de trigo ( <i>Triticum aestivum L</i> ) y centeno ( <i>Secale cereale</i> ) para el uso en el embalaje de alimentos.	Mediante la extracción de los almidones de trigo ( <i>Triticum aestivum L</i> ) y centeno ( <i>secale cereale</i> ) se podrá obtener un material apto para elaborar un polímero biodegradable con propiedades similares a los plásticos sintéticos que servirán para hacer uso en el embalaje de alimentos.	
<b>ASPECTOS ESPECÍFICOS</b>				
<b>Problemas Específicos</b>	<b>Objetivos Específicos</b>	<b>Hipótesis Específicas</b>	<b>Variables</b>	<b>Técnicas</b>
No existe un método comprobable para la extracción de los almidones de trigo ( <i>Triticum aestivum L</i> ) y centeno ( <i>Secale cereale</i> ).	Extraer el almidón del grano de trigo ( <i>Triticum aestivum L</i> ) y del grano de centeno ( <i>Secale cereale</i> ) por el método de vía húmeda.	Es posible extraer el almidón de trigo ( <i>Triticum aestivum L</i> ) y centeno ( <i>Secale cereale</i> ) utilizando el método de vía húmeda.	Tiempo Humedad	Medición del tiempo de secado. Método de secado en estufa.



¿Comparación de los datos obtenidos en el laboratorio del almidón extraído con las normas establecidas en la norma NTE INEN 1456?	Caracterizar el almidón de trigo ( <i>Triticum aestivum L</i> ) y centeno ( <i>Secale cereale</i> ) extraído mediante pruebas fisicoquímicas en base los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 1456.	Mediante la caracterización fisicoquímica del almidón y de la materia prima de trigo ( <i>Triticum aestivum L</i> ) y centeno ( <i>Secale cereale</i> ) se podrá comprobar que el almidón sea apto para la elaboración del biopolímero.	pH Solubilidad Ceniza Humedad Temperatura de gelatinización Densidad aparente	Métodos físicos-químicos NTE INEN 1456
No existe un método específico para la elaboración del plástico biodegradable a partir de la mezcla de los almidones de trigo ( <i>Triticum aestivum L</i> ) y centeno ( <i>Secale cereale</i> )	Establecer una composición adecuada para la obtención de un biopolímero a partir de la mezcla de los almidones.	Al mezclar los almidones con los aditivos en proporciones adecuadas se obtendrá una biopelícula con buenas características.	Composición de los reactivos Temperatura Tiempo de secado	Variación de la composición Temperatura determinada
¿El biopolímero obtenido tiene las características necesarias para su aplicación en el embalaje de alimentos?	Determinar las propiedades del biopolímero mediante ensayos físico, mecánicos y microbiológicos para conocer la calidad del producto.	Al realizar las pruebas físicas-mecánicas y análisis microbiológicas correspondientes se comprobará que el biopolímero obtenido es apto para su uso el embalaje de alimentos.	Espesor Resistencia Elongación Biodegradabilidad	Determinación del tiempo de degradabilidad del biopolímero en el medio ambiente.

Realizado por: Calo, S. 2022.

## 2.7. Tipo y diseño de investigación

### 2.7.1. Tipo de investigación

La presente investigación es de tipo experimental debido a que se basa en el estudio de la materia prima en este caso que de la mezcla del almidón del trigo y del centeno, mismo que permitirá la obtención de un biopolímero y mediante la caracterización de dicho producto permitirá conocer datos que sean viables para futuras investigaciones que mediante revisión bibliográfica si se cuenta con varias investigaciones en las que ya existen métodos de obtención de almidón de trigo y centeno pero no de una mezcla de estos dos componentes, ni tampoco se ha desarrollado un biopolímero de la misma.

### 2.7.2. Diseño de la investigación

El diseño de esta investigación es de tipo experimental debido a que tanto para la extracción del almidón como para la elaboración del biopolímero se van a controlar distintas variables como es la velocidad, el tiempo entre otras, y en el caso del biopolímero hasta llegar a una mejor formulación trabajando conjuntamente con el diseño experimental corresponde al modelo estadístico  $2^k$  Factorial lo cual permite identificar y cuantificar una variable en dicho estudio experimental utilizando el software Minitab 19.

**Tabla 8-2:** Método de extracción del almidón por vía húmeda

Tratamiento	Velocidad de la licuadora	Tiempo (Segundos)	Repeticiones
1	Velocidad 1 (baja)	60 segundos	4
2	Velocidad 1 (baja)	90 segundos	4
3	Velocidad 2 (alta)	60segundos	4
4	Velocidad 2 (alta)	90 segundos	4

Realizado por: Calo, S. 2022.

**Tabla 9-2:** Diseño factorial  $2^k$  ( $2^2$ ) para el biopolímero

Descripción	Factores	Niveles	
		Bajo (-)	Alto (+)
Variables	Almidón(g)	2.5	3
	Glicerina(ml)	1	1.4

Realizado por: Calo, S. 2022.

El diseño experimental se enunció de la siguiente manera:

**Ecuación 1-2: Diseño experimental**

$$DE: 2^K$$

En donde:

DE = Diseño experimental

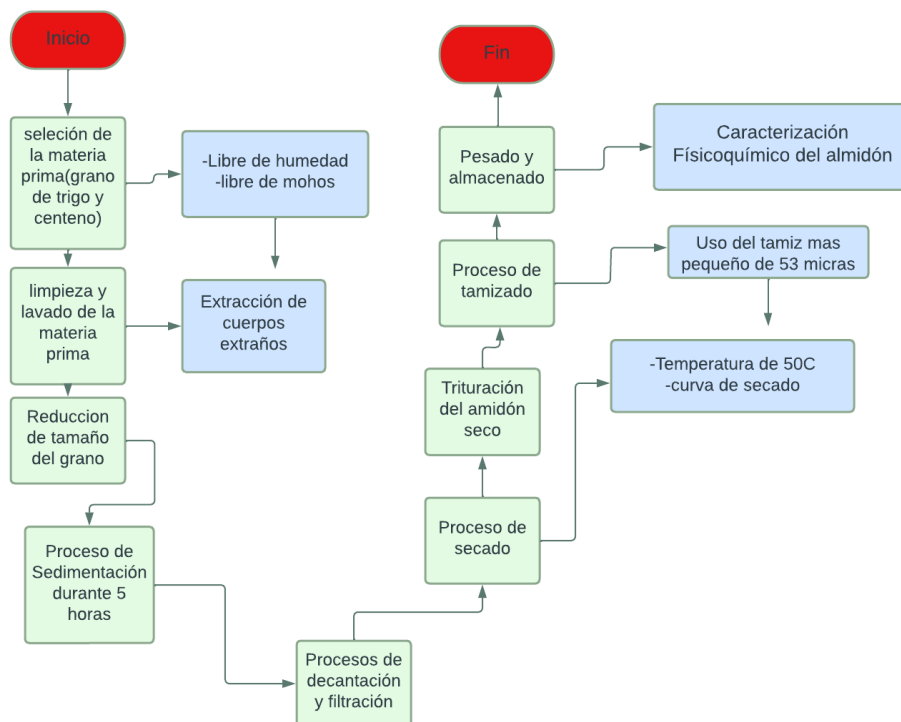
2 = Concentraciones, almidón y plastificante

k = Número de repeticiones

Para la extracción del almidón se controlará la velocidad en rpm contra el tiempo de triturado de la materia prima. Mientras que para la formulación del bioplástico se controlará la concentración del almidón contra la concentración del plastificante.

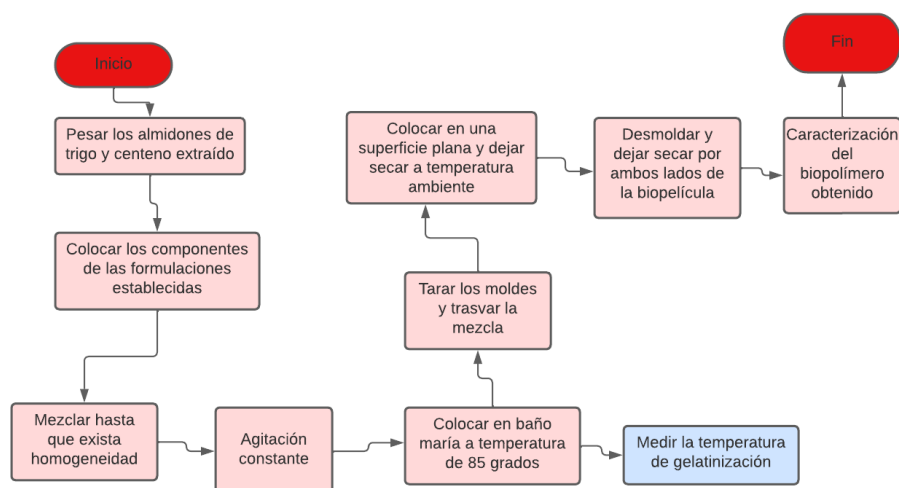
A continuación, se presenta de manera general el procedimiento a emplearse en la extracción del almidón del arroz de cebada, así como la elaboración del bioplástico:

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



**Gráfico 1-2:** Diagrama de bloques de la extracción de almidón de las materias primas

Realizado por: Calo, S. 2022.



**Gráfico 2-2:** Diagrama de flujo para la obtención del biopolímero degradable

Realizado por: Calo, S. 2022.

### 2.7.3. Descripción de equipos, materiales, reactivos y materia prima

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 San Alfonso de la ciudad de Riobamba.

**Tabla 10-2:** Equipos, materiales y reactivos a emplearse

Equipos	Materiales	Reactivos	Materia prima
*Balanza analítica	*Varilla de agitación.	*Glicerina	
*Estufa	*Crisoles.	*Ácido acético	*Trigo
*Mufla	*Matraces Erlenmeyer	*Agua destilada	*Centeno
*Potenciómetro	de 250, 500 ml.	*Metabisulfito de	
*Termo balanza	*Vasos de precipitación	sodio	
*Reverbero	de vidrio de 100 mL,	*Metabisulfito de	
*Trituradora	250 mL, 500 mL,	sodio	
*Molino eléctrico	600ml, 1000ml		
*Centrifuga	*Probetas de 10 mL, 50		
*Microscopio óptico con cámara	mL, 100 mL, 1000ml		
	*Papel filtro.		
*Agitador magnético con placa calefactora	*Vidrio reloj		
	*Espátula.		

---

*Agitador shaker	*Termómetro
	*Calibrador pie de rey
	*Embudos simples
	*Capsulas
	*Pinzas para crisol
	*Malla de amianto
	*Bandejas de aluminio
	*Papel aluminio
	*Tamices 180um, 53um
	*Jeringas
	*Pipetas graduadas de 5ml, 10ml, 50ml
	*Pera de succión
	*Mortero con pistilo
	*Cajas Petri de vidrio
	*Desecadores

---

Realizado por: Calo, S. 2022.

## **2.8. Unidad de análisis**

La unidad de análisis de esta investigación es el biopolímero obtenido de la mezcla de los dos almidones de trigo (*Triticum aestivum L*) y centeno (*Secale cereale*), mismo que será analizado mediante ensayos de físicos- mecánicos y microbiológicos para la determinación de la calidad del producto.

## **2.9. Población de estudio**

La población de estudio de esta investigación se centra directamente en la materia prima las cuales son el trigo (*Triticum aestivum L*) y el centeno (*Secale cereale*) mismo que será provisto del mercado san Alfonso de la ciudad de Riobamba, para lo cual se debe tener en consideración la característica del grano en buen estado y de mejor calidad para evitar problemas de contaminación durante el proceso de extracción del almidón.

## **2.10. Tamaño de muestra**

Para la presente investigación se trabajará con una muestra de 60 kg de trigo (*Triticum aestivum L*) y 90kg de centeno (*Secale cereale*), de acuerdo con una investigación bibliográfica el trigo contiene del 70% al 75% de almidón presente en su estructura y del centeno presenta el 55% de almidón características fundamentales que facilita la extracción de este para su caracterización y para generar las diferentes formulaciones del biopolímero.

## **2.11. Selección de muestra**

Para la selección del grano de trigo (*Triticum aestivum L*) y centeno (*Secale cereale*), se tomará en cuenta algunos parámetros que determinen la calidad del producto, entre los cuales se mencionan a continuación:

- Grano seco libre de humedad
- Que no presente olor desagradable correspondiente a la descomposición del producto
- Color café claro
- Libre de tierra y cascarilla pertenecientes al grano de trigo y centeno.

## 2.12. Técnicas de recolección de datos

### 2.12.1. Pruebas fisicoquímicas del almidón de trigo y centeno

**Tabla 11-2:** Prueba físico químicas de los almidones de trigo y centeno

N°	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Cálculo o Fórmula	Método o Ensayo
1	Rendimiento del almidón	*Balanza analítica	*Almidón de trigo y centeno	*Una vez obtenido los almidones de trigo y centeno por los distintos tratamientos y repeticiones se debe tomar el peso final de cada muestra y aplicar la fórmula del rendimiento.	<p><b>Ecuación 2-2:</b> Para el cálculo del rendimiento</p> $\%R = \frac{pf}{pi M} * 100$ <p>En donde:</p> <p>%R = Porcentaje del rendimiento</p> <p>Pf = Peso del almidón obtenido</p> <p>pi M = Peso de la muestra inicial</p>	

2	Humedad	*Termo balanza	*Mezcla de almidón de trigo y centeno	Mediante el uso de la termo balanza se determina el valor directo de la humedad. *Se enciende el equipo, se levanta la tapa y se 2 g de muestra en el plato del equipo. *Se cierra la tapa.	La termo balanza proporciona una señal de aviso que indica que la muestra esta lista, adicionalmente en su pantalla indica el valor de la humedad, el peso final de la muestra y el tiempo que tarda el proceso de lectura.	NTE INEN 1456
3	Solubilidad	*Reverbero *Malla de asbesto *Varilla de agitación *Vidrio reloj *Vaso de precipitación	*Mezcla de almidón de trigo y centeno *Agua destilada	*Poner a hervir 100 ml de agua destilada en un vaso de precipitación. *En otro vaso de 25 ml con 5 ml de agua destilada agregar 2 g de almidón. agitar la solución y transferir al recipiente que contiene el agua hirviendo *Agitar continuamente por dos minutos.	El resultado se obtiene de manera cualitativa, por lo tanto, se espera observar una ligera opalescencia que se mantenga sin intensificar después del enfriamiento de la solución.	NTE INEN 1456



4	pH	<p>*pHmetro *Vaso de precipitación</p>	<p>*Mezcla de almidón de trigo y centeno *Agua destilada</p>	<p>*En un vaso de 250 ml con 100 ml de agua destilada, colocar 2g de almidón. *Estandarizar el medidor del pH con una solución tampón a temperatura ambiente, lavar los electrodos en agua destilada y secarlos con papel absorbente suave. *Sumergir los electrodos en la solución del almidón y leer el pH.</p>	<p>El valor del pH proporciona el equipo de manera directa. Se espera que el valor medido oscile entre 5,0 y 7,0 para que cumpla con los requisitos establecido.</p>	NTE INEN 1456
5	Contenido de ceniza	<p>*Mufla *Crisoles *Pinzas de crisol *Desecador *Balanza analítica</p>	<p>*Mezcla de almidón de trigo y centeno</p>	<p>*Tarar los crisoles, para lo cual de sebe calentar en la mufla y secar en un desecador para eliminar la humedad del material, finalmente pesar. *Colocar 1g de muestra y llevarlo a calcinar en la mufla a 550 °C por 15 minutos. *Sacar el crisol, enfriar en un desecador y pesar *Repetir el proceso hasta obtener un peso constante de muestras.</p>	<p><b>Ecuación 3-2:</b> Para calcular el porcentaje de cenizas</p> $\%C = \frac{m2 - mc}{m1 - mc} * 100$ <p>Dónde: %C = porcentaje de cenizas totales (%) m1= masa del crisol con la muestra (g) m2 = masa del crisol con la ceniza (g) mc = masa del crisol vacío (g)</p>	NTE INEN 1456

6	Densidad aparente	*Probeta de 100 ml *Estufa *Desecador *Balanza analítica	*Mezcla de almidón de trigo y centeno	*Tarar la probeta *Pesar la probeta *Agregar el almidón hasta los 100 ml y pesar suavemente *Realizar varios asentamientos a la probeta para que compacte el almidón y medir el volumen.	<b>Ecuación 4-2:</b> Para calcular la densidad aparente. $\rho = \frac{\text{masa del almidón}}{\text{volumen de la probeta}}$	NTE INEN 1456
7	Temperatura de gelatinización	*Vaso de precipitación de 250 ml y 100 ml *Reverbero *Malla de asbesto *Termómetro *Vidrio reloj *Varilla de agitación	*Almidón de trigo y centeno *Mezcla de los dos almidones *Agua destilada	*Disolver 10g de almidón en un vaso de precipitación de 100 ml con agua. *Calentar 250 ml de agua. *Tomar 50 ml de la solución y llevarlo a baño maría en el agua antes calentada. *Agitar la solución hasta formar un gel viscoso. *Tomar la temperatura y mantenerla constante por varios minutos.	El resultado directo se obtendrá al medir con un pie de rey.	

Realizado por: Calo, S. 2022.

### 2.12.2. Pruebas del biopolímero obtenido

**Tabla 12-2:** Ensayos para la caracterización del biopolímero

N°	Análisis	Materiales y Equipos	Reactivos	Procedimiento	Cálculo o Fórmula	Método de Ensayo
1	Espesor	*Pie de rey	Biopolímero obtenido	*Recortar en láminas de 4x4 *Mediar cada lado con el pie de rey. *Repetir el procedimiento anterior 10 veces a cada lámina.	El resultado se obtendrá de manera directa con el instrumento de medida.	(NTE INEN 2043, 2013)
2	Humedad	*Termo balanza	Biopolímero obtenido	*Recortar la lámina del biopolímero de 4*4 *Tomar el peso inicial de la lamina *Colocar en la termo balanza para calcular su humedad	El resultado se obtendrá de manera directa con el instrumento de medida	(Brito et al., 2021, p.6).
3	Solubilidad	*Vasos con tapa *Probeta *Balanza analítica *Papel filtro *Shaker	*Biopolímero obtenido *Agua destilada	*Para la ejecución de este ensayo las muestras del biopolímero deben estar secas por lo que: *Se debe colocar el biopolímero en el papel filtro y secar a una temperatura de 40 °C. *Colocar 50 ml de agua en un vaso con tapa y agregar las muestras.	<b>Ecuación 5-2:</b> Para determinar la solubilidad en el bioplástico $\%S = \frac{mi - mf}{mi} * 100$ Donde: $mi$ = masa inicial del plástico seco (g)	

			<p>*Colocar los vasos en el equipo Shaker a temperatura ambiente y 100 rpm por 1 hora.</p> <p>*Filtrar el agua y colocar en la estufa a 40°C.</p> <p>*Pesar las muestras completamente secas.</p>	<p><math>mf</math> = masa final del plástico seco (g)</p>	
4	Permeabilidad	<p>*Tubos de ensayo</p> <p>*Balanza analítica</p> <p>*Desecador</p>	<p>*Biopolímero obtenido</p> <p>*Sílica</p> <p>*NaCl saturada</p> <p>*Sílica gel</p>	<p>*Para esta prueba se debe activar la sílica a una temperatura de 65°C un día antes de realizar la prueba.</p> <p>*Colocar la sílica en un tubo de ensayo hasta las ¾ partes.</p> <p>*Pesar la muestra de biopolímero</p> <p>*Sellar los tubos de ensayo con las muestras del biopolímero, la cinta a utilizar debe ser transparente.</p> <p>*Colocar los tubos de ensayo sellados en un desecador que posea una solución sobresaturada de NaCl.</p> <p>*Pesar los tubos cada hora hasta lograr obtener 6 pesos.</p>	<p><b>Ecuación 6-2:</b> Para determinar la permeabilidad al vapor de agua.</p> $WVP = \frac{WVTR * e}{t * (HR2 - HR1)}$ $WVTR = \frac{Pendiente}{área}$ <p>Donde:</p> <p>PWRT= Pendiente de la curva (peso vs tiempo) sobre el área expuesta de la lámina (g/h*m2)</p> <p>WVP= Permeabilidad de vapor de agua.</p> <p>P1= Peso inicial del tubo de ensayo</p>

(Guamán, 2019, pp.1-54).

					<p>P2= Peso final del tubo ensayo</p> <p>t=tiempo transcurrido en todo el ensayo</p> <p>e=espesor del biopolímero</p> <p>PV= Presión de vapor</p> <p>HR2 = Humedad relativa al 75%</p> <p>HR1 = Humedad relativa al 0%</p>
5	Tracción	*Máquina de ensayo (elastómero)	*Biopolímero obtenido	<p>*Se coloca las probetas de ensayo en las mordazas de las máquinas de ensayo</p> <p>*Luego apretar de manera uniforme y firme para disminuir su deslizamiento durante el ensayo.</p>	<p>El equipo proporcionará de manera directa el resultado.</p> <p>(NTE INEN 2043, 2013)</p>
6	Biodegradabilidad	*Software Image J	<p>*Biopolímero obtenido</p> <p>*Agua</p> <p>*Tierra orgánica</p>	<p>*Esta prueba se va a realizar por tres medios: ambiente, suelo y agua.</p> <p>*Colocar las muestras en los tres medios.</p> <p>*Verificar la degradabilidad cada 3 días.</p>	<p>El resultado de disminución de área se obtendrá mediante el Software Image J.</p> <p>(NTE INEN 2643, 2012)</p>

Realizado por: Calo, S. 2022.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

#### 3.1. Datos

##### 3.1.1. Caracterización del grano de trigo y del centeno

Para la caracterización de la materia prima se tomó 20 unidades de una población a los que se tomó medidas de peso, longitud y diámetro las cuales se detallan a continuación:

**Tabla 1-3:** Medidas realizadas a la materia prima trigo

UNIDAD	GRANO DE TRIGO			
	Peso (g)	Longitud(mm)	Ancho(mm)	Diámetro(mm)
1	0.0509	6.64	3.75	78.2257
2	0.0507	7.40	2.68	62.3041
3	0.0611	6.69	3.82	80.2859
4	0.0455	6.88	3.12	67.4362
5	0.0420	6.08	3.04	58.0667
6	0.0442	6.17	2.89	56.0187
7	0.0531	6.92	3.13	68.0456
8	0.0541	6.49	3.44	70.1379
9	0.0466	6.31	3.29	65.2191
10	0.0415	6.86	2.63	56.6800
11	0.0489	6.39	3.75	75.2804
12	0.0648	6.94	3.37	73.4749
13	0.0543	6.50	3.02	61.6695
14	0.0479	7.02	3.16	69.6906
15	0.0613	7.07	3.58	79.5156
16	0.0532	6.72	3.55	74.9458
17	0.0516	7.02	2.97	65.5003
18	0.0424	6.35	2.75	54.8601
19	0.0553	6.83	3.38	72.5249
20	0.0558	6.56	3.53	72.7492
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.0513</b>	<b>6.69</b>	<b>3.24</b>	<b>68.1316</b>

Realizado por: Calo, S. 2022.

**Tabla 2-3:** Medidas realizadas a la materia prima grano de centeno

UNIDAD	GRANO DE CENTENO			
	Peso(g)	Longitud(mm)	Ancho(mm)	Diámetro(mm)
1	0.0453	8.17	2.90	74.4338
2	0.0311	7.47	2.49	58.4346
3	0.0313	6.43	2.53	51.1071
4	0.0293	6.78	2.36	50.2680
5	0.0201	5.91	2.13	39.5473
6	0.0223	6.74	2.14	45.3131
7	0.0336	7.50	2.66	62.6748
8	0.0228	7.26	2.19	49.9494
9	0.0312	6.39	2.72	54.6034
10	0.0233	6.46	2.44	49.5190
11	0.0327	7.06	2.61	57.8889
12	0.0274	6.71	2.43	51.2246
13	0.0293	6.98	2.40	52.6280
14	0.0348	6.52	2.84	58.1722
15	0.0235	7.71	2.02	48.9278
16	0.0266	7.14	2.38	53.3857
17	0.0282	6.71	2.64	55.6514
18	0.0247	6.02	2.56	48.4157
19	0.0218	6.49	2.23	45.4673
20	0.0347	7.67	2.54	61.2039
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.0287</b>	<b>6.91</b>	<b>2.46</b>	<b>53.4408</b>

Realizado por: Calo, S. 2022.

**3.1.2. Determinación del método adecuado para la extracción del almidón**

El método de extracción del almidón del trigo y centeno se realizó por el método más viable para la extracción de almidón de los cereales que es por la vía húmeda ya que permite retirar por el medio líquido aquellos componentes de la pulpa que son relativamente más grandes, como la fibra y proteína además facilita la eliminación del agua por decantación y se lava el material sedimentado para eliminar las últimas fracciones diferentes del almidón y finalmente someter al almidón purificado a secado (Guadrón de Delgado, 2013, p.79).

### 3.1.3. Rendimiento de los almidones

Para la aplicación de este método se utilizó una licuadora con dos velocidades un alta y una baja a diferentes tiempos de 60 y 90 segundos respectivamente, generando un total de 4 tratamientos con 4 repeticiones para cada una, con la finalidad de determinar el mejor rendimiento.

**Tabla 3-3:** Peso del almidón obtenidos mediante el método de la vía húmeda para el trigo.

Tratamiento	Variables	Repeticiones	Vol. de agua (ml)	secado		
				Producto (g)	Almidón (g)	Tiempo (h)
T1	RPM 1: 60	T1R1	900	350	32.039	24
		T1R2			30.941	
		T1R3			32.468	
		T1R4			31.796	
T2	RPM 1: 90	T2R1	900	350	35.878	24
		T2R2			38.869	
		T2R3			34.737	
		T2R4			39.701	
T3	RPM 2: 60	T3R1	900	350	52.001	24
		T3R2			54.755	
		T3R3			53.011	
		T3R4			48.147	
T4	RPM 2: 90	T4R1	900	350	65.009	24
		T4R2			71.084	
		T4R3			70.665	
		T4R4			70.151	

Realizado por: Calo, S. 2022.



**Tabla 4-3:** Peso del almidón obtenidos mediante el método de la vía húmeda del centeno

Tratamiento	Variables	Repeticiones	Vol. de agua (ml)	Secado		
				Producto (g)	Almidón (g)	Tiempo (h)
C1	RPM 1: 60	C1R1	800	500	9.831	24
		C1R2			11.674	
		C1R3			10.579	
		C1R4			12.996	
C2	RPM 1: 90	C2R1	800	500	15.827	24
		C2R2			16.975	
		C2R3			14.099	
		C2R4			13.546	
C3	RPM 2: 60	C3R1	800	500	18.763	24
		C3R2			19.323	
		C3R3			19.005	
		C3R4			20.999	
C4	RPM 2: 90	C4R1	800	500	25.074	24
		C4R2			24.662	
		C4R3			20.769	
		C4R4			24.766	

Realizado por: Calo, S. 2022.

### 3.1.4. Variación del peso del proceso de secado de los almidones de trigo y de centeno

El proceso de secado del almidón en cada uno de los tratamientos con sus repeticiones se mantuvo a una temperatura de 50 °C durante 24 horas, se tomó el total de 9 datos cada 2 horas hasta obtener un peso constante del almidón seco, y se describe en la siguiente tabla mismos datos que se utilizara para desarrollar las gráficas de la curva de secado de cada uno de los tratamientos.

**Tabla 5-3:** Peso del proceso de extracción por vía húmeda

<b>TRIGO</b>										
<b>RENDIMIENTO</b>	<b>REPETICIONES</b>	<b>PESO 1</b>	<b>PESO 2</b>	<b>PESO 3</b>	<b>PESO 4</b>	<b>PESO 5</b>	<b>PESO 6</b>	<b>PESO 7</b>	<b>PESO 8</b>	<b>PESO 9</b>
<b>TRATAMIENTO 1</b>	R1	77.044	71.044	52.797	48.844	44.261	38.841	32.163	32.044	32.039
	R2	99.317	75.132	56.971	40.322	35.071	34.106	32.082	32.346	30.941
	R3	98	72.513	57.82	53.788	46.567	42.817	31.878	31.494	32.468
	R4	91.282	77.885	64.685	53.665	46.992	37.796	26.796	32.796	31.796
<b>TRATAMIENTO 2</b>	R1	116.221	110.05	98.863	90.05	82.017	73.541	40.021	39.92	35.878
	R2	113.692	98.935	77.715	74.043	57.709	56.113	53.213	38.892	38.869
	R3	78.793	68.484	58.478	55.51	54.99	39.81	48.11	40.81	34.737
	R4	139.115	128.75	108.717	105.574	93.515	83.148	45.835	40.715	39.701
<b>TRATAMIENTO 3</b>	R1	140.393	133.999	122.109	111.855	104.026	96.13	52.408	52.109	52.001
	R2	144	130.697	117	107.366	97.69	90.917	56.318	55.944	54.755
	R3	155.346	148.373	136.936	126.046	118.333	108.353	55.453	54.346	53.011
	R4	161.282	156.98	138.682	123.022	110.882	99.971	57.282	54.582	48.147
<b>TRATAMIENTO 4</b>	R1	148.449	142.139	127.25	115.329	105.222	93.929	75.122	65.026	65.009
	R2	196.2	166.19	147.918	127.417	114.89	103.897	71.184	71.183	71.084

	R3	224	198.027	186.59	165.7	147.987	128.007	89.107	70.8	70.665
	R4	207.657	182.006	168.169	148.51	118.925	74.823	72.681	71.37	70.151
<b>CENTENO</b>										
<b>RENDIMIENTO</b>	<b>REPETICIONES</b>	<b>PESO 1</b>	<b>PESO 2</b>	<b>PESO 3</b>	<b>PESO 4</b>	<b>PESO 5</b>	<b>PESO 6</b>	<b>PESO 7</b>	<b>PESO 8</b>	<b>PESO 9</b>
<b>TRATAMIENTO 1</b>	R1	63.154	46.357	25.024	15.713	14.02	13.242	12.661	10.654	9.831
	R2	67.556	53	50.196	44.667	32.557	24.997	16.889	13.675	11.674
	R3	60.66	45.582	26.493	15.204	13.693	12.69	12.809	10.582	10.579
	R4	68.337	54.09	28.668	25.53	21.337	18.004	18.345	12.998	12.996
<b>TRATAMIENTO 2</b>	R1	69.219	56.552	34.109	23.552	19.336	19.22	18.861	15.85	15.827
	R2	84.978	59.917	40.371	27.2	20.251	18.623	16.979	16.976	16.975
	R3	69.705	65.122	59.212	39.683	36.634	26.47	19.105	14.6	14.099
	R4	70.55	54.438	46.058	33.126	27.258	17.8	15.569	13.55	13.546
<b>TRATAMIENTO 3</b>	R1	66.342	57.153	35.04	32.171	29.429	26.494	23.8	21.767	18.763
	R2	77.039	67.785	55.043	45.254	42.012	27.905	25.583	19.626	19.323
	R3	99.187	85.989	79.064	66.986	60.077	50.06	34.437	19.011	19.005
	R4	99.298	79.613	65.113	58.687	49.001	40.099	30.041	22.001	20.999
<b>TRATAMIENTO 4</b>	R1	124.678	107.619	85.196	69.986	66.516	45.086	25.853	26.076	25.074
	R2	86.004	71.236	50.251	37.456	30.611	26.999	24.668	24.663	24.662
	R3	120.349	100.451	90.318	79.241	62.878	45.62	33.888	23.771	20.769
	R4	92.33	83.671	73.66	62.597	57.279	42.781	34.255	24.7678	24.766

Realizado por: Calo, S. 2022.

### 3.1.5. Determinaciones fisicoquímico y microbiológicos del almidón de trigo y centeno

En cada uno de los análisis fisicoquímico-empleados en el almidón se lo realizo a cada uno de los tratamientos y posteriormente se calculó la media de estos.

**Tabla 6-3:** Caracterización fisicoquímica del almidón de trigo

N°	Parámetros	Unidades	Valor	Estándar	Norma/Institución
1	Humedad	%	7.868	≤ 13	NMX-F-382-1986
2	Cenizas	%	0.253	< 0.4 g/100	NTE INEN 1456
3	Densidad aparente	g/ml	1.55	1.560	FAO2017
4	Solubilidad	-		Ligera opalencia	INEN 1456
5	Viscosidad	CP	743.767	840 -1 500	FAO2017
6	PH		5.058	5.0 y 7.0	INEN 1456
7	Amilosa	%	21.36	-	INIAP
8	Amilopectina	%	78.64	-	INIAP
9	Temperatura de Gelatinización	°C	7525	74,85	(Montoya, 2012, p.3)
10	Hongos	UFC/g	0	<10	SAQMIC
11	Levaduras y Mohos	UFC/g	0	1000-5000	SAQMIC
12	Coliformes Totales	UFC/g	0	<10	SAQMIC
13	Coliformes Fecales	UFC/g	0	<10	SAQMIC

Realizado por: Calo, S. 2022.

**Tabla 7-3:** Caracterización fisicoquímica para el almidón centeno

N°	Parámetros	Unidades	Valor	Estándar	Norma/Institución
1	Humedad	%	6.823	≤ 13	NMX-F-382-1986
2	Cenizas	%	0.503	<0.4 g/100	NTE INEN 1456
3	Densidad aparente	g/ml	1.300	1.560	FAO2017
4	Solubilidad	-		Ligera opalencia	NTE INEN 1456
5	Viscosidad	CP	611,867		FAO 2017

6	PH		5.085	5.0 – 7.0	(NTE INEN 1456, 2012, p.3)
7	Amilosa	%	17.76	-	INIAP
8	Amilopectina	%	82.24	-	INIAP
9	Temperatura de Gelatinización	°C	72.75	74.85	(Montoya, 2012, p.3)
10	Hongos	UFC/g	0	<10	SAQMIC
11	Levaduras y Mohos	UFC/g	0	1000-5000	SAQMIC
12	Coliformes Totales	UFC/g	0	<10	SAQMIC
13	Coliformes Fecales	UFC/g	0	<10	SAQMIC

Realizado por: Calo, S. 2022.

### 3.1.6. Prepruebas para la elaboración del biopolímero

#### 3.1.6.1. Determinación de la concentración de almidón

Para conocer la cantidad adecuada de almidón que se utilizará para la elaboración del biopolímero primero se partió de las combinaciones posibles de los dos almidones con diferentes combinaciones en la que se encontró la combinación más factible al porcentaje de 70% de almidón de trigo y 30% de almidón de centeno, una vez determinado las concentraciones de la mezcla se procedió a encontrar la cantidad de almidón, basándose en investigaciones anteriores de la obtención de biopolímeros.

**Tabla 8-3:** Determinación de la concentración del almidón

No.	Almidón (g)	Facilidad de Moldeo	Forma Películas	Transparencia	Estabilidad
1	3	SI	SI	Transparente opaco	SI
2	2.7	SI	SI	Transparente opaco	SI
3	2.5	SI	SI	Transparente opaco	SI
4	2	SI	Si	Transparente opaco	NO

Realizado por: Calo, S. 2022.

### 3.1.7. *Preprueba para determinación de la concentración del plastificante*

Para la determinación del plastificante a utilizarse adecuadamente se realizó diferentes ensayos que nos permite conocer la cantidad del plastificante para obtener un plástico de excelentes características.

**Tabla 9-3:** Determinación de la concentración del plastificante

N°	Almidón (g)	Plastificante (ml)	Facilidad de Moldeo	Forma Películas	Transparencia	Estabilidad
1		1	SI	SI	Transparente opaco	SI
2	2	1.4	SI	SI	Transparente opaco	NO
3		1.7	SI	SI	Transparente opaco	SI
4		2	SI	SI	Transparente opaco	NO
5		1	SI	SI	Transparente opaco	SI
6	2.7	1.4	SI	SI	Transparente opaco	SI
7		1.7	SI	SI	Transparente opaco	SI
8		2	SI	SI	Transparente opaco	NO
9		1	SI	SI	Transparente opaco	NO
10	2.5	1.4	SI	SI	Transparente opaco	SI
11		1.7	SI	SI	Transparente opaco	NO
12		2	SI	SI	Transparente opaco	NO
13		1	SI	SI	Transparente opaco	SI
14	3	1.4	SI	SI	Transparente opaco	SI
15		1.7	SI	SI	Transparente opaco	SI
16		2	SI	SI	Transparente opaco	NO

Realizado por: Calo, S. 2022.

### 3.1.7.1. Concentraciones de los componentes para el análisis del sistema $2^k$ factorial

La concentración de agua destilada y ácido acético se mantuvieron constantes tomando valores de 30 ml y 1,5 ml respectivamente. Luego de los resultados de las prepruebas realizadas se ha optado por las mejores variaciones para el diseño factorial  $2^k$  a emplearse.

**Tabla 10-3:** Nomenclatura y concentración de los bioplásticos generados a partir del diseño factorial  $2^k$

N°	Nomenclatura	Almidón (g)	Glicerina (mL)	Ácido acético (mL)	Agua (mL)
1	P1	2.5	1.4	1.5	30
2	P2	2.5	1	1.5	30
3	P3	3	1.4	1.5	30
4	P4	3	1	1.5	30

**Realizado por:** Calo, S. 2022.

En la tabla se puede observar las concentraciones adecuadas que son asignadas en el Diseño factorial  $2^k$  para la elaboración de los bioplásticos, para la asignación de la nomenclatura de las repeticiones será mediante las letras A, B, C y D para un total de 4 repeticiones en cada tratamiento de cada una de las pruebas a realizarse.

### 3.1.7.2. Análisis preliminar del plástico biodegradable

Al tener el diseño factorial establecido, en el que se obtiene 4 tratamientos se procedió a realizar 4 repeticiones de cada tratamiento en el que se obtuvo lo siguiente:

**Tabla 11-3:** Características preliminares del bioplástico obtenido

No.	Tratamiento	Repeticón	Peso(g)	Espesor(mm)	Moldeo	Forma Película	Transparencia	Estabilidad
1	P1	P1A	1.7770	0.11	SI	SI	Transparente opaco	SI
2		P1B	2.3606	0.13	SI	SI	Transparente opaco	SI
3		P1C	2.1672	0.10	SI	SI	Transparente opaco	SI
4		P1D	2.0167	0.14	SI	SI	Transparente opaco	NO
5	P2	P2A	2.1326	0.21	SI	SI	Transparente opaco	SI
6		P2B	1.5635	0.13	SI	SI	Transparente opaco	SI
7		P2C	1.7573	0.22	SI	SI	Transparente opaco	SI
8		P2D	1.8565	0.14	SI	SI	Transparente opaco	SI
9	P3	P3A	1.8164	0.11	SI	SI	Transparente opaco	SI
10		P3B	1.9357	0.11	SI	SI	Transparente opaco	SI
11		P3C	1.8537	0.23	SI	SI	Transparente opaco	NO
12		P3D	1.7181	0.11	SI	SI	Transparente opaco	SI
13	P4	P4A	1.1335	0.11	SI	SI	Transparente opaco	SI
14		P4B	1.5147	0.20	SI	SI	Transparente opaco	SI
15		P4C	1.5756	0.10	SI	SI	Transparente opaco	SI
16		P4D	1.4761	0.11	SI	SI	Transparente opaco	SI

Realizado por: Calo, S. 2022.



### 3.1.8. *Propiedades mecánicas, físicas y biodegradables del biopolímero*

Cada uno de los tratamientos se elaboró una probeta con 7cm de longitud misma que se tomó los datos de del espesor de la parte media de la muestra para que sea posible todas las pruebas requeridas, se realizaron las diferentes mediciones en cada uno de los tratamientos con 3 repeticiones.

#### 3.1.8.1. *Espesor del biopolímero*

Para medir el espesor del biopolímero se tomó de una manera que cubra toda la muestra del biopolímero, siendo un total de 4 mediciones en cada una de las muestras de cada tratamiento.

**Tabla 12-3:** Espesor del plástico biodegradable

Tratamiento	Repeticiones	Espesor 1 (mm)	Espesor 2 (mm)	Espesor 3 (mm)	Espesor 4 (mm)
P1	P1A	0.11	0.10	0.14	0.11
	P1B	0.12	0.21	0.10	0.11
	P1C	0.11	0.12	0.14	0.10
P2	P2A	0.11	0.10	0.13	0.14
	P2B	0.12	0.11	0.16	0.14
	P2C	0.11	0.14	0.21	0.17
P3	P3A	0.11	0.11	0.14	0.11
	P3B	0.11	0.15	0.10	0.12
	P3C	0.12	0.21	0.20	0.21
P4	P4A	0.12	0.12	0.14	0.11
	P4B	0.12	0.10	0.11	0.13
	P4C	0.11	0.11	0.12	0.12

**Realizado por:** Calo, S. 2022.

#### 3.1.8.2. *Ensayo de humedad del biopolímero*

El método empleado para la determinación de la humedad del biopolímero fue de manera directa en la termo balanza, misma que transcurrido un tiempo determinado da valores del peso y humedad del biopolímero, dicho ensayo se realizó a temperatura de 120°C lo cual se analizó las 3 repeticiones a cada tratamiento los valores de la humedad se generan de manera directa en la

termo balanza. Pruebas que se realizó en el laboratorio de Química Analítica perteneciente a la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

**Tabla 13-3:** Peso del biopolímero para la determinación de la humedad

<b>Tratamiento</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Peso muestra 1 (g)</b>	<b>Peso muestra 2 (g)</b>	<b>Peso muestra 3 (g)</b>
<b>P1</b>	<b>P1A</b>	0.406	0.266	0.522
	<b>P1B</b>	0.19	0.144	0.131
	<b>P1C</b>	0.251	0.189	0.169
<b>P2</b>	<b>P2A</b>	0.271	0.206	0.189
	<b>P2B</b>	0.292	0.223	0.205
	<b>P2C</b>	0.257	0.196	0.183
<b>P3</b>	<b>P3A</b>	0.275	0.223	0.211
	<b>P3B</b>	0.354	0.291	0.282
	<b>P3C</b>	0.373	0.305	0.296
<b>P4</b>	<b>P4A</b>	0.267	0.205	0.188
	<b>P4B</b>	0.289	0.222	0.209
	<b>P4C</b>	0.287	0.223	0.21

Realizado por: Calo, S. 2022.

### 3.1.8.3. Ensayo de solubilidad del plástico biodegradable

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

**Tabla 14-3:** Pesos obtenidos del ensayo de solubilidad del plástico biodegradable

<b>Tratamientos</b>	<b>Repeticiones</b>	<b>Peso inicial seco (g)</b>	<b>Peso final seco (g)</b>
<b>P1</b>	<b>P1A</b>	0.346	0.130
	<b>P1B</b>	0.406	0.353
	<b>P1C</b>	0.266	0.132
<b>P2</b>	<b>P2A</b>	0.522	0.23
	<b>P2B</b>	0.327	0.197
	<b>P2C</b>	0.323	0.192
	<b>P3A</b>	0.231	0.21

<b>P3</b>	<b>P3B</b>	0.197	0.183
	<b>P3C</b>	0.299	0.177
	<b>P4A</b>	0.201	0.185
<b>P4</b>	<b>P4B</b>	0.272	0.156
	<b>P4C</b>	0.204	0.182

Realizado por: Calo, S. 2022.

#### 3.1.8.4. Ensayo de permeabilidad de vapor de agua

El ensayo de solubilidad fue realizado con muestras de 4\*4 cm de cada tratamiento, mismo que fue a condiciones de humedad de 60 % aproximadamente y a temperatura ambiente. Se tomaron la cantidad de 8 pesos totales.

**Tabla 15-3:** Permeabilidad de vapor de agua

<b>Repeticiones</b>	<b>Peso1 (g)</b>	<b>Peso2 (g)</b>	<b>Peso3 (g)</b>	<b>Peso4 (g)</b>	<b>Peso5 (g)</b>	<b>Peso6 (g)</b>	<b>Peso7 (g)</b>	<b>Peso final (g)</b>
<b>P1A</b>	36.700	36.703	36.713	36.722	36.729	36.735	36.835	36.935
<b>P1B</b>	35.298	35.303	35.304	35.312	35.231	35.328	35.428	35.528
<b>P1C</b>	35.205	35.212	35.215	35.224	35.231	35.237	35.239	35.333
<b>P2A</b>	36.258	36.264	36.267	36.275	36.281	36.288	36.290	36.288
<b>P2B</b>	31.214	31.218	31.222	31.223	31.226	31.273	31.286	31.297
<b>P2C</b>	31.131	31.135	31.139	31.14	31.143	31.191	31.218	31.235
<b>P3A</b>	30.16	30.163	30.164	30.168	30.171	30.221	30.246	30.265
<b>P3B</b>	30.986	30.987	30.991	30.994	30.998	31.045	31.117	31.125
<b>P3C</b>	30.996	30.999	31.004	31.005	31.008	31.058	31.072	31.097
<b>P4A</b>	29.676	29.678	29.682	29.685	29.686	29.735	29.750	29.774
<b>P4B</b>	29.149	29.153	29.154	29.156	29.16	29.21	29.238	29.243
<b>P4C</b>	30.450	30.451	30.457	30.459	30.464	30.509	30.515	30.525

Realizado por: Calo, S. 2022.

#### 3.1.8.5. Ensayo de degradabilidad

El ensayo de degradabilidad se realizó en 3 medios las cuales son: el agua, el suelo y el medio ambiente, se trabajó con muestras de polímeros de 3\*3 tomando en cuenta el área inicial y haciendo uso del programa image J se puede calcular la pérdida de área que se genera con el pasar de los días.

• **Ensayo de degradabilidad en el agua**

**Tabla 16-3:** Ensayo de degradabilidad en el Agua

Repeticiones	Área Inicial (cm <sup>2</sup> )	Área 1 (cm <sup>2</sup> )	Área 2 (cm <sup>2</sup> )	Área 3 (cm <sup>2</sup> )	Área 4 (cm <sup>2</sup> )	Área 5 (cm <sup>2</sup> )
<b>P1A</b>	9.103	8.982	8.309	8.006	7.956	7.502
<b>P1B</b>	9.005	8.845	8.657	8.278	8.098	7.823
<b>P1C</b>	9.002	8.984	8.765	8.374	8.167	8.057
<b>P2A</b>	9.396	9.103	7.921	7.673	7.462	7.261
<b>P2B</b>	9.127	8.984	7.793	7.563	7.489	7.309
<b>P2C</b>	9.091	8.954	8.902	8.654	8.152	7.739
<b>P3A</b>	9.009	8.862	8.362	8.132	7.814	7.623
<b>P3B</b>	9.218	8.985	8.556	8.239	8.026	7.989
<b>P3C</b>	8.963	8.781	8.443	8.128	7.885	7.578
<b>P4A</b>	9.152	8.956	8.725	8.445	8.125	7.741
<b>P4B</b>	9.002	8.961	8.545	8.335	8.141	8.008
<b>P4C</b>	8.992	8.745	8.338	8.147	7.825	7.578

Realizado por: Calo, S. 2022.

• **Ensayo de degradabilidad en el suelo**

**Tabla 17-3:** Ensayo de degradabilidad en el Suelo

Repeticiones	Área Inicial (cm <sup>2</sup> )	Área 1 (cm <sup>2</sup> )	Área 2 (cm <sup>2</sup> )	Área 3 (cm <sup>2</sup> )	Área 4 (cm <sup>2</sup> )	Área 5 (cm <sup>2</sup> )
<b>P1A</b>	9.008	8.985	8.750	8.685	8.586	8.352
<b>P1B</b>	9.127	8.891	8.752	8.663	8.514	8.387
<b>P1C</b>	9.045	8.974	8.875	8.745	8.710	8.596
<b>P2A</b>	9.007	8.964	8.844	8.547	8.791	8.681
<b>P2B</b>	8.987	8.962	8.846	8.811	8.799	8.467
<b>P2C</b>	8.997	8.975	8.839	8.836	8.795	8.568
<b>P3A</b>	9.154	8.985	8.963	8.828	8.722	8.704
<b>P3B</b>	9.087	8.951	8.959	8.855	8.711	8.697
<b>P3C</b>	9.102	8.987	8.984	8.912	8.702	8.694
<b>P4A</b>	9.203	8.962	8.845	8.721	8.411	8.384
<b>P4B</b>	8.996	8.972	8.856	8.733	8.422	8.387
<b>P4C</b>	9.025	8.985	8.867	8.744	8.425	8.393

Realizado por: Calo, S. 2022.

• **Ensayo de degradabilidad en el ambiente**

**Tabla 18-3:** Ensayo de degradabilidad en el ambiente

<b>Repeticiones</b>	<b>Área Inicial (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área 1 (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área 2 (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área 3 (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área 4 (cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Área 5 (cm<sup>2</sup>)</b>
<b>P1A</b>	9.001	8.996	8.901	8.895	8.801	8.846
<b>P1B</b>	9.214	8.987	8.972	8.964	8.952	8.937
<b>P1C</b>	9.327	9.125	8.987	8.960	8.954	8.935
<b>P2A</b>	9.007	8.963	8.954	8.935	8.928	8.911
<b>P2B</b>	9.152	8.996	8.972	8.964	8.957	8.931
<b>P2C</b>	9.374	9.125	8.996	8.991	8.986	8.977
<b>P3A</b>	8.992	8.982	8.973	8.949	8.945	8.922
<b>P3B</b>	9.004	8.967	8.961	8.937	8.934	8.926
<b>P3C</b>	9.335	9.152	8.958	8.939	8.935	8.918
<b>P4A</b>	9.104	8.996	8.975	8.963	8.952	8.931
<b>P4B</b>	8.964	8.958	8.923	8.906	8.899	8.874
<b>P4C</b>	9.008	8.996	8.957	8.928	8.912	8.885

Realizado por: Calo, S. 2022.

**3.2. Cálculos**

**3.2.1. Porcentaje de rendimiento de los almidones**

**3.2.1.1. Rendimiento del almidón de trigo y centeno**

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

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

$$\%Rendimiento = \frac{32,039 \text{ g}}{350} * 100$$

$$\%Rendimiento = 9.154\%$$

### 3.2.2. Ensayos del biopolímero de la mezcla de almidón de trigo y centeno

#### 3.2.2.1. Porcentaje de solubilidad del plástico biodegradable

De cada tratamiento desarrollado del biopolímero se realizaron 3 repeticiones y se procedió a establecer un promedio entre las mismas

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

$$\% \text{ Solubilidad} = \frac{0.406 - 0.353}{0.406} * 100$$

$$\% \text{ Solubilidad} = 13.054 \%$$

#### 3.2.2.2. Permeabilidad de vapor de agua

$$WVTR = \frac{\text{pendiente}}{\text{Área}}$$

$$WVTR = \frac{0.0283 \text{ g/h}}{2.011 * 10^{-4} \text{ m}^2}$$

$$WVTR = 1437.095 \frac{\text{g}}{\text{h} * \text{m}^2}$$

$$WVP = \frac{WVTR * e}{p * (R1 - R2)}$$

$$WVP = \frac{1437.095 * 0.00011}{0.00234 * (75 - 0)}$$

$$WVP = 0.0883 \frac{\text{g}}{\text{m} * \text{h} * \text{Mpa}}$$

#### 3.2.2.3. Porcentaje de degradabilidad del biopolímero

Se calculó el porcentaje de degradabilidad efectuadas cada 3 días durante el transcurso de 60 días a cada una de las muestras de los diferentes tratamientos

Biodegradabilidad en el agua tratamiento 1 repetición 1

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

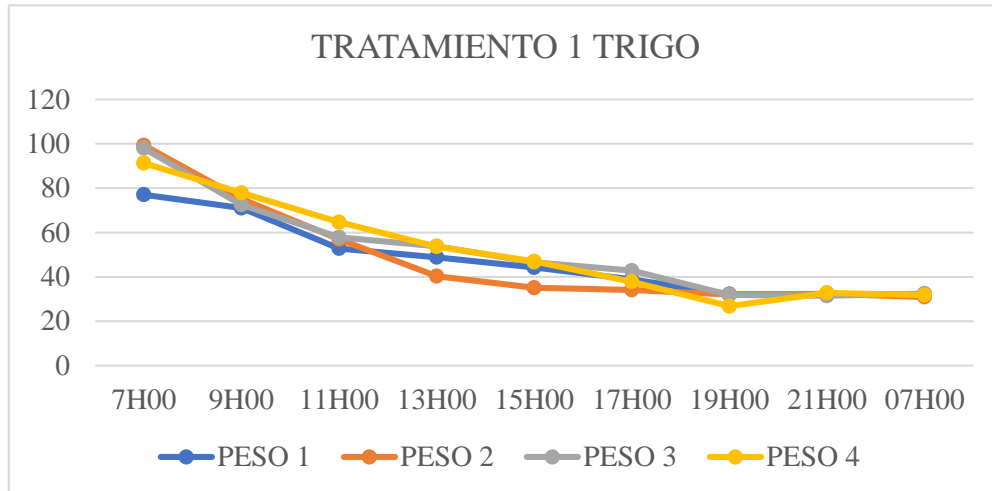
$$\% \text{ Degradabilidad} = \frac{9.103 - 3.987}{9.103} * 100$$

$$\% \text{ Degradabilidad} = 56.168\%$$

### 3.3. Resultados

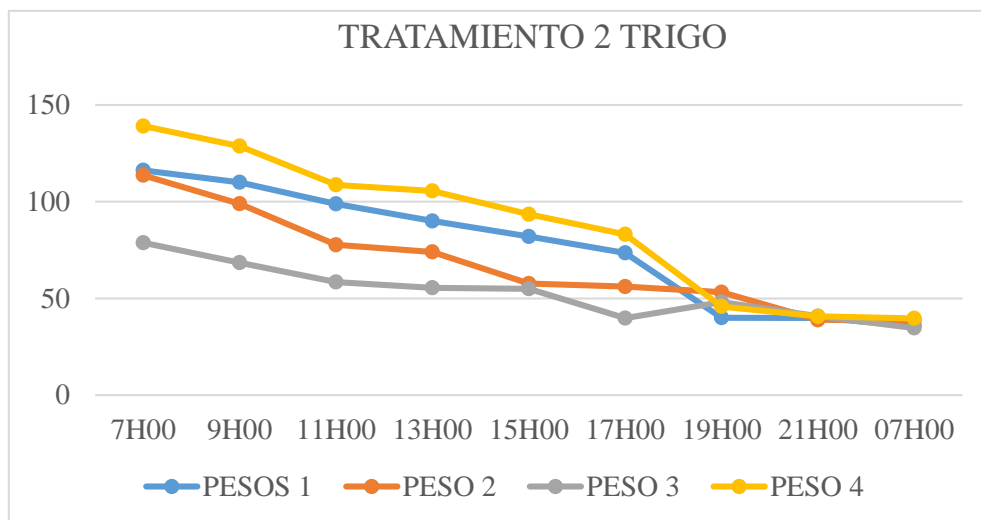
#### 3.3.1. Curva de secado de los almidones de trigo y centeno

A continuación, se presenta los gráficos de la curva de secado de los diferentes tratamientos del almidón de trigo.



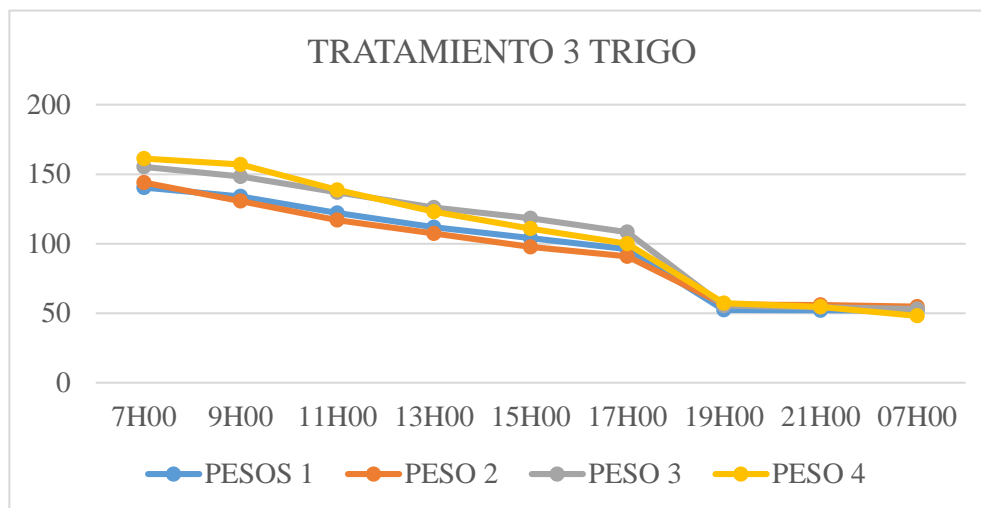
**Gráfico 1-3:** Curva de secado del tratamiento 1 para el trigo

Realizado por: Calo, S. 2022.



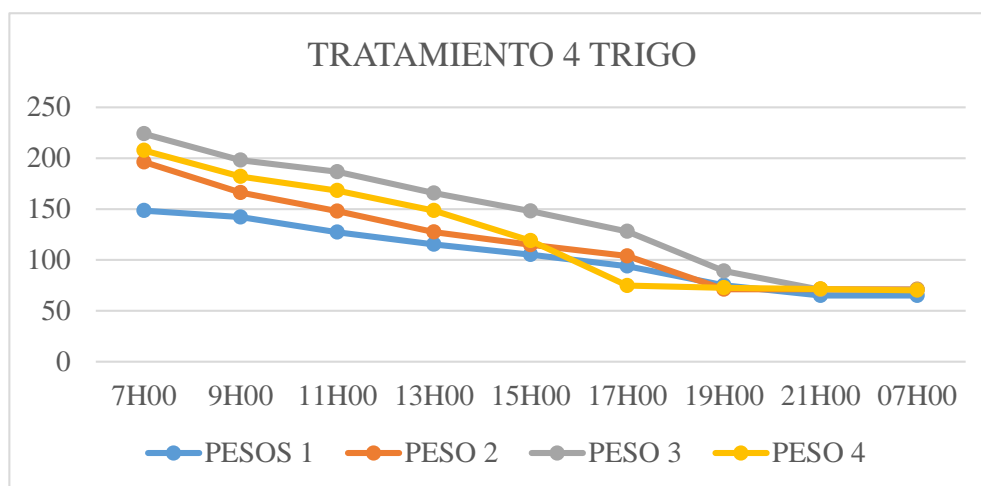
**Gráfico 2-3:** Curva de secado del tratamiento 2 para el trigo

Realizado por: Calo, S. 2022.



**Gráfico 3-3:** Curva de secado del tratamiento 3 para el trigo

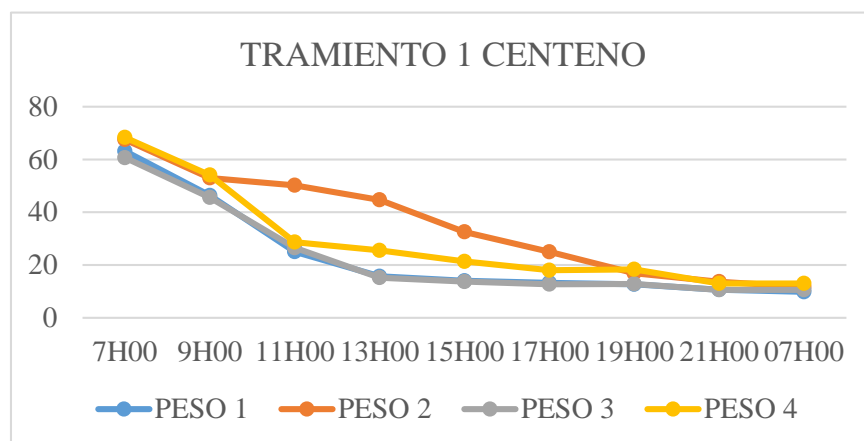
Realizado por: Calo, S. 2022.



**Gráfico 4-3:** Curva de secado del tratamiento 4 para el trigo

Realizado por: Calo, S. 2022.

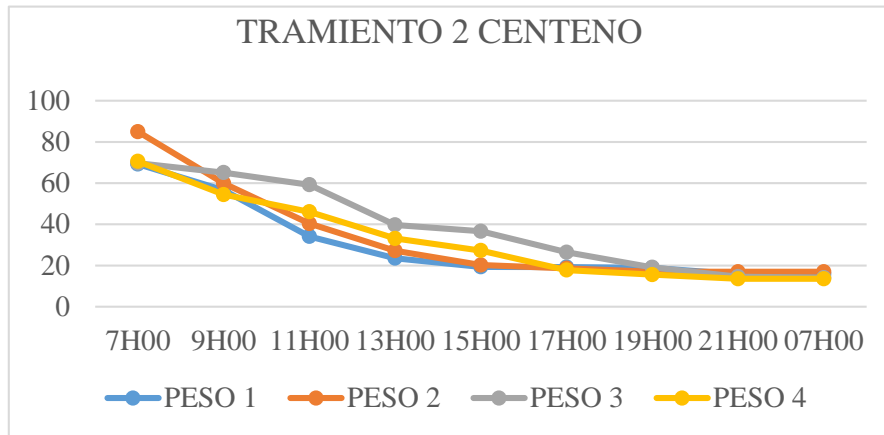
3.3.2. *Gráficos de la curva de secado de los diferentes tratamientos del almidón de centeno*



**Gráfico 5-3:** Curva de secado del tratamiento 1 para el centeno

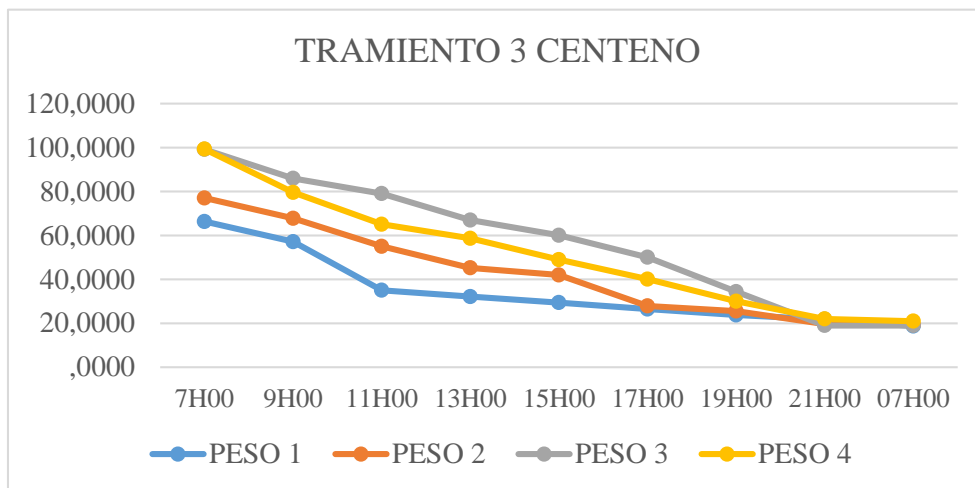
Realizado por: Calo, S. 2022.





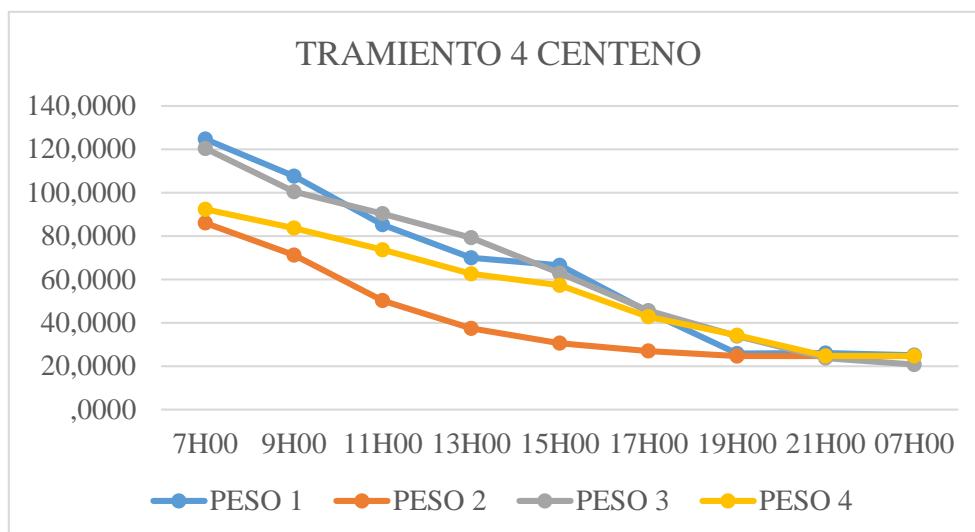
**Gráfico 6-3:** Curva de secado del tratamiento 2 para el centeno

Realizado por: Calo, S. 2022.



**Gráfico 7-3:** Curva de secado del tratamiento 3 para el centeno

Realizado por: Calo, S. 2022.

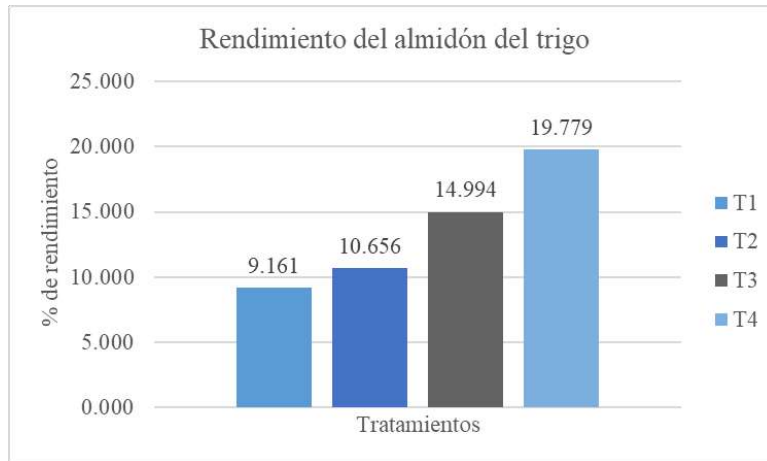


**Gráfico 8-3:** Curva de secado del tratamiento 4 para el centeno

Realizado por: Calo, S. 2022.

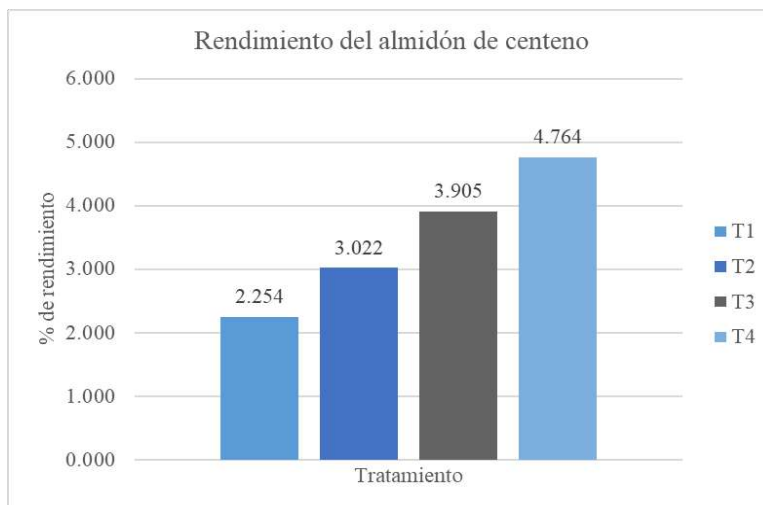
### 3.3.3. Rendimiento de la extracción del almidón de trigo y centeno

A continuación, se detalla reflejada en una tabla el porcentaje de rendimiento obtenido en cada uno de los tratamientos empleados para la extracción de este con sus 4 repeticiones realizadas.



**Gráfico 9-3:** Rendimiento del almidón del trigo

Realizado por: Calo, S. 2022.



**Gráfico 10-3:** Rendimiento del almidón de centeno

Realizado por: Calo, S. 2022.

#### 3.3.3.1. Análisis de varianza del rendimiento del almidón de trigo y centeno

Para analizar el rendimiento se usó un análisis de varianza (ANOVA) con la ayuda del software Minitab 19 del modelo general lineal como se muestran en la tabla 9-2 diseño factorial  $2^k$  ( $2^2$ ) para el biopolímero.

**Tabla 19-3:** Información del factor para el trigo y centeno

<b>Factor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Niveles</b>	<b>Valores</b>
RPM	Fijo	2	1; 2
Tiempo	Fijo	2	60; 90

Realizado por: Calo, S. 2022.

**Tabla 20-3:** Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento del trigo

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedios de cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad</b>
RPM	1	223,697	223,697	485,20	0,000
Tiempo	1	39,451	39,451	85,57	0,000
RPM*Tiempo	1	10,824	10,824	23,48	0,000
Error	12	5,533	0,461		
Total	15	279,504			

Realizado por: Calo, S. 2022.

**Tabla 21-3:** Análisis de varianza (ANOVA) para el rendimiento del centeno

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedios de cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad</b>
Rpm	1	11,5057	11,5057	120,32	0,000
Tiempo	1	2,6471	2,6471	27,68	0,000
Rpm*Tiempo	1	0,0082	0,0082	0,09	0,775
Error	12	1,1475	0,0956		
Total	15	15,3085			

Realizado por: Calo, S. 2022.

### 3.3.3.2. Análisis de Tukey para el rendimiento del almidón de trigo y centeno

Se realizó el análisis Tukey con la ayuda del software Minitab 19 con la finalidad de comparar los dos factores que son el tiempo y la velocidad(rpm) con un nivel de confianza del 95% Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

**Tabla 22-3:** Comparación de los factores Tukey en el almidón de trigo

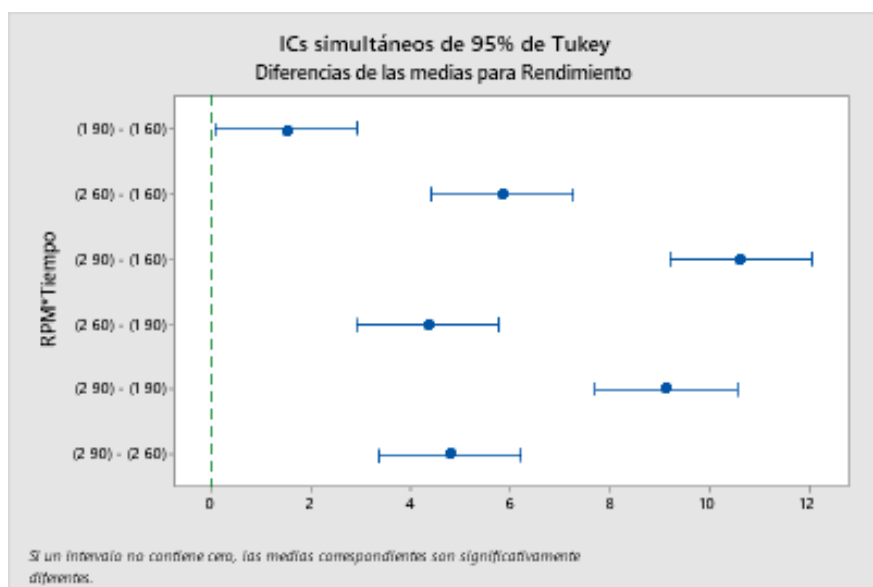
RPM*Tiempo	N	Media	Agrupación
2 90	4	19,7793	A
2 60	4	14,9938	B
1 90	4	10,6560	C
1 60	4	9,1605	D

Realizado por: Calo, S. 2022.

**Tabla 23-3:** Comparación de los factores Tukey en el almidón de centeno

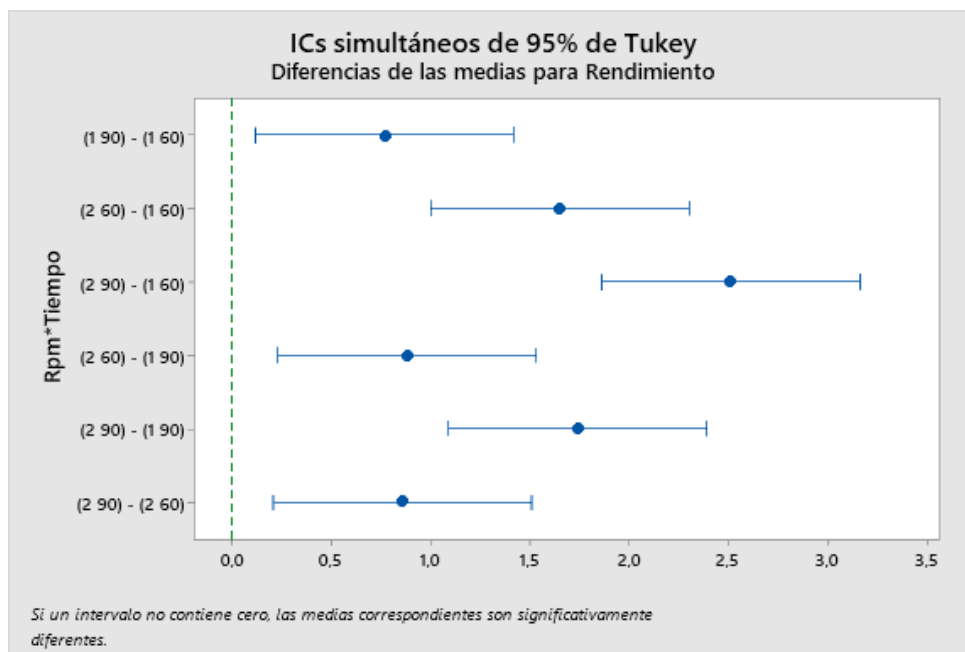
Rpm*Tiempo	N	Media	Agrupación
2 90	4	4,76350	A
2 60	4	3,90475	B
1 90	4	3,02225	C
1 60	4	2,25400	D

Realizado por: Calo, S. 2022.



**Gráfico 11-3:** Diferencias de las medias por el método de Tukey del trigo

Realizado por: Calo, S. 2022.



**Gráfico 12-3:** Diferencias de las medias por el método de Tukey del centeno

Realizado por: Calo, S. 2022.

Se determinó el rendimiento del almidón de trigo y centeno con un análisis de varianza (ANOVA) obteniéndose un valor-p (probabilidad) de 0.000 y 0.775, respectivamente, lo cual para el trigo se tiene un  $\alpha < 0.05$  que significa que existe diferencia entre los factores y para el centeno se obtiene un  $\alpha > 0.05$  lo que significa que no existe diferencias significativas. Posteriormente se realizó una prueba tukey con la finalidad de comparar los factores de velocidad y tiempo con lo que se obtuvo un rendimiento del 19.779% en el tratamiento 4 con respecto al trigo y un rendimiento de 4.764% en el tratamiento 4 con respecto al centeno. De acuerdo con Flores (2021, p.8), la investigación de su estudio presenta un rendimiento del 42.58% en la extracción de almidón trigo, y 20.6% en el centeno, valores muy altos en comparación a los resultados obtenidos, se puede establecer que la variación de los resultados es debido a que la cantidad de materia prima que se utilizó en la parte experimental es muy bajo con respecto a lo que utilizó el investigador y el método de extracción utilizado es diferente.

### 3.3.4. Ensayos físicos mecánicos del biopolímero

De cada repetición realizada por tratamiento se generó un promedio en cada una de las pruebas del bioplástico designando las muestras P1, P2, P3 Y P4 como tratamiento y P1A, P1B, P1C, P1D para cada repetición como un solo resultado con la nomenclatura aplicada.

**Tabla 24-3:** Información del factor del biopolímero

<b>Factor</b>	<b>Tipo</b>	<b>Niveles</b>	<b>Valores</b>
Almidón	Fijo	2	2,5; 3,0
Glicerina	Fijo	2	1,0; 1,4

Realizado por: Calo, S. 2022.

**Tabla 25-3:** Análisis de varianza (ANOVA) para el biopolímero obtenido

<b>Fuente</b>	<b>Grados de libertad</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Promedios de cuadrados</b>	<b>Valor F</b>	<b>Probabilidad</b>
Almidón	1	0,000048	0,000048	0,15	0,704
Glicerina	1	0,001633	0,001633	5,26	0,051
Almidón*Glicerina	1	0,000588	0,000588	1,89	0,206
Error	8	0,002483	0,000310		
Total	11	0,004753			

Realizado por: Calo, S. 2022.

Se determinó que la permeabilidad del biopolímero es muy importante para el embalaje de alimentos por ende en el análisis del (ANOVA) en las cuales se determina que la relación almidón glicerina tiene un valor de 0. 206 que es un valor superior a 0.05 lo cual quiere decir que no existe valores significativos entre los tratamientos, según (Oldring y Nehring, 2007, p.7), en donde establece que la mayoría de los alimentos absorben humedad de la atmósfera para ablandarse, en tale casos se requiere que los materiales de empaque proporcionen una barrera a la transmisión de vapor de agua dentro o fuera del paquete, diferentes materiales tienen diferentes permeabilidades a la humedad, que se expresan como tasas de transmisión de vapor de agua (WVTR) con unidades de g/m<sup>2</sup>/día. Debido a que las tasas de transmisión varían con la temperatura y la humedad relativa (HR), estos parámetros deben definirse para un valor WVTR dado muy importante, el envase debe ayudar a conservar los alimentos, protegiéndolos de influencias externas que podrían provocar un deterioro de la calidad del producto.

#### 3.3.4.1. Pruebas físicas del biopolímero

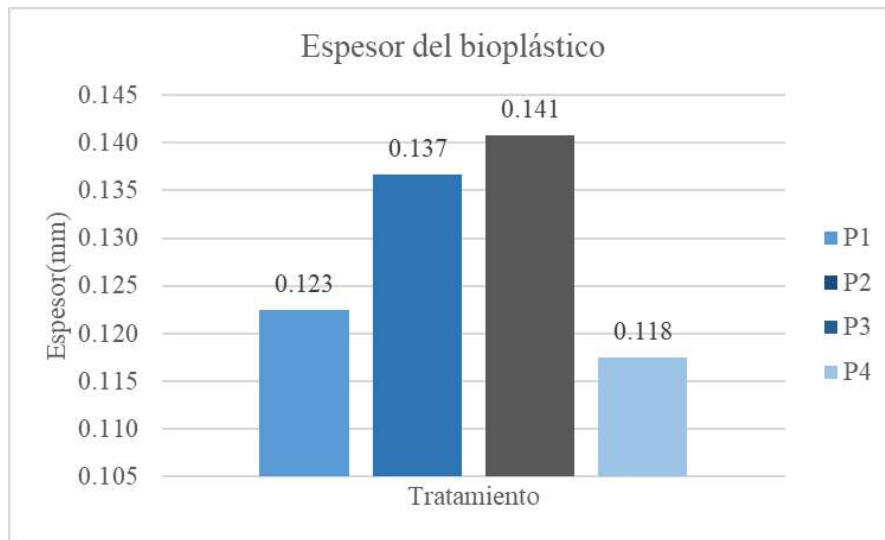
En la tabla 26-3 se presenta los resultados de la caracterización del biopolímero las cuales son humedad, solubilidad, permeabilidad de vapor de agua y la biodegradación en el agua, suelo y medio ambiente.

**Tabla 26-3:** Caracterización del biopolímero

Tratamiento	Humedad	Solubilidad	Permeabilidad	Biodegradabilidad (%)		
	(%)	(%)	Vapor Agua	Agua	Suelo	Ambiente
P1	11.550	39.790	0.0731	53.390	22.918	5.711
P2	10.975	29.801	0.0357	49.149	21.741	5.194
P3	13.147	18.623	0.0552	54.877	24.580	6.260
P4	12.437	29.030	0.0457	53.238	22.333	5.377

Realizado por: Calo, S. 2022.

En el gráfico 13-3 se representa los resultados del espesor del biopolímero.



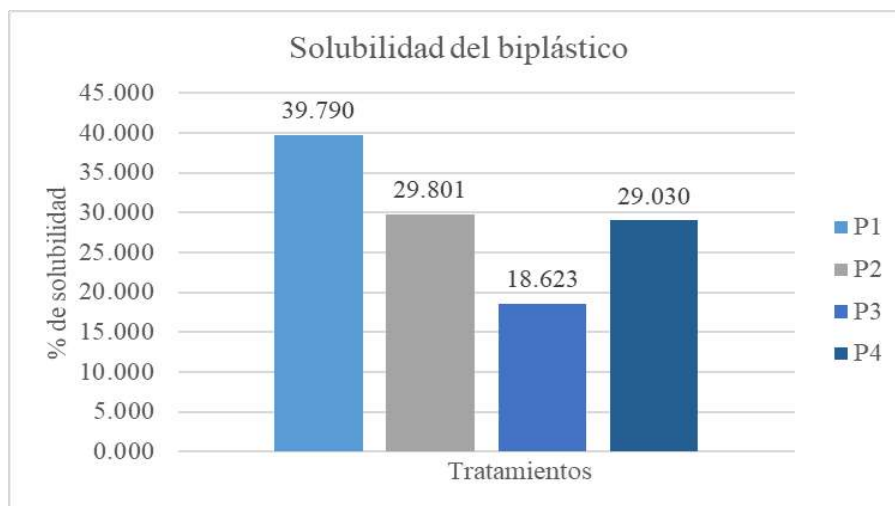
**Gráfico 13-3:** Espesor de los plásticos biodegradables

Realizado por: Calo, S. 2022.

Para la obtención del espesor de los biopolímeros obtenidos de la mezcla de almidón de trigo y centeno se trabajó con 3 repeticiones de cada uno, realizando el promedio total de los tratamientos. De acuerdo con la Norma Técnica Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas NTE INEN 2635 (2012, p.1), establece que el espesor de las láminas de los plásticos deben ser menor al 1.0 mm es decir que el biopolímero obtenido se encuentran dentro del rango establecido.

#### 3.3.4.2. Solubilidad del plástico biodegradable

Se tomó 3 muestras de cada tratamiento para realizar un promedio general de las diferentes repeticiones mismas que al realizarlo se obtuvieron los siguientes resultados.

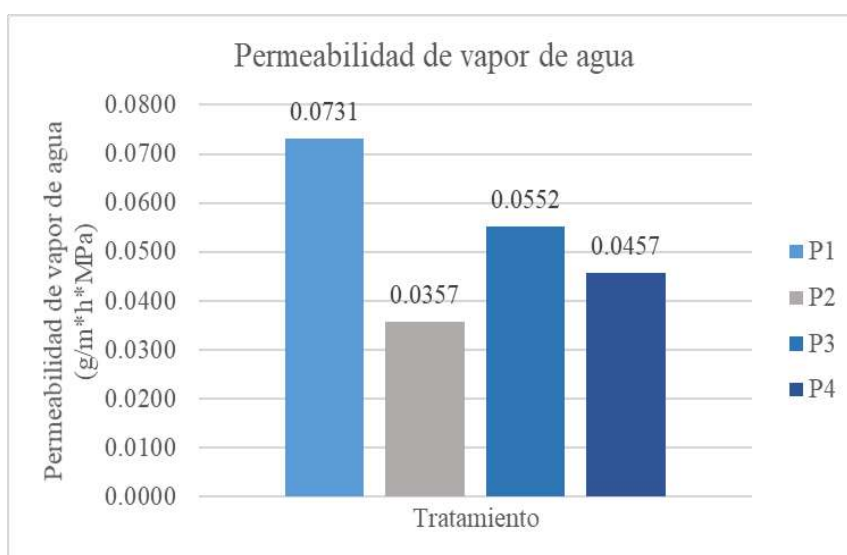


**Gráfico 14-3:** Solubilidad del plástico biodegradable

Realizado por: Calo, S. 2022.

La solubilidad que presenta el biopolímero en sus diferentes tratamientos que tienen una variación de datos del 10% entre el tratamiento P1, P2, P4 y un 2% entre el tratamiento P3 con P2 y P4. De acuerdo con Trujillo (2014, p.72), en su trabajo de titulación titulado “Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (*manihot esculente crantz*) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos” hace mención que los valores menores al 70% pueden ser utilizados como recubrimiento, por lo que pueden ser considerados para el embalaje de alimento ya que el polímero que se obtuvo se encuentran dentro del rango establecido.

### 3.3.4.3. Permeabilidad de vapor de agua del biopolímero



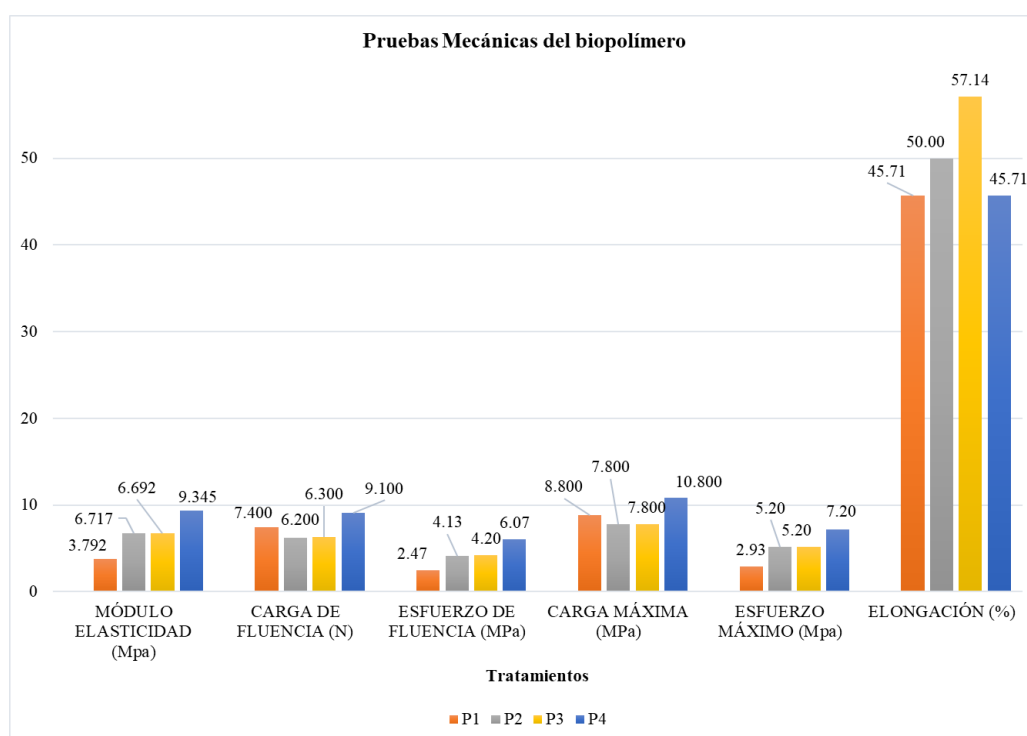
**Gráfico 15-3:** Permeabilidad de vapor de agua del biopolímero

Realizado por: Calo, S. 2022.



La permeabilidad del plástico en cada uno de los tratamientos dichos resultados son mayores a los obtenidos por Meza, Quipuzco y Meza (2019, pp.74-79), en su trabajo de investigación propiedades ópticas y permeabilidad de vapor de agua en películas producidas a partir de almidón, re enmarca que la variación de la permeabilidad varía de acuerdo a la cantidad de plastificante que se utilice en la elaboración de la biopelícula, a esto se debe que los biopolímeros obtenidos presentan muchos espacios intermoleculares para que sean ocupados por las moléculas de agua.

### 3.3.4.4. Tracción del biopolímero

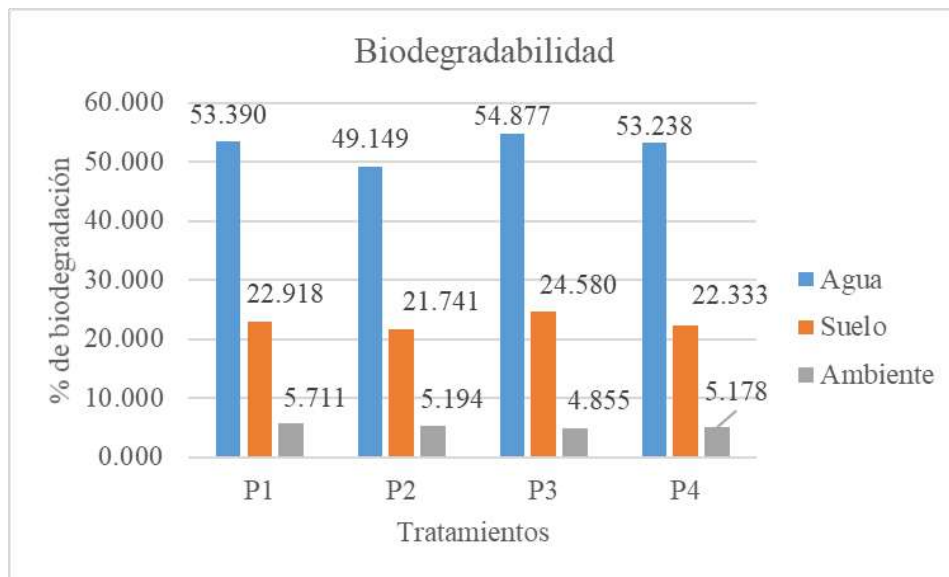


**Gráfico 16-3:** Tracción del biopolímero

Realizado por: Calo, S. 2022.

El resultado obtenido para el módulo de elasticidad mayor se ve reflejado en el tratamiento P4 con un valor de 9.345Mpa, su esfuerzo máximo es de 7.20Mpa y un porcentaje de elongación del 45.71%. De acuerdo con los valores de Meza, Quipuzco y Meza (2019, pp.74-79), en su proyecto de laboratorio titulado, Elaboración de bioplásticos y determinación de su Biodegradabilidad obtuvo resultados de los ensayos del esfuerzo máximo con un valor de 2.71 MPa y una elongación máxima de 14.173% es decir que los valores del investigador son muy bajos respecto a los resultados obtenidos para el tratamiento P4, sin embargo los demás tratamientos se encuentran parecidos a los resultados del mismo. Además, hace mención que la dosis de ácido acético disminuye el esfuerzo y aumenta la deformación unitaria con respecto a la glicerina se observa que, a mayor dosis de glicerina, mayor deformación unitaria alcanza el bioplástico.

### 3.3.4.5. Biodegradabilidad del biopolímero



**Gráfico 17-3:** Ensayo de Biodegradabilidad


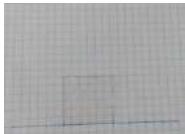

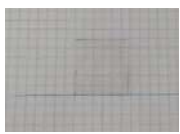





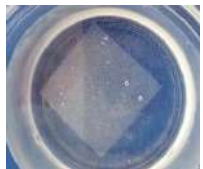


















Realizado por: Calo, S. 2022.

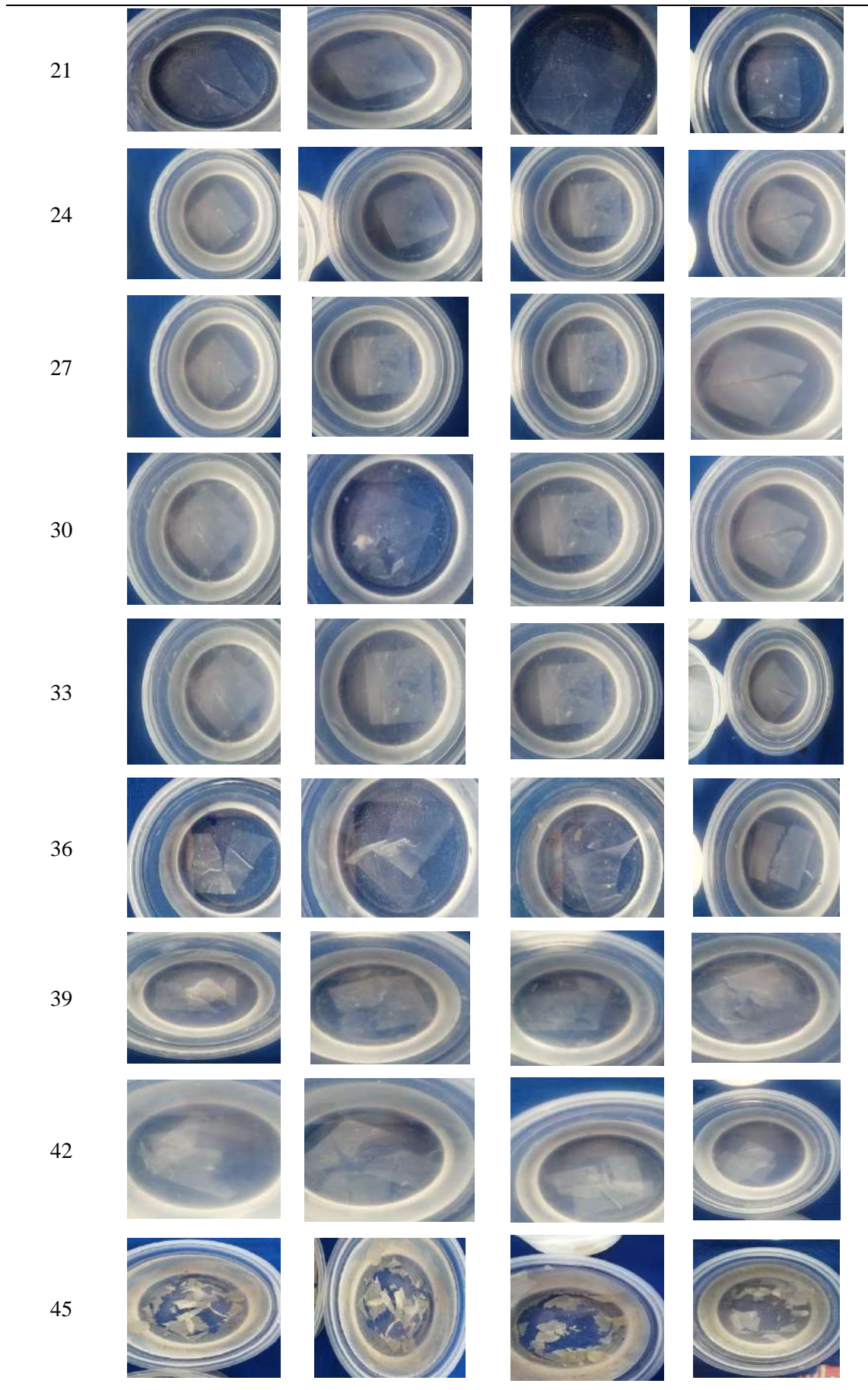
La biodegradabilidad es una de las características más importantes en este proceso debido a que se busca un bioplástico con características similares al plástico convencional pero que no contamine al medio ambiente y que su tiempo de degradabilidad no sea muy prolongado. Al transcurrir 60 días se pueden observar que las láminas de los biopolímeros con respecto al agua se han degradado más del 50% para los 4 tratamientos en comparación con los datos de (Ruíz, 2019, p.29), en su investigación titulado Obtención de un biopolímero a partir de harina de plátano de desecho (*Musa x paradisiaca*) establece que al transcurrir los 30 días de reposo generó un pesaje al bioplástico en la cual obtuvo un valor de 42.028% de degradabilidad, estableciendo así que el biopolímero obtenido tiene una ligera resistencia al agua debido a que se tarda el triple de los días establecidos para obtener un porcentaje similar al investigador.

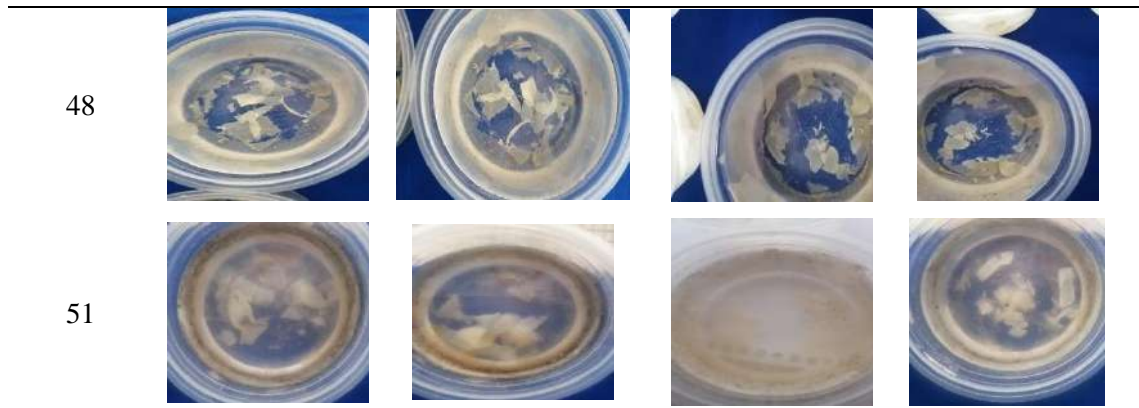
Para de degradación del biopolímero en el suelo se obtuvo un porcentaje de para el tratamiento P1=22.918%; P2=21.741; P3= 24.580 y P4= 22.333% .Dichos resultados son muy bajos en comparación con los resultados de Meza, Quipezco y Meza (2019, pp.74-79), en su proyecto de laboratorio titulado, Elaboración de bioplásticos y determinación de su Biodegradabilidad, en la cual menciona que en el transcurso de 3 meses el plástico presentan un porcentaje de biodegradación de 64,21% y 63.51%. Además, menciona que el porcentaje de biodegradabilidad depende del material orgánico que presente el medio en donde se va a degradar el biopolímero. También en el porcentaje de degradación en el medio ambiente se obtuvo los siguientes resultados de P1=5.711%; P2=5.194; P3= 4.855 y P4= 5.178% resultados que son muy bajos en comparación con (Ruíz, 2019, p.29), en su investigación titulado Obtención de un biopolímero a partir de harina de plátano de desecho (*Musa x paradisiaca*) establece que al transcurrir los 30

días en un recipiente tapado se degrada en un 47.757% .esto se debe a que al estar en un recipiente cerrado genera humedad y la presencia de microorganismos aceleran el proceso de degradación.

**Tabla 27-3:** Biodegradabilidad del bioplástico

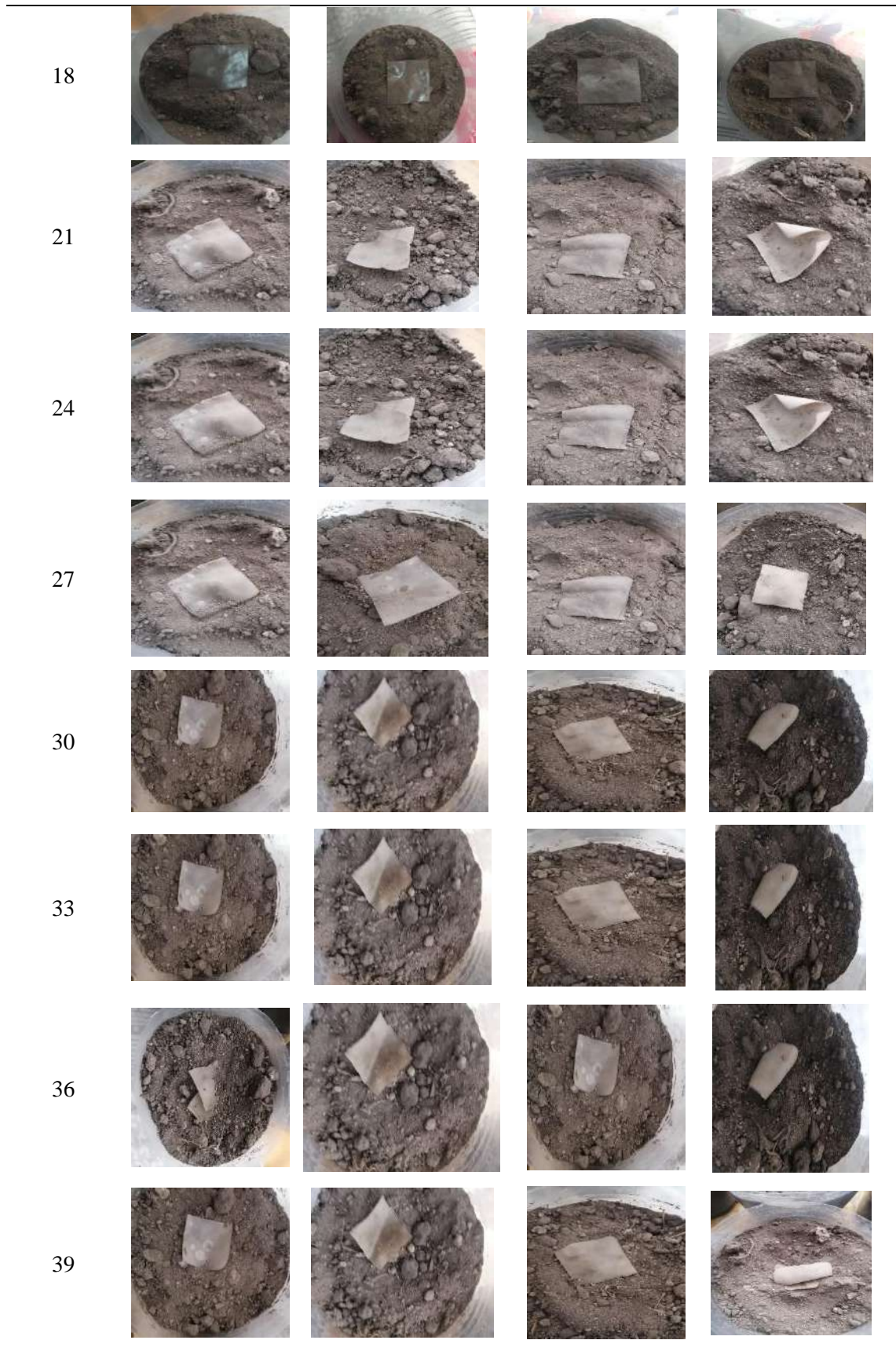
<b>BIODEGRADACIÓN EN EL AGUA</b>				
<b>DÍAS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
0				
3				
6				
9				
12				
15				
18				

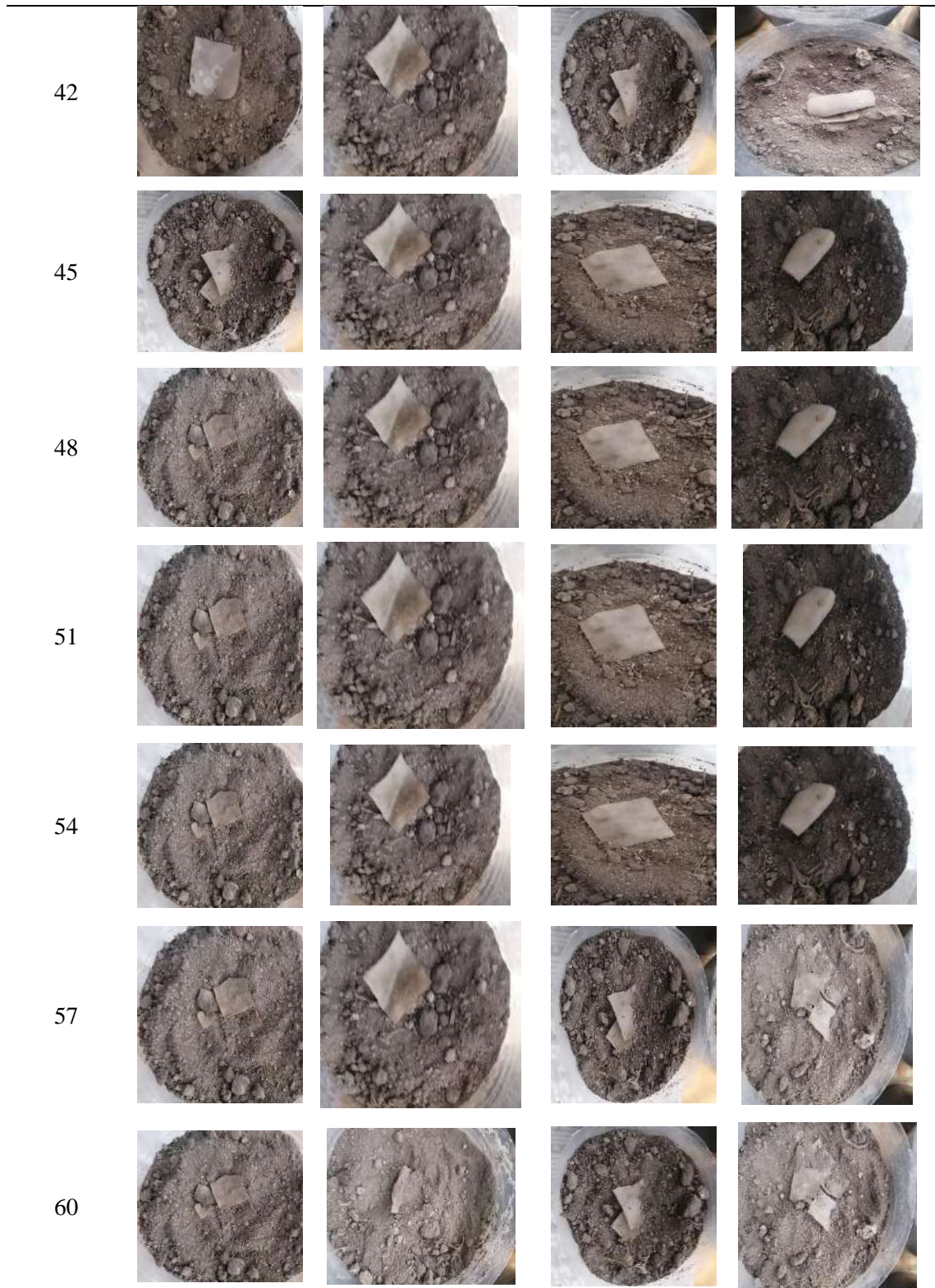




**BIODEGRADACIÓN EN EL SUELO**

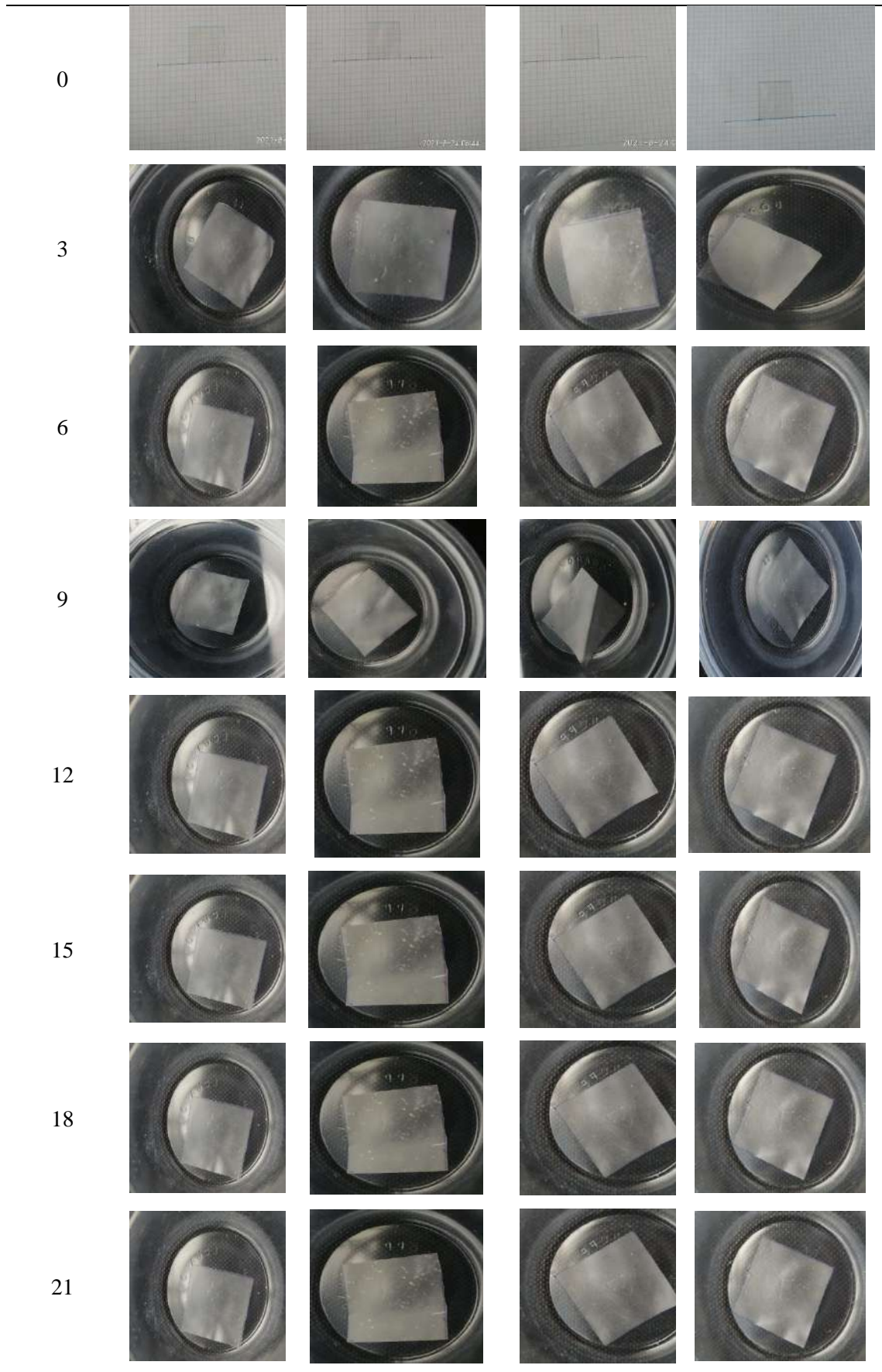
DÍAS	T1	T2	T3	T4
0				
3				
6				
9				
12				
15				



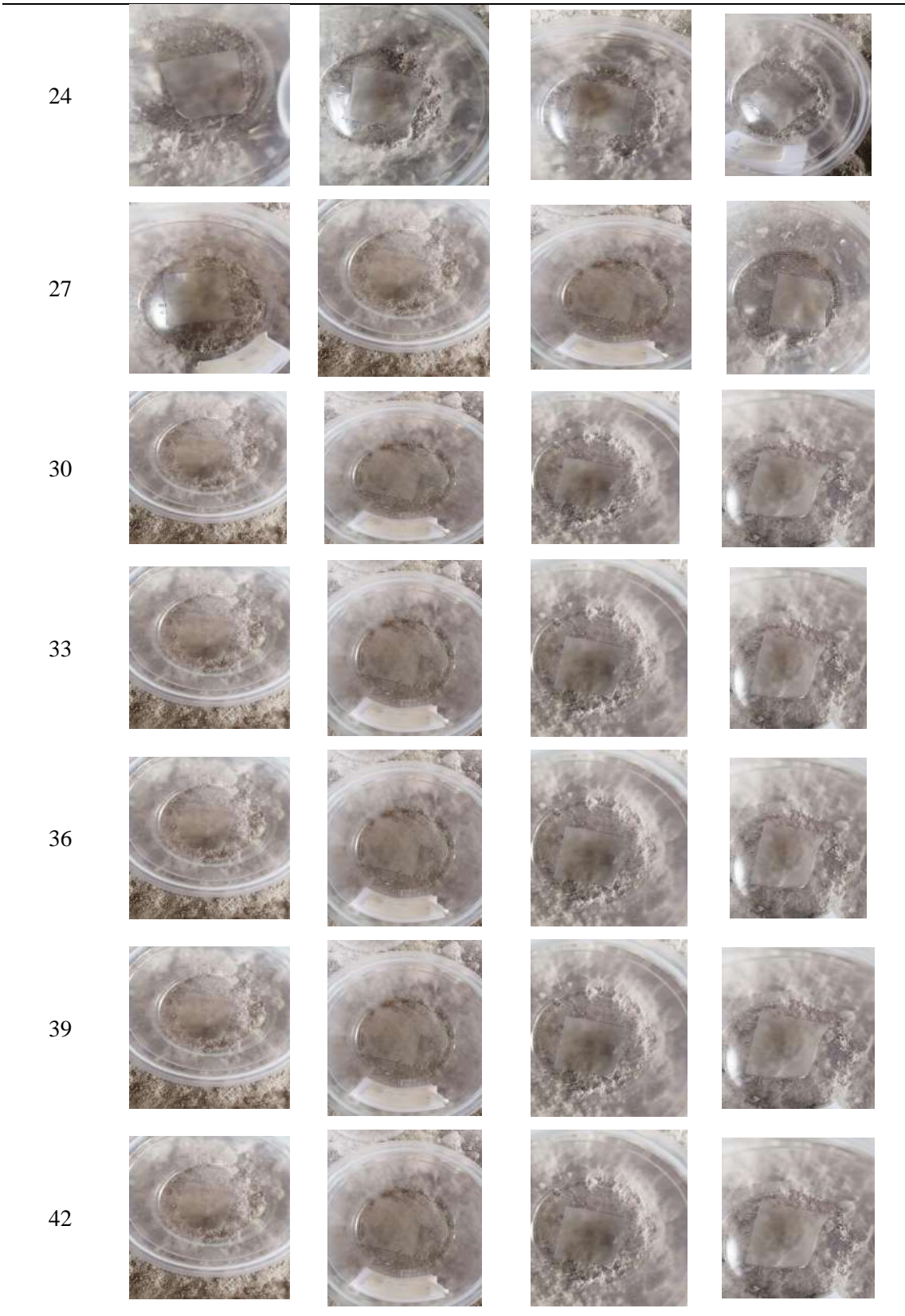


**BIODEGRADACIÓN EN EL MEDIO AMBIENTE**

<b>DÍAS</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>T4</b>
-------------	-----------	-----------	-----------	-----------














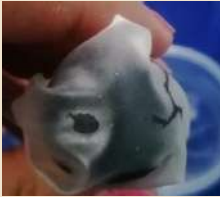




3.3.5. *Recubrimiento del alimento con el bioplástico*

**Tabla 28-3:** Recubrimiento del mejor biopolimero en moras

Alimento	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8
<b>MORA</b>				
<b>Textura</b>	Firme rugoso	Rugosa líquida	Rugosa	Rugosa, adherencia total del biopolímero
<b>Color</b>	Morado característico	Morado rojizo	Rosado oscuro	Rosado oscuro
<b>Olor</b>	Mora fresca	Mora fresca	Mora fermentada	Mora fermentada Presencia de microorganismos

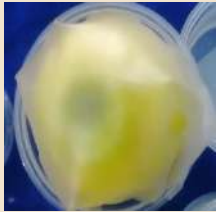


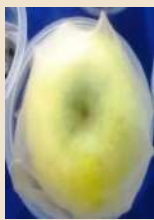




Realizado por: Calo, S. 2022.

**Tabla 29-3:** Recubrimiento del mejor biopolimero en uvas

Alimento	Día 1	Día 3	Día 6	Día 8	Día 15	Día 20
UVA						
Textura	Firme y lisa	Firme y lisa	Firme y lisa	Firme y lisa	Firme y lisa	Rugosa
Color	Negro característico	Negro característico	Negro característico	Negro característico	Negro característico	Negro característico
Formación					Humedad	Fermentación, formación de mohos

Realizado por: Calo, S. 2022.

**Tabla 30-3:** Recubrimiento del mejor biopolimero en manzanas verdes

Alimento	Día 1	Día 3	Día 6	Día 9	Día 15	Día 20	Día 25	Día 30
Manzana verde								
Textura	Firme y lisa	Firme y lisa	Firme y lisa	Firme y lisa	Firme y lisa	Firme y lisa	Firme y lisa	Firme y lisa
Color	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde claro	Verde amarillento	Verde amarillento	Verde amarillento
Formación						Humedad	Transpiración de la fruta	Transpiración de la fruta

Realizado por: Calo, S. 2022.

Según el análisis de recubrimiento en las diferentes frutas se logró obtener resultados favorables debido a que en la primera fruta (mora) se tardó un tiempo de degradación de 8 días la segunda fruta(uvas) tuvo un tiempo de 20 días y la manzana verde un total de 30 días aproximadamente lo cual comparado con las características de (Ramirez et al., 2013, p.12), en su investigación llamado conservación de mora de castilla mediante la aplicación de un recubrimiento comestible de gel de mucílago de penca de sábila establece que la aplicación del recubrimiento comestible a base del mucílago de penca sábila, cera carnauba y el glicerol como método de conservación mostró mejores resultados, retrasando los cambios en las variables como contenido de sólidos solubles totales, acidez y pH, además disminuyó la permeabilidad de los gases y de vapor de agua, permitiendo que la relación de intensidad respiratoria y la pérdida de peso fueran en una proporción menor a la mora sin recubrir (control), lo que permitió mantener la calidad de la fruta hasta 10 días de almacenamiento en refrigeración.

### **3.4. Prueba de Hipótesis**

#### **3.4.1. Prueba de Hipótesis General**

Es posible obtener un biopolímero con las propiedades similares a los plásticos convencionales teniendo en cuenta como materia prima el almidón de trigo (*Triticum aestivum L*) y centeno (*Secale cereale*) y utilizando otros aditivos como son la glicerina que actúa como plastificante y el ácido acético que tiene la función de conservante previniendo el crecimiento de las bacterias. Mediante la ejecución de ensayos de caracterización se comprueba que el plástico formulado es apto para su uso en el embalaje de alimentos.

#### **3.4.2. Prueba de Hipótesis específica 1**

La extracción del almidón de trigo (*Triticum aestivum L*) y centeno (*Secale cereale*) es posible por el método de vía húmeda, se obtiene un almidón con características organolépticas muy favorables para el desarrollo de las láminas del biopolímero.

#### **3.4.3. Prueba de Hipótesis específica 2**

La caracterización de los almidones y de la materia prima demuestran propiedades fiables de buena calidad mismas que pudieron ser comprobadas mediante el análisis fisicoquímicos y microbiológicos, haciendo uso de los procesos unitarios adecuados, acorde al tipo de caracterización, obteniendo valores dentro de las normas establecidas, lo cual se comprueba que

tanto el almidón de trigo como el almidón de centeno son aptos para obtener un biopolímero de buena calidad.

#### **3.4.4. Prueba de Hipótesis específica 3**

La mezcla adecuada de los almidones presentó diferentes datos, una vez encontrado la mezcla viable, mediante prepruebas se pudo determinar las proporciones adecuadas de almidón, agua, ácido acético y del plastificante lo cual se comprueba que al realizar la mezcla con esas proporciones se puede obtener una biopelícula con buenas características esto se determinó realizando análisis mecánicos de tracción y mediante la caracterización de este.

#### **3.4.5. Prueba de Hipótesis específica 4**

Las pruebas físico- mecánicas realizadas al biopolímero demostraron que es un producto es apto para embalaje, por su elasticidad y por su fuerza máxima altas, mediante pruebas microbiológicas correspondientes al biopolímero demostraron la usencia de microorganismos dañinos para la salud lo que hace que sea aceptable para el uso en embalaje de alimentos.

#### **3.4.6. Prueba de Hipótesis específica 5**

Mediante la utilización del diseño factorial  $2^k$  ( $2^2$ ) como se muestra en la tabla 9.2 que se detallan los factores utilizados en esta investigación que son almidón y glicerina, se pudo demostrar la factibilidad al desarrollar el biopolímero a partir de las concentraciones de la mezcla de almidones de trigo y centeno, aplicando el método casting para la preparación de este obteniendo el tratamiento más adecuado. Por ello, se acepta la hipótesis.

## CONCLUSIONES

El mejor rendimiento en la obtención de almidón de trigo y centeno es el tratamiento 4, para el trigo con un porcentaje de rendimiento del 19.779 con el tiempo de 90 segundos y una velocidad 18.000 rpm y para el centeno con un porcentaje de rendimiento del 4.764 a 90 segundos con una velocidad de 18.000rpm.

Las propiedades fisicoquímico del almidón del trigo y centeno respectivamente son: el pH de 5.833, 5.763; calcinación o cenizas de 0.253% y 0.503%, temperatura de gelatinización de 75.25C° y 72.75C°; porcentaje de amilosa 21.36%, 17.76%.

Mediante el diseño experimental 2<sup>k</sup> se determinó que la formulación óptima para la elaboración del biopolímero fue el tratamiento P2, estableciendo las siguientes cantidades: plastificante de 0.01%, almidón de 0.025% (mezcla de 30% de almidón de centeno y 70% de trigo); agua 0.03% y 0.015% de ácido acético.

Se realizó la caracterización del mejor biopolímero, y se tuvieron los siguientes resultados: espesor de 0.137mm, la permeabilidad de  $0.0357\left(\frac{g}{m*h*Mpa}\right)$ , solubilidad de 29.801%, módulo de elasticidad de 6.717Mpa, esfuerzo de fluencia 4.13Mpa; esfuerzo máximo 5.20Mpa y el porcentaje de elongación de 50 valores que se encuentran dentro de los parámetros establecidos para el uso de embalaje de alimentos.

La degradabilidad del biopolímero en el rango de 40-60 días se obtuvo un porcentaje de 49.149 para el agua, 21.749 para el suelo y 5.194 para el ambiente siendo el mejor tratamiento el tratamiento 2 con respecto a la permeabilidad.

La lámina del bioplástico estable cumple con los estándares de calidad bajo la noma ASTM D1653-93, para el uso de embalaje de alimentos.



## **RECOMENDACIONES**

En el proceso de extracción del almidón por vía húmeda se extrae el almidón más puro libre de proteínas y fibras, pero se genera gran cantidad de pulpa como residuo, sin embargo, se puede optar por procesar dichos residuos para el ámbito alimenticio de animales ya que el trigo y el centeno contiene propiedades nutritivas.

La materia prima empleada es un producto duro por lo que se dificulta la trituración de este, sin embargo, es recomendable dejar en remojo durante 24 horas haciendo el cambio del agua por lo menos 3 veces durante el tiempo de remojo para evitar la fermentación del grano de trigo y centeno.

Para obtener un almidón puro y blanco se recomienda realizar múltiples lavados al almidón sedimentado con una duración de entre 5 a 6 horas de sedimentación para evitar pérdidas del almidón.

Se recomienda dejar reposar las muestras en una superficie plana para mantener la uniformidad del espesor del biopolímero.

## BIBLIOGRAFÍA

**A. CAREY, Francis**, *Capítulo 7. Estereoquímica*. S.l.: s.n. 2006. ISBN 9789701056103.

**ALEMÁN, María, GALÁN, Luis, MORALES, Lilia y AREVALO, Katiushka**, Estudio De Las Propiedades Y Biodegradabilidad De Plasticos ( Cast-Films ) Elaborados a Partir De Cáscara De Naranja , Pectina Y Alcohol Polivinilico ( PvoH ). *Universidad Autonoma de Nuevo león* [en línea], 2020. pp.1-2. Disponible en: [https://smbb.mx/congresos/smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA\\_IV/CIV-14.pdf](https://smbb.mx/congresos/smbb/veracruz01/TRABAJOS/AREA_IV/CIV-14.pdf).

**BALLESTERO, Laura**, LOS BIOPLASTICOS COMO ALTERNATIVA VERDE Y SOSTENIBLE DE LOS PLASTICOS BASADOS EN PETROLEO. , 2014. pp.6.

**BARNES, Stuart J.**, Understanding plastics pollution: The role of economic development and technological research. *Environmental Pollution*, 2019. vol. 249, pp.812-821. ISSN 0269-7491. DOI 10.1016/J.ENVPOL.2019.03.108.

**BELLO PEREZ, Luis A. y AGAMA-ACEVEDO, Edith**, *Starch* [en línea]. S.l.: Elsevier Inc. 2017. ISBN 9780128122570. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-809439-6.00001-7>.

**BONILLA, Ana, GEOGRAPHIC, Nathional y EUROPE, Plastics**, ¿ CÓMO AFECTAN LOS MICRO Y MACRO PLÁSTICOS EN LOS OCÉANOS , Y CUÁL ES LA SITUACIÓN EN EL ECUADOR ? , 2019.

**BRITO, Hannibal**, Hannibal Brito M . Ingeniero Químico Riobamba \*\*\* Ecuador. , 2017a. no. April.

**BRITO, Hannibal**, Texto Básico de Operaciones Unitarias I. , 2017b. no. February.

**BRITO MOÍNA, Hannibal Lorenzo, HUACHO CHÁVEZ, Iván Fernando y 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.

**CHAQUILLA, Guadalupe, BALANDRÁN, René, MENDOZA, Ana y MERCADO, Wilson,** Propiedades y posibles aplicaciones de las proteínas de salvado de trigo Properties and application possibilities of wheat bran proteins. , 2018. vol. 12, no. 2, pp.4.

**DIVITO, Guillermo y GARCIA, Fernando,** Manual del Cultivo del Trigo. [en línea], 2017. pp.14-17. Disponible en: <http://lacs.ipni.net>.

**ECOEMBES,** Proyecto de Análisis de Bioplásticos. , 2009. pp.10.

**FAO,** 160.º período de sesiones Roma, 3-7 de diciembre de 2018 Propuesta para un Año Internacional del Centeno. , 2018.

**FLORES, L...V. Dalgo. G. Chang.,** trigo y cebada Physical-chemical and mechanical characterization of bioplastics obtained from wheat and barley. , 2021. vol. 7, pp.623-637.

**GOYENA, Rodrigo y FALLIS, A...,** Analisis , Riesgos Y Oportunidades Biopolimeros. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 2019. vol. 53, no. 9, pp.1689-1699. ISSN 1098-6596.

**GUADRÓN DE DELGADO, Erika,** Diseño y desarrollo del proceso para la extracción de almidón a partir de guineo majoncho verde (*Musa sp.* Variedad Cuadrado), para su uso en la industria de alimentos. [en línea], 2013. pp.220. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/4927>.

**GUAMÁN, Jenny,** Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial. *Facultad de ciencias*, 2019. pp.1-54.

**HERMIDA, Élida, FERNÁNDEZ, Cristina, ABRILE DE VOLLMER, María, SILEONI, Alberto, ALMANDOZ, María, KIRSCHENBAUM, Manuel y DÍAZ, Roberto,** Polímeros, guía didáctica. , 2011. pp.14-18.

**INEC,** 2021. Boletín Técnico: Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC), 2020. [en línea]. Ecuador: Disponible en: [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin\\_Tecnico\\_ESPAC\\_2020.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac-2020/Boletin_Tecnico_ESPAC_2020.pdf).

**IQBAL, Shahid, XU, Jianchu, ALLEN, Schaefer Douglas, KHAN, Sehroon, NADIR, Sadia, ARIF, Muhammad Saleem y YASMEEN, Tahira**, Unraveling consequences of soil micro- and nano-plastic pollution on soil-plant system: Implications for nitrogen (N) cycling and soil microbial activity. *Chemosphere* [en línea], 2020. vol. 260, pp.127578. ISSN 18791298. DOI 10.1016/j.chemosphere.2020.127578. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127578>.

**LITTERTHUB, Marine**, Impacto del abandono del plástico en la naturaleza. *Ecoembes* [en línea], 2019. pp.24. Disponible en: [https://proyectolibera.org/wp-content/uploads/2019/03/Impacto-de-los-plásticos-abandonados\\_LIBERA-def-1.pdf](https://proyectolibera.org/wp-content/uploads/2019/03/Impacto-de-los-plásticos-abandonados_LIBERA-def-1.pdf).

**MARQUINA, Eva**, Imagen 1. Pirámide de la Alimentación saludable (SENC). *Badali* [en línea], 2017. pp.1-5. Disponible en: <http://badali.umh.es/assets/documentos/pdf/artic/cereales.pdf>.

**MARTÍN-SÁNCHEZ, Manuela, TERESA, María y GABRIEL, Martín-sánchez**, Reactivo de Lugol : Historia de su descubrimiento y aplicaciones didácticas. , 2013. vol. 24, no. 1, pp.31-36.

**MARTINI, Esteban**, Área de consolidación Gestión de la Producción de Agroalimentos. , 2015. pp.10.

**MASP**, 2019. Situación actual de Colombia y su impacto en el medio ambiente. [en línea]. Colombia: Disponible en: [http://greenpeace.co/pdf/2019/gp\\_informe\\_plasticos\\_colombia\\_02.pdf](http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf).

**MENESES, JULIANA; CORRALES, CATALINA MARÍA; VALENCIA, Marco**, Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149216950005>. *Revista EIA* [en línea], 2007. pp.12. DOI 149216950005. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1492/149216950005.pdf>.

**MEZA, Paola, QUIPUZCO, Lawrence y MEZA, Victor**, Elaboración de bioplásticos y determinación de su biodegradabilidad - Proyecto de laboratorio Elaboration of bioplastics and determination of their biodegradability - Laboratory proyect. , 2019. vol. 22, pp.77.

**MOGROVEJO, Angel Gabriel**, Determinación de la influencia de dos métodos distintos en la obtención de almidón a partir de la oca (*Oxalis tuberosa* Molina) variedad amarilla. *Universidad Politécnica Salesiana* [en línea], 2019. pp.116. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/17712/1/UPS-CT008394.pdf>.

**MONTOYA, Jairo, GIRALDO, Germán y LUCAS, Juan**, CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE HARINA DE TRIGO Y PAN MEDIANTE DETERMINACIÓN DE LA VISCOSIDAD Y LA CRISTALINIDAD DE LA PASTA. [en línea], 2012. Disponible en: [www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914108](http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169823914108).

**NÁRVAEZ, María**, UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO USFQ Colegio de Ciencias e Ingenierías Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón. *Edimarket*, 2016.

**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>.

**NTE INEN 2635**, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA MÉTODO DE ENSAYO PARA LAS PROPIEDADES. , 2012. pp.1.

**OLDRING, Peter K.T. y ULRICH NEHRING**, *P ackaging M aterials 7 . M etal P ackaging* [en línea]. S.l.: s.n. 2007. ISBN 9789078637448. Disponible en: <http://europe.ilsil.org/publications>.

**POLANCO, Juan, CAVIA, Soraya y GARCÍA, Carlos**, Materiales de Construcción Polímeros. , 2015. pp.6.

**RAMIREZ, Jhon, ARISTIZABAL, Iván y RESTREPO, Jorge**, Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169829162003>. *Revista de la facultad de Química Farmacéutica. Universidad de Antioquia*, 2013. vol. 20, no. 3, pp.172-183.

**RIOFRIO, Dayannara**, Unidad académica de ciencias químicas y de la salud carrera de ingeniería en alimentos. , 2019.

**ROSA, M., VIZUETE, Aparicio, ORTEGA, Jiménez, ISABEL, Ana, ORTEGA, Rosa M., VIZUETE, Aránzazu Aparicio, ISABEL, Ana y ORTEGA, Jiménez**, Cereales de grano completo y sus beneficios sanitarios. , 2015.

**RUÍZ GARCIA, Griselda**, Obtención de un biopolímero a partir de harina de plátano de desecho ( Musa x paradisiaca). *Repositorio Institucional del Tecnológico Nacional de México* [en línea], 2019. vol. 01, no. 993, pp.1-70. Disponible en: [http://itvillahermosa.edu.mx/docs/departamentos/tesis/repositorio\\_de\\_tesis\\_2014-2020/GRISELDA RUIZ GARCIA TESIS.pdf](http://itvillahermosa.edu.mx/docs/departamentos/tesis/repositorio_de_tesis_2014-2020/GRISELDA RUIZ GARCIA TESIS.pdf).

**RUIZ, Gladys**, Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. , 2006. pp.5-28.

**SÁNCHEZ-KEN, Jorge**, ¿qué es el almidón? ¿qué es el almidón? [en línea], 2021. no. Mayo, pp.1. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/351496234\\_QUE\\_ES\\_EL\\_ALMIDÓN\\_QUE\\_ES\\_EL\\_ALMIDÓN](https://www.researchgate.net/publication/351496234_QUE_ES_EL_ALMIDÓN_QUE_ES_EL_ALMIDÓN).

**SOARES, Joana, MIGUEL, Isabel, VENÂNCIO, Cátia, LOPES, Isabel y OLIVEIRA, Miguel**, Public views on plastic pollution: Knowledge, perceived impacts, and pro-environmental behaviours. *Journal of Hazardous Materials*, 2021. vol. 412, pp.1. ISSN 0304-3894. DOI 10.1016/J.JHAZMAT.2021.125227.

**SORALUZ, Luis**, INDUCCIÓN DE MUTACIONES EN CENTENO(Secale cereale Linneo) EMPLEANDO RADIACIÓN GAMMA. *Universidad Nacional Agraria La Molina* [en línea], 2017. pp.3. Disponible en: [https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/187/3/2017\\_Puicon\\_Evaluacion-resistencia-natural.pdf](https://repositorio.concytec.gob.pe/bitstream/20.500.12390/187/3/2017_Puicon_Evaluacion-resistencia-natural.pdf).

**TRUJILLO, Cinthya**, «OBTENCIÓN DE PELÍCULAS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA ( Manihot esculenta Crantz ) DOBLEMENTE MODIFICADO PARA USO EN EMPAQUES DE ALIMENTOS». , 2014. pp.72.

**VALDIVIESO, Manuel, ORTEGÓN, Yamilet y USCATEGUI, Yomaira**, Biopolímeros: Avances y perspectivas. *DYNA (Colombia)*, 2013. vol. 80, no. 181, pp.171-180. ISSN 00127353.

**VILLARREAL, Martín**, Efectos de la Producción del Trigo (Triticum aestivum L) en el Mundo, México y en la Región 5 Manantiales. , 2000.

## ANEXOS

### ANEXO A: EXTRACCIÓN DEL ALMIDÓN DE TRIGO Y CENTENO POR EL MÉTODO DE VÍA HÚMEDA



a)



b)



c)



d)



e)

#### NOTAS:

- a. Limpieza del grano
- b. Pesado de la materia prima
- c. Proceso de trituración
- d. Proceso de filtración
- e. Almidón seco

#### CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

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

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

REALIZADO POR:

Sonia Calo

#### LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN

LÁMINA

ESCALA

FECHA

1

1:1

16/05/2022

**ANEXO B: CARACTERIZACIÓN DE LOS ALMIDONES DE TRIGO Y CENTENO**



f)



g)



h)



i)



j)

<p><b>NOTAS:</b></p>	<p><b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Información      <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b></p> <p><b>FACULTAD DE CIENCIAS</b></p> <p><b>CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA</b></p> <p>REALIZADO POR:</p> <p>Sonia Calo</p>	<p><b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN</b></p>			
<p>f. Almidón obtenido</p>			<p><b>LÁMINA</b></p>	<p><b>ESCALA</b></p>	<p><b>FECHA</b></p>	
<p>g. Porcentaje de Humedad</p>			<p>2</p>	<p>1:1</p>	<p>16/05/2022</p>	
<p>h. Prueba de Lugol</p>						
<p>i. Prueba de cenizas del almidón</p>						
<p>j. Temperatura de gelatinización</p>						



**ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN**



**k)**



**l)**



**m)**



**n)**



**o)**

<b>NOTAS:</b>	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b> <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	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA</b> REALIZADO POR: Sonia Calo	<b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN</b>		
k. Pesado del almidón. l. Curva de humedad. m. cenizas. n. Resultados de calcinación. o. Residuos de cenizas.			<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			3	1:1	16/05/2022

**ANEXO D: CARACTERIZACIÓN DEL BIOPOLÍMERO**



**p)**



**q)**



**r)**



**s)**



**t)**

<b>NOTAS:</b> p. Pruebas mecánicas. q. Solubilidad. r. Humedad. s. Permeabilidad. t. pesaje	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b> <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	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE                  CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA</b> REALIZADO POR: Sonia Calo	<b>LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN</b>		
			<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			4	1:1	16/05/2022

**ANEXO E: DEGRADABILIDAD DEL BIOPLÁSTICO EN DIFERENTES SITUACIONES**



**u)**



**v)**



**w)**



**x)**



**y)**

**NOTAS:**

- u. Envoltura en frutas en el bioplástico.
- v. Envoltura en frutas en el bioplástico.
- w. Degradabilidad en el medio ambiente.
- x. Degradabilidad en el agua.
- y. Degradabilidad en la tierra

**CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado       Preliminar
- Certificado     Por aprobar
- Información     Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA  
REALIZADO POR:  
Sonia Calo**

**LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
5	1:1	16/05/2022

# ANEXO F: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DE TRIGO



**RESULTADOS DE ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS**

NOMBRE: Sonia Elizabeth Calo Quirós  
 TIPO DE MUESTRA:

Muestra 1	Grano de Trigo
Muestra 2	Grano de Centeno
Muestra 3	Mezcla de granos de trigo y centeno

FECHA DE ENTREGA DE MUESTRA: 16 de agosto del 2021  
 FECHA DE ENTREGA DE RESULTADOS: 06 de septiembre del 2021

**ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO**

Muestra 1: Grano de Trigo  
 Muestra 2: Grano de Centeno  
 Muestra 3: Mezcla de granos de trigo y centeno

Determinaciones	Unidades	Método de Análisis	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Fibra cruda	%	Método gravimétrico Digestión en ácido y base	2,66	3,40	2,85
Proteína	%	Método Kjeldahl	13,74	9,83	9,89

RESPONSABLE:  
  
 Dra. Gina Alvarez R.  
 El informe solo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previa autorización de los responsables.

A1)

Muestra 4 Bioplástico de almidón de trigo y centeno

Tratamiento 4			
Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
Aerobios mesófilos	UFC/g	Siembra en placa	10
Coliformes Totales	UFC	Siembra en placa	Ausencia
Coliformes Fecales (Escherichia coli)	UFC/g	Siembra en placa	Ausencia
Nódulos y levaduras	UFC	Siembra en placa	<10

RESPONSABLE:  
  
 Dra. Gina Alvarez R.  
 El informe solo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previa autorización de los responsables.

B1)



**INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**

Fecha: 06 de septiembre de 2021  
 Análisis solicitado por: Srta. Sonia Elizabeth Calo Quirós  
 Localidad: Riobamba

Muestra 1-1: Grano de trigo

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
Aerobios mesófilos	UFC/g	Siembra en placa	500
Coliformes Totales (Escherichia coli)	UFC/g	Siembra en placa	110
Módulos y levaduras	UFC/g	Siembra en placa	Ausencia

Muestra 1-2: Almidón de trigo

Determinaciones	Unidades	Valores de referencia (siempre en agua)	Resultados
Aerobios mesófilos	UFC/g	<10	Ausencia
Coliformes Totales (Escherichia coli)	UFC/g	<10	Ausencia
Módulos y levaduras	UFC/g	10.000.000	Ausencia

Unidad de Referencia: Unidades por gramo de muestra y valores de referencia (ISO 19.90.1997)

RESPONSABLE:  
  
 Dra. Gina Alvarez R.  
 El informe solo afecta a la muestra solicitada a ensayo, el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad previa autorización de los responsables.

Avenida N de Guzmán # 123 y Mariscal  
 Cotacachi - Cotacachi - Cotacachi - Cotacachi - Cotacachi  
 Dirección: SAQMIE

C1)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Sonia Calo	LABORATORIO MICROBIOLÓGÍA		
			LÁMINA	ESCALA	FECHA
A1. Análisis fisicoquímicos de la materia prima.	<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		6	1:1	16/05/2022
B1. Análisis microbiológicos de los almidones de trigo y centeno.					
C1. Resultados microbiológicos de la materia prima.					

# ANEXO G: ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS DEL ALMIDÓN DE CENTENO



**INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**  
Fecha: 06 de septiembre de 2021  
Análisis solicitado por: Srta. Sonia Elizabeth Calo Quiroga  
Localidad: Pastaza

**Muestra D1: Osmo fructosa**

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
Aerobios aerófilos	UFC/g	Sucrosa en masa	<100
Coliformos Totales	UFC/g	Sucrosa en masa	<50
Coliformos Fecales (Escherichia coli)	UFC/g	Sucrosa en masa	Absencia
Molde y levadura	UFC/g	Sucrosa en masa	20

**Muestra 2-2: Almidón de centeno**

Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Aerobios aerófilos	UFC/g	Sucrosa en masa	300
Coliformos Totales	UFC/g	Absencia	Absencia
Coliformos Fecales (Escherichia coli)	UFC/g	<10	<10
Molde y levadura	UFC/g	100-5000	Absencia

**RESPONSABLE:**  
Dra. Gilda Álvarez R.  
El informe sólo afecta a la muestra solicitada y siempre el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad por autorización de los responsables.



D1)



**INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**  
Fecha: 06 de septiembre de 2021  
Análisis solicitado por: Srta. Sonia Elizabeth Calo Quiroga  
Localidad: Pastaza

**Muestra E1: Mezcla de grano de trigo y centeno**

Determinaciones	Unidades	Método	Resultados
Aerobios aerófilos	UFC/g	Sucrosa en masa	510
Coliformos Totales	UFC/g	Sucrosa en masa	140
Coliformos Fecales (Escherichia coli)	UFC/g	Sucrosa en masa	Absencia
Molde y levadura	UFC/g	Sucrosa en masa	Absencia

**Muestra 2-2: Mezcla de almidón de trigo y centeno**

Determinaciones	Unidades	*Valores de referencia	Resultados
Aerobios aerófilos	UFC/g	Sucrosa en masa	140
Coliformos Totales	UFC/g	110	110
Coliformos Fecales (Escherichia coli)	UFC/g	<10	Absencia
Molde y levadura	UFC/g	100-500	Absencia

**RESPONSABLE:**  
Dra. Gilda Álvarez R.  
El informe sólo afecta a la muestra solicitada y siempre el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad por autorización de los responsables.



E1)



**INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO**  
Fecha: 06 de septiembre de 2021  
Análisis solicitado por: Srta. Sonia Elizabeth Calo Quiroga  
Localidad: Pastaza

**Muestra F1: Biopolímero de almidón de tipo y centeno**

Determinaciones	Tratamiento 1		Resultados
	Unidades	Método	
Aerobios aerófilos	UFC/g	Sucrosa en masa	10
Coliformos Totales	UFC	Sucrosa en masa	Absencia
Coliformos Fecales (Escherichia coli)	#	Sucrosa en masa	<10
Molde y levadura	UFC	Sucrosa en masa	<10

**Muestra 2: Biopolímero de almidón de tipo y centeno**

Determinaciones	Tratamiento 2		Resultados
	Unidades	Método	
Aerobios aerófilos	UFC/g	Sucrosa en masa	<10
Coliformos Totales	UFC	Sucrosa en masa	Absencia
Coliformos Fecales (Escherichia coli)	#	Sucrosa en masa	<10
Molde y levadura	UFC	Sucrosa en masa	<10

**Muestra 3: Biopolímero de almidón de tipo y centeno**

Determinaciones	Tratamiento 3		Resultados
	Unidades	Método	
Aerobios aerófilos	UFC/g	Sucrosa en masa	<10
Coliformos Totales	UFC	Sucrosa en masa	Absencia
Coliformos Fecales (Escherichia coli)	#	Sucrosa en masa	Absencia
Molde y levadura	UFC	Sucrosa en masa	<10

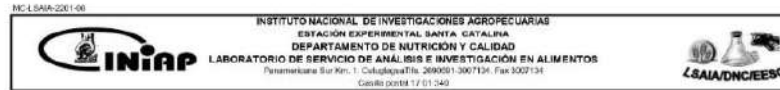
**RESPONSABLE:**  
Dra. Gilda Álvarez R.  
El informe sólo afecta a la muestra solicitada y siempre el informe no deberá reproducirse sino en su totalidad por autorización de los responsables.



F1)

<b>NOTAS:</b> D1. Análisis fisicoquímicos de la materia prima. E1. Resultados microbiológicos de la mezcla de almidones. F1. Resultado microbiológico del biopolímero.	<b>CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:</b> <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	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA</b> REALIZADO POR: Sonia Calo	<b>LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA</b>		
			<b>LÁMINA</b>	<b>ESCALA</b>	<b>FECHA</b>
			7	1:1	16/05/2022

# ANEXO H: ANÁLISIS DE AMILOSA DEL ALMIDÓN Y DE LA MATERIA PRIMA INIAP



INFORME DE ENSAYO No: 21-0149

**\*\*NOMBRE PETICIONARIO:** Srta. Sonia Elizabeth Calo Quiroga  
**\*\*DIRECCION:** Rebamba  
**FECHA DE EMISION:** 03/08/2021  
**FECHA DE ANALISIS:** Del 22 de julio al 03 de agosto del 2021

**\*\*INSTITUCION:** Particular  
**\*\*ATENCIÓN:** Srta. Sonia Elizabeth Calo Quiroga  
**FECHA DE RECEPCION:** 23/07/2021  
**HORA DE RECEPCION:** 10:00  
**ANÁLISIS SOLICITADO:** Amilosa

ANÁLISIS	HUMEDAD	AMILOSA <sup>D</sup>	**IDENTIFICACIÓN
METODO	MC-LSAIA-0101	MC-LSAIA-04	
METODO REF.	U. FLORIDA 1970	Morrison y Laignelot 1983	
UNIDAD	%	%	
21-0872	5.25	21.36	Almidón de trigo
21-0873	5.44	17.65	Mezcla de almidón de trigo y centeno
21-0874	9.44	18.78	Grano de trigo

Los ensayos marcados con D se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

  
 DR. MSC. Iván Salamanca  
**RESPONSABLE TÉCNICO**

RESPONSABLES DEL INFORME



  
 Ing. Vladimir 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 DEL USUARIO:** 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 informe electorónico o fax no es el destinatario del mismo, se le solicita que distinga según distribución de este se encuentra altamente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notificar inmediatamente al laboratorio por correo electrónico y eliminar la información. La información entregada por el cliente o generada durante los procedimientos de laboratorio es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo puede ser usada por este. Los datos marcados con \*\* son suministrados por el cliente. El laboratorio no es responsable por esta información.

G1)

NOTAS:	CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA REALIZADO POR: Sonia Calo	LABORATORIO DE INIAP		
G1: Análisis de amilosa de los almidones	<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		LÁMINA	ESCALA	FECHA
			8	1:1	16/05/2022



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL*

*REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA*

Fecha de entrega: 06 / 06 / 2022

**INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)**

**Nombres – Apellidos:** Sonia Elizabeth Calo Quiroga

**INFORMACIÓN INSTITUCIONAL**

**Facultad:** Ciencias

**Carrera:** Ingeniería Química

**Título a optar:** Ingeniera Química

**f. Analista de Biblioteca responsable:** Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



1095-DBRA-UTP-2022



Firmado electrónicamente por:  
**LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE**