



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

TEMA:

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE FUNDAS BIODEGRADABLES
ELABORADAS CON CELULOSA-ALMIDÓN DE LAS HOJAS Y ZUROS DE MAÍZ

AUTOR:

LÓPEZ CALVOPÍÑA LENIN ALEJANDRO

TUTORA

ING. AUGUSTA JIMÉNEZ SÁNCHEZ MSc.

GUAYAQUIL, SEPTIEMBRE 2022



**UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:
“INGENIERO QUÍMICO”**

TEMA DE PROPUESTA:
EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE FUNDAS
BIODEGRADABLES ELABORADAS CON CELULOSA-ALMIDÓN DE LAS
HOJAS Y ZUROS DE MAÍZ

AUTOR:
LÓPEZ CALVOPÍÑA LENIN ALEJANDRO

**SEPTIEMBRE 2022
GUAYAQUIL – ECUADOR**

ANEXO XI.- FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA			
FICHA DE REGISTRO DE TRABAJO DE TITULACIÓN			
TÍTULO Y SUBTÍTULO:	Evaluación de las características de fundas biodegradables elaboradas con celulosa-almidón de las hojas y zuros de maíz		
AUTOR(ES) (apellidos/nombres):	López Calvopiña Lenin López		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES) (apellidos/nombres):	Revisor: Tutor: Ing. Augusta Jiménez Sánchez		
INSTITUCIÓN:	Universidad de Guayaquil		
UNIDAD/FACULTAD:	Ingeniería Química		
MAESTRÍA/ESPECIALIDAD:			
GRADO OBTENIDO:	Ingeniero(a) Químico(a)		
FECHA DE PUBLICACIÓN:		No. DE PÁGINAS:	126
ÁREAS TEMÁTICAS:	Ciencias básicas, bioconocimiento y desarrollo industrial		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	fundas biodegradables, zuro, hojas de maíz, celulosa-almidón		
En el presente proyecto se evaluaron las características de fundas biodegradables a partir de los residuos de hojas y zuro de maíz que se generan en el Mercado Mayorista de Milagro. En la caracterización de hojas y zuro se obtuvieron los porcentajes de: humedad 13.70% y 17.85%, ceniza 0.90% y 2.16%, celulosa 39.84% y 36.79%, lignina 20.49% y 21.22%. Se extrajo la celulosa-almidón a través del método de Kraft en solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 5 % durante una semana y posteriormente se la cocinó en la misma solución. Se propusieron 3 tipos de formulaciones a través del programa estadístico Minitab. La elaboración del papel se hizo a través del método de moldeo en bandejas antiadherentes y fueron evaluadas a través de pruebas físicas de espesor y humedad; pruebas funcionales de solubilidad y absorción; pruebas mecánicas de permeabilidad al vapor de agua y tracción; prueba de biodegradabilidad de degradación y una prueba óptica de FT-IR para determinar la formulación adecuada.			
ADJUNTO PDF:	SI (X)	NO	
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: 0962000937	E-mail: lenin.lopezca@ug.edu.ec	
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN:	Nombre: Universidad de Guayaquil-Facultad de Ingeniería Química		
	Teléfono: 04-229-2949		
	E-mail: www.fiq@ug.edu.ec		



ANEXO XII. - DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y DE AUTORIZACIÓN DE LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO EXCLUSIVA PARA EL USO NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

LICENCIA GRATUITA INTRANSFERIBLE Y NO COMERCIAL DE LA OBRA CON FINES NO ACADÉMICOS

Yo, **LÓPEZ CALVOPÍÑA LENIN ALEJANDRO**, CI **0923604300** y certifico que el contenido desarrollado en este trabajo de titulación, cuyo título es **“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE FUNDAS BIODEGRADABLES ELABORADAS CON CELULOSA-ALMIDÓN DE LAS HOJAS Y ZUROS DE MAÍZ”** es de mi absoluta propiedad y responsabilidad, en conformidad al Artículo 114 del **CÓDIGO ORGÁNICO DE LA ECONOMÍA SOCIAL DE LOS CONOCIMIENTOS, CREATIVIDAD E INNOVACIÓN***, autorizo la utilización de una licencia gratuita intransferible, para el uso no comercial de la presente obra a favor de la Universidad de Guayaquil.

**LÓPEZ CALVOPÍÑA LENIN
ALEJANDRO
C.I. No. 0923604300**



ANEXO VI.-CERTIFICADO DEL DOCENTE - TUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

MSc. Gonzalo Villa

Director (a) de la Carrera de Ingeniería Química Facultad de Ingeniería Química

Universidad de Guayaquil Ciudad. -De mis consideraciones:

Envío a Ud. el Informe correspondiente a la tutoría realizada al Trabajo de Titulación denominado: “EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE FUNDAS BIODEGRADABLES ELABORADAS CON CELULOSA-ALMIDÓN DE LAS HOJAS Y ZUROS DE MAÍZ” del estudiante **LÓPEZ CALVOPIÑA LENIN ALEJANDRO** con **CI 0923604300** indicando que cumplido con todos los parámetros establecidos en la normativa vigente:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de similitud y la valoración del trabajo de titulación con la respectiva calificación.

Dando por concluida esta tutoría de trabajo de titulación, **CERTIFICO**, para los fines pertinentes, que las estudiantes están aptas para continuar con el proceso de revisión final.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:
**DOLORES AUGUSTA
JIMENEZ SANCHEZ**

Firmado electrónicamente por:

DOLORES AUGUSTA JIMENEZ SANCHEZ

ING. AUGUSTA JIMÉNEZ SÁNCHEZ, MSC.

C.I. 1102444484

TUTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN

FECHA: 09/09/2022



ANEXO VII.- CERTIFICADO PORCENTAJE DE SIMILITUD

Habiendo sido nombrado Ing. Augusta Jiménez Sánchez, tutora del trabajo de titulación certifico que el presente trabajo de titulación ha sido elaborado por **LÓPEZ CALVOPÍÑA LENIN ALEJANDRO, CI 0923604300** como requerimiento parcial para la obtención del título de **INGENIERO QUÍMICO**.

Se informa que el trabajo de titulación: **“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE FUNDAS BIODEGRADABLES ELABORADAS CON CELULOSA-ALMIDÓN DE LAS HOJAS Y ZUROS DE MAÍZ”** ha sido orientado durante todo el periodo de ejecución en el programa antiplagio (TURNITIN) quedando el 0 % de coincidencia.

Tesis Lenin López Calvopiña

ORIGINALITY REPORT

0%

SIMILARITY INDEX

%

INTERNET SOURCES

%

PUBLICATIONS

0%

STUDENT PAPERS

PRIMARY SOURCES

1

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Student Paper

<1 %

2

Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez

Student Paper

<1 %

3

Submitted to Universidad Europea de Madrid

Student Paper

<1 %

Exclude quotesOff

Exclude matches< 4 words

Exclude bibliographyOff

https://ev.turnitin.com/app/carta/en_us/?s=1&o=1896203714&lang=en_us&u=11337147

93



Firmado electrónicamente por:
DOLORES AUGUSTA
JIMENEZ SANCHEZ

Firmado electrónicamente por:

ING. AUGUSTA JIMÉNEZ SÁNCHEZ, MSC.

C.I. 1102444484

FECHA: 09/09/2022



**ANEXO VIII.- INFORME DEL DOCENTE REVISOR
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA
CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA**

Guayaquil,

MSc. Gonzalo Villa

Director (a) de la Carrera de Ingeniería Química

Facultad de Ingeniería Química

Universidad de Guayaquil

Ciudad. - Guayaquil

De mis consideraciones: Envío a Ud. el informe correspondiente a la REVISIÓN FINAL del Trabajo de Titulación **“EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE FUNDAS BIODEGRADABLES ELABORADAS CON CELULOSA-ALMIDÓN DE LAS HOJAS Y ZUROS DE MAÍZ”** del estudiante **LÓPEZ CALVOPÍÑA LENIN ALEJANDRO** con **CI 0923604300**. Las gestiones realizadas me permiten indicar que el trabajo fue revisado considerando todos los parámetros establecidos en las normativas vigentes, en el cumplimiento de los siguientes aspectos:

Cumplimiento de requisitos de forma:

El título tiene un máximo de 17 palabras. La memoria escrita se ajusta a la estructura establecida.

El documento se ajusta a las normas de escritura científica seleccionadas por la Facultad.

La investigación es pertinente con la línea y sublíneas de investigación de la carrera.

Los soportes teóricos son de máximo 5 años.

La propuesta presentada es pertinente.

Cumplimiento con el Reglamento de Régimen Académico:

El trabajo es el resultado de una investigación.

El estudiante demuestra conocimiento profesional integral.

El trabajo presenta una propuesta en el área de conocimiento.

El nivel de argumentación es coherente con el campo de conocimiento.

Adicionalmente, se indica que fue revisado, el certificado de porcentaje de similitud, la valoración del tutor, así como de las páginas preliminares solicitadas, lo cual indica el que el trabajo de investigación cumple con los requisitos exigidos.

Una vez concluida esta revisión, considero que el estudiante está apto para continuar el proceso de titulación. Particular que comunicamos a usted para los fines pertinentes.

Atentamente,



Firmado electrónicamente por:

**OLGA LAURMANIA
QUEVEDO PINOS**

**Dra. Olga Quevedo Pinos
DOCENTE TUTOR REVISOR**

C.I. 0909642936

FECHA: septiembre 23 de 2022

DEDICATORIA

A mi papá, Luis López, por la confianza, amor y apoyo brindado en toda mi vida.

A mi mamá, Sara Calvopiña por amarme de manera incondicional y preocuparse por mi bienestar.

A mis hermanas Lissette y Kimberlin, que han sido mi modelo a seguir desde pequeño y sus consejos que me ayudan a mejorar.

Lenin López Calvopiña

AGRADECIMIENTO

A Dios por haberme ayudado culminar una nueva etapa de mi vida.

A mis padres, Sara Calvopiña y Luis López por su apoyo amor incondicional y guiarme siempre.

A Hillary Cabezas por las palabras de apoyo que necesitaba en esta etapa y motivarme.

A mi tutora, Ing. Augusta Jiménez por sus consejos, ayuda y atención

A mis compañeras de laboratorio de titulación, Reina Loor, María Guacho Y Ammy Norero que estuvimos siempre aconsejándonos y apoyándonos.

Lenin López Calvopiña

ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLOS

Gramos	g
Solo fibra en la formulación	H
Solo celulosa-almidón en la formulación	A
Mayor porcentaje de fibra que de celulosa-almidón en la formulación	Ha
Iguales porcentajes de fibra y celulosa-almidón en la formulación	ha
Mayor porcentaje de celulosa-almidón que de fibra	hA
Menor cantidad de zuro en la formulación	Za
Mayor cantidad de zuro en la formulación	Zb
Formulación 1 de mezcla de fibra, celulosa almidón y zuro	M1
Formulación 2 de mezcla de fibra, celulosa almidón y zuro	M2
Formulación 3 de mezcla de fibra, celulosa almidón y zuro	M3
Formulación 4 de mezcla de fibra, celulosa almidón y zuro	M4
Formulación 5 de mezcla de fibra, celulosa almidón y zuro	M5
Formulación 6 de mezcla de fibra, celulosa almidón y zuro	M6
Formulación 7 de mezcla de fibra, celulosa almidón y zuro	M7
Formulación 8 de mezcla de fibra, celulosa almidón y zuro	M8
Formulación 9 de mezcla de fibra, celulosa almidón y zuro	M9
Milímetro	mm
Grados Celsius	°C

Hora	h
Tonelada	Tn
Hectárea	ha
Pascales	Pa
Newton	N
Segundos	s
Porcentaje	%



ANEXO XIII.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (ESPAÑOL)

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE FUNDAS BIODEGRADABLES ELABORADAS CON CELULOSA-ALMIDÓN DE LAS HOJAS Y ZUROS DE MAÍZ

Autor: López Calvopiña Lenin Alejandro

Tutora: Ing. Augusta Jiménez Sánchez. MSc

Resumen

En el presente proyecto se evaluaron las características de fundas biodegradables a partir de los residuos de hojas y zuro de maíz que se generan en el Mercado Mayorista de Milagro. En la caracterización de hojas y zuro se obtuvieron los porcentajes de: humedad 13.70% y 17.85%, ceniza 0.90% y 2.16%, celulosa 39.84% y 36.79%, lignina 20.49% y 21.22%. Se extrajo la celulosa-almidón a través del método de Kraft en solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 5 % durante una semana y posteriormente se la cocinó en la misma solución. Se propusieron 3 tipos de formulaciones a través del programa estadístico Minitab. La elaboración del papel se hizo a través del método de moldeo en bandejas antiadherentes y fueron evaluadas a través de pruebas físicas de espesor y humedad; pruebas funcionales de solubilidad y absorción; pruebas mecánicas de permeabilidad al vapor de agua y tracción; prueba de biodegradabilidad de degradación y una prueba óptica de FT-IR para determinar la formulación adecuada.

Palabras claves: fundas biodegradables, zuro, hojas de maíz, celulosa-almidón



ANEXO XIV.- RESUMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN (INGLÉS)

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

EVALUATION OF THE CHARACTERISTICS OF BIODEGRADABLE CASINGS MADE FROM CELLULOSE-STARCH FROM CORN LEAVES AND CORN HUSKS

Authors: López Calvopiña Lenin Alejandro

Tutora: Ing. Augusta Jiménez Sánchez. MSc

Abstract

This project evaluated the characteristics of biodegradable bags made from corn husk and corn rachis generated in the Milagro Wholesale Market. In the characterization of leaves and corn husks, the following percentages were obtained: moisture 13.70% and 17.85%, ash 0.90% and 2.16%, cellulose 39.84% and 36.79%, lignin 20.49% and 21.22%. Cellulose-starch was extracted through the Kraft method in 5% sodium hydroxide (NaOH) solution for one week and then cooked in the same solution. Three types of formulations were proposed using the Minitab statistical program. The paper was made through the molding method in non-stick trays and was evaluated through physical tests of thickness and humidity; functional tests of solubility and absorption; mechanical tests of water vapor permeability and traction; degradation biodegradability test and an FT-IR optical test to determine the appropriate formulation.

Keywords: biodegradable casings, rachis, corn husks, starch-cellulose

INTRODUCCIÓN

A lo largo de su historia, Ecuador se caracterizó por ser una nación dedicada a la producción agrícola (Viteri & Tapia, 2018). Según ESPAC (2020), se cultivaron 957,371 ha de cultivos transitorios; el arroz abarca el mayor porcentaje con el 38,20 %, el maíz duro seco con 32,91 %, maíz suave seco el 6,11 %, papa con 4,19 %, soya con 2,71 % y demás transitorios con 15,88 %. La producción nacional de maíz en el 2020 fue de 1.513.635 Tns siendo Los Ríos, Manabí, Loja y Guayas las provincias con mayor rendimiento Tn/ha.

Un estudio realizado por CLIRSEN (2009), indica que en Milagro existen 40.297,94 hectáreas que se dedican a la actividad agrícola, el maíz junto al cacao, pasto y banano representan al sistema mercantil con el 24,88 %. Termina esta clasificación con el sistema empresarial con el 50,92 %, sistema combinado con 15,44 %, sistema marginal con 4,27 % y no aplicable con el 4,49 %.

En el año 2016, se realizó un estudio en el territorio nacional, donde se evaluó la relación cantidad de residuo y producto final generado para diferentes cultivos, se estimó que tanto los cultivos de maíz y de arroz generan residuos del 55 % y 44 % respectivamente, esto evidencia que los residuos agrícolas que se originan de forma directa o indirecta no son aprovechados por los productores para darles un valor agregado (Saval, 2012). Los residuos pueden presentarse como lixiviados, material orgánico y dióxido de carbono, con gran cantidad de celulosa y almidón en su composición. En la actualidad, no hay registros oficiales de los residuos generados por la agroindustria ni de los componentes que poseen estos residuos orgánicos (Y. Vargas & Perez, 2018).

La gestión de residuos agrícolas no cuenta con una planificación por lo que se sigue utilizando procedimientos en los que aumentan los riesgos de contaminación en el entorno como lo es la quema de los sobrantes en superficies aledañas y lo restante se lo desecha en botaderos perdiendo oportunidad de seguir aprovechando el material orgánico (Gavilanes et al., 2017).

La finalidad de este proyecto de titulación es dar un valor agregado a los residuos del maíz recolectados en mercado Mayorista de la ciudad de Milagro para elaborar fundas biodegradables a partir de la celulosa-almidón de las hojas y zuros, de esta forma se pretende reducir el uso de fundas plásticas y aprovechar la materia orgánica de los residuos del maíz.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ANEXO XI.-.....	I
ANEXO XII.....	II
ANEXO VI.....	III
ANEXO VII.....	IV
ANEXO VIII	V
DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO.....	VII
ABREVIATURAS, SIGLAS Y SÍMBOLOS	VIII
ANEXO XIII	X
ANEXO XIV	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	12
1.1. Tema	12
1.2. Línea de investigación y sublínea de investigación.....	12
1.3. Planteamiento del problema	12
1.4. Formulación y sistematización	13
1.4.1. Formulación del problema	13
1.4.2. Sistematización del problema.....	13
1.5. Delimitación del estudio	14
1.5.1. Delimitación Temporal	14
1.5.2. Delimitación espacial.....	14
1.5.3. Delimitación del contenido	15
1.6. Justificación de investigación.....	15
1.6.1. Justificación teórica	15
1.6.2. Justificación metodológica.....	16
1.6.3. Justificación práctica.....	17
1.7. Objetivos de la investigación	18
1.7.1. Objetivo general	18
1.7.2. Objetivos específicos	18
1.9. Variables de la investigación.....	19
1.9.1. Variable independiente	19

1.9.2. Variable Dependiente	19
1.10. Operacionalización de las variables	20
CAPÍTULO II.....	22
2.1. 2.1. Antecedentes.....	22
2.2. Marco teórico.....	24
2.2.1. Historia de los biopolímeros	24
2.2.2. Clasificación de los polímeros	25
2.1.1.1. Según su origen.....	25
2.1.1.2. Según su estructura molecular.....	26
2.1.1.3. Según las reacciones de formación.....	26
2.2.3. Biopolímeros	27
2.2.4. Hojas de maíz	27
2.2.5. Zuro de maíz.....	27
2.2.6. Fundas biodegradables.....	28
2.2.7. Pruebas del papel biodegradable	28
2.1.1.4. Espesor	28
2.1.1.5. Humedad	29
2.1.1.6. Solubilidad.....	29
2.1.1.7. Absorción	29
2.1.1.8. Tracción.....	29
2.1.1.9. Permeabilidad al vapor de agua.....	29
2.1.1.10. Biodegradabilidad	30
2.3. Marco conceptual.....	30
2.4. Marco contextual	31
CAPÍTULO III.....	32
3.1. Enfoque	32
3.2. Modalidad básica de investigación	32
3.3. Tipo de investigación	33
3.4. Procedimiento experimental.....	34
3.4.1. Reactivos, equipos y materiales	34
3.4.2. Cuantificación de las hojas y zuros de maíz	34
3.4.3. Acondicionamiento de materia prima.....	35
3.4.4. Caracterización de las hojas y zuro de maíz	35

3.4.4.1.	Determinación de humedad.....	35
3.4.4.2	Determinación de ceniza	36
3.4.4.3.	Determinación de celulosa	37
3.4.4.4.	Determinación de lignina	37
3.5.	Extracción de celulosa-almidón de las hojas y zuro de maíz.....	39
3.5.1.	Procedimiento de extracción de la mezcla celulosa-almidón de las hojas y zuro de maíz	39
3.5.2.	Diagrama de bloque para la obtención de la mezcla celulosa-almidón de las hojas y zuro de maíz.....	40
3.6.	Diseño experimental de las fundas biodegradables	40
3.6.1.	Formulaciones para la elaboración de las fundas biodegradables.....	40
3.6.2.	Obtención del papel por el método de moldeo.....	43
3.6.3.	Materia prima acondicionada, materiales y equipos	43
3.6.4.	Procedimiento para la obtención del papel por el método de moldeo.	43
3.6.5.	Diagrama de bloque para la obtención de biopelículas por el método de moldeo	44
3.7.	Caracterización de las biopelículas.....	45
3.7.1.	Espesor	45
3.7.2.	Humedad	45
3.7.3.	Absorción de agua	46
3.7.4.	Solubilidad	46
3.7.5.	Permeabilidad al vapor de agua.....	47
3.7.6.	Tracción	48
3.7.7.	FT/IR.....	48
3.7.8.	Biodegradabilidad.....	49
3.8.	Elaboración de funda de papel biodegradable.....	50
CAPÍTULO IV		51
4.1.	Cuantificación de las hojas y zuro de maíz por 14 días	51
4.2.	Identificación de la celulosa-almidón en las hojas y zuro de maíz	52
4.3.	Análisis de resultados de la caracterización de las hojas y zuro de maíz	53
4.4.	Análisis de las formulaciones para elaborar papel	54
4.5.	Análisis y discusión de las pruebas físicas de las fundas biodegradable	58
4.5.1.	Espesor	58

4.5.1.1.	Análisis de espesor de las fundas biodegradables de hojas de maíz y glicerina	58
4.5.1.2.	Análisis de espesor de las fundas biodegradable con el zuro de maíz y glicerina	59
4.5.1.3.	Análisis de espesor del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina.....	60
4.5.2.	Humedad	61
4.5.2.1.	Análisis de humedad del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina	61
4.5.2.2.	Análisis de humedad del papel biodegradable elaborado con el zuro de maíz y glicerina	62
4.5.2.3.	Análisis de humedad del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina.....	63
4.6.	Análisis y discusión de las pruebas funcionales del papel	64
4.6.1.	Solubilidad	64
4.6.1.1.	Análisis de solubilidad del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina	64
4.6.1.3.	Análisis de solubilidad del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina.....	66
4.6.2.	Absorción	67
4.6.2.1.	Análisis de absorción del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina	67
4.6.2.2.	Análisis de absorción del papel biodegradable elaborado con el zuro de maíz y glicerina	68
4.6.2.3.	Análisis de absorción del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina.....	69
4.7.	Análisis y discusión de las pruebas mecánicas del papel.....	70
4.7.1.	Permeabilidad al vapor de agua.....	70
4.7.1.1.	Análisis de permeabilidad al vapor de agua del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina	70
4.7.1.2.	Análisis de permeabilidad al vapor de agua del papel biodegradable elaborado con el zuro de maíz y glicerina	71
4.7.1.3.	Análisis de permeabilidad al vapor de agua del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina.....	72
4.7.2.	Tracción	73

4.7.2.1. Análisis de tracción del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina	73
4.7.2.2. Análisis de tracción del papel biodegradable elaborado con el zuro de maíz y glicerina	74
4.7.2.3. Análisis de tracción del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina.....	75
4.8. Análisis y discusión de las pruebas de biodegradabilidad del papel	75
4.8.1. Degradabilidad	75
4.8.1.1. Análisis de degradabilidad del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina	76
4.8.1.2. Análisis de degradabilidad del papel biodegradable elaborado con el zuro de maíz y glicerina	78
4.8.1.3. Análisis de degradabilidad del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina	79
4.9. Análisis y discusión de las pruebas ópticas del papel.....	80
4.9.1. FT-IR	80
CAPÍTULO V	84
5.1. Conclusiones.....	84
5.2. Recomendaciones	85
BIBLIOGRAFÍA	86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo1. Recolección y acondicionamiento de hojas y zuro de maíz	94
Anexo 2. Caracterización de materia prima	95
Anexo 3. Elaboración de papel	98
Anexo 4. Evaluación de las propiedades del papel.....	101
Anexo 5. Análisis de FT-IR.....	109

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de las variables independientes	20
Tabla 2. Operacionalización de las variables dependientes	21

Tabla 1. Formulación de las hojas: celulosa-almidón, fibra y glicerina	41
Tabla 2. Formulación de zuro: zuro y glicerina	42
Tabla 3. Formulación de mezcla: celulosa-almidón, fibra y zuro	42
Tabla 3. Resultados de caracterización de las hojas de maíz en base seca	53
Tabla 4. Resultados de la caracterización del zuro de maíz en base seca	53
Tabla 5. Características observadas en el papel con la formulación de hojas y glicerina	55
Tabla 6. Características observadas en el papel con la formulación de zuro y glicerina	56
Tabla 7. Características observadas en el papel con la formulación de hojas, zuro y glicerina	57

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación de porcentaje de humedad	35
Ecuación 2. Determinación de porcentaje de ceniza.....	36
Ecuación 3. Determinación de porcentaje de celulosa	37
Ecuación 4. Determinación de porcentaje de lignina	38
Ecuación 5. Determinación de porcentaje de humedad del papel	45
Ecuación 6. Determinación de porcentaje de absorción de agua del papel.....	46
Ecuación 7. Determinación de porcentaje de solubilidad del papel.....	47
Ecuación 8. Determinación permeabilidad al vapor agua del papel	47
Ecuación 9. Determinación de tracción del papel.....	48
Ecuación 10. Determinación de porcentaje de degradabilidad del papel	49

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del Mercado Mayorista de Milagro, donde se consiguió la materia prima	14
Figura 2. Diagrama de bloque para la obtención de la mezcla celulosa-almidón	40
Figura 3. Diagrama de bloque para la obtención de biopelículas por el método de moldeo	44

Figura 4. Gráfica de series de tiempo múltiple para el promedio de recolección en kg de hojas y zuro de maíz.....	51
Figura 7. Longitud de la celulosa.....	52
Figura 8. Longitud de la celulosa.....	52
Figura 9. Papel a base de zuro con orificios	56
Figura 10. Gráfica de optimización de respuesta del espesor de la formulación de hojas y glicerina.....	58
Figura 11. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la formulación de zuro y glicerina.....	59
Figura 12. Gráfica de efectos principales del espesor de la formulación de zuro y glicerina.....	60
Figura 13. Gráfica de optimización de respuesta de espesor de la formulación hoja, zuro y glicerina.....	60
Figura 14. Gráfica de contorno de mezcla para humedad de la formulación de hoja y glicerina	61
Figura 15. Gráfica de interacción para humedad para humedad de la formulación zuro y glicerina.....	62
Figura 16. Gráfica de contorno de mezcla para humedad de la formulación de hoja, zuro y glicerina.....	63
Figura 17. Gráfica de contorno de mezcla para solubilidad de la formulación de hoja y glicerina.....	64
Figura 18. Gráfica de interacción para solubilidad de la formulación de zuro y glicerina ..	65
Figura 19. Gráfica de contorno de mezcla para solubilidad de la formulación de hoja, zuro y glicerina.....	66
Figura 20. Gráfica de contorno de mezcla para absorción de la formulación de hoja y glicerina.....	67
Figura 21. Gráfica de interacción para absorción de la formulación de zuro y glicerina	68
Figura 22. Gráfica de contorno de mezcla para absorción de la formulación de hoja, zuro y glicerina.....	69
Figura 23. Gráfica de rastreo de la respuesta de Cox de la formulación de hoja y glicerina	70
Figura 24. Gráfica de interacción para la permeabilidad al vapor de agua de zuro y glicerina	71
Figura 25. Gráfica de rastreo de respuesta de Cox para la permeabilidad al vapor de agua de hoja, zuro y glicerina.....	72
Figura 26. Gráfica de contorno de mezcla para tracción de hoja y glicerina	73
Figura 27. Gráfica de interacción para tracción de zuro y glicerina.....	74

Figura 28. Gráfica de contorno de mezcla para tracción de la formulación hoja, zuro y glicerina.....	75
Figura 29. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de hoja y glicerina réplica 1	76
Figura 30. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de hoja y glicerina réplica 2	77
Figura 31. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de zuro y glicerina réplica 1	78
Figura 32. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de zuro y glicerina réplica 2	78
Figura 33. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de hoja, zuro y glicerina réplica 1	79
Figura 34. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de hoja, zuro y glicerina réplica 2	80
Figura 35. Gráfica de espectro del papel 1Ha	82
Figura 36. Gráfica de espectros sobrepuestos del papel de la formulación 1Ha con sus componentes	83
Figura 37. Recolección de residuos de maíz	94
Figura 38. Separación del zuro de los residuos de maíz	94
Figura 39. Separación de hojas de los residuos de maíz	94
Figura 40. Molienda del zuro	94
Figura 41. Zuro sumergido en solución de hidróxido de sodio	94
Figura 42. Hojas de maíz sumergidas en zuro de maíz	94
Figura 43. Cocción de materia prima.....	94
Figura 44. Lavado y filtrado de materia prima	94
Figura 45. pH neutro de la materia prima después del lavado	94
Figura 46. Fibra.....	95
Figura 47. Zuro	95
Figura 48. Celulosa-almidón	95
Figura 49. Muestra de hojas para humedad.....	95
Figura 50. Muestra de zuro para humedad	95
Figura 51. Hojas después del análisis de humedad.....	95
Figura 52. Zuro después del análisis de humedad	95
Figura 53. Incineración de muestra en reverbero	96
Figura 54. Muestra incinerada en la mufla.....	96
Figura 55. Ceniza de zuro.....	96
Figura 56. Ceniza de hoja de maíz.....	96
Figura 57. Solución de etanol-ácido nítrico	96

Figura 58. Calentamiento por reflujo de la materia prima acondicionada con la solución de etanol-ácido nítrico	96
Figura 59. Secado de la muestra de hoja de maíz	97
Figura 60. Secado de la muestra de zuro de maíz.....	97
Figura 61. Lavado de muestra con agua caliente después de calentamiento por reflujo con solución de hidróxido de sodio	97
Figura 62. Muestra con solución de ácido sulfúrico	97
Figura 63. Calentamiento por reflujo de muestras con ácido sulfúrico	97
Figura 64. Muestra final ceniza zuro de maíz	97
Figura 65. Muestra final ceniza hojas de maíz	97
Figura 66. Homogenizando los componentes de las formulaciones.....	98
Figura 67. Vertiendo la mezcla homogenizada en el molde antiadherente.....	98
Figura 68. Moldeo.....	98
Figura 69. Papel de la formulación 1H	98
Figura 70. Papel de la formulación 1Ha.....	98
Figura 71. Papel de la formulación 1ha.....	98
Figura 72. Papel de la formulación 1hA	98
Figura 73. Papel de la formulación 1A	98
Figura 74. Papel de la formulación 2H	98
Figura 75. Papel de la formulación 2Ha.....	99
Figura 76. Papel de la formulación 2ha.....	99
Figura 77. Papel de la formulación 2ha.....	99
Figura 78. Papel de la formulación 2A	99
Figura 79. Papel de la formulación 3H	99
Figura 80. Papel de la formulación 3Ha.....	99
Figura 81. Papel de la formulación 3ha.....	99
Figura 82. Papel de la formulación 3hA	99
Figura 83. Papel de la formulación 3A	99
Figura 84. Papel de la formulación 1Za	100
Figura 85. Papel de la formulación 1Zb.....	100
Figura 86. Papel de la formulación 2Za	100
Figura 87. Papel de la formulación 2Zb.....	100
Figura 88. Papel de la formulación 3Za	100
Figura 89. Papel de la formulación 3Zb.....	100

Figura 90. Papel de la formulación M1.....	100
Figura 91. Papel de la formulación M2.....	100
Figura 92. Papel de la formulación M3.....	100
Figura 93. Papel de la formulación M4.....	101
Figura 94. Papel de la formulación M5.....	101
Figura 95. Papel de la formulación M6.....	101
Figura 96. Papel de la formulación M7.....	101
Figura 97. Papel de la formulación M8.....	101
Figura 98. Papel de la formulación M9.....	101
Figura 99. Espesor de la formulación mezcla.....	101
Figura 100. Espesor de la formulación de zuro	101
Figura 101. Espesor de la formulación de hoja	101
Figura 102. Secado del papel. Formulación las hojas de maíz con 1,2 g de glicerina ...	102
Figura 103. Secado del papel. Formulación hojas de maíz con 1,5 g de glicerina seco .	102
Figura 104. Secado de papel Formulación de hojas de maíz con 1,8 g de glicerina seco	102
Figura 105. Secado de papel. Formulación de zuro.....	102
Figura 106. Secado de papel Formulación de mezcla.....	102
Figura 107. Muestras húmedas del papel. Formulación hojas de maíz para formulaciones 1,2 g glicerina.....	103
Figura 108. Muestras húmedas del papel. Formulación hojas de maíz para formulaciones 1,5 g glicerina	103
Figura 109. Muestras húmedas del papel. Formulación hojas de maíz para formulaciones 1,8 g glicerina	103
Figura 110. Muestras húmedas del papel de las formulaciones de zuro de maíz.....	103
Figura 111. Muestras húmedas de las formulaciones de mezclas	103
Figura 112. Muestras en el secador.....	103
Figura 113. Muestras secas. Formulación 1,2 g glicerina.....	103
Figura 114. Muestras secas. Formulación de zuro	103
Figura 115. Muestras secas. Formulación 1,5 g glicerina.....	103
Figura 116. Muestras secas. Formulación de mezcla	104
Figura 117. Muestras para absorción	104
Figura 118. Muestras sumergidas en 50 ml de agua.....	104
Figura 119. Muestras después de 1 h de agitación.....	104

Figura 120. Pesado final de la muestra húmeda	104
Figura 121. Montado de estructura para inicio de ensayo de tracción.....	105
Figura 122. Probeta M5 con peso en el ensayo de tracción	105
Figura 123. Ubicación del portamasa.....	105
Figura 124. Probeta 1Zb con 120 g de peso	105
Figura 125. Rotura de la probeta 1Ha	105
Figura 126. Probeta M6 180 g de peso.....	105
Figura 127. Muestras después 24 horas	106
Figura 128. Muestras después de 1 hora	106
Figura 129. Muestras de pues de 3 horas	106
Figura 130. Prueba de biodegradabilidad de la formulación de las hojas con 1,2 g de glicerina	107
Figura 131. Prueba de biodegradabilidad de la formulación de las hojas con 1,5 g de glicerina	107
Figura 132. Prueba de biodegradabilidad de la formulación de las hojas con 1,8 g de glicerina	107
Figura 133. Prueba de biodegradabilidad de la formulación de zuro	107
Figura 134. Recipiente lleno de tierra de sembrado con 6 cm de altura	107
Figura 135. Prueba de biodegradabilidad de la formulación de mezclas.....	107
Figura 136. Fundas biodegradables con la formulación de hojas.....	108
Figura 137. Fundas biodegradables con la formulación 1Ha	108

CAPÍTULO I

1. Problema

1.1. Tema

Evaluación de las características de fundas biodegradables elaboradas con celulosa-almidón de las hojas y zuros de maíz

1.2. Línea de investigación y sublínea de investigación

El trabajo de titulación realizado presenta la línea de investigación de Ciencias básicas, bioconocimiento y desarrollo industria y la sublínea de investigación pertenece al Área de Procesos y modificación química de polímeros 1-17A Química Aplicada.

1.3. Planteamiento del problema

Ecuador es un país agrícola, no solo por la importancia que tiene en la economía del país también en la estabilidad alimenticia en todo el territorio nacional (Montero et al., 2014), En 2018, se produjeron 2.3000 millones de kg en productos agrícola siendo los más representativos con el 59,46 % de su totalidad el cacao, palma, maíz, caña de azúcar, papa, arroz, brócoli, palma, naranja y banano (Salazar et al., 2017).

El plástico es una agrupación de monómeros con un alto peso molecular derivados del petróleo, a los que se le añade aditivos para mejorar sus características físicas y que ocasionan que su degradación sea imposible (Peña Murillo et al., 2019; Prado et al., 2012). Ecuador genera anualmente 4 millones de Tns de desechos plásticos y solo una media del 20 % se los recicla o reutiliza porque no existe un plan de manejo correcto y clasificación los

residuos, ocasionando mezclas dentro de los tachos de basura de residuos plásticos, orgánicos y no re utilizables (Ormaza et al., 2020).

En el cantón Milagro, la mayor parte de la superficie del sector agrícola corresponde a cultivos de caña de azúcar con 18.285,11 ha, cacao con 9.361,17 ha, banano con 5.910,34 ha, plátano 2.109,17 ha, y el maíz con 1.464,47 ha (Zapata et al., 2014). Milagro pertenece al 90 % de las municipalidades que no cuentan con un sistema correcto de manejo de residuos sólidos, porque todos los desechos urbanos y residuos provenientes de mercados o que contengan materiales orgánicos son combinados y echados a los botaderos (Vergara et al., 2019). Adicional, la contaminación por plástico en Milagro es evidente al no presentarse un plan de reciclaje por parte del municipio y concientización por parte de la ciudadanía, por esta razón estos desechos terminan juntándose con residuos orgánicos en los botaderos (Villalta, 2013).

Por tanto, esta investigación propone dar un valor a los residuos de maíz, a través del su uso en fundas biodegradables que generaran un mínimo impacto ambiental a comparación de los plásticos convencionales que son derivados del petróleo.

1.4. Formulación y sistematización

1.4.1. Formulación del problema

¿Cuáles serán los porcentajes de celulosa-almidón de hojas y zuros de maíz en las formulaciones para la elaboración de las fundas biodegradables?

1.4.2. Sistematización del problema

¿Cuánto de residuos se generan en el mercado Mayorista de Milagro?

¿Cuál es la composición de las hojas y del zuro de maíz?

¿Qué formulación será la más adecuada para la elaboración de la funda biodegradable?

¿Qué caracterizaciones de la funda biodegradable se realizarán?

1.5.3. Delimitación del contenido

Esta investigación comprende la recopilación de información a través de revisiones bibliográficas para conocer los constituyentes de las hojas y zuros de maíz, así como también metodologías para la aplicación en la parte experimental. Se cuantificó la cantidad de hojas y zuros de maíz generados en el Mercado Mayorista de Milagro. Se caracterizó la materia prima y se extrajo la mezcla de celulosa-almidón al sumergir las hojas y zuros en una solución al 5 % de hidróxido de sodio (NaOH). Finalmente, se realizaron formulaciones con glicerina en distintas cantidades para conseguir las fundas biodegradables.

1.6. Justificación de investigación

1.6.1. Justificación teórica

Los materiales plásticos que son derivados del petróleo preocupan por su tardo periodo al degradarse, lo que ha ocasionado buscar nuevos materiales que sustituyan todo material sintético proveniente de recursos fósiles por productos que tengan un impacto mínimo en los ecosistemas (Tibolla et al., 2018).

La materia prima más usada para diseñar biopolímeros son los hidratos de carbono provenientes de componentes lignocelulósicos. Estos están presentes en residuos agrícolas como en las hojas y zuro de maíz, dónde el zuro de maíz está compuesto por la hemicelulosa 31,1 al 41,2 %, celulosa 30 al 50 % y lignina 4,5 al 18,8

%. Las hojas de la mazorca de maíz están conformadas por holocelulosa 78,86 %, celulosa 43,14 %, lignina 23,00 % y cenizas 0,76 % (Prado et al., 2012).

El polímero presente en la mayor parte de plantas es el almidón con un aproximado de 60 millones de ton/año, se lo utiliza principalmente en el sector alimenticio para hacer gelificantes, aumentar la densidad, para emulsiones, entre otros (FAO, 2006).

En la elaboración de biomaterial, se utilizan materias primas con altos contenidos de almidón que permitan rendimientos buenos al obtenerlo, es necesario los plastificantes como la glicerina para mejorar sus características (Vargas, 2019).

1.6.2. Justificación metodológica

El método de moldeo se aplicará para la obtención de biopelículas en este proyecto de investigación. La materia prima para realizar este proceso será la celulosa-almidón que se extraerá de las hojas y zuro de maíz (Pinargote et al., 2016). Se propone 3 tipos de formulaciones con diferentes cantidades de materia prima y glicerina para sus posteriores análisis donde se utilizará un método estadístico de 2 varianzas.

Se empieza con una acondicionamiento y caracterización de la materia prima, se realizará el porcentaje de humedad con el método AOAC 934.01 explicado por (Sanín et al., 2016), en la determinación de ceniza se aplicará la normativa T 211 om-93 aplicada por Prado et al. (2012), en la determinación de fibra cruda se utilizará la normativa AOAC 978.10. Para determinar la celulosa-almidón se utilizará el método de Kraft según lo descrito en (A. Jiménez et al., 2019).

Para la caracterización de la funda biodegradable se realizará el contenido de humedad descrito (INEN, 1986), para determinar la permeabilidad al vapor de agua la se utilizará la norma ASTN E96 aplicada por (Trejo et al., 2001), para conocer la degradabilidad del papel se adaptará lo descrito según (Sernaqué et al., 2020), en la determinación del espesor (INEN 1399, 2013) de las películas se utilizará , para medir la absorción de agua se utilizarán metodologías de (Jamróz et al., 2018; Souza et al., 2017), la solubilidad se realizará (Román et al., 2020) y por último se realizará el análisis de espectroscopía infrarroja.

1.6.3. Justificación práctica

Los residuos agrícolas que son desechados; como las hojas y zuros de maíz, pueden ser procesados y tener un uso adicional como nuevos tipos de materia prima. El Plan Nacional del buen vivir indica que se debe incentivar a correctos procedimientos ambientales que sirvan “para minimizar la contaminación, a la conservación, a la mitigación y a la adaptación a los efectos del cambio climático, e impulsar las mismas en el ámbito global” (SENPLADES, 2017).

Según Solíz et al. (2020), en el cantón Milagro se producen 157,64 ton/día de residuos sólidos provenientes de las industrias, sector agrícola y el comercio.

Buscar una nueva opción a través de biomateriales es el objetivo de este proyecto en su propuesta de elaboración de fundas biodegradables a partir de residuos generados en el Mercado mayorista del cantón Milagro, como lo son las hojas y zuro del maíz, con la finalidad de disminuir el uso de fundas plásticas

La degradación de este tipo de materiales es muy lenta y mientras se espera este proceso, se sigue acumulando y contaminando todo tipo de ambiente. Lo que se quiere lograr es utilizar residuos agroindustriales como una nueva fuente de obtención de materiales amigables con el ambiente y que se degraden en un periodo de tiempo más corto y que aporten al proyecto “Desarrollo de polímeros con propiedades antimicrobianas FCICE 017”.

1.7. Objetivos de la investigación

1.7.1. Objetivo general

Evaluar las características de fundas biodegradables elaboradas con celulosa y almidón de hojas y zuro de maíz.

1.7.2. Objetivos específicos

- Estimar la disponibilidad de materia prima en el Mercado Mayorista de Milagro.
- Determinar el contenido de celulosa-almidón de los residuos.
- Elaborar papel para las fundas biodegradables a partir del método de moldeo.
- Caracterizar el papel para las fundas biodegradables a partir de la formulación más eficiente.

1.8. Hipótesis general o premisas

Las concentraciones de celulosa-almidón de hojas y zuro de maíz permiten elaborar fundas biodegradables.

1.9. Variables de la investigación

1.9.1. *Variable independiente*

Cantidad de celulosa-almidón de hojas y zuros de maíz

1.9.2. *Variable Dependiente*

Propiedades de las fundas de biodegradables: Degradabilidad, absorción de agua, ángulo de gota de agua, FTIR, permeabilidad al vapor de agua, opacidad y espesor.

1.10. Operacionalización de las variables

Tabla 1. Operacionalización de las variables independientes

Tipo de variable	Subvariables	Categoría	Materiales	Indicador
Independiente	Celulosa- almidón	Constituyentes obtenidos a través de la extracción de hojas y zuros de maíz	Balanza analítica, Na(OH), agua, vidrio reloj, espátula	g
	Glicerina	Alcohol proveniente del azúcar con tres grupos hidroxilos	Balanza analítica, vidrio reloj. Espátula	g

Tabla 2. Operacionalización de las variables dependientes

Tipo de variable	Tipo de análisis	Pruebas	Metodología	Equipo	Indicador
Dependiente	Físicas	Humedad	AOAC 934.01	Estufa, desecador y balanza analítica	%
		Espesor	NTE INEN 1399	Micrómetro	mm
	Mecánicas	Permeabilidad al vapor	E96	Desecador y balanza analítica	gm/s.m ² Pa
		Tracción	(Brigidano et al., 2021)	Portamasa, pesos, soportes y sujetadores	Pa
	Biodegradable	Degradabilidad	ASTN D5488-944	Balanza analítica	g (pérdida de peso)
	Funcionales	bsorción de agua	(Joaqui & Villada, 2013)	Balanza analítica	g
		Solubilidad	(Román et al., 2020)	Estufa, balanza analítica	g
	Ópticas	FTIR	(Vázquez, Santiago, Rivadeneyra, & Díaz-Sobac, 2019)	Espectrofotómetro FT/IR	cm-1

CAPÍTULO II

2. Marco referencial

2.1. 2.1. Antecedentes

En Ecuador las cosechas de los cultivos permiten el crecimiento del capital que permite la actividad continua en el sector industrial secundario, pero el sistema nacional de agricultura aún no consigue los estándares para lograr cambiar el proceso productivo de la agroindustria que origine una cooperación comercial y financiera (Viteri & Tapia, 2018).

Según la información recopilada en las provincias con mayor producción de maíz duro como Manabí, Guayas, El Oro, Los Ríos y Loja, en el penúltimo trimestre del año 2021 donde se seguían sobrellevando dificultades por los estragos de la pandemia, hubo un aumento del 7 % de cultivos en los terrenos agrícolas (Banco Central del Ecuador, 2021).

La producción de maíz duro por hectárea se redujo en un 4,2 % en el transcurso del 2021 por la pandemia, también tuvo un impacto en el valor del maíz duro entre agricultores y se prevé que en los siguientes cinco años una producción de más duro por hectárea de 7 Tn (Zambrano & Andrade, 2021).

A través de la información del (Banco Central del Ecuador, 2021) a cerca de las exportaciones de las diferentes variedades de maíz fue alrededor de 7,9 Tn, aumentando en 0,7 Tn en comparación del mismo trimestre del 2020 y con respecto a las importaciones, en el primer periodo del 2021 fue de 59.218,7 Tn a diferencia del trimestre del 2020 que se importó 52.576,7 Tn.

Los residuos pueden ser de diferente origen y clasificación, también encontramos residuos provenientes del sector agrícola que pueden ser utilizados como

materia prima para diferentes procesos o productos, al asignarle un valor agregado aprovechando su origen para obtener un mínimo impacto en el ambiente (Lesme et al., 2019). Las hojas, tallos y zuros del maíz son los residuos que provienen del sector agroindustrial, donde se estima una generación anual de 2,6 millones de Tns en el Ecuador y esta cantidad de residuos pueden ser utilizadas como fuente de energía o material principal para generar productos amigables con la naturaleza (Roca et al., 2017).

En el 2015, a nivel mundial se produjeron 3.800 millones de Tn de plásticos y el periodo en el que pueden degradarse pueden ser de centenas a millones de años al estar creados con resinas de muy alta calidad derivados de los hidrocarburos(Rivera et al., 2020). Ecuador no está ausente a la problemática de los residuos plásticos, en 2019 se estimaron 528.000 Tn de esta clase de residuos que representa el 11 % de todos los desechos en un año, debido a que el 80 % de la población utiliza diariamente bolsas plásticas tipo camiseta al realizar compras (J. López et al., 2020).

Los bioplásticos poseen características similares al plástico y se diferencia en dos aspectos, al ser biobasados están constituidos principalmente de material orgánico y pueden biodegradarse, gracias a su estructura que se puede alterar por la interacción de enzimas propias o microorganismo (Morillas et al., 2015). Para ser considerado un biopolímero debe cumplir con la normativa ASTN D6400 (Campuzano et al., 2018).

Los residuos del sector agrícola están constituidos por componentes lignocelulósicos que pueden ser utilizados como biomasa o materia prima para la creación de biopolímeros, transformando parte de los procesos producción en los que se usa derivados del petróleo por materiales que son sostenibles y degradarse sin ocasionar una consecuencia negativa a los ecosistemas (Gallezot, 2007). Existen tres

clases de polímeros entre los elementos lignocelulósicos que son celulosa, hemicelulosa y lignina, que pueden ser utilizados como base en la creación de nuevas estructuras con características similares al plástico convencional (Giovanni & Ortiz, 2011).

Un plastificante es necesario para producir biopolímeros como el glicerol que posee características higrométricas, plastificador en contacto con la macromolécula del almidón, poco volátil con la capacidad de tener interacción con los puentes de hidrógeno, ocasionando una estructura con regular estabilidad (Almario et al., 2018).

2.2. Marco teórico

2.2.1. *Historia de los biopolímeros*

La naturaleza brindó los primeros instrumentos al hombre como las piedras, maderas y metales que fueron utilizados para facilitar las actividades, sin embargo, la incesante evolución e ingenio de la mente humana busco más materiales que cumpliera con las expectativas deseadas y se utilizan los primeros polímeros como ámbar, resinas provenientes de insectos y látex de la savia los árboles (Labeaga, 2018).

En 1869, John Wesley Hyatt sintetiza un polímero obtenido de la celulosa al que se lo denominó celuloide que se utiliza para elaborar películas fotográficas, así décadas después se crea el celofán resultante de la celulosa, el polímero nombrado como baquelita fue el primer fabricado sintéticamente, creado por Leo Baekeland en 1.909 y es el resultado de la unión de un metanal y un fenol con un catalizador. La producción de plástico en grandes cantidades favorece a las industrias de forma económica y productiva, si se utilizan los derivados del petróleo como materia principal, como sucedió en la primera mitad del siglo XX (S. García, 2009).

Los estudios y avances tecnológicos hasta la actualidad han permitido adaptar nuevas materias primas que sean sostenibles y renovables, para producir materiales que cumplan los estándares de calidad y minimicen el impacto ambiente (C. Flores, 2009). El desarrollo de procesos de producción de plástico a partir de los hidrocarburos fósiles generó una demanda mayor para su fabricación logrando desplazar a los estudios realizados para la obtención de plásticos por biopolímeros.

Los biopolímeros de procedencia natural son biodegradables y están constituidos principalmente de almidón, celulosa, glucógeno y lípidos (Valero et al., 2013), que se puede encontrar en residuos orgánicos, de fácil adquisición y poca inversión (Andler & Díaz, 2013). La creación de estos productos ayuda a minimizar el impacto que tiene sobre los ecosistemas debido a la degradación en un lapso de tiempo menor que los plásticos derivados del petróleo (Alarcón & Arroyo, 2016).

2.2.2. Clasificación de los polímeros

Según Durán et al., (2005), los polímeros se pueden diferenciar según su origen, estructura molecular y reacciones de formación.

2.1.1.1. Según su origen

Naturales: Los polímeros naturales, como; polisacáridos, proteínas, entre otros se los pueden encontrar en los vegetales y también se obtener de animales que están presentes en los ecosistemas.

Semisintéticos: Se los puede conseguir a través de un proceso químico donde la materia prima sigue siendo de origen natural, manteniendo la estructura de los conjuntos de monómeros de la misma naturaleza, ejemplo; la celulosa utilizada para obtener seda artificial.

Sintéticos: Los polímeros de origen sintético son elaborados con estructuras de menor peso molecular, como; polivinilo de cloruro, polieteno, nylon, entre otros (Rodríguez & Orrego, 2016).

2.1.1.2. Según su estructura molecular

Lineales: Son de estructuras tipo cadena de extensa longitud, con enlaces que se reiteran y no presentan ramificaciones

Ramificados: Presentan moléculas de mayor tamaño que las lineales y en la serie principal se ramifican con cadenas laterales.

Reticulados: Formado por una serie principal de macromoléculas con ramificaciones entrecruzadas tridimensionalmente.

2.1.1.3. Según las reacciones de formación

Polimerizados: Las moléculas de mayor peso molecular se han originado a partir de la unión de conjuntos de moléculas monómeras insaturadas, el más común es el polieteno

Policondensados: Las moléculas de gran tamaño se enlazan con moléculas de características similares, que pueden desprenderse de algún monómero ubicado en las ramificaciones.

2.2.3. Biopolímeros

Los biopolímeros son macromoléculas que se pueden conseguir de diferentes elementos de la naturaleza, que constituyen el desarrollo de diferentes de procesos biológicos fundamentales como la conservación del ADN, metabolismo celular y el almacenamiento de azúcares (Rodríguez et al., 2020). La gran cantidad de materia prima y los procesos en los que se puede obtener biopolímeros permite que sectores dedicados a los alimentos, sanidad, elaboración de medicinas, entre otros, tomen en consideración el uso por su capacidad de biodegradación (Zhang et al., 2013).

Los residuos vegetales, animales y cultivos de microorganismos pueden dar origen a la materia prima de los biopolímeros, sin embargo, estos biomateriales pueden ser combinados con compuestos sintéticos para mejorar características físicas y mejorar la calidad (van de Velde & Kiekens, 2002).

2.2.4. Hojas de maíz

Las hojas del maíz están compuestas por una fina pared celular denominada parenquimatosas que presentan un gran número de orificios común de las plantas monocotiledóneas, también cuentan con xilema, que son conductos que se encargan de trasladar la savia desde la raíz hasta la hoja (Stergios, 2006).

2.2.5. Zuro de maíz

El zuro de maíz o también conocido como olote está compuesto por grandes cantidades de xilana al igual que las fuentes leñosas, siendo una alternativa factible para las

industrias por ser un residuo agrario y por la variedad de compuestos que se pueden obtener (Córdoba et al., 2010).

2.2.6. Fundas biodegradables

Las fundas biodegradables están constituidas por cadenas moleculares similares a las de plástico convencional, pero al combinarse con componentes lignocelulósicos permite cambiar la estructura fisicoquímica, mejorando las propiedades de degradación por la interacción que pueden llegar a tener con agentes microbianos (Huang & Streitwieser, 2015).

Los polímeros biodegradables pueden ser hidro-biodegradables al estar constituidos por componentes lignocelulósicos, las enzimas tienen la capacidad de degradación de las estructuras formadas, o polímeros oxo-biodegradables que contienen estructuras con agregados sintéticos que al aumento de temperatura causa una termoxidación o estar expuestos radiación ultravioleta se origina la fotoxidación en los aditivos sintético, acortando el tamaño de su estructura y conformando compuestos oxigenados de fácil metabolismo para los microorganismos (Sivan, 2011).

2.2.7. Pruebas del papel biodegradable

2.2.7.1. Espesor

Esta prueba nos permite conocer el espesor de cualquier hoja de papel utilizando un micrómetro que aplicará una fuerza estática sobre el papel y se obtendrá el valor (INEN 1399, 2013). Es necesario realizar más de una repetición para obtener un promedio final.

2.2.7.2. Humedad

Es un procedimiento termogravimétrico que consiste en determinar la cantidad de agua que posee la muestra a analizar a través de la medición de peso al inicio y después de haber pasado por un proceso de calentamiento a alta temperatura por un lapso de tiempo (E. García & Fernández, 2012).

2.2.7.3. Solubilidad

La capacidad de solubilidad es una medición de la liberación de los conjuntos de amilosa que se pierden en la parte interna del gránulo y deforma composición externa por la cantidad de agua absorbida (Anchundia et al., 2016).

2.2.7.4. Absorción

La absorción de agua permite conocer la capacidad que posee la parte superficial de la funda biodegradable de retener humedad y las propiedades hidrofílicas que se pueden determinar según el análisis realizado (Arrieta et al., 2018).

2.2.7.5. Tracción

Es el esfuerzo que se realiza sobre un material al ser sometido a diferentes pesos y permite apreciar la capacidad mecánica de la muestra (Brigidano et al., 2021).

2.2.7.6. Permeabilidad al vapor de agua

La determinación de la permeabilidad consiste en un procedimiento gravimétrico en el que se utiliza el desecador y el higrómetro para estimar la permeabilidad al vapor de agua a través de la variación del peso por la humedad que puede transferir por las corrientes de vapor que se transmiten a la muestra (Joaqui & Villada, 2013).

2.2.7.7. Biodegradabilidad

La biodegradabilidad de la muestra puede ser completa, debido a la descomposición del material orgánico por la mineralización convirtiendo cadenas complejas en moléculas más sencillas como en minerales, agua y dióxido de carbono (Labeaga, 2018).

2.3. Marco conceptual

El maíz es una de la plantas más cultivadas y consumidas en el mundo, tipo monocotiledónea, originaria del continente americano y que crece entre 60 a 80 centímetros (Sánchez & Pérez, 2014). Contiene abundante composición de lignocelulosa.

La glicerina es usada en la fabricación de biopolímeros por sus propiedades humectantes, volatilidad baja con la interacción con los puentes de hidrógeno que posibilita estructuras estables y su característica como plastificante posibilita del interactuar del almidón con la glicerina que genera higroscopicidad, originando una mejor absorción de la humedad (Arrieta et al., 2018).

Los bioplásticos son materiales aprovechados a partir de residuos orgánicos que se degradan en un tiempo menor al plástico que son derivados de combustibles fósiles (Peña & López, 2020). La biodegradación se produce porque su composición permite que microorganismos las generen o la reacción de sus enzimas (Morillas et al., 2015).

Almidón es el conjunto de monómeros de la glucosa, producido por la planta y están conformadas por la mayor parte de su estructura, son insolubles y poseen diferentes medidas sus gránulos que pueden variar según la materia prima de donde se lo quiera extraer (Bernal, 2006).

La celulosa es una estructura de alto peso molecular de forma lineal que se encuentra presente en prácticamente todos los materiales lignocelulósicos, que se encuentran adheridos con azúcares a través de enlaces glicosídicos u otras conformaciones (Medina et al., 2011).

2.4. Marco contextual

Durante el 2.019, 36 empresas se dedicaron a la producción de maíz y el 50 % estaban ubicadas en la provincia del Guayas, mientras en el año 2.020, en territorio nacional se pudieron cosechar 355,913 hectáreas de maíz siendo Los Ríos con 642,761 Tn, Manabí 280,757 Tn, Guayas 247,712 Tn, Loja con 61,094 Tn los que más produjeron y el resto de provincias un total 126,302 Tn (Corporación Financiera Nacional, 2021).

Las provincias con mayor cantidad de cultivos de maíz son Los Ríos y Guayas que producen grandes cantidades de residuos agrícolas del maíz generadas, en 361,347 hectáreas cultivadas se finalizó con 434921,3 Tn de residuos provenientes durante todo el proceso productivo en el año (Calderón et al., 2017).

Una de las principales actividades agrícolas que se genera en Milagro, son cultivos de maíz con una superficie 1491,7 ha que generan residuos que son aprovechados como los zuros, para la alimentación del ganado y las hojas que sirven para preparar comidas o algún tipo manufactura (CLIRSEN, 2009).

Los mercados del cantón están regidos por ordenanzas y se especifican la cantidad de locales que vende los distintos tipos de productos del mercado (Gobierno Autónomo de Milagro, 2016). Los residuos generados en los mercados municipales del cantón Milagro son recolectados según el horario y día establecido por el municipio (Vergara et al., 2019).

CAPÍTULO III

3. Metodología emplearse

3.1. Enfoque

El enfoque en el que basó este proyecto cuenta con una investigación cualitativa y cuantitativa. Cualitativa debido a la comparación realizada con la información de las revisiones bibliográficas (Cerrón, 2019) y cuantitativa, porque se evaluaron los resultados a través de análisis estadísticos con la finalidad de verificar el cumplimiento de la hipótesis propuesta, escogiendo metodologías y normativas aplicadas con base científica se llevaron a cabo la parte experimental para la obtención de las fundas biodegradables (Cárdenas, 2018).

Para establecer su eficiencia se utilizaron diversos análisis como físicos, ópticos, mecánicos, funcionales y de degradabilidad. En el análisis físico se aplicaron pruebas de espesor (INEN 1399, 2013) y humedad (INEN, 1986). La solubilidad y absorción de agua nos permitirán evaluar las capacidades funcionales de la funda como Joaqui & Villada, (2013); Román et al., (2020) . La permeabilidad al vapor de agua y tracción se lo usó como validación de las pruebas mecánicas aplicadas con la normativa ASTM E96 y (Brigidano et al., 2021; Flores, 2021). La determinación de degradabilidad que se la obtendrá por variación en el peso según Sernaqué et al., (2020) y, por último, el análisis óptico se realizó el FT-IR (Vázquez, Santiago, Rivadeneyra, & Díaz, 2019).

3.2. Modalidad básica de investigación

Las modalidades de investigación según Relat, (2010) es el conjunto de métodos de averiguación pueden ser básicas, científica aplica y de formación de del recurso humano. De acuerdo con Vargas, (2009) una investigación es científica aplica cuando

usan en de revisiones bibliográficas, metodologías de diversos autores para asegurar que los valores de los resultados fueron obtenidos correctamente, también la recolección de la materia prima, en este caso en el Mercado Mayorista del cantón Milagro, hasta el acondicionamiento y diversos análisis realizados en el laboratorio de Química Analítica de la Universidad de Guayaquil. Los resultados conseguidos en el proceso experimental serán comparados con estudios similares para verificar los valores obtenidos con las técnicas y normativas utilizadas.

Con este proyecto de investigación realizado se desea dar un valor agregado a las hojas y zuros de maíz para extraer la mezcla celulosa-almidón, que fueron recolectadas del mercado de Mayorista de Milagro para ser utilizadas como materia prima en la elaboración de fundas biodegradables con un mejor índice de degradabilidad en un corto periodo de tiempo.

3.3. Tipo de investigación

Los tipos de investigación en este proyecto son descriptivos, explicativos y exploratorios.

Según Hernández et al., (2010), la investigación es descriptiva debido a los análisis que se le realizarán a la materia prima antes y después de su acondicionamiento que se lo detallará en la metodología, también al producto final que será la funda biodegradable.

Según Zafra, (2006) es explicativa, por el problema que se planteó de la contaminación por los residuos plásticos existentes en Milagro y por los residuos generados por los mercados del cantón que no son aprovechados a pesar del alto

contenido lignocelulósicos que poseen la mayor parte de los vegetales que son desechados sin darle ningún valor agregado.

Exploratoria de acuerdo a Sampieri, (2014), por las investigaciones realizadas a cerca del problema trazado y la composición de la materia prima a utilizar para el desarrollo de fundas biodegradables, cuyos resultados estarán en comparación con diversos autores a través de métodos estadísticos que se hayan aplicado metodologías similares, mostrando una fuente de observación para próximas investigaciones.

3.4. Procedimiento experimental

3.4.1. *Reactivos, equipos y materiales*

Los reactivos utilizados fueron ácido nítrico al 68 %, ácido sulfúrico al 98 %, hidróxido de sodio, etanol y agua destilada. Los equipos y materiales utilizados fueron mufla, balanza analítica Sartorius, balanza digital Camry, estufa Memmert 854 Schwabach, sorbona Biobase Fume Hood modelo FH1000 (A), reverbero, desecador, tela lienzo, balón de aforo de 1000 ml, matraz, pipeta, pipeteador, embudo de vidrio, termómetro, cronómetro, vasos de precipitación, crisoles y vasos de precipitación.

3.4.2. *Cuantificación de las hojas y zuros de maíz*

La cuantificación de las hojas y zuros de maíz se lo realizó en el mercado mayorista del cantón Milagro, se los recolecto durante 14 días los residuos generados en los puestos donde se vendía el respectivo producto.

3.4.3. Acondicionamiento de materia prima

A las hojas de maíz se las dividió de forma manual en dirección de las fibras hasta dejarlas con un ancho menor al centímetro y a los zuros se cortaron para poder pasarlos a través del molino manual. Se sumergieron en una solución de hidróxido de sodio al 5 % durante una semana y posteriormente se cocinó la materia prima con la misma solución durante 1 hora.

3.4.4. Caracterización de las hojas y zuro de maíz

Se caracterizarán las hojas y zuros de maíz para determinar sus propiedades físico químicas como; contenido de humedad, ceniza, lignina y celulosa.

3.4.4.1. Determinación de humedad

Para determinar el porcentaje de humedad de las hojas y zuro de maíz se aplicó la metodología de (Bassante, 2018) guiado por la normativa AOAC 932.01. Previamente las cajas petri fueron llevadas a la estufa, para eliminar humedad que pueda interferir en el procedimiento y luego, al desecador hasta que alcance una temperatura ambiente. Finalizando con tomar el peso de la caja Petri, tanto su base como la tapa. Se pesó 1 g de muestra en la caja petri y se lo llevó a la estufa a una temperatura de $103\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3$ por 5 horas, retirando de la estufa para llevarlo al desecador hasta que reduzca su temperatura a la del ambiente. Se replicó 3 veces el procedimiento. La fórmula aplicada para conocer el porcentaje de humedad es:

$$\text{Humedad (\%)} = \left[\frac{Mf - Mc}{Mi - Mc} \right] \times 100$$

Ecuación 1. Determinación de porcentaje de humedad

Donde:

Mf: Masa del recipiente con la muestra seca

Mc: Masa del recipiente con la muestra inicial

Mi: Masa del recipiente Petri sin muestra

3.4.4.2 Determinación de ceniza

En la determinación de ceniza se realizará lo descrito por (Prado et al., 2012) aplicando la norma T 211 om-93, la mufla de alcanzar una temperatura de $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante 60 minutos, luego se traslada a la estufa por aproximadamente 30 minutos a una temperatura de $130\text{ }^{\circ}\text{C}$. A fin de que el alcance una temperatura ambiente, el crisol es llevado al desecador. Después de todo este procedimiento, se puede tomar el peso del crisol en la balanza analítica. También se toma el peso de muestra de 2 g en el crisol.

Los 2 g de muestra se introdujo en el crisol, es llevada para calcinarla en el reverbero, seguido de este proceso térmico se lo llevó a la mufla a una temperatura de $550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta que la muestra se transforme en ceniza en su totalidad. El crisol con la muestra es llevado por media hora a una temperatura de $130\text{ }^{\circ}\text{C}$. Una vez pasada este lapso de tiempo, se lo coloca en el desecador hasta que alcance la temperatura ambiente para poder manejarlo con facilidad. Se pesa el crisol con la muestra hecha ceniza en la balanza analítica para conocer el peso final de este procedimiento. Se utilizó la siguiente fórmula:

$$Ceniza(\%) = \frac{A \times 100}{B}$$

Ecuación 2. Determinación de porcentaje de ceniza

Donde:

A: Masa de la ceniza en gramos

B: Masa seca de la muestra en gramos

3.4.4.3. Determinación de celulosa

En la determinación de celulosa se utilizó el método Kurschner y Hoffer realizado por (Hernández et al., 2021). Se utilizó de 1 g molido de muestra que se colocó en un matraz, añadiendo 20 ml etanol y 5 ml de ácido nítrico al 60 % de concentración, se lo llevó a un calentamiento por reflujo durante 30 minutos y se filtró la muestra para llevarla a un segundo calentamiento por reflujo por el mismo tiempo y con la misma solución de etanol y ácido nítrico. Después de volver a filtrar la muestra se lavó con abundante agua caliente y se llevó la muestra a un recipiente para dejarlo en la estufa a una temperatura de 100 °C. Luego del secado de la muestra, se colocó el recipiente en el desecador hasta que alcance temperatura ambiente para poder pesarlo en la balanza analítica

$$Celulosa (\%) = A \times 100 W$$

Ecuación 3. Determinación de porcentaje de celulosa

Donde:

A= Peso de la muestra seca después del tratamiento

W= Peso inicial de la muestra

3.4.4.4. Determinación de lignina

Para determinar el contenido de lignina se utilizó la norma AOAC 978.10 como reporta Velp Scientifica (2019). Se utilizó una solución de ácido sulfúrico a

0.128 M y otra solución de hidróxido de sodio a 0.313 M. La solución ácida se la realizó con 3.49 ml de H_2SO_4 al 98 % en 500 ml de agua destilada y la solución básica con 6.25 g de $Na(OH)$ también en 500 ml de agua destilada.

Después de preparar las soluciones, se recolecta 2 g de muestra y se los deposita en un matraz con 200 ml de la solución de ácido sulfúrico. Se somete a un calentamiento por reflujo durante media hora, consiguiendo el punto ebullición de la solución. Previamente, se debe calentar agua para proceder con el lavado de la muestra después de filtrarla con la ayuda de un embudo y una tela. Luego la muestra que se lavó se la lleva a un matraz con 200 ml de la solución de hidróxido de sodio para repetir el mismo procedimiento y tiempo aplicado; es decir que, se calienta por reflujo, se filtra y se lava con el agua caliente.

Se junta la muestra resultante en un crisol para llevarla al reverbero para evaporar el exceso de agua, posteriormente se coloca el crisol en la estufa durante 2 horas a 130 °C, luego es llevado al desecador durante 20 minutos y llegue a temperatura ambiente para poder determinar el peso del crisol con la muestra seca. Finalmente es llevado a la mufla por 4 horas a una temperatura de 550 °C y es pesado para saber el peso final de la muestra en este procedimiento.

$$\% \text{ Lignina} = \frac{W1 - W2}{W_s} \times 100$$

Ecuación 4. Determinación de porcentaje de lignina

Donde:

W1: Peso de muestra seca

W2: Peso de muestra calcinada

Ws: Peso de muestra inicial

3.5. Extracción de celulosa-almidón de las hojas y zuro de maíz

Para la extracción de la mezcla celulosa-almidón de las hojas y zuro de maíz se aplicaron metodologías realizadas por (A. Jiménez et al., 2019).

Las hojas y zuros de maíz fueron recolectados y separados de los residuos generados en los puestos respectivos de venta del maíz en el mercado Mayorista de Milagro.

3.5.1. Procedimiento de extracción de la mezcla celulosa-almidón de las hojas y zuro de maíz

Hojas: Las hojas fueron limpiadas retirando residuo de tierra con una tela para luego ser pesadas en la balanza digital CAMRY. Luego se redujo el ancho de 1 a 2 cm de las hojas al dividir las de forma manual en dirección a sus fibras.

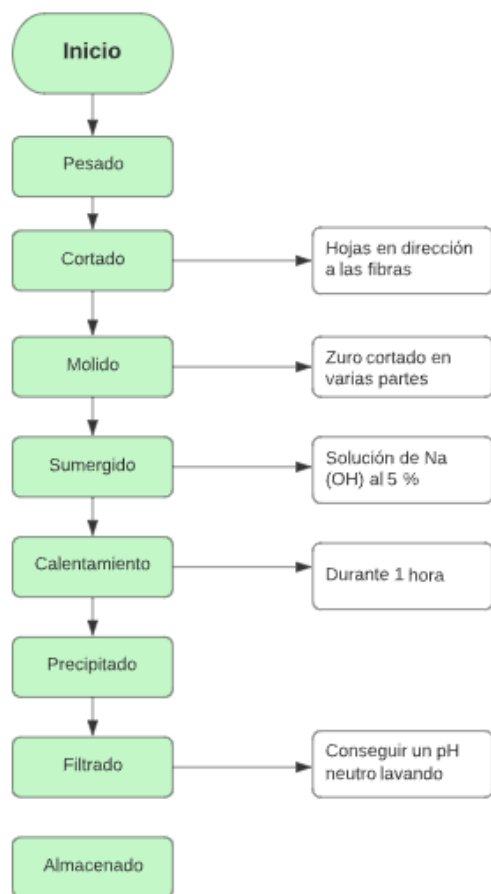
Zuros: Se pesó la cantidad de zuro conseguido dando un valor de 12 Kg. Se cortaron los zuros con un cuchillo tipo hacha marca STAINLEES STEEL para poder pasarlos por el molino marca CORONA.

Hidrólisis alcalina: Las hojas y zuros fueron sometidos al método de Kraft, sumergiendo las hojas y zuros en baldes diferentes en una solución al 5 % de hidróxido de sodio; por cada litro de agua se agregan 50 g de hidróxido de sodio (NaOH). Tanto el zuro como las hojas se los deja en reposo por una semana. La materia prima acondicionada se la lleva a un calentamiento por reflujo durante 2 horas junto con la solución de hidróxido sodio en la que residía. La temperatura en la que se debe encontrar este proceso no debe ser mayor a los 100 °C. Luego, la

muestra es lavada y filtrada con una tela lienzo en varias ocasiones hasta que el pH alcance la neutralidad.

3.5.2. Diagrama de bloque para la obtención de la mezcla celulosa-almidón de las hojas y zuro de maíz

Figura 2. Diagrama de bloque para la obtención de la mezcla celulosa-almidón



El diagrama de bloque de la figura 2 indica el proceso realizado para el acondicionamiento de la materia prima.

3.6. Diseño experimental de las fundas biodegradables

3.6.1. Formulaciones para la elaboración de las fundas biodegradables

Después de haber obtenido la celulosa-almidón de las hojas y zuro de maíz, se realizaron pruebas para realizar el papel con diferentes porcentajes de fibras hojas, celulosa-

almidón de las hojas, zuros y glicerina para poder establecer que cantidades serán las necesarias para elaborar la funda biodegradable.

Las formulaciones se encuentran el porcentaje de masa usado de fibras de hojas, celulosa-almidón y zuro utilizado. La cantidad de glicerina para estas formulaciones fue de 0,8 g, 1,2 g y 1,5 g. El volumen de agua destilada añadida fue de 150 ml para realizar la mezcla. Una vez realizada las muestras se establecieron nuevas cantidades de masa tanto de hojas como del zuro, para realizar las formulaciones con datos subidos en el programa minitab, utilizando el método estadístico DOE factorial y de mezcla para analizar los resultados de las formulaciones.

Tabla 1. Formulación de las hojas: celulosa-almidón, fibra y glicerina

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	Glicerina	Fibra	Celulosa-Almidón	OrdenEst	OrdenCorrida	Bloques	TipoPt
1	0.06	0.94	0.00	1	1	1	1
2	0.06	0.72	0.23	2	2	1	1
3	0.06	0.49	0.46	3	3	1	1
4	0.06	0.26	0.69	4	4	1	1
5	0.06	0.94	0.00	5	5	1	1
6	0.07	0.93	0.00	6	6	1	1
7	0.07	0.70	0.23	7	7	1	1
8	0.07	0.47	0.46	8	8	1	1
9	0.07	0.24	0.69	9	9	1	1
10	0.07	0.93	0.00	10	10	1	1
11	0.08	0.92	0.00	11	11	1	1
12	0.08	0.69	0.23	12	12	1	1
13	0.08	0.46	0.46	13	13	1	1
14	0.08	0.23	0.69	14	14	1	1
15	0.08	0.92	0.00	15	15	1	1
16	0.06	0.94	0.00	16	16	1	1
17	0.06	0.72	0.23	17	17	1	1
18	0.06	0.49	0.46	18	18	1	1
19	0.06	0.26	0.69	19	19	1	1
20	0.06	0.94	0.00	20	20	1	1
21	0.07	0.93	0.00	21	21	1	1
22	0.07	0.70	0.23	22	22	1	1
23	0.07	0.47	0.46	23	23	1	1
24	0.07	0.24	0.69	24	24	1	1
25	0.07	0.93	0.00	25	25	1	1
26	0.08	0.92	0.00	26	26	1	1
27	0.08	0.69	0.23	27	27	1	1
28	0.08	0.46	0.46	28	28	1	1
29	0.08	0.23	0.69	29	29	1	1
30	0.08	0.92	0.00	30	30	1	1

Se aplicó el método estadístico DOE de diseño mezcla con dos réplicas porque las formulaciones constan de 3 variables y existen variaciones en los porcentajes-

Tabla 2. Formulación de zuro: zuro y glicerina

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6
	Masa Zuro	Glicerina	OrdenEst	OrdenCorrida	Bloques	TipoPt
1	15	1.2	1	1	1	1
2	15	1.5	2	2	1	1
3	15	1.8	3	3	1	1
4	20	1.2	4	4	1	1
5	20	1.5	5	5	1	1
6	20	1.8	6	6	1	1
7	15	1.2	7	7	1	1
8	15	1.5	8	8	1	1
9	15	1.8	9	9	1	1
10	20	1.2	10	10	1	1
11	20	1.5	11	11	1	1
12	20	1.8	12	12	1	1

Se utilizó el método estadístico DOE factorial para diseñar estas formulaciones con 2 réplicas. Se trabajó con dos cantidades de masa de zuro y tres cantidades de glicerina.

Tabla 3. Formulación de mezcla: celulosa-almidón, fibra y zuro

↓	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
	CELULOSA-ALMIDON	FIBRA	ZURO	OrdenEst	OrdenCorrida	Bloques	TipoPt
1	0.25000	0.75000	0.0000	1	1	1	1
2	0.25000	0.50000	0.2500	2	2	1	1
3	0.75000	0.25000	0.0000	3	3	1	1
4	0.50000	0.25000	0.2500	4	4	1	1
5	0.43750	0.43750	0.1250	5	5	1	1
6	0.34375	0.59375	0.0625	6	6	1	1
7	0.34375	0.46875	0.1875	7	7	1	1
8	0.59375	0.34375	0.0625	8	8	1	1
9	0.46875	0.34375	0.1875	9	9	1	1
10	0.25000	0.75000	0.0000	10	10	1	1
11	0.25000	0.50000	0.2500	11	11	1	1
12	0.75000	0.25000	0.0000	12	12	1	1
13	0.50000	0.25000	0.2500	13	13	1	1
14	0.43750	0.43750	0.1250	14	14	1	1
15	0.34375	0.59375	0.0625	15	15	1	1
16	0.34375	0.46875	0.1875	16	16	1	1
17	0.59375	0.34375	0.0625	17	17	1	1
18	0.46875	0.34375	0.1875	18	18	1	1

Se diseñó un método estadístico a través del DOE de mezcla con diferentes porcentajes de celulosa-almidón, fibra y zuro. La cantidad de glicerina utilizada para estas formulaciones fue de 1.5 g de glicerina

3.6.2. *Obtención del papel por el método de moldeo*

Para realizar el método de moldeo Sui et al., (2016), se utiliza el almidón obtenido de las hojas y zuro de maíz con glicerina como plastificante para realizar las 18 formulaciones para 3 variables en un análisis estadístico de dos factores y 3 niveles las cuales son las cantidades de masa de fibra de hojas, celulosa-almidón de las hojas y de zuro. Para obtener el papel se utilizaron bandejas antiadherentes

3.6.3. *Materia prima acondicionada, materiales y equipos*

Materia prima acondicionada: Fibra de hojas, celulosa-almidón de las hojas de maíz, zuro, glicerina y agua destilada. Materiales: Vasos de precipitación de 1,5 l Y 600 ml, cápsulas de vidrio, vidrio reloj, probeta de 100 ml, bandejas antiadherente marca TRIMONTINA y espátula. Equipos: Balanza digital marca CAMRY, balanza analítica Marca Sartorius CP2245, estufa MLW, licuadora de inmersión.

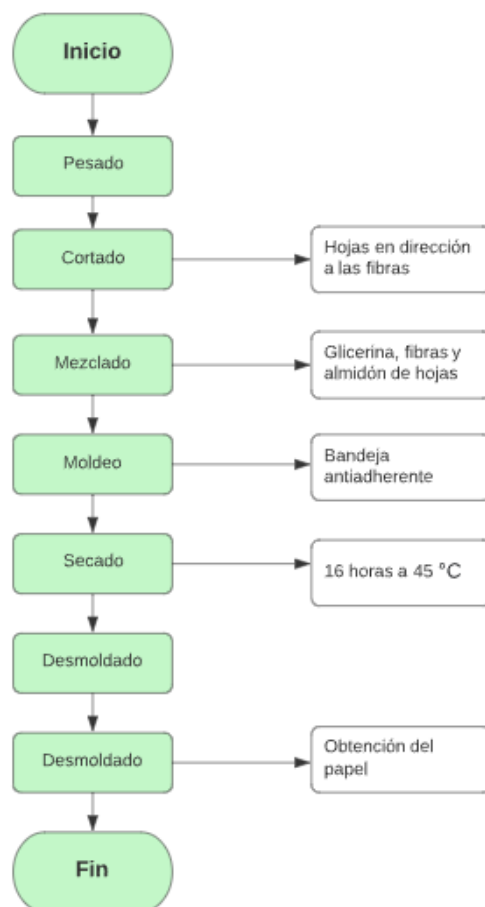
3.6.4. *Procedimiento para la obtención del papel por el método de moldeo*

Se pesan las cantidades determinadas de fibra y celulosa-almidón de las hojas, también en una cápsula de vidrio se pesa la cantidad de glicerina. En un envase plástico se vierte 100 ml de agua destilada con las fibras y la celulosa-almidón de las hojas. Las fibras son recortadas para evitar que se enreden con las

cuchillas de la licuadora, durante 1 minuto se homogenizó con la licuadora de inmersión, luego se añadió la glicerina y con los 50 ml restantes de agua destilada se removi6 el residual de la glicerina de la cápsula donde se encontraba la glicerina y se vuelve a homogenizar la mezcla por otro minuto, se vierte la solución mezclada en un recipiente antiadherente y se lo coloca en la estufa a una temperatura de 55 °C durante 16 horas. El recipiente antiadherente facilita el desmoldado y se utiliza una espátula para retirarla por completo.

3.6.5. Diagrama de bloque para la obtención del papel por el método de moldeo

Figura 3. Diagrama de bloque para la obtención de biopelículas por el método de moldeo



El diagrama de la figura 3, se indica la secuencia de elaboraci6n del papel por m6todo de moldeo.

3.7. Caracterización de las biopelículas

3.7.1. *Espesor*

En la determinación del espesor se utilizó la metodología de la norma técnica ecuatoriana INEN 1399 (2013) con modificaciones. El micrómetro utilizado marca Mitutoyo modelo TPM-H278 que puede medir espesores en un rango entre 0.001 mm hasta 12.7 mm. Para obtener los valores se tomaron 10 puntos aleatorios en el papel para finalmente realizar un promedio por cada formulación realizada.

3.7.2. *Humedad*

Se aplicó la metodología NTE INEN (1986) para realizar este procedimiento. Se usó 1 g de muestra que se pesó en la balanza analítica, después fue llevada a la estufa por 2 horas a una temperatura de 105 ± 3 sin tapar la totalidad del envase permitiendo el paso del aire caliente a la muestra. Una vez transcurrido este tiempo es llevado al desecado hasta que alcance una temperatura ambiente para poder pesar la caja Petri con la muestra y repetir este procedimiento hasta alcanzar un valor constante en el pesaje.

$$\%Humedad = \left[\frac{Pf - Pc}{Pi - Pc} \right] \times 100$$

Ecuación 5. Determinación de porcentaje de humedad del papel

Donde:

Pf: Peso del recipiente con muestra seca

Pc: Peso del recipiente vacío y seco

Pi: Peso inicial del crisol con la muestra

3.7.3. *Absorción de agua*

Lo explicado en la metodología de Joaqui & Villada (2013), se realiza el acondicionamiento de la muestra recortando 1 cm x 1 cm y con una probeta se mide 50 ml de agua destilada a temperatura ambiente. Se vierten los 50 ml de agua destilada y se coloca el recorte de la muestra que se agitará de manera constante durante 1 hora. Posteriormente se retira la muestra para conocer peso final utilizando la balanza analítica.

$$\% \text{ Absorción de agua} = \frac{M2 - M1}{M1}$$

Ecuación 6. Determinación de porcentaje de absorción de agua del papel

Donde:

M1: Masa en gramos de la muestra sin humedecer

M2: Masa en gramos de la muestra humedecida

3.7.4. *Solubilidad*

En la determinación de capacidad de solubilidad aplicamos metodología explicada en (Román et al., 2020). Se usó una muestra cuadrangular de 3 cm x cm y se alojadas en el desecador por una semana y fueron pesadas cumplido ese periodo. Se colocaron en recipientes de vidrios con 80 ml para agitarlos durante 1 hora a temperatura ambiente, luego las muestras se colocaron en una caja Petri para ser almacenadas en la estufa por un día a 60 °C. Posteriormente fueron se colocaron en el desecador hasta que reduzca a temperatura ambiente para poder pesarlas en la balanza analítica. Se determina la solubilidad usando la fórmula planteada por:

$$PP = \frac{W1 - W2}{W1} \times 100$$

Ecuación 7. Determinación de porcentaje de solubilidad del papel

Donde:

W1: El peso inicial de la muestra

W2: El peso final de la muestra seca

3.7.5. Permeabilidad al vapor de agua

Se usa la normativa ASTM E 96. En la base celda plástica se vierte 8 ml de agua destilada y en la superficie interna de la tapa se coloca una muestra con 4 cm de diámetro que debe permanecer inmóvil. Se traslada la celda al desecador con un higrómetro para conocer la temperatura y la humedad relativa. Se pesará en dos ocasiones; en 3 horas y 24 horas.

$$PVA = \frac{\Delta m - I}{A - \Delta t - \Delta p}$$

Ecuación 8. Determinación permeabilidad al vapor agua del papel

Donde:

$$\frac{\Delta m}{\Delta t} = \text{pérdida de humedad por unidad de tiempo } \frac{g}{s^{-1}}$$

I = espesor de la película (m)

A = Área de la película que está expuesta a la humedad.

3.7.6. *Tracción*

Se aplicará metodología utilizada por Brigidano et al., (2021), para la prueba de tracción se usa 2 prensas que pueda asir a ambos extremos de la probeta y en la parte inferior se coloca un portamasa donde se ubicará pesos de forma gradual. Las medidas para realzar la probeta se tomaron de la metodología descrita por A. Flores, (2021). Las fórmulas utilizadas fueron:

$$\sigma = \frac{F}{A_0}$$

Ecuación 9. Determinación de tracción del papel

Donde:

F: Es la fuerza resultante de la masa de las pesas multiplicada por la gravedad
kg.m/s²

A₀: Es el área de la superficie en m².

3.7.7. *FT/IR*

En la determinación espectroscopía infrarroja, un espectro de luz analiza la muestra de papel seleccionada para conocer los componentes que integran el material. Las películas escogidas para realizar el análisis fueron las soportaron mayor peso en la prueba de tracción. El equipo usado para realizar este análisis fue espectrofotómetro infrarrojo Marca JASCO modelo FT/IR-4700.

3.7.8. Biodegradabilidad

En la determinación de la degradabilidad del papel, se usó compost y como recipiente vasos plásticos donde colocó las muestras, que consta de medidas de 3 cm x 3cm que fue pesada en la balanza analítica. En el compost se debe tener un control diario de la humedad y el pH para que no exista factores que influyan en el resultado de determinación de biodegradabilidad. En el envase plástico se debe medir una altura de 6 centímetros que debe ser llenado con el compost preparado y se colocará la muestra de papel recortada y coloca más compost para enterrar en su totalidad. Cada semana la muestra de ensayo se debe desenterrar, limpiar y pesarla para conocer y visualizar los cambios. Los resultados se podrán conocer al cabo de 6 semanas que conlleva conocer el porcentaje de degradabilidad que posee cada formulación del papel. La metodología seleccionada fue de (Ruiz et al., 2013; Sernaqué et al., 2020).

$$(\%) \text{ Degradación} = \frac{P - P_0}{P} * 100$$

Ecuación 10. Determinación de porcentaje de degradabilidad del papel

Donde:

P = Peso inicial de la muestra del papel biodegradable.

P₀ = Peso seco final de la muestra del papel biodegradable.

3.8. Elaboración de funda de papel biodegradable

La funda de papel biodegradable se realizó a partir de las evaluaciones realizadas a las muestras de papel de las formulaciones, siendo la tracción la prueba de mayor relevancia. Las fundas se realizaron con doblajes y usando pegamento blanco para unir las partes en el armado de la funda.

CAPÍTULO IV

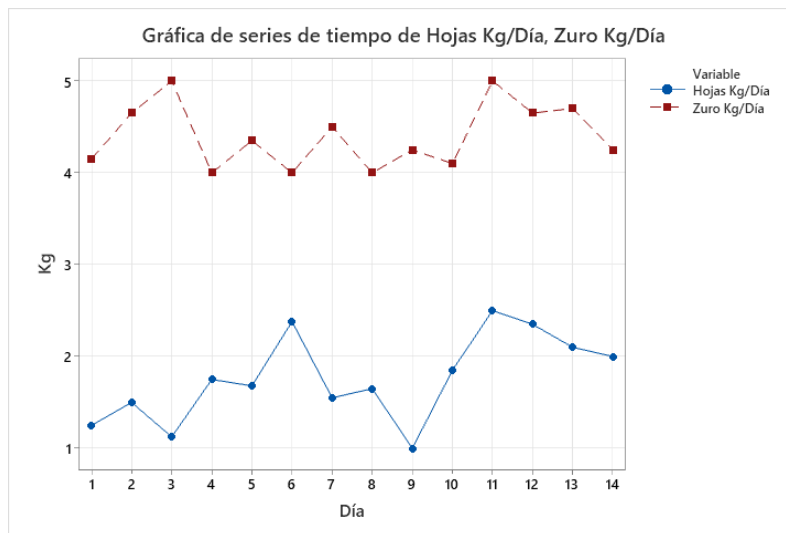
4. DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE REUSLTADOS

En los resultados mostrados a continuación se estimó la cantidad de hojas y zuro de maíz que se obtuvieron durante los 14 días de recolección, se determinó la presencia de la celulosa y almidón de la materia prima acondicionada, también se elaboró el papel y se hizo una evaluación de sus cualidades básicas y por último, se realizaron las pruebas físicas, funcionales, mecánicas, de degradabilidad se realizaron a los tres tipos de formulaciones planteadas y el análisis óptico se le efectuó a la mejor formulación.

4.1. Cuantificación de las hojas y zuro de maíz por 14 días

Los residuos de maíz fueron recolectados en el mercado Mayorista de la ciudad de Milagro desde el 4 al 17 de junio. Diariamente se podía conseguir aproximadamente 1 a 2.5 kg de hojas y de 4 a 5 kg de zuros diarios. Concluido los días establecidos de recolección, se pudo obtener 24,5 kg de hojas y 63 kg de zuro de maíz.

Figura 4. Gráfica de series de tiempo múltiple para el promedio de recolección en kg de hojas y zuro de maíz



4.2. Identificación de la celulosa-almidón en las hojas y zuro de maíz

La celulosa-almidón de la hoja y zuro de maíz se pueden observar en la figura 5 y 6 respectivamente, que se obtuvieron después de haber realizado un proceso de calentamiento con la solución de hidróxido de sodio al 5 %. Se visualiza la celulosa de forma alargada y fina, en diferencia con el almidón con forma circular/ovalada asimétrica.



Figura 5. Celulosa y almidón de las hojas de maíz en objetivo en 10x



Figura 6. Celulosa almidón del zuro de maíz en objetivo 4x

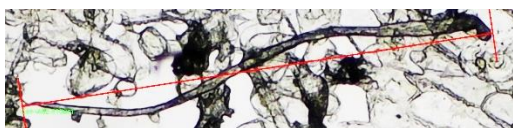


Figura 7. Longitud de la celulosa



Figura 8. Longitud de la celulosa

La figura 7 nos muestra la longitud obtenida de la fibra de las hojas de maíz de 682.410 μm y en la figura 8 la longitud del almidón con 87.728 μm . Prado et al., (2012) obtuvo una longitud fibra de 1,86 mm caracterizando la materia prima a través del método de Jayme-Wise para obtener holocelulosa y los resultados de Agama et al., (2013) indican que los

gránulos de almidón obtenidos en su investigación son de menor longitud con 11,9 μm y 13,4 con maíz blanco. La hidrólisis básica realizada a la materia produjo que el almidón se hinche y también pudo afectar en la longitud de la celulosa.

4.3. Análisis de resultados de la caracterización de las hojas y zuro de maíz

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3, en donde se presentan los componentes y su porcentaje; además se presentan los valores referentes de otros autores.

Tabla 3. Resultados de caracterización de las hojas de maíz en base seca

Análisis	Resultado (%)	Referencia	
Humedad	13.71	No reporta	
Ceniza	0.91	0.76% (Hurter, 2006)	0.70 % (Prado et al., 2012)
Celulosa	39.85	43.14% (Hurter, 2006)	40,00 (Prado et al., 2012)
Lignina	20.50	23.00% (Hurter, 2006)	23,00% (Prado et al., 2012)

En esta tabla (Tabla 3) se observa que los valores de los componentes obtenidos son muy similares entre autores, sin embargo, algunos factores pudieron incidir en la variación, tales como: variedad de maíz usado, forma de almacenamiento, recolección de los residuos, pérdida de humedad al acondicionar las hojas y zuro antes de su caracterización.

Tabla 4. Resultados de la caracterización del zuro de maíz en base seca

Análisis	Resultado(%)	Referencia	
Humedad	17,85	10,32 % (García. A et al., 2019)	
Ceniza	2,16	2.0 % (Cordoba et al., 2013)	2,54 % (García. A et al., 2019)
Celulosa	36,79	45-50 % (Cordoba et al., 2013)	34,30 % (Garrote et al., 2007)

<i>Lignina</i>	21,22	15,8 % (Cordoba et al., 2013)	18,80 % (Garrote et al., 2007)
----------------	-------	-------------------------------	--------------------------------

Mientras que la Tabla 4, evidencia los componentes del zuro de maíz. Los resultados diferentes podrían deberse al tipo de materia prima usada. Es así, que en las pruebas se utilizó maíz choclo duro mientras que Garrote et al., (2007) maíz blanco; también el almacenamiento de la materia prima influye debido a la variación del contenido de humedad presente.

4.4. Análisis de las formulaciones para elaborar papel a través del método de moldeo

Las hojas de maíz en su composición tienen fibras largas y una mezcla de almidón y celulosa. En las formulaciones que contienen hojas de maíz se utilizaron diferentes porcentajes de los dos compontes, fibra y almidón-celulosa, con tres porcentajes de glicerina: 1.2 g, 1.5 g y 1.8 g. Con el zuro se utilizaron dos cantidades de masa de 15 g y 20 g, con las mismas cantidades de glicerina. Mientras que, en las formulaciones de mezclas de todas las materias primas, indicadas por el diseño de mezclas Minitab, se utilizó 1.5 de glicerina con fibra, celulosa-almidón y zuro. Por tanto, las características del papel que se observaron se muestran en la Tabla 5. Aquí se especifica las diferentes pruebas realizadas y se determinan las cualidades de flexibilidad, rigidez, homogeneidad e higroscopicidad de las formulaciones. Esto servirá para saber cuáles formulaciones cumplen con los objetivos de investigación.

Tabla 5. Características observadas en el papel con la formulación de hojas y glicerina

Fórmula	Glicerina (g)	Fibra (g)	Celulosa-Almidón (g)	Observaciones: 1(Baja), 2 (Medio), 3(Alta)				
				Ma	F	R	Ho	Hi
1H	1.2	20	0	3	1	2	2	2
1Ha	1.2	15	5	3	2	3	2	1
1ha	1.2	10	10	3	2	1	2	1
1hA	1.2	5	15	3	2	3	2	1
1A	1.2	20	0	3	2	2	2	1
1H	1.2	20	0	3	1	2	2	2
1Ha	1.2	15	5	3	2	3	2	1
1ha	1.2	10	10	3	2	1	2	1
1hA	1.2	5	15	3	2	3	2	1
1A	1.2	20	0	3	2	2	2	1
2H	1.5	20	0	3	1	2	2	3
2Ha	1.5	15	5	3	2	1	2	2
2ha	1.5	10	10	3	2	2	2	2
2hA	1.5	5	15	3	2	2	2	2
2A	1.5	20	0	3	2	1	2	2
2H	1.5	20	0	3	1	1	2	3
2Ha	1.5	15	5	3	2	1	2	2
2ha	1.5	10	10	3	2	2	2	2
2hA	1.5	5	15	3	2	1	2	2
2A	1.5	20	0	3	2	1	2	2
3H	1.8	20	0	3	1	1	2	3
3Ha	1.8	15	5	3	2	1	2	2
3ha	1.8	10	10	3	1	1	2	2
3hA	1.8	5	15	3	1	1	2	2
3A	1.8	20	0	3	1	1	2	2
3H	1.8	20	0	3	1	1	2	3
3Ha	1.8	15	5	3	2	1	2	2
3ha	1.8	10	10	3	1	1	2	2
3hA	1.8	5	15	3	1	1	2	2
3A	1.8	20	0	3	1	1	2	2

Las características a evaluar en las formulaciones de hojas son las siguientes M: Maleable; F: Flexibilidad; R: Resistencia; Ho: Homogéneo; Hi: Higroscopicidad. Se ponderan con una calificación de 3 como alto, 2 medio y 3 bajo con referencia a las características propuestas

Tabla 6. Características observadas en el papel con la formulación de zuro y glicerina

Fórmula (g)	Glicerina (g)	Zuro (g)	Observaciones
1Za	1.2	15	Estas formulaciones tienen una alta capacidad higroscópica, baja flexibilidad y menor resistencia. Presenta heterogeneidad en la adhesión de la estructura del papel.
2Za	1.5	15	
3Za	1.8	15	
1Zb	1.2	20	
2Zb	1.5	20	
3Zb	1.8	20	
1Za	1.2	15	
2Za	1.5	15	
3Za	1.8	15	
1Zb	1.2	20	
2Zb	1.5	20	
3Zb	1.8	20	

Las

formulaciones de la tabla 6 presentaron una alta capacidad higroscópica dando como resultado que el papel fuera menos resistente y presentaran heterogeneidad en la adhesión de su estructura al presentar orificios como lo muestra la figura 7.



Figura 9. Papel a base de zuro con orificios

Tabla 7. Características observadas en el papel con la formulación de hojas, zuro y glicerina

Fórmula	Fibra (g)	Celulosa- Almidón(g)	Zuro (g)	Observaciones: 1(Baja), 2 (Medio), 3(Alta)				
				Maleable	Flexibilidad	Resistencia	Homogéneo	Higroscopicidad
M1	5	15	0	3	2	1	2	1
M2	5	10	5	3	3	1	2	3
M3	15	5	0	3	2	1	2	1
M4	10	5	5	3	2	2	1	3
M5	8.75	8.75	2.5	3	2	2	2	2
M6	6.875	11.875	1.25	3	2	2	2	2
M7	6.875	9.375	3.75	3	3	1	1	3
M8	11.875	6.875	1.25	3	2	1	2	2
M9	9.375	6.875	3.75	3	2	1	1	3
M10	5	15	0	3	2	1	2	1
M11	5	10	5	3	3	1	2	3
M12	15	5	0	3	2	1	2	1
M13	10	5	5	3	3	2	1	3
M14	8.75	8.75	2.5	3	2	2	2	2
M15	6.875	11.875	1.25	3	2	2	2	2
M16	6.875	9.375	3.75	3	3	1	1	3
M17	11.875	6.875	1.25	3	2	1	2	2
M18	9.375	6.875	3.75	3	3	1	1	3

Los resultados de la evaluación del papel indican que mientras mayor sea porcentaje de zuro en la formulación, la capacidad higroscópica del papel aumentará y se determina que la formulación de hojas siendo la más factible.

4.5. Análisis y discusión de las pruebas físicas de las fundas biodegradable

4.5.1. Espesor

4.5.1.1. Análisis de espesor de las fundas biodegradables de hojas de maíz y glicerina

Se obtuvieron de espesores de 0.19 y 0,85 mm, teniendo como objetivo un valor de 0,3 mm.

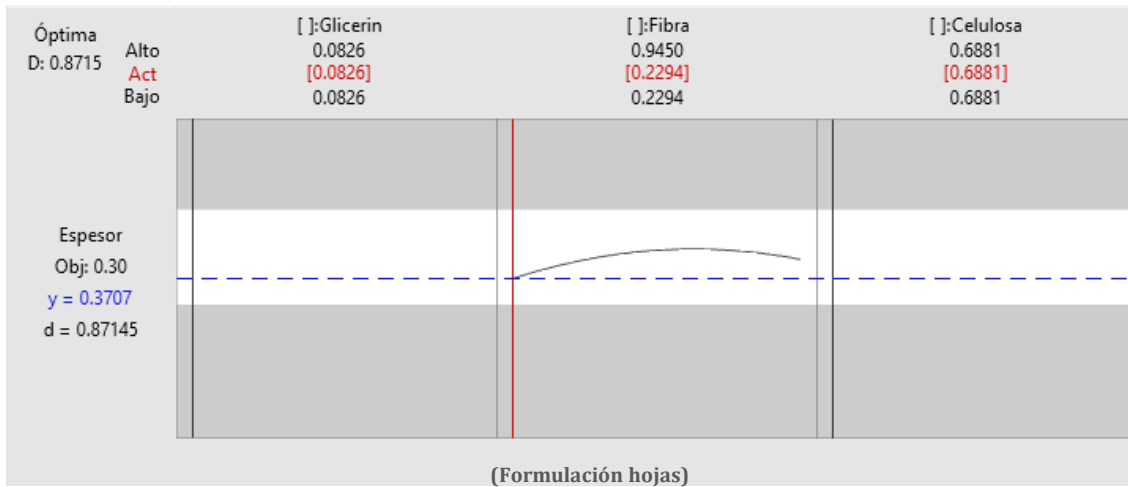


Figura 10. Gráfica de optimización de respuesta del espesor de la formulación de hojas y glicerina

Se realizó un análisis a través del método estadístico DOE de mezclas optimizador de respuesta y la gráfica de la figura 10 nos permite conocer los porcentajes 0.2294 de fibra, 0.6881 de celulosa-almidón y 0.0826 de glicerina correctos para obtener el espesor deseado que son los valores formulación 2A.

4.5.1.2. Análisis de espesor de las fundas biodegradable con el zuro de maíz y glicerina

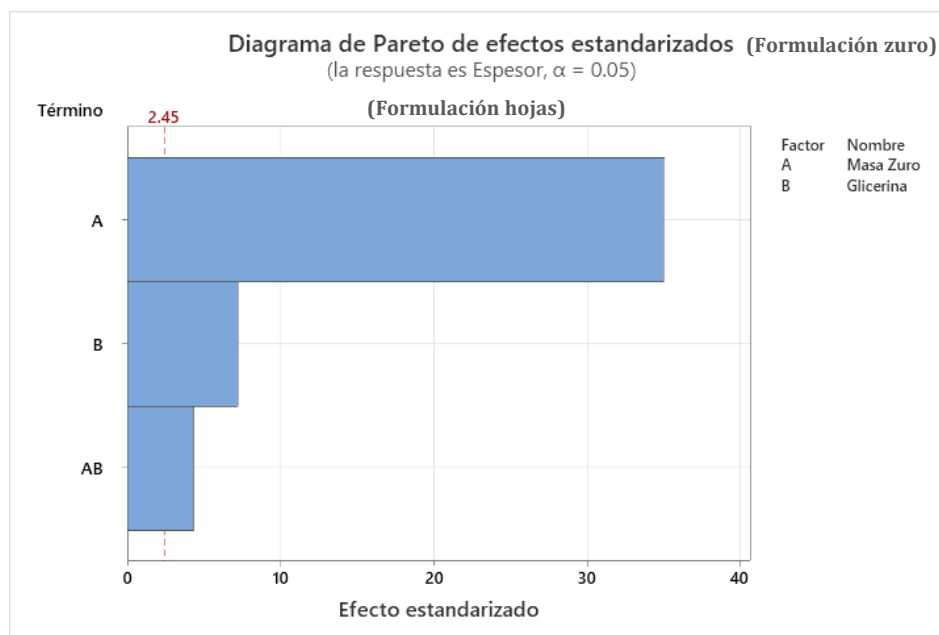


Figura 11. Diagrama de Pareto de efectos estandarizados de la formulación de zuro y glicerina

El efecto de las variables en el espesor del material formulado con zuro se observa en le Fig 11. El diagrama de Pareto del diseño factorial evidencia que la variable la masa del zuro es más influyente (A) que la cantidad de glicerina. Esto se explica debido a que el zuro es el componente que da la textura y cuerpo del papel, mientras que la glicerina es el aditivo plastificante que está presente en mínima cantidad y se absorbe entre las moléculas de celulosa almidón. La presencia de glicerina provoca menor tendencia a la retrogradación, mayor elongación y disminución del módulo de Young (Enríquez et al., 2012).

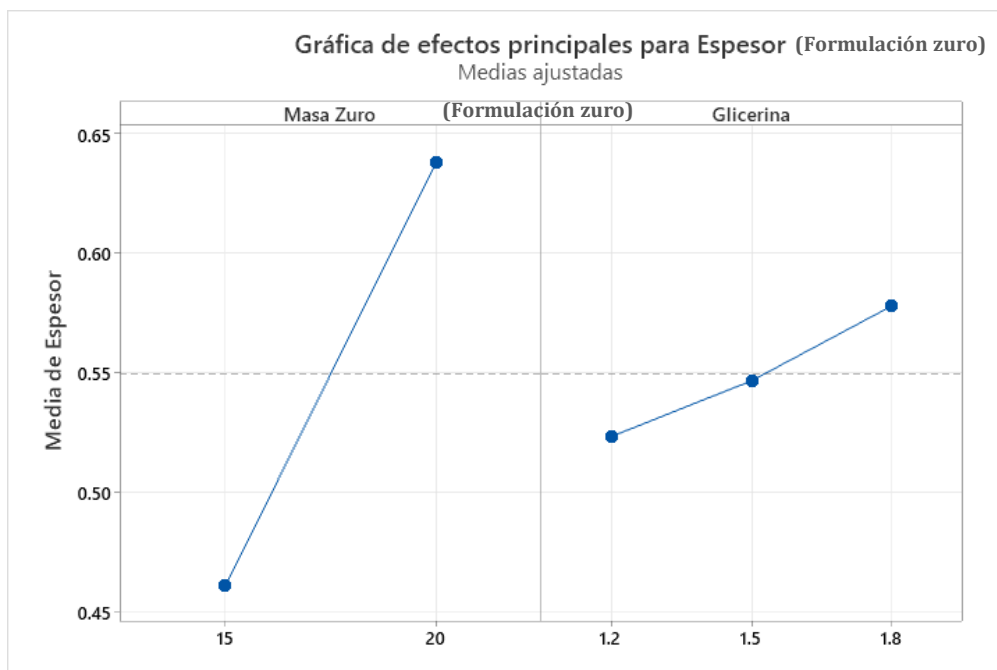


Figura 12. Gráfica de efectos principales del espesor de la formulación de zuro y glicerina

En la figura 12, la gráfica de efectos principales para espesor con medias ajustadas indica que mientras mayor sea la cantidad de zuro y glicerina el espesor será mayor.

4.5.1.3. Análisis de espesor del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina

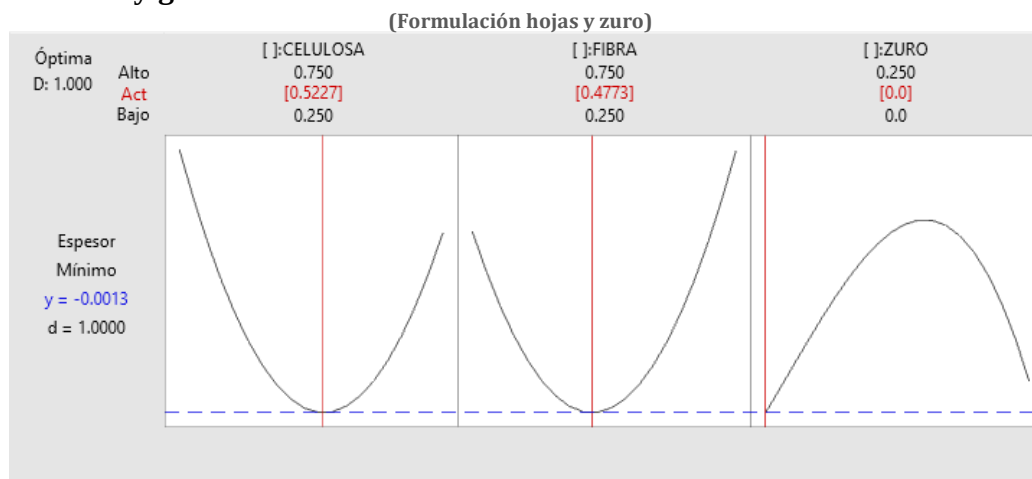


Figura 13. Gráfica de optimización de respuesta de espesor de la formulación hoja, zuro y glicerina

En la figura 13, se observa el resultado del optimizador de respuesta aplicado en la formulación de fibra, celulosa-almidón y glicerina. Los espesores máximos y mínimos fueron

0.33 mm y 0.66 mm. La gráfica indica para la obtención del espesor requerido se debe abstener del uso de zuro y se visualiza una variación de los porcentajes de celulosa-almidón y fibra para la optimización.

La composición de cada uno de las materias primas, hojas y zuro, influyen en el resultado del material obtenido. Específicamente la mayor cantidad de lignina y menor de celulosa afectan en el espesor del papel. La lignina es un aglomerante de las microfibrillas de celulosa contenidas, sin embargo, su presencia impide la cohesión de las otras partículas de celulosa presente, además disminuye la flexión aumentando la rigidez del material (M. Jiménez, 2015; Sarkanen & Ludwig, 1971)

4.5.2. Humedad

4.5.2.1. Análisis de humedad del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina

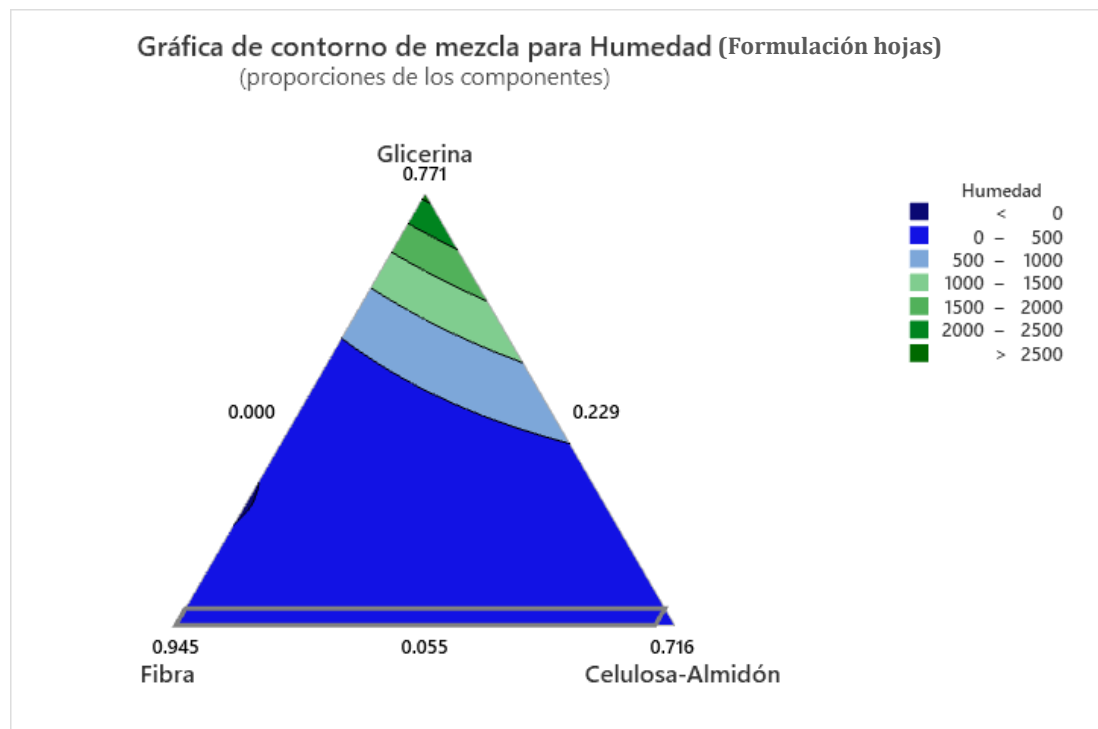


Figura 14. Gráfica de contorno de mezcla para humedad de la formulación de hoja y glicerina

La figura 14 muestra que la componente que más incide sobre el aumento del porcentaje humedad es la mayor masa de glicerina usadas en la formulación con 1.8 g como lo describe Lafuente, (2017) sobre la capacidad higroscópica del glicerol, siendo la muestra 3ha y su réplica las que poseen mayor cantidad humedad.

4.5.2.2. Análisis de humedad del papel biodegradable elaborado con el zuro de maíz y glicerina

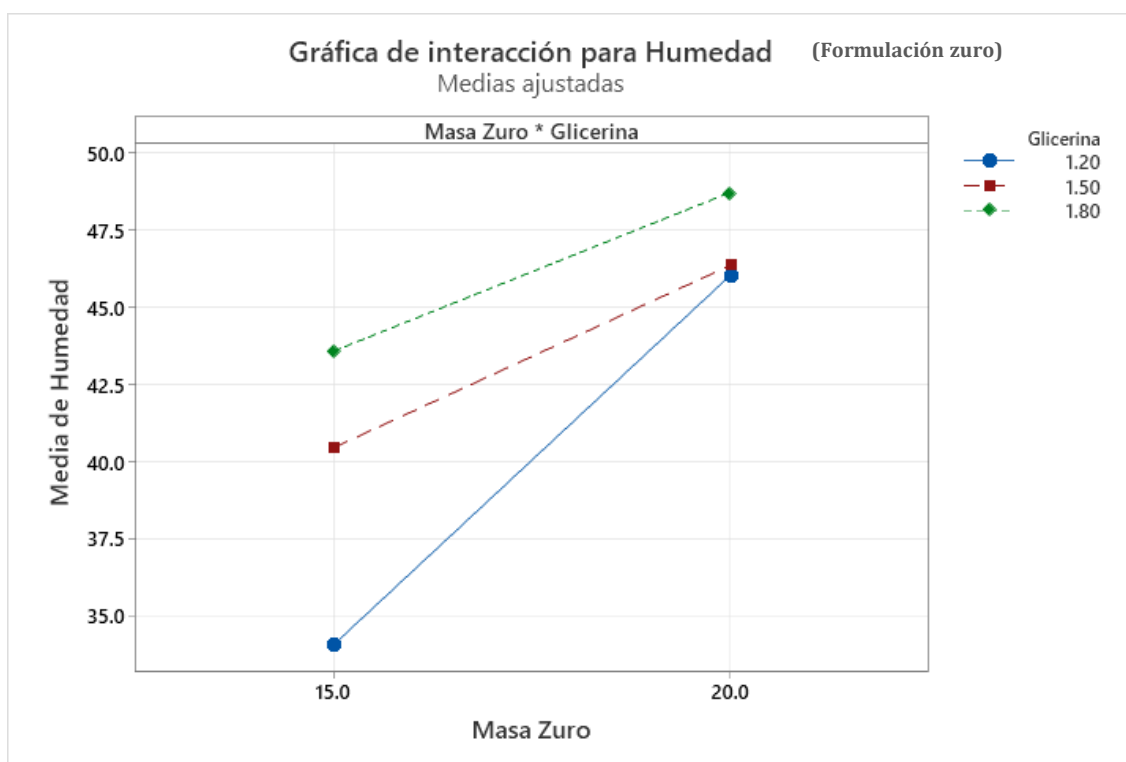


Figura 15. Gráfica de interacción para humedad para humedad de la formulación zuro y glicerina

La gráfica de interacción para humedad con medias ajustadas de la figura 15 revela que los porcentajes más bajos de humedad se debe a las formulaciones que contiene 15 g de zuro y 1.2 g glicerina y el porcentaje de humedad aumentará con mayor cantidad de masa de ambos componentes.

4.5.2.3. Análisis de humedad del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina

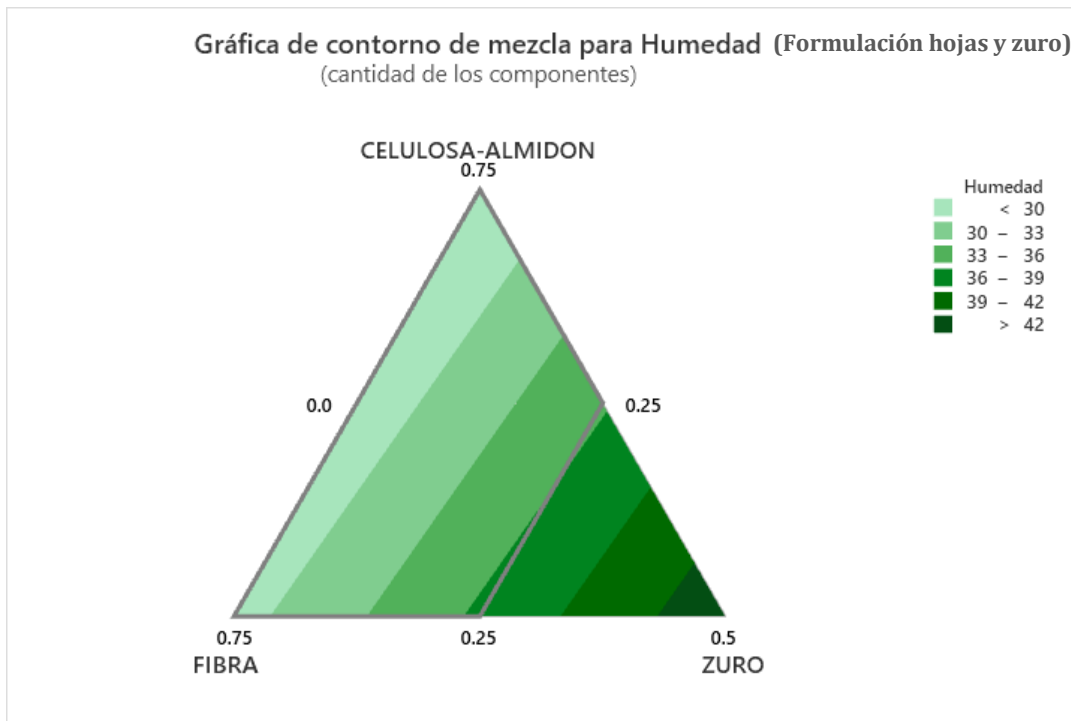


Figura 16. Gráfica de contorno de mezcla para humedad de la formulación de hoja, zuro y glicerina

La gráfica de contorno se aplicó con el método DOE de mezcla y nos indica que las formulaciones que poseen mayor cantidad de zuro muestran un aumento en el porcentaje de humedad como lo refleja figura 16. Los valores obtenidos de la y su réplica siendo los valores con menor porcentaje de humedad.

4.6. Análisis y discusión de las pruebas funcionales del papel

4.6.1. Solubilidad

4.6.1.1. Análisis de solubilidad del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina

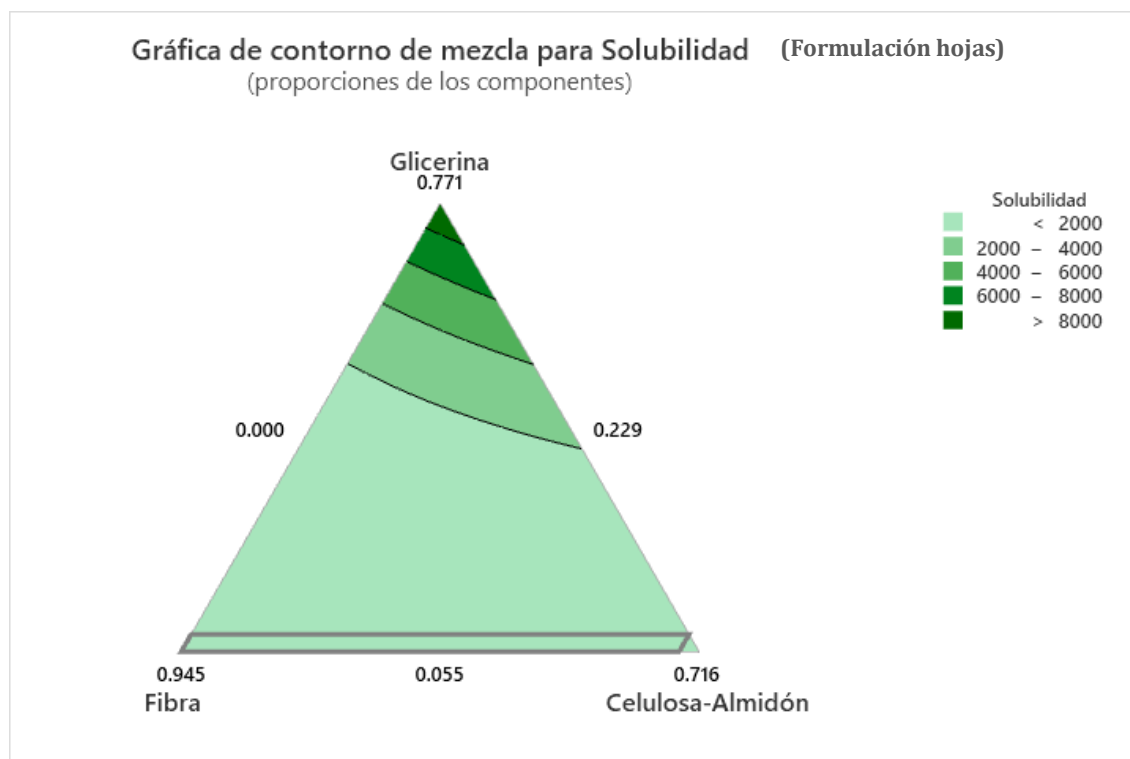


Figura 17. Gráfica de contorno de mezcla para solubilidad de la formulación de hoja y glicerina

La figura 17 permite observar que la glicerina y celulosa-almidón son las componentes que mayor incide en la capacidad de solubilidad. Las muestras tomadas del papel que contiene solo celulosa-almidón y glicerina en su formulación, posee mayor porcentaje de solubilidad como lo indica los resultados de Román et al., (2020) con 27,54 %, siendo el más alto utilizando celulosa-almidón del plátano. La muestra con menor porcentaje de solubilidad es la elaborada con 100 % fibra de hoja de maíz y 1.8 g de glicerina en su formulación.

4.6.1.2. Análisis de solubilidad del papel biodegradable elaborado con el zuro de maíz y glicerina

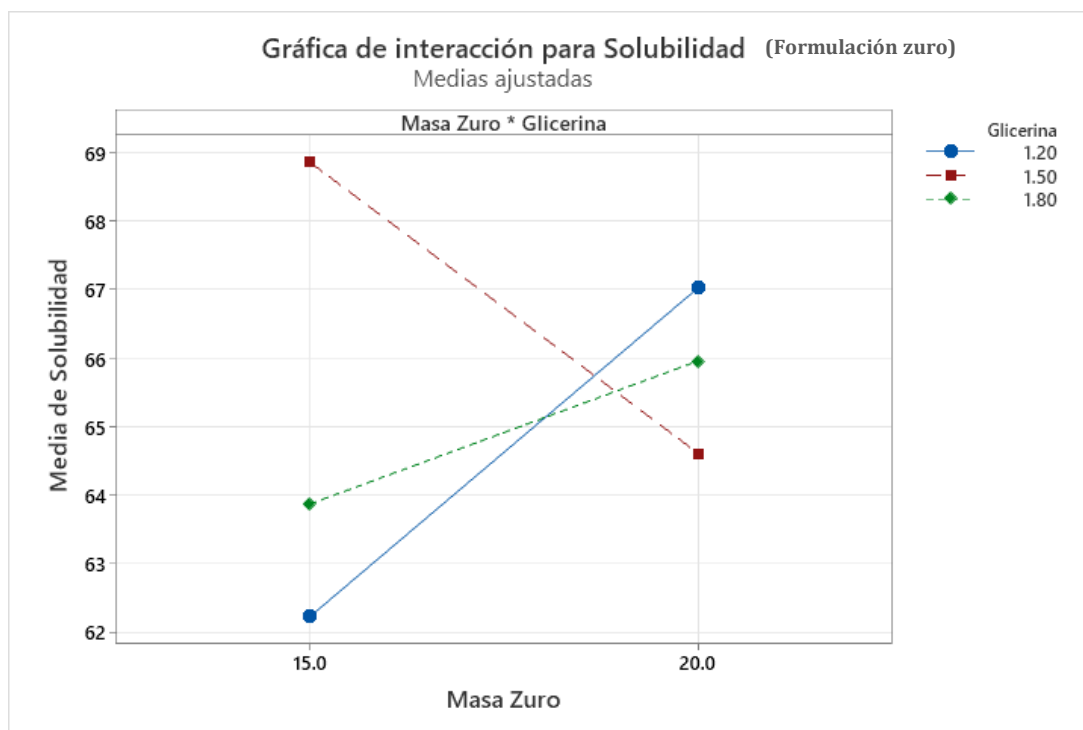


Figura 18. Gráfica de interacción para solubilidad de la formulación de zuro y glicerina

La figura 18 muestra que la mayor capacidad de solubilidad es de la muestra con 15g de z y 1,5 g de glicerina, según el análisis de medias ajustadas de la gráfica de interacción realizadas a través del DOE factorial. La muestra de 15 g y 1,2 g de glicerina posee el menor porcentaje de promedio de las formulaciones.

4.6.1.3. Análisis de solubilidad del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina

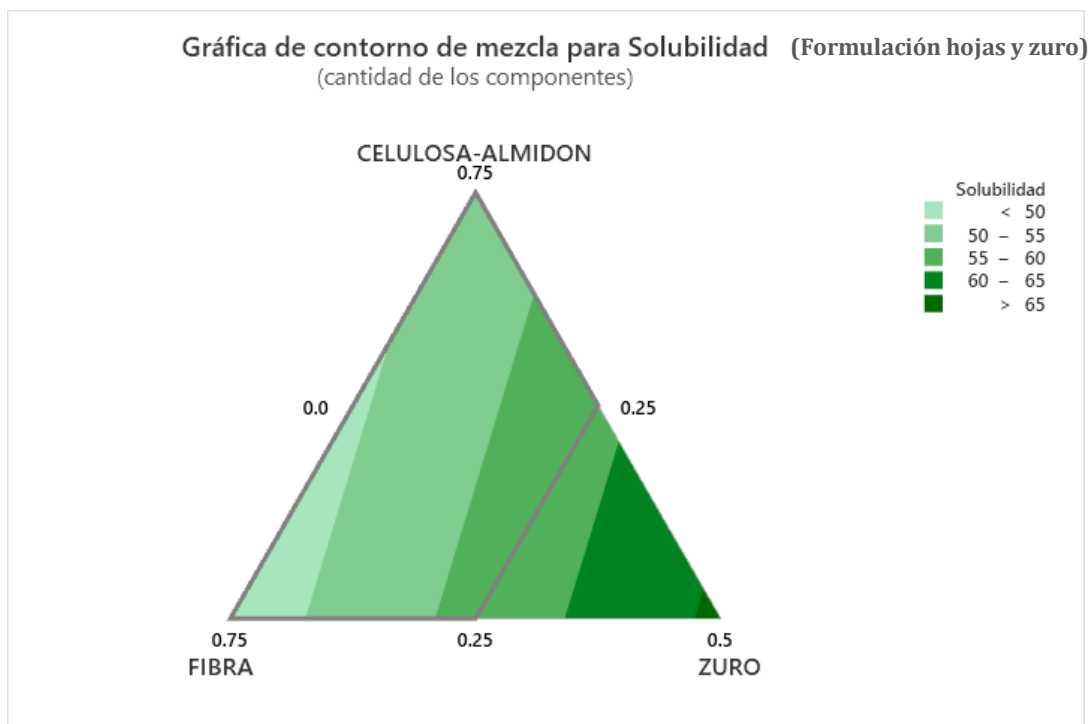


Figura 19. Gráfica de contorno de mezcla para solubilidad de la formulación de hoja, zuro y glicerina

La gráfica de contorno de mezcla de solubilidad de la figura 19, se la realizó a través del método estadístico DOE de mezcla y determina que las formulaciones que posee mayor cantidad de zuro obtendrán un mayor porcentaje de solubilidad, así como el menor porcentaje será la mezcla de fibra y zuro.

4.6.2. Absorción

4.6.2.1. Análisis de absorción del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina

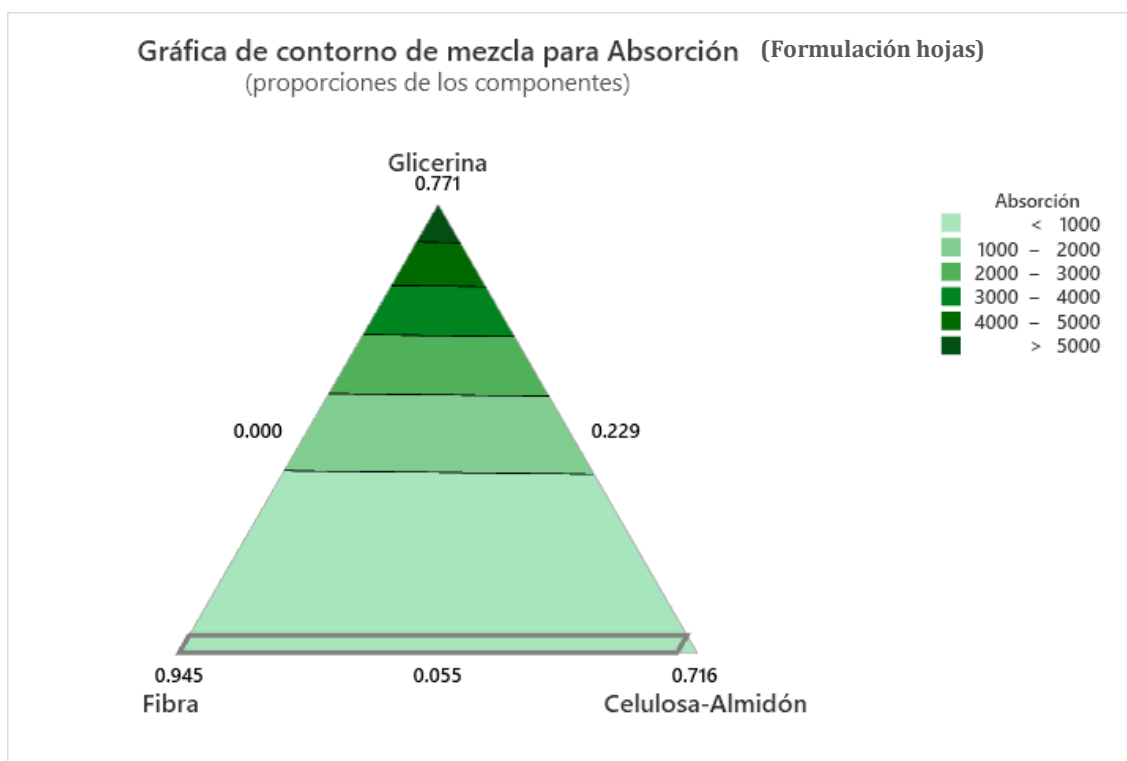


Figura 20. Gráfica de contorno de mezcla para absorción de la formulación de hoja y glicerina

La figura 20 con la gráfica de contorno indica que la glicerina es la componente que más repercute con los resultados de absorción, y así también las formulaciones que posean mayor cantidad de fibra de hojas de maíz como lo menciona Yagual et al., (2021) que mientras mayor sea la cantidad de fibra, la capacidad de absorción aumentará debido a que las microfibras se inflan.

4.6.2.2. Análisis de absorción del papel biodegradable elaborado con el zuro de maíz y glicerina

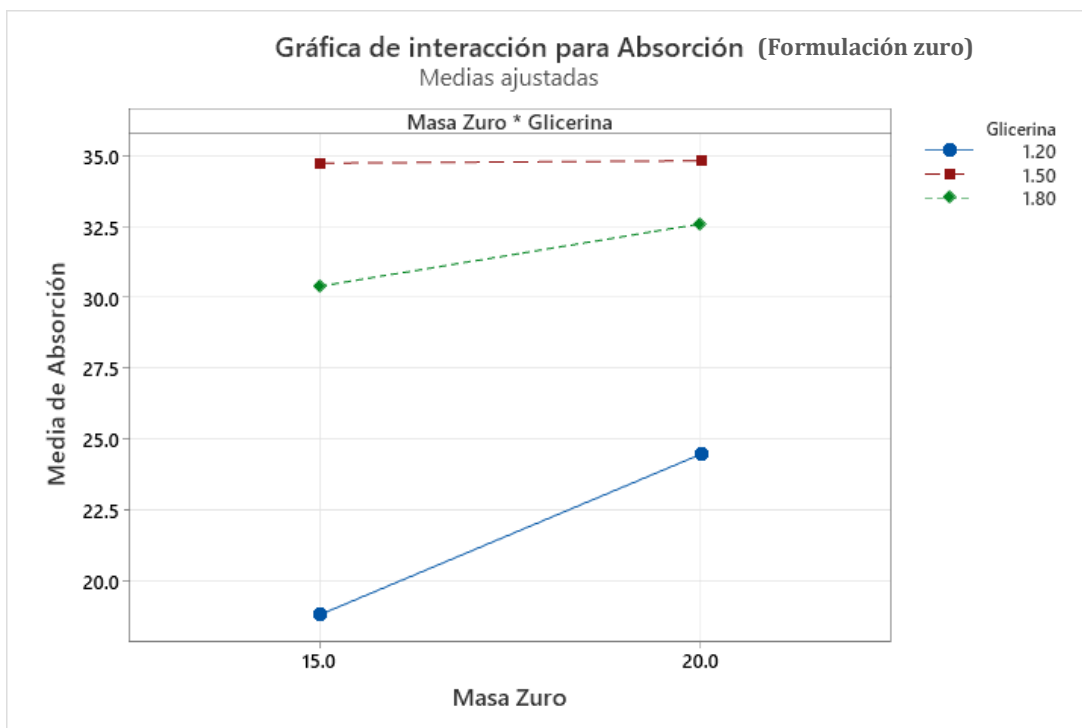


Figura 21. Gráfica de interacción para absorción de la formulación de zuro y glicerina

La gráfica de interacción de con medias ajustadas para absorción de la figura 21, muestra los mayores porcentajes de absorción los tienen las formulaciones 2Za y 2Zb, el menor porcentaje de humedad lo obtiene la formulación de 1Za.

4.6.2.3. Análisis de absorción del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina

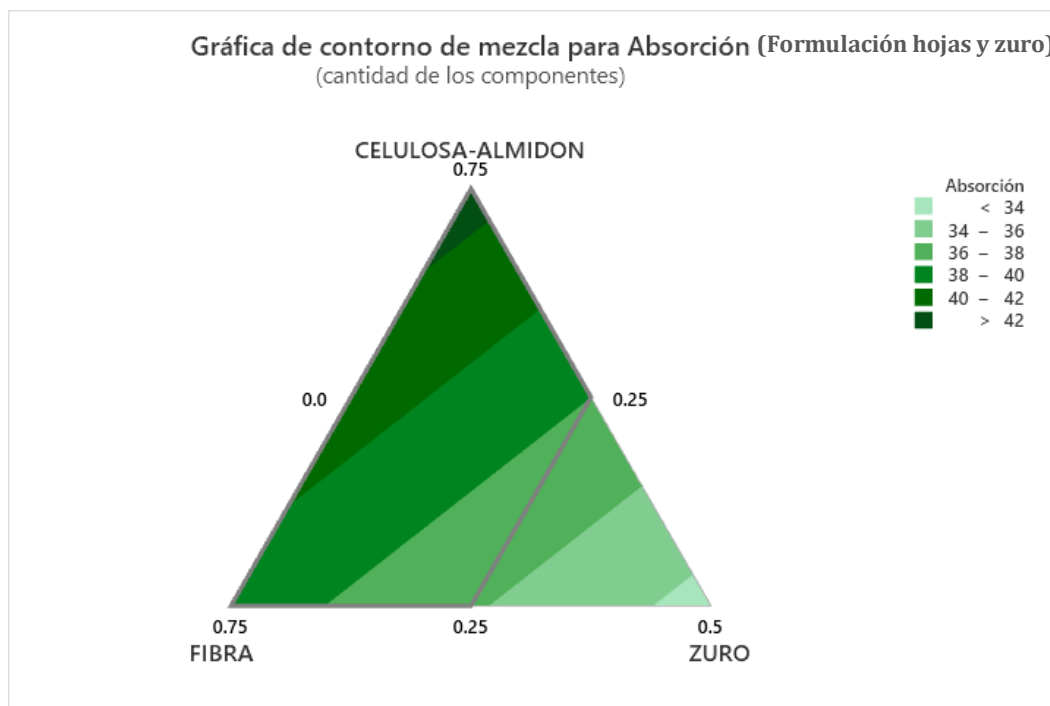


Figura 22. Gráfica de contorno de mezcla para absorción de la formulación de hoja, zuro y glicerina

La capacidad de absorción en la figura 22 tiene un porcentaje elevado cuando la formulación contenga mayor cantidad de celulosa-almidón en la mezcla y los resultados bajo porcentaje serán los que contengan zuro en su formulación como la M7 y la réplica de la M6 que poseen mayor porcentaje.

4.7. Análisis y discusión de las pruebas mecánicas del papel

4.7.1. Permeabilidad al vapor de agua

4.7.1.1. Análisis de permeabilidad al vapor de agua del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina

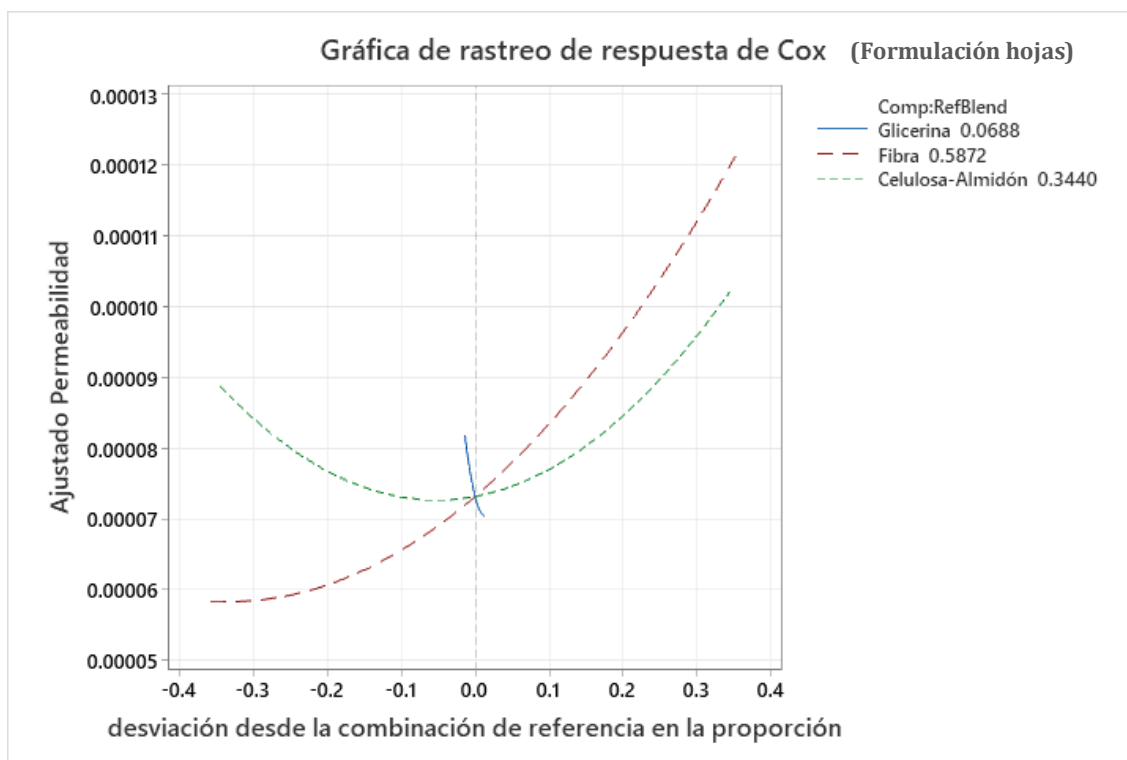


Figura 23. Gráfica de rastreo de la respuesta de Cox de la formulación de hoja y glicerina

La gráfica de rastreo de respuesta de Cox de la figura 23 muestra que las formulaciones que contenga el porcentaje total de fibra en su fórmula, obtendrán una permeabilidad al vapor de agua mayor, como Joaqui & Villada, (2013) que indica que mientras mayor sea la cantidad usada de los aditivos plastificantes y de fibra se obtendrá una mayor permeabilidad. La formulación de 100 % fibra con 1,5 g de glicerina (2H) es el valor máximo de esta prueba y el menor valor de permeabilidad lo tiene 100 % de celulosa-almidón y 1,5 g glicerina (2A).

4.7.1.2. Análisis de permeabilidad al vapor de agua del papel biodegradable elaborado con el zuro de maíz y glicerina

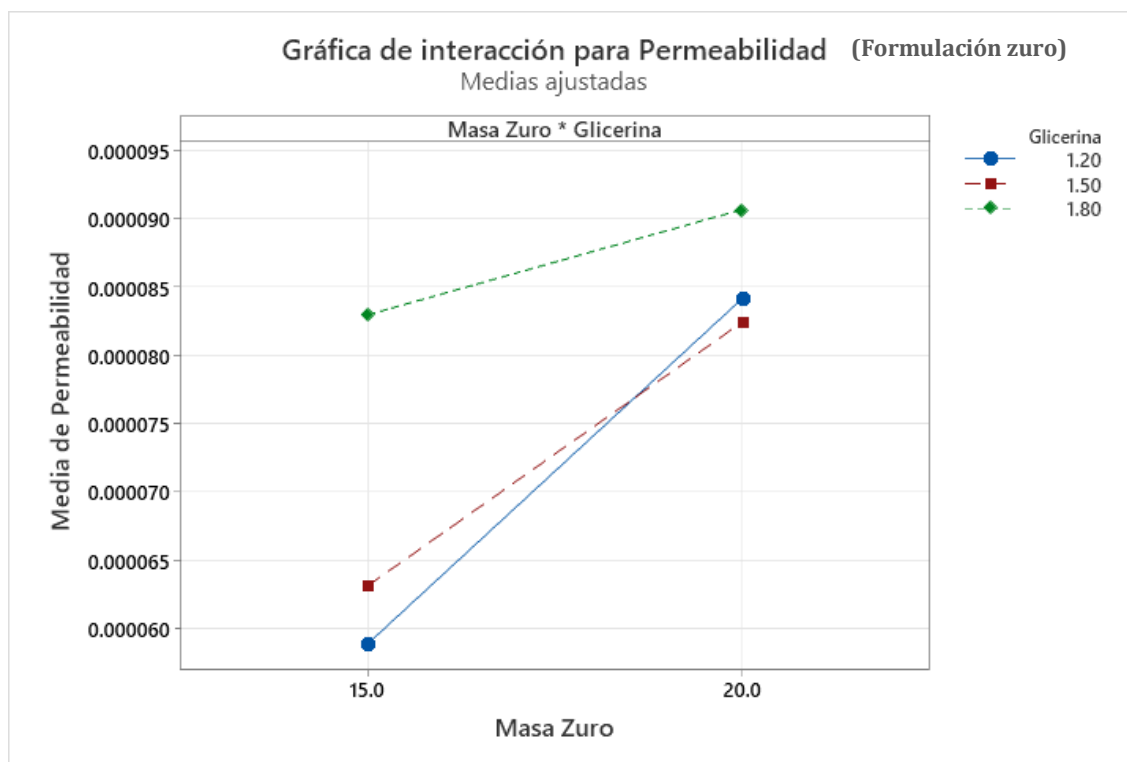


Figura 24. Gráfica de interacción para la permeabilidad al vapor de agua de zuro y glicerina

La gráfica de efectos principales con medias ajustadas de la figura 24 indica que las formulaciones 3Za y 3Zb tienden a una mayor cantidad de permeabilidad al vapor de agua en comparación a las demás formulaciones con menor cantidad de zuro y glicerina. 1Za posee la menor cantidad de permeabilidad.

4.7.1.3. Análisis de permeabilidad al vapor de agua del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina

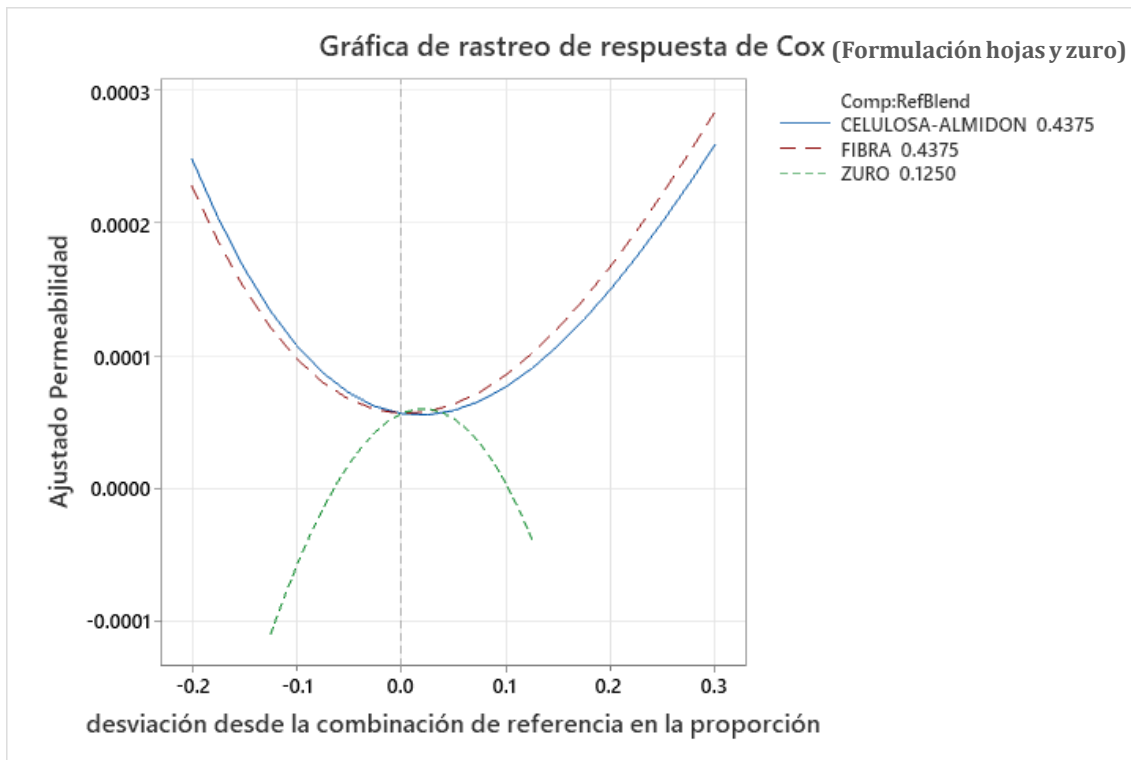


Figura 25. Gráfica de rastreo de respuesta de Cox para la permeabilidad al vapor de agua de hoja, zuro y glicerina

La gráfica de rastreo de Cox de la figura 25, se utilizó junto el método estadístico DOE de mezcla e indica que se obtendrá un mayor porcentaje de permeabilidad al vapor de agua cuando los porcentajes de fibra y celulosa-almidón sean mayores que el zuro como nos muestra la respuesta con los valores de la formulación M5 y su réplica.

4.7.2. Tracción

4.7.2.1. Análisis de tracción del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina

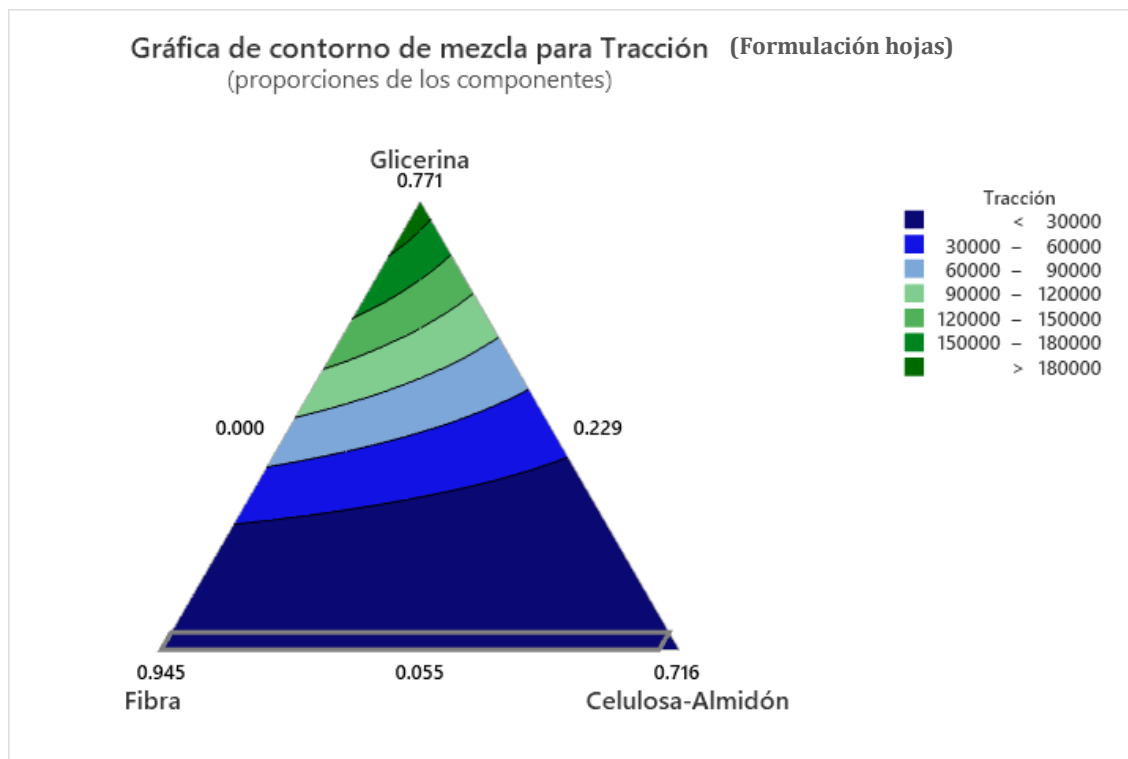


Figura 26. Gráfica de contorno de mezcla para tracción de hoja y glicerina

La figura 23 con la gráfica de contorno de mezcla muestra que las formulaciones que más inciden en el valor más elevado de tracción son por la fibra y glicerina de la formulación. La fórmula con 75 % de fibra, celulosa-almidón 24.94 % y 0,06 % de glicerina (1Ha) con 1.546 Pa, tiene el valor más alto de tracción que todas las formulaciones propuestas y menor que los resultados de Brigidano et al., (2021) que el ensayo de tracción con formulación de almendra, maicena, vinagre y glicerina dio como resultado 0,836 MPa.

4.7.2.2. Análisis de tracción del papel biodegradable elaborado con el zuro de maíz y glicerina

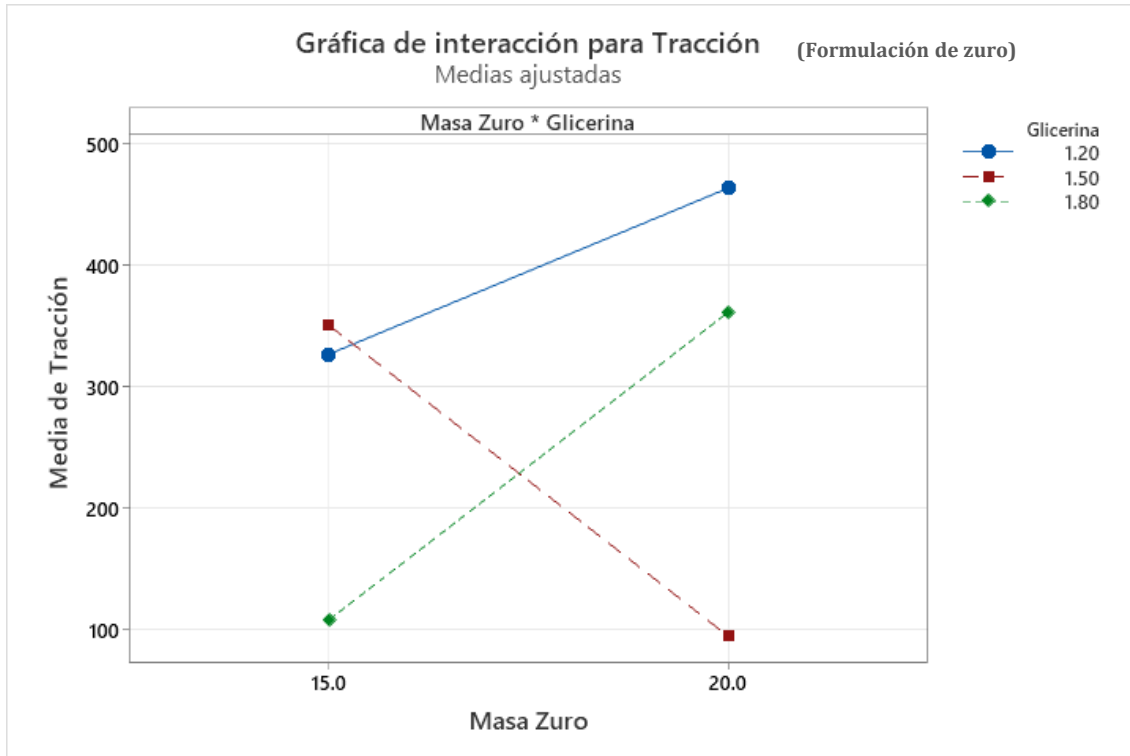


Figura 27. Gráfica de interacción para tracción de zuro y glicerina

La figura 27 muestra el análisis de tracción realizado con el método DOE factorial de gráficas de interacción de medias ajustadas que la formulación con mayor tracción es la formulación con 20 g de zuro y 1.2 g glicerina y el menor resultado de tracción la obtuvo la probeta del papel de la fórmula con 20 g y 1,5 g de glicerina.

4.7.2.3. Análisis de tracción del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina

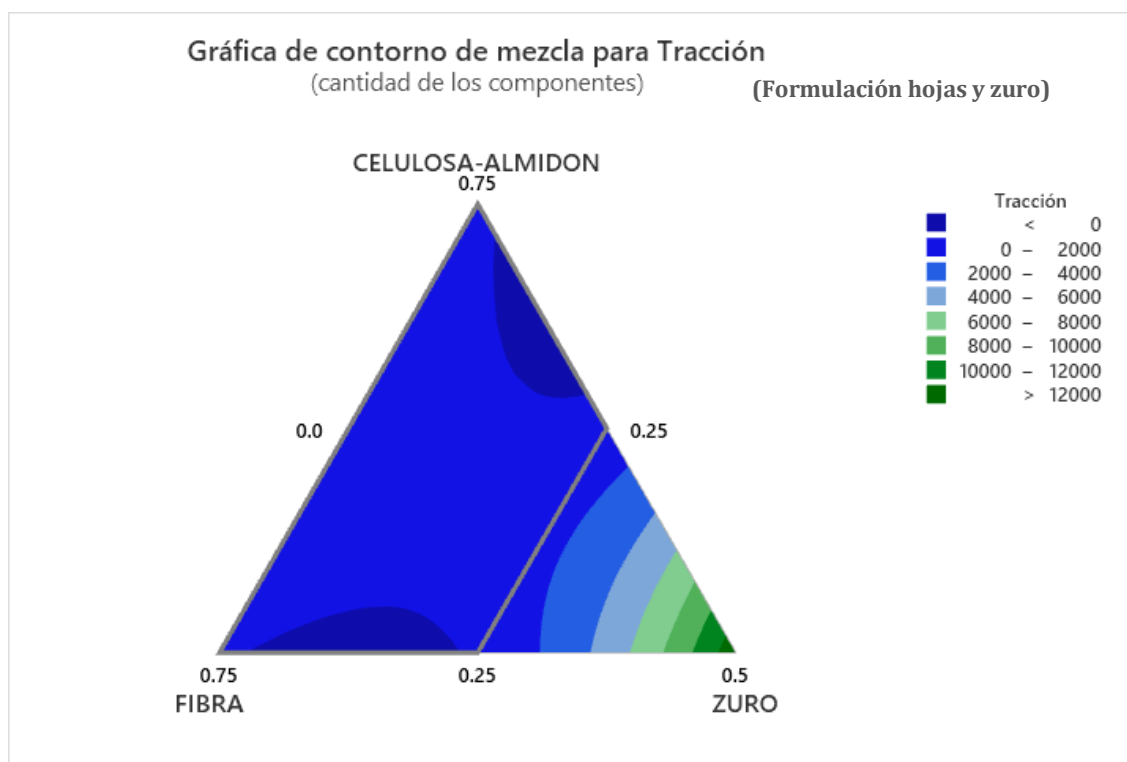


Figura 28. Gráfica de contorno de mezcla para tracción de la formulación hoja, zuro y glicerina

La figura 28 de la gráfica de contorno de mezcla indica que las formulaciones que contengan mayor porcentaje de zuro obtendrán un resultado elevado de tracción a comparación con el valor menor como las formulaciones con menor cantidad de zuro en la formulación.

4.8. Análisis y discusión de las pruebas de biodegradabilidad del papel

4.8.1. Degradabilidad

Las muestras de las formulaciones tuvieron una degradación del 100 % y en un periodo menor al de la metodología descrita por (Sernaqué et al., 2020) que tuvo una

degradabilidad del 93,06 % y 73,16 % en sus formulaciones de biopolímeros de mango y cáscara de banano.

4.8.1.1. Análisis de degradabilidad del papel biodegradable elaborado con las hojas de maíz y glicerina

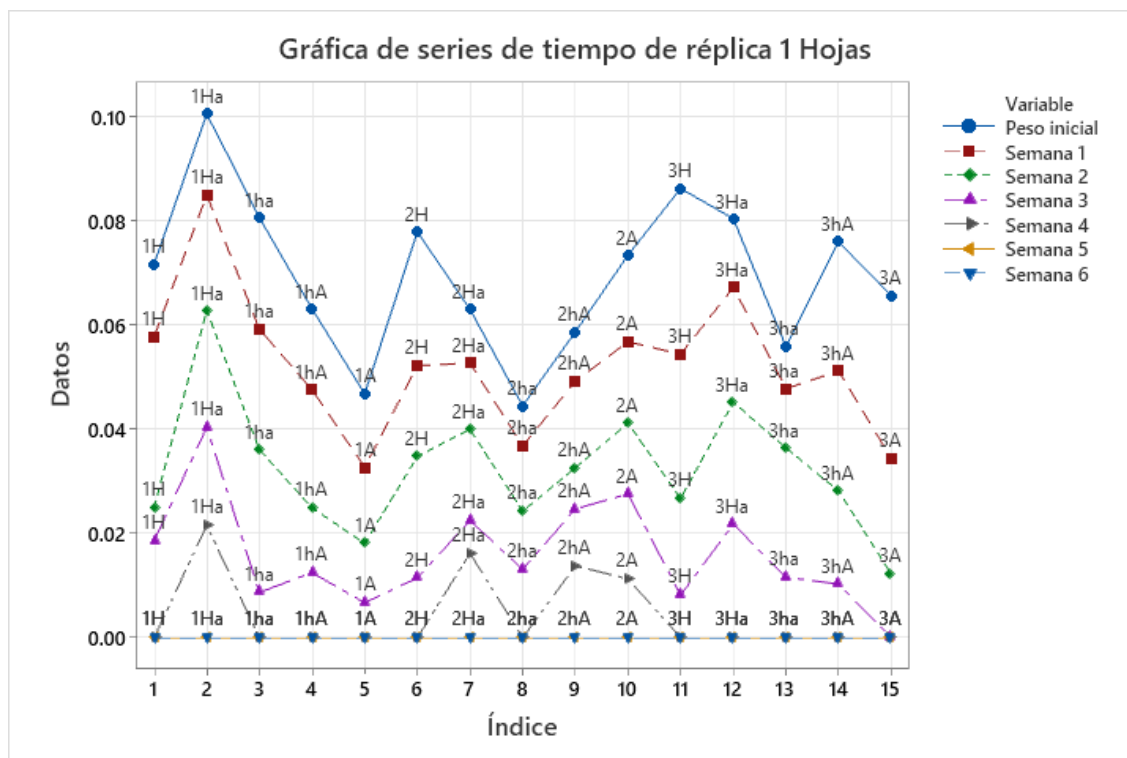


Figura 29. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de hoja y glicerina réplica 1

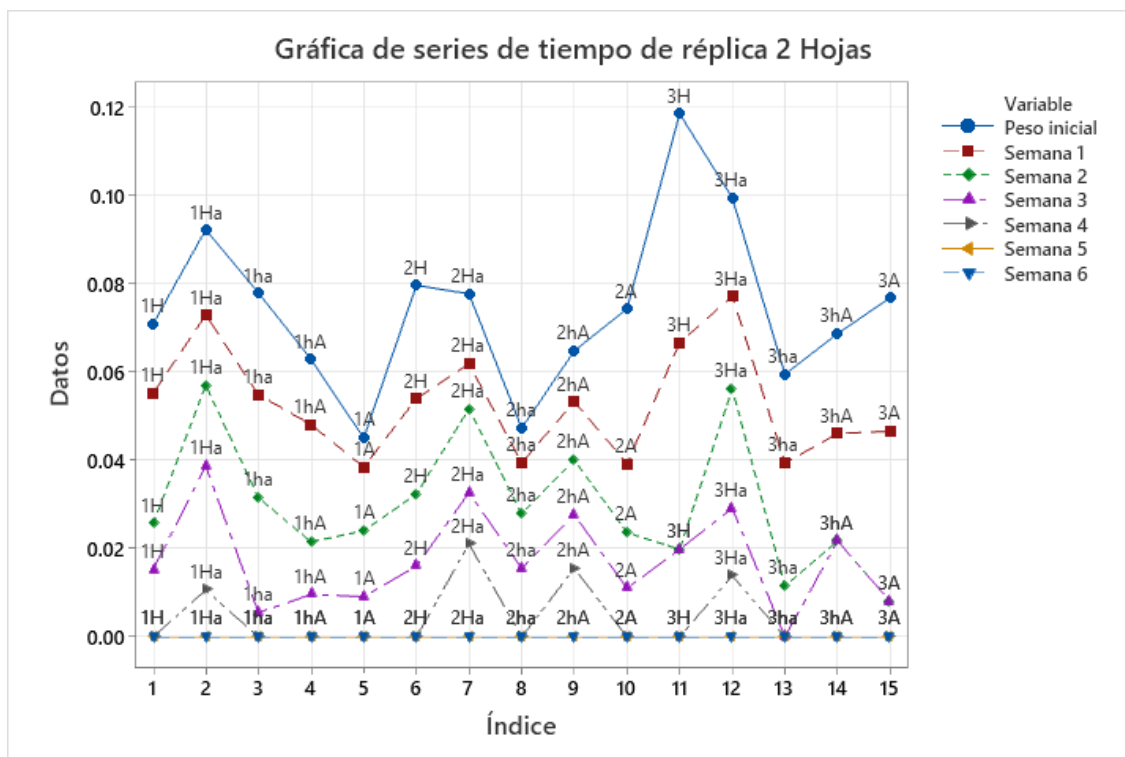


Figura 30. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de hoja y glicerina réplica 2

En la figura 29 y 30 se observan que la mayor parte de formulaciones de hojas se degradan en la semana 4 con excepción de formulación 1Ha, 2Ha, 2hA, 2A y 3Ha que demoran una semana más debido a que son las muestras con mayor masa.

4.8.1.2. Análisis de degradabilidad del papel biodegradable elaborado con el zuro de maíz y glicerina

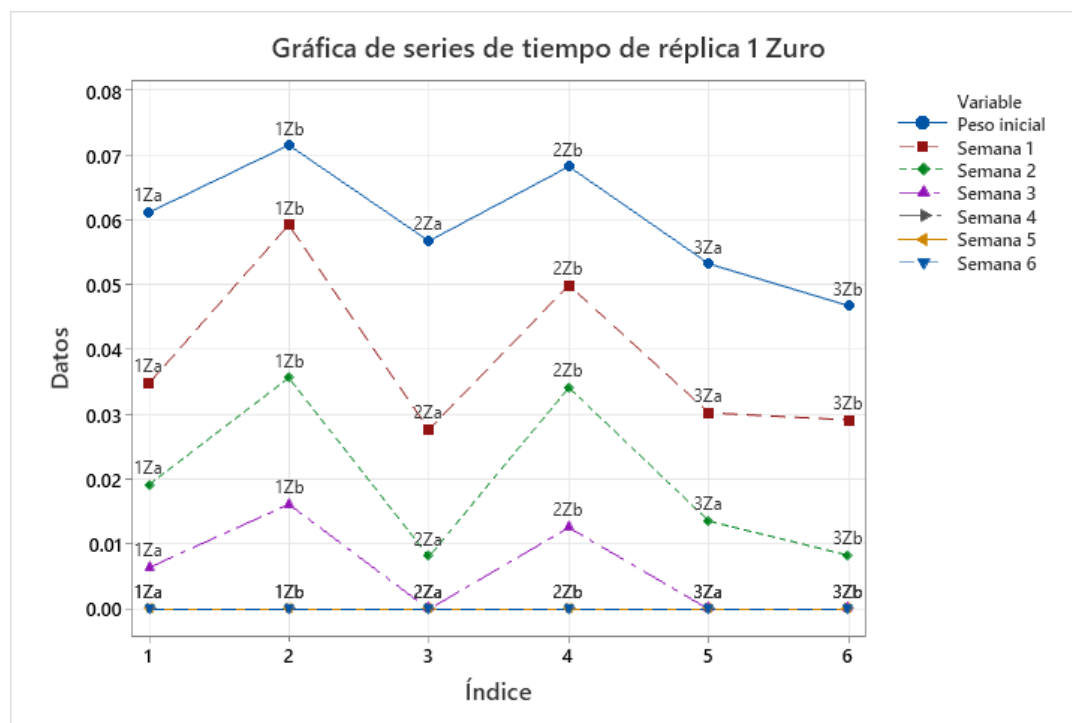


Figura 31. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de zuro y glicerina réplica 1

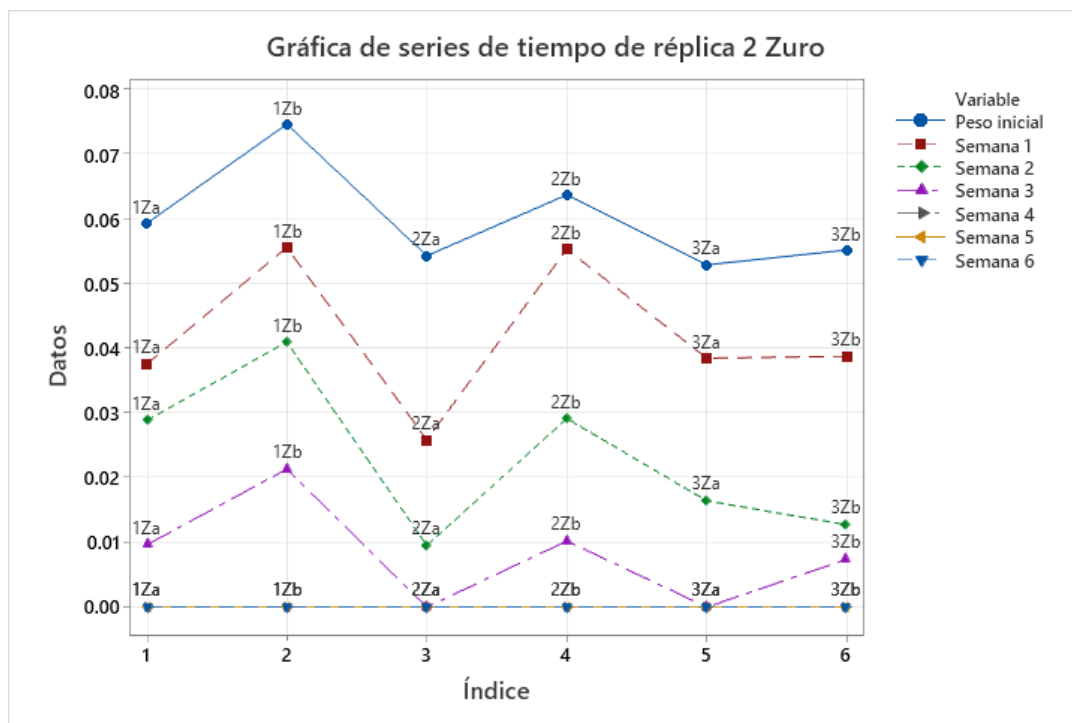


Figura 32. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de zuro y glicerina réplica 2

En las figuras 31 y 32 se representa con una gráfica de serie de tiempo las formulaciones de zuro con sus réplicas e indican tener un periodo más veloz de degradabilidad en la semana 3 las formulaciones 2Za, 3Za y 3Zb.

4.8.1.3. Análisis de degradabilidad del papel biodegradable elaborado con las hojas, zuro de maíz y glicerina

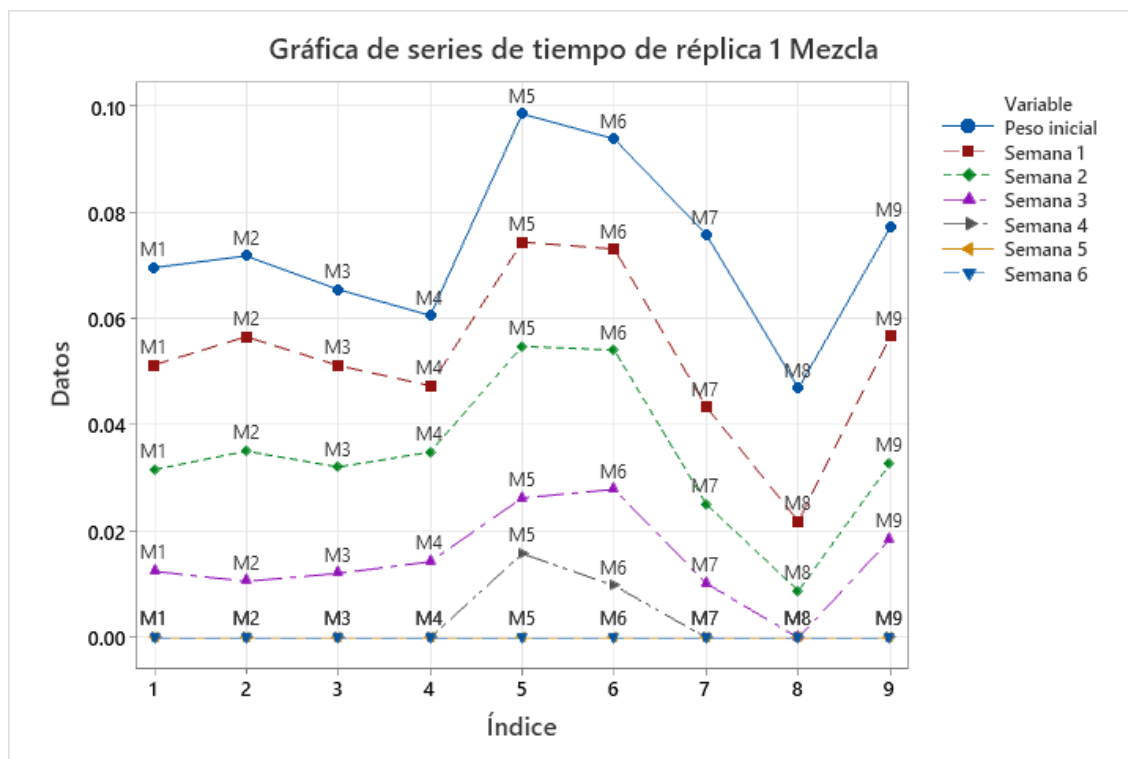


Figura 33. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de hoja, zuro y glicerina réplica 1

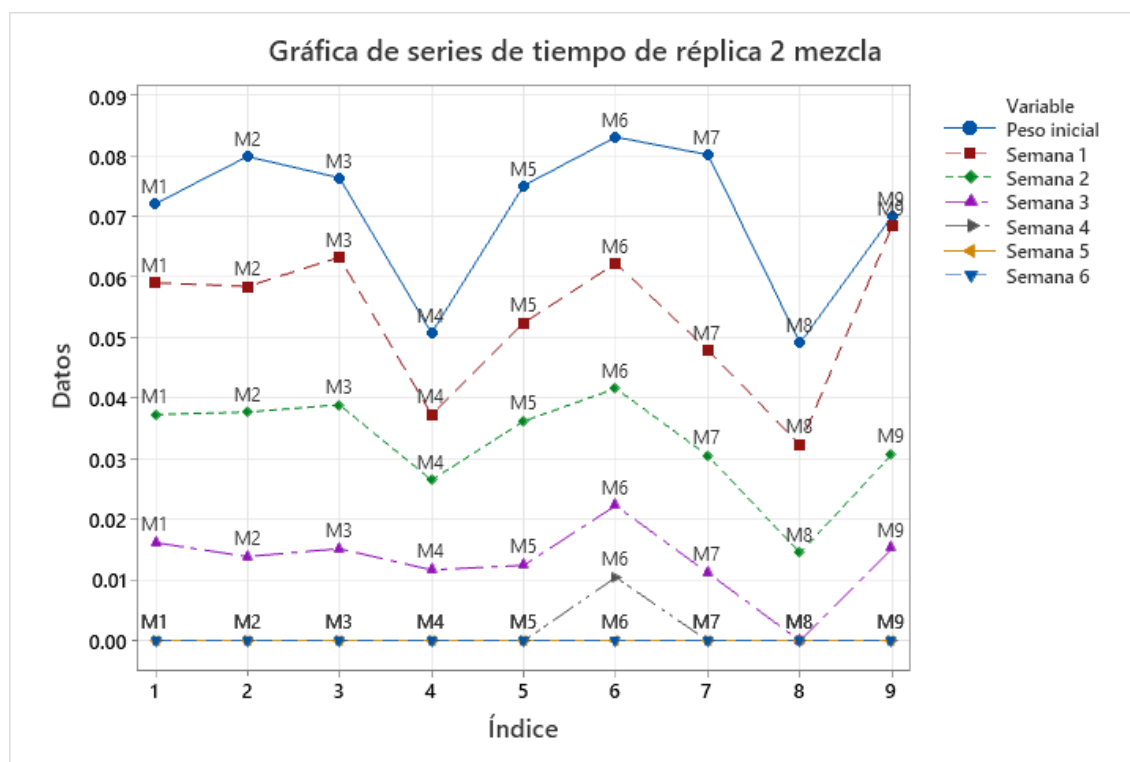


Figura 34. Gráfica de serie de tiempo de la formulación de hoja, zuro y glicerina réplica 2

Las gráficas de serie de tiempo de las figuras 33 y 34 muestran que la formulación M8 que contienen mayor porcentaje de celulosa-almidón se degrada en la semana 3 de la prueba.

4.9. Análisis y discusión de las pruebas ópticas del papel

4.9.1. FT-IR

Se realizó los espectros de FT-IR en un rango de 4000 hasta 400 cm^{-1} al papel con mayor tracción 1Ha. El estiramiento de los grupos funcionales O-H, C-O, C-H y N-H están presentes en los picos de los espectros entre 4.000 a 2.500 cm^{-1} , a partir de 2.500 hasta 2.000 cm^{-1} se puede observar los picos de las vibraciones de las moléculas con triple enlace como $\text{C}\equiv\text{C}$, $\text{C}\equiv\text{N}$ y $\text{C}\equiv\text{H}$ (Riba, 2012), región de 2.000 a 1500 cm^{-1} se encuentran las estructuras con doble enlace y de 1.500 a 600 cm^{-1} tenemos a la denominada huella digital que muestra

las vibraciones de las cadenas moleculares que son únicas respectivos grupos funcionales y a su vez de complejidad en la interpretación (Coates, 2006).

En la figura 32, las bandas 3.863,68 hasta 3324.68 cm^{-1} representan el estiramiento de los grupos funcionales O-H (Dutta, 2017), el pico 2.918,73 cm^{-1} representa la extensión disimétrica de los enlaces C-H de hidrocarburos alifáticos y del grupo funcional alquilo que están presentes en la hemicelulosa, celulosa y lignina (L. López et al., 2020). La banda de 1.642,09 cm^{-1} representa las vibraciones de los enlaces O-H por la retención de agua de las fibras de las hojas de maíz (Yue et al., 2015). El pico 1.423,21 cm^{-1} representa el estiramiento de los grupos metileno (CH_2) de los componentes menos cristalinos de la celulosa y las bandas 1.369,21 cm^{-1} y 1.318,11 presenta las vibraciones de las cadenas abiertas (alifáticas) de la hemicelulosa (Singh et al., 2020). Los picos 1.157,08 cm^{-1} , 1.103,08 cm^{-1} y 1.030,77 cm^{-1} forman parte de las vibraciones extensión disimétricos de los enlaces C-O-C de la celulosa (Adamu, 2021). El pico de absorción 924.7 cm^{-1} indica las ondulaciones de los enlaces β -glucosídicos en la celulosa (Yue et al., 2015) y las bandas 853,347 cm^{-1} 663,393 cm^{-1} y 555,398 cm^{-1} corresponden al almidón y propio del ciclo de anhidroglucosa (Orsini & Aparicio, 2021).

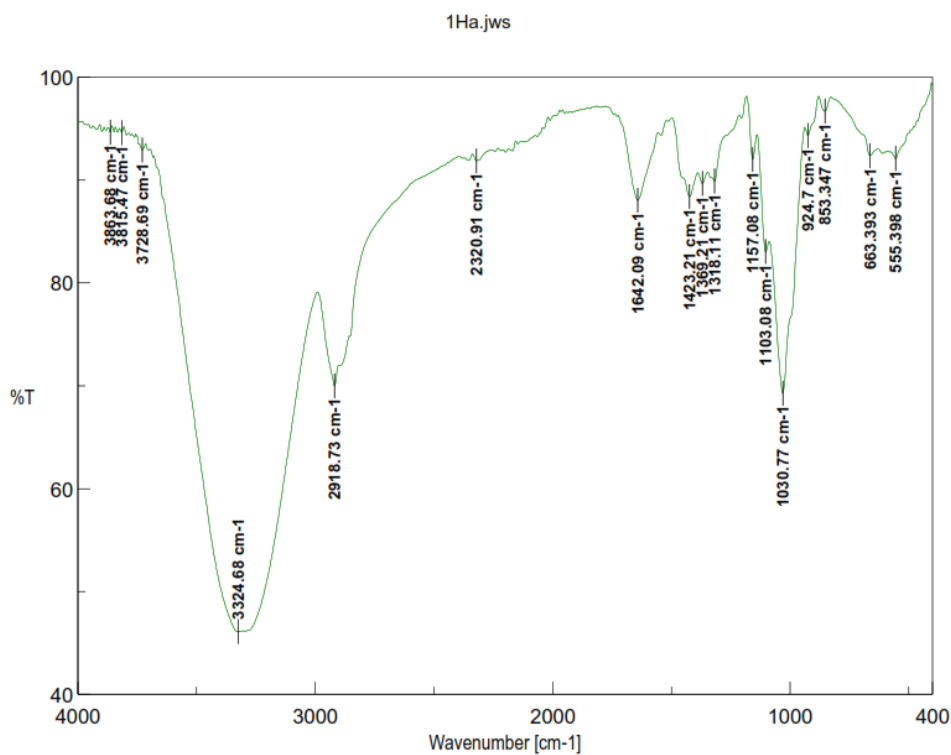


Figura 35. Gráfica de espectro del papel 1Ha

En la figura 33 se pueden observar los espectros sobrepuestos de los materiales utilizados de la formulación para la elaboración de la funda biodegradable. Cada pico explicado anteriormente corresponde a un grupo funcional específico de cada materia prima. El espectro de color verde corresponde a la formulación 1Ha que fue el mejor resultado de fundas biodegradables de papel.

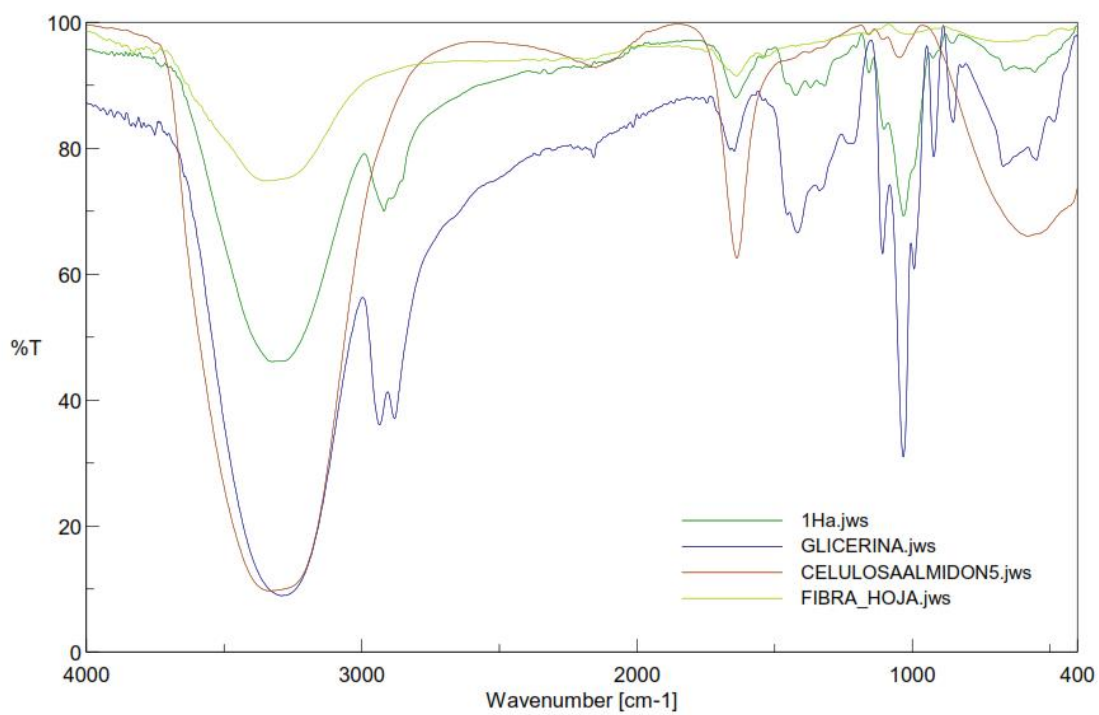


Figura 36. Gráfica de espectros superpuestos del papel de la formulación 1Ha con sus componentes

CAPÍTULO V

5. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

- Se recolectaron durante 14 días un total de 24,5 kg hojas y 63 kg de zuros en el Mercado Mayorista del cantón Milagro, diario se podía conseguir un aproximado de hojas de 1-2,5 kg y de 4 -5 kg de zuro. Durante los meses de abril y julio la cosecha de maíz es más elevada, por lo que fue factible realizar la recolección durante las primeras semanas junio.
- El método de Kraft permitió extraer la celulosa almidón al sumergir las hojas y zuros de maíz en solución de hidróxido de sodio (NaOH) al 5 % y aplicando procedimiento de Kurschner y Hoffer se pudo determinar porcentaje de celulosa en las hojas con un $39,85 \pm 1,084$ y el zuro $36,79 \pm 1,1<6$.
- En las formulaciones para la elaboración del papel, la trituradora permitió homogenizar los componentes de las formulaciones y después del secado se obtuvieron medidas 21 cm×15 cm que fueron las mismas medidas del molde utilizado.
- Se caracterizaron las fundas biodegradables con las formulaciones de hojas, zuros y mezclas; escogiendo la formulación 1Ha por tener resultado de mayor tracción con 1.541,89 Pa, espesor de 0.69 mm, porcentaje de humedad 22,55 %, solubilidad 43,13 %, absorción de 44,89 %, permeabilidad al vapor de agua 9.33×10^{-5} g/sm²Pa y degradabilidad del 100 %.

5.2. Recomendaciones

- Es necesario que se realice un estudio más específico sobre la cantidad de residuos que se genera el sector agrícola de forma directa e indirecta, para que estos puedan ser aprovechados en el cantón Milagro para darles una utilidad adicional y poder minimizar la contaminación por plásticos.
- En la elaboración de productos ecoamigables, se sugiere utilizar en sus formulaciones un mayor porcentaje de hojas y/o zuro de maíz por su alta capacidad de degradabilidad en un corto periodo de tiempo.
- Se recomienda el uso en las formulaciones de un aditivo que pueda reducir la alta propiedad higroscópica que poseen las fundas biodegradables.

BIBLIOGRAFÍA

- Adamu, B. F. (2021). Extraction of Ethiopian Kusha fiber from Ethiopian Kusha Plant by different methods and characterization of its morphological and mechanical properties. *Results in Materials*, 12, 100238. <https://doi.org/10.1016/J.RINMA.2021.100238>
- Agama, E., Juárez, E., Evangelista, S., Rosales, O., & Bello, L. (2013). Características del almidón de maíz y relación con las enzimas de su biosíntesis.
- Alarcon, H., & Arroyo, E. (2016). Evaluación de las propiedades químicas y mecánicas de biopolímeros a partir del almidón modificado de la papa.
- Almario, A., Durango, L., & Arizal, E. (2018). Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista Espacios*, 15.
- Anchundia, K., Santacruz, S., & Coloma, J. (2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*). *Revista Chilena de Nutricion*, 43(4), 394–399. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000400009>
- Andler, R., & Díaz, A. (2013). Technological and Market Aspects of Microbial Bioplastics Production. *Ingenierare* 27, *Ingeniería Para Producir Plásticos Desde Bacterias Technological and Market Aspects of Microbial Bioplastics Production*, 29–36.
- Arrieta, Á., Durango, L., & Arizal, E. (2018a). Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz). *Revista Espacios*, 39.
- Arrieta, Á., Durango, L., & Arizal, E. (2018b). Estudio de las propiedades absorbentes de un biopolímero a base de almidón de yuca (*Manihot esculenta* Crantz).
- Banco Central del Ecuador. (2021). Reporte de coyuntura sector agropecuario. *Bce*, 93, 21–22.
- Bassante, C. (2018). Evaluación de diferentes pretratamientos químicos a la biomasa para procesos de fermentación alcohólica. *Universidad San Francisco de Quito*.
- Bernal, L. (2006). Una nueva visión de la degradación del almidón.
- Brigidano, M., Ramírez, A., Romero, E., & Villanueva, A. (2021a). Estudio de las propiedades de un bioplástico según sus refuerzos.
- Brigidano, M., Ramírez, A., Romero, E., & Villanueva, A. (2021b). Estudio de las propiedades de un bioplástico según sus refuerzos. *IngeniaMateriales*, 24(39), 17–21.
- Calderón, M., Andrade, F., Lizarzaburu, L., & Masache, M. (2017). Valoración económica de los cobeneficios del aprovechamiento energético de los residuos agrícolas en el Ecuador. *Estudios Del Cambio Climático En América Latina*, 52(July), 27.

- Campuzano, J., López, I., & Álvarez, C. (2018). Normativas y regulaciones para polímeros biodegradables y compostables. <https://www.plastico.com/temas/Normativas-y-regulaciones-para-polimeros-biodegradables-y-compostables+126663?pagina=2>
- Cárdenas, J. (2018). Investigación cuantitativa. <https://doi.org/10.17169/refubium-216>
- Cerrón, W. (2019). La investigación cualitativa en educación. *Horizonte de La Ciencia*, 9(17). <https://doi.org/10.26490/uncp.horizonteciencia.2019.17.510>
- CLIRSEN. (2009). Generación de geoinformación para la gestión del territorio y valoración de tierras rurales de la cuenca del río guayas escala 1: 25 000.
- Coates, J. (2006). Interpretation of Infrared Spectra, A Practical Approach. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. <https://doi.org/10.1002/9780470027318.A5606>
- Córdoba, J., Delgado, E., & Toríz, G. (2010). Generación de compuestos orgánicos en el olote, mediante la oxidación en húmedo. 29(2), 186–200.
- Cordoba, L., Salcedo, E., Rodríguez, R., Zamora, J., Manríquez, R., Contreras, H., Robledo, J., & Delgado, E. (2013). Caracterización y valoración química del olote: degradación hidrotérmica bajo condiciones subcríticas. *Revista Latinoamericana Química*, 173–176. www.relaquim.com.mx
- Corporación Financiera Nacional. (2021). Ficha Sectorial. 1(1), 24.
- Durán, J., Morales, A., & Yusti, R. (2005). Formulación para la obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca, variedad MBRA 383. *Revista Científica Guillermo de Ockham*, 3, 3–6.
- Dutta, A. (2017). Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Spectroscopic Methods for Nanomaterials Characterization*, 2, 73–93. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-46140-5.00004-2>
- Enríquez, M., Velasco, R., & Ortiz, V. (2012). Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón.
- ESPAC. (2020). Tabulados ESPAC 2020 (p. 38).
- FAO. (2006). El mercado de almidón añade valor a la yuca. Departamento de Agricultura, Bioseguridad, Nutrición y Protección Del Consumidor Organización de Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación, 2.
- Flores, A. (2021). Fabricación de platos biodegradables a partir de residuos de la platanera. Universidad de La Laguna.
- Flores, C. (2009). Polímeros vs. plásticos. Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, 14, 51–60. http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin14/URL_14_MEC01.pdf%0Ahttp://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING

PRIMERO/boletin14/URL_14_MEC01.pdf%0Ahttp://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_14_MEC01.pdf

- Gallezot, P. (2007). Catalytic routes from renewables to fine chemicals. *Catalysis Today*, 121(1–2), 76–91. <https://doi.org/10.1016/J.CATTOD.2006.11.019>
- García, A, Castillo, S., Cuevas, A., Leal, N., Lozano, M., & Noriega, M. (2019). RESUMEN. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos* , 4, 87–90.
- García, E., & Fernández, I. (2012). Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación.
- García, S. (2009). Referencias Históricas Y Evolución De Los Plásticos. *Revista Iberoamericana de Polímeros Volumen Iberoam. Polim*, 10(101), 71–80.
- Garrote, G., Falqué, E., Domínguez, H., & Parajó, J. C. (2007). Autohydrolysis of agricultural residues: Study of reaction byproducts. *Bioresource Technology*, 98(10), 1951–1957. <https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2006.07.049>
- Gavilanes, I., Jara, J., Idrovo, J., Bustamante, M., Pérez, M. D., Pérez, A., López, M., & Paredes, C. (2017). Agroindustrial compost as a peat alternative in the horticultural industry of Ecuador. *Journal of Environmental Management*, 186, 79–87. <https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2016.10.045>
- Giovanni, W., & Ortiz, C. (2011). Lignocellulosic Materials As Source of Biofuels and Chemical Products. *TecnoESUFA: Revista de Tecnología Aeronáutica*, 16, 41–46.
- Gobierno Autónomo de Milagro. (2016). Ordenanza GADMM # 23-2016.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). Metodología de la investigación (J. Chacón, Ed.; McGraw-Hill).
- Hernández, R., Vázquez, R., Hernández, J., Veloz, M., & Villagomez, J. (2021). Obtención de celulosa cristalina de hoja de maíz de Metztitlán Hidalgo. *Pädi Boletín Científico de Ciencias Básicas e Ingenierías Del ICBI*, 9(Especial2), 7–12. <https://doi.org/10.29057/icbi.v9iespecial2.7993>
- Huang, T. H., & Streitwieser, D. A. (2015). Estudio comparativo de la compostabilidad de fundas plásticas de PEBD, oxo-biodegradables y de papel distribuidas en el Distrito Metropolitano de Quito (Vol. 7, Issue 1). <http://avances.usfq.edu.ec>
- Hurter, R. (2006). Nonwood Plant Fiber Characteristics.
- INEN. (1986). Papeles y Cartones. In *Servicion Ecuatoriano de Normalización. Determinación de humedad*.
- INEN 1399. (2013). Papeles y Cartones. Determinación de espesor.
- Jamróz, E., Juszczak, L., & Kucharek, M. (2018). Investigation of the physical properties, antioxidant and antimicrobial activity of ternary potato starch-furcellaran-gelatin films

- incorporated with lavender essential oil. *International Journal of Biological Macromolecules*, 114, 1094–1101. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2018.04.014>
- Jiménez, A., Hernández, K., Collahuazo, Y., Avilés, R., Pino, J., & García, M. (2019). Película comestible a partir de cáscara de plátano macho (*Musa Paradisiaca* L.). *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 29(3).
- Jiménez, M. (2015). Evaluación de la resistencia a la absorción de agua, ataque de termitas *Nasutitermes corniger* y propiedades mecánicas de un material lignocelulósico. Centro de Investigación Científica de Yucatán .
- Joaqui, D., & Villada, H. (2013a). PROPIEDADES ÓPTICAS Y PERMEABILIDAD DE VAPOR DE AGUA EN PELÍCULAS PRODUCIDAS A PARTIR DE ALMIDÓN. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial Edición Especial*, 2, 59–68.
- Joaqui, D., & Villada, S. (2013b). Propiedades Ópticas Y Permeabilidad De Vapor De Agua En Películas Producidas a Partir De Almidón. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(spe), 59–68.
- Joaqui, D., & Villada, S. (2013c). Propiedades Ópticas Y Permeabilidad De Vapor De Agua En Películas Producidas a Partir De Almidón. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(spe), 59–68.
- Labeaga, A. (2018a). Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones. *Uned*, 45–47.
- Labeaga, A. (2018b). Polímeros biodegradables. Importancia y potenciales aplicaciones. *Universidad Nacional de Educación a Distancia*.
- Lafuente, G. (2017). Glicerol: síntesis y aplicaciones.
- Lesme, R., Oliva, L., Martínez, A., & Silva, E. (2019). Análisis de ciclo de vida del aprovechamiento energético de los residuos (tusa) de la cosecha de maíz (*Zea mays*) en la provincia de Los Ríos, Ecuador. *Tecnología Química, Universidad de Oriente, Cuba*, 39(3), 655–672.
- López, J., Pumaquero, J., & Lopez, J. (2020). Análisis de la contaminación ambiental por plásticos. *Polo Del Conocimiento*, 5(12), 725–742. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i12.2139>
- López, L., Salgado, S., Turrado, J., Hidalgo, C., Ortiz, C., Córdova, S., Saucedo, A., & Canché, G. (2020). Celulosa y microcelulosa de residuos del cultivo de caña de azúcar (*Saccharum spp.*). *Agro Productividad*, 13(4). <https://doi.org/10.32854/agrop.vi.1591>
- Medina, M., Lara, L., Aguilar, C., & De, H. (2011). Aprovechamiento de materiales lignocelulósicos para la producción de etanol como carburante. *Acta Química Mexicana*, 3(6), 35–41.

- Montero, A., Sumba, E., & Salvador, S. (2014). PRODUCTIVIDAD AGRÍCOLA EN EL ECUADOR. Dirección de Análisis y Procesamiento de La Información Coordinación General Sistema de Información Nacional-MAGAP, 2–3.
- Morillas, A., Valdemar, R., Villavicencio, M., & Pérez, M. (2015). Bioplásticos y plásticos degradables. Universidad Autonoma Metropolitana, 11.
- Ormaza, J., Neira, M., Giler, L., & Quevedo, J. (2020). Maquina bio-recicladora de plástico pet: un emprendimiento viable. Caso Azogues – Ecuador. Telos Revista de Estudios Interdisciplinarios En Ciencias Sociales, 22(2), 395–409. <https://doi.org/10.36390/telos222.11>
- Orsini, S. M. D., & Aparicio, G. P. P. (2021). Espectroscopia de infrarrojo con transformada de fourier (ft-ir) para análisis de muestras de harina de trigo, fécula de maíz y almidón de yuca. @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria, 19(1), 5–16. <https://doi.org/10.24054/16927125.V1.N1.2021.4477>
- Peña Murillo, S., Nevárez, E., Figueroa, J., Loor, Á., & Aldaz, K. (2019). New treatment systems for soil contaminated by hydrocarbons [Nuevos sistemas de tratamientos de suelo contaminado por hidrocarburos]. RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao, 2019(E21), 226–236. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85078360763&partnerID=40&md5=0293cc18b45d28ba642bc4ab1827160c>
- Peña, S., & López, J. (2020). Desarrollo sostenible y oportunidad de aprendizaje de las biorrefinerías: Una alternativa de la biomasa / Sustainable development and learning opportunity of biorefineries: A biomass alternative. Revista de Ciencias Sociales, XXVI. <https://doi.org/10.31876/rcs.v26i0.34135>
- Pinargote, C., Bórquez, R., Piloza, D., Arévalo, M., Flores, E., Tobar, R., Mite, R., Anangonó, R., Montufar, C., & Barros, T. (2016). Contenidos De Celulosa Y Lignina En Restos Lignino- Celulósicos De Gran Tamaño (Necromasa) En Un Bosque Templado De Antiguo Crecimiento Del Centro-Sur de Chile. European Scientific Journal, ESJ, 12(24), 403. <https://doi.org/10.19044/esj.2016.v12n24p403>
- Prado, M., Anzaldoz, J., Becerrar, B., Palacios, H., Vargas, J., & Rentería, M. (2012). Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta. Madera Bosques, 18(3), 37–51. <https://doi.org/10.21829/myb.2012.183357>
- Relat, J. M. (2010). Introducción a la investigación básica. RAPD Online , 33, 221–227.
- Riba, J. (2012). Identificación de muestras de papel mediante espectrometria IR y métodos multivariados. Afinidad, 87–92.
- Rivera, O., Álvarez, L., Rivas, M., Garelli, O., Pérez, E., & Estrada, N. (2020). Impacto de la contaminación por plásticos en Áreas Naturales Protegidas mexicanas. Green-Peace, 53(9), 1689–1699.

- Roca, L., Tapia, D., Valdemar, J., Cadena, A., & Hernández, R. (2017). Aprovechamiento de residuos orgánicos en distintos cultivos de Ecuador. *Axioma*, 3, 84–95.
- Rodríguez, D., López, V., Alpizar, A., & Calixto, M. (2020). Biopolímeros: de principio a fin. In *Mujeres en la Ciencia Biología* (pp. 107–129). ECORFAN. <https://doi.org/10.35429/h.2020.9.107.129>
- Rodríguez, Lady, & Orrego, C. (2016). Aplicaciones de mezclas de biopolímeros y polímeros sintéticos: revisión bibliográfica. *Revista Científica*, 25, 1–3.
- Román, J., Rosas, J., Rodríguez, A., Palma, H., Vargas, A., & Juárez, A. (2020). Evaluación de solubilidad y pérdida de peso en la degradación de biopelículas elaboradas a base de mezclas de harina de plátano y chayotextle. *Revista Internacional de Desarrollo Regional Sustentable*, 5 (1), 190–204.
- Ruiz, M., Pastor, K., & Acevedo, A. (2013). Biodegradabilidad de Artículos Desechables en un Sistema de Composta con Lombriz. *Informacion Tecnologica*, 24(2), 47–56. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642013000200007>
- Salazar, D., Cuichán, M., Ballesteros, C., Márquez, J., & Orbe, D. (2017). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua.
- Sampieri, R. (2014). Investigación. In *Metodología de la Investigación* (Vol. 6, pp. 75–96).
- Sánchez, I., & Pérez, E. (2014). Maíz I (*Zea mays*). *REDUCA Biología*, 7(2), 151–171.
- Sanín, A., Calderón, M., Serna, J., Sofía, L., Valenzuela, T., & Ladino, N. (2016). Desarrollo de alimento funcional a partir de productos promisorios andinos (Vol. 24, Issue 39).
- Sarkanen, K., & Ludwig, C. (1971). Lignins : occurrence, formation, structure and reactions,. In *Published in 1971 in New York by Wiley-Interscience*. New York, : Wiley-Interscience, 1971. <https://lib.ugent.be/catalog/rug01:002770675>
- Saval, S. (2012). Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro.
- SENPLADES. (2017). Plan Nacional del Buen vivir 2017-2021. *Educational Research*, 1, 150.
- Sernaqué, F., Huamán, L., Pecho, H., & Chacón, M. (2020). Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de *Mangifera indica* y *Musa paradisiaca*. *Centro Agrícola*, 47(4), 22–31.
- Singh, G., Jose, S., Kaur, D., & Soun, B. (2020). Extraction and Characterization of Corn Leaf Fiber. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1787914>, 19(5), 1581–1591. <https://doi.org/10.1080/15440478.2020.1787914>
- Sivan, A. (2011). New perspectives in plastic biodegradation. *Current Opinion in Biotechnology*, 22(3), 422–426. <https://doi.org/10.1016/J.COPBIO.2011.01.013>

- Solíz, M., Durango, J., Solano, J., & Yepez, M. (2020). Cartografía de los residuos sólidos Ecuador.
- Souza, V. G. L., Fernando, A. L., Pires, J. R. A., Rodrigues, P. F., Lopes, A. A. S., & Fernandes, F. M. B. (2017). Physical properties of chitosan films incorporated with natural antioxidants. *Industrial Crops and Products*, 107, 565–572. <https://doi.org/10.1016/J.INDCROP.2017.04.056>
- Stergios, A. (2006). Identification of fibre components in packaging grade papers. *Iawa*, 27(2), 153–172.
- Sui, C., Zhang, W., Ye, F., Liu, X., & Yu, G. (2016). Preparation, physical, and mechanical properties of soy protein isolate/guar gum composite films prepared by solution casting. *Journal of Applied Polymer Science*, 133(18). <https://doi.org/10.1002/app.43382>
- Tibolla, H., Pelissari, F. M., Martins, J. T., Vicente, A. A., & Menegalli, F. C. (2018). Cellulose nanofibers produced from banana peel by chemical and mechanical treatments: Characterization and cytotoxicity assessment. *Food Hydrocolloids*, 75, 192–201. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.08.027>
- Trejo, V., Aragon, N., & Miranda, P. (2001). Estimación de la permeabilidad al vapor de agua en películas a base de quitosán. *Revista de La Sociedad Química de México*, 45, 1–5.
- Valero, M., Ortégón, Y., & Uscategui, Y. (2013). Biopolímeros: avances y perspectivas. 80, 171–180.
- van de Velde, K., & Kiekens, P. (2002). Biopolymers: overview of several properties and consequences on their applications. *Polymer Testing*, 21(4), 433–442. [https://doi.org/10.1016/S0142-9418\(01\)00107-6](https://doi.org/10.1016/S0142-9418(01)00107-6)
- Vargas Moreno Paola, M. V. O. (2019). Influencia del tipo de plastificante en la elaboración de bioplásticos, a partir de almidón de papa (*Solamun tuberosum*). *Facultad de Ciencias Básicas*, 17(2), 239–249.
- Vargas, Y., & Perez, L. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales para el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Historia Del Artículo Resumen | Abstract |*, 14(1), 59–72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.xxxx>
- Vargas, Z. (2009). La investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, 33, 155–165.
- Vázquez, A., Santiago, M., Rivadeneyra, E., & Díaz, R. (2019). Películas comestibles a base de almidón nanoestructurado como material de barrera a la humedad. 13(2), 152–164.
- Vázquez, A., Santiago, M., Rivadeneyra, E., & Díaz-Sobac, R. (2019). Películas comestibles a base de almidón nanoestructurado como material de barrera a la humedad. *CienciaUAT*, 13(2), 152. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v13i2.1105>

- Velp Scientifica. (2019). Crude Fiber Determination in Feed (Weende method).
- Vergara, A., Rojas, M., Castro, D., Márquez, F., Llaque, J., Granja, N., Morán, E., Sorhegui, R., Guzhñay, R., & Pozo, C. (2019). Desarrollo sostenible y medio ambiente. *Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente*, 61–100. <https://doi.org/10.21855/librosecotec.42>
- Villalta, E. (2013). Estudio De Factibilidad Para La Creación De Una Recicladora De Residuos Sólidos Para El Cuidado Del Medio Ambiente Del Cantón Milagro.
- Viteri, M., & Tapia, M. (2018). Economía ecuatoriana: de la producción agrícola al servicio. *Revista Espacios*, 39(32), 1. <https://www.revistaespacios.com/a18v39n32/a18v39n32p30.pdf>
- Yagual, C., Hedoíza, V., Cevallo, A., Zambrano, V., Llive, P., & Carvajal, F. (2021). Utilización de la fibra de banana (*musa sapientum*) proveniente de los pseudotallos para la elaboración de papel y el aprovechamiento de residuos agrícolas. *ACI Avances En Ciencias e Ingenierías*, 13(1), 7. <https://doi.org/10.18272/aci.v13i1.1772>
- Yue, Y., Han, J., Han, G., Zhang, Q., French, A. D., & Wu, Q. (2015). Characterization of cellulose I/II hybrid fibers isolated from energycane bagasse during the delignification process: Morphology, crystallinity and percentage estimation. *Carbohydrate Polymers*, 133, 438–447. <https://doi.org/10.1016/J.CARBPOL.2015.07.058>
- Zafra, O. (2006). Tipos de Investigación. *Revista Científica General José María Córdova*, 4, 13–14. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=476259067004>
- Zambrano, E., & Andrade, M. (2021). Productividad y precios de maíz duro pre y post covid-19 en el ecuador. 6.
- Zapata, M., Ortiz, S., Ortiz, J., Novillo, A., Pilay, D., & Quimiz, F. (2014). Actualización del plan de desarrollo y ordenamiento territorial.
- Zhang, Y., Kong, H., Fang, Y., Nishinari, K., & Phillips, G. O. (2013). Schizophyllan: A review on its structure, properties, bioactivities and recent developments. *Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre*, 1(1), 53–71. <https://doi.org/10.1016/J.BCDF.2013.01.002>

Anexo1. Recolección y acondicionamiento de hojas y zuro de maíz



Figura 37. Recolección de residuos de maíz



Figura 38. Separación del zuro de los residuos de maíz



Figura 39. Separación de hojas de los residuos de maíz



Figura 40. Molienda del zuro



Figura 41. Zuro sumergido en solución de hidróxido de sodio



Figura 42. Hojas de maíz sumergidas en zuro de maíz



Figura 43. Cocción de materia prima



Figura 44. Lavado y filtrado de materia prima



Figura 45. pH neutro de la materia prima después del lavado



Figura 46. Fibra



Figura 47. Zuro



Figura 48. Celulosa-almidón

Anexo 2. Caracterización de materia prima

Humedad



Figura 49. Muestra de hojas para humedad



Figura 50. Muestra de zuro para humedad



Figura 51. Hojas después del análisis de humedad



Figura 52. Zuro después del análisis de humedad

Ceniza



Figura 53. Incineración de muestra en reverbero



Figura 54. Muestra incinerada en la mufla



Figura 55. Ceniza de zuro



Figura 56. Ceniza de hoja de maíz

Celulosa



Figura 57. Solución de etanol-ácido nítrico



Figura 58. Calentamiento por reflujo de la materia prima acondicionada con la solución de etanol-ácido nítrico



Figura 59. Secado de la muestra de hoja de maíz



Figura 60. Secado de la muestra de zuro de maíz

Lignina



Figura 61. Lavado de muestra con agua caliente después de calentamiento por reflujo con solución de hidróxido de sodio



Figura 62. Muestra con solución de ácido sulfúrico



Figura 63. Calentamiento por reflujo de muestras con ácido sulfúrico



Figura 64. Muestra final ceniza zuro de maíz



Figura 65. Muestra final ceniza hojas de maíz

Anexo 3. Elaboración de papel

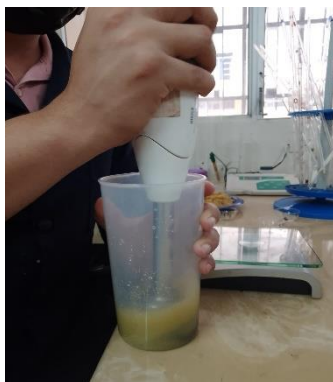


Figura 66. Homogenizando los componentes de las formulaciones



Figura 67. Vertiendo la mezcla homogenizada en el molde antiadherente



Figura 68. Moldeo



Figura 69. Papel de la formulación 1H



Figura 70. Papel de la formulación 1Ha



Figura 71. Papel de la formulación 1ha



Figura 72. Papel de la formulación 1hA



Figura 73. Papel de la formulación 1A



Figura 74. Papel de la formulación 2H

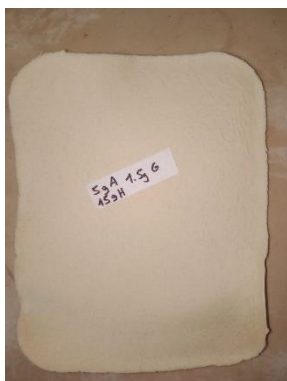


Figura 75. Papel de la formulación 2Ha

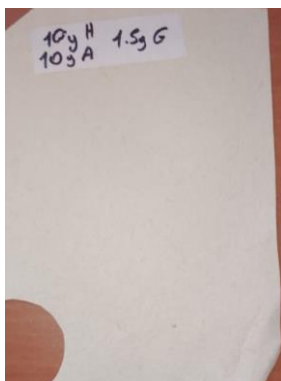


Figura 76. Papel de la formulación 2ha



Figura 77. Papel de la formulación 2ha



Figura 78. Papel de la formulación 2A



Figura 79. Papel de la formulación 3H



Figura 80. Papel de la formulación 3Ha



Figura 81. Papel de la formulación 3ha



Figura 82. Papel de la formulación 3hA

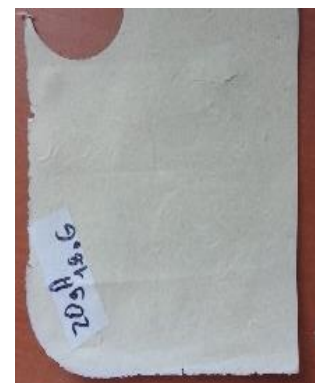


Figura 83. Papel de la formulación 3A

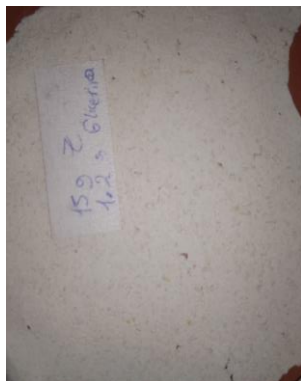


Figura 84. Papel de la formulación 1Za



Figura 85. Papel de la formulación 1Zb



Figura 86. Papel de la formulación 2Za

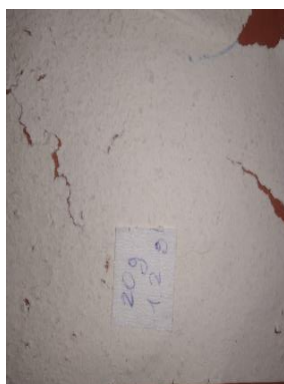


Figura 87. Papel de la formulación 2Zb

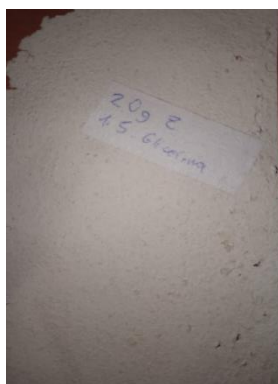


Figura 88. Papel de la formulación 3Za



Figura 89. Papel de la formulación 3Zb



Figura 90. Papel de la formulación M1



Figura 91. Papel de la formulación M2



Figura 92. Papel de la formulación M3



Figura 93. Papel de la formulación M4



Figura 94. Papel de la formulación M5



Figura 95. Papel de la formulación M6



Figura 96. Papel de la formulación M7



Figura 97. Papel de la formulación M8



Figura 98. Papel de la formulación M9

Anexo 4. Evaluación de las propiedades del papel

Espesor



Figura 99. Espesor de la formulación mezcla



Figura 100. Espesor de la formulación de zuro



Figura 101. Espesor de la formulación de hoja

Humedad



Figura 102. Secado del papel. Formulaciones las hojas de maíz con 1,2 g de glicerina



Figura 103. Secado del papel. Formulaciones hojas de maíz con 1,5 g de glicerina seco

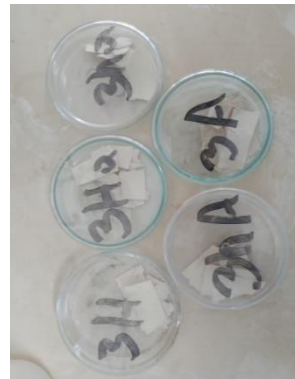


Figura 104. Secado de papel. Formulaciones de hojas de maíz con 1,8 g de glicerina seco

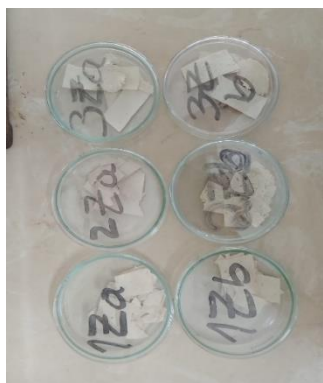


Figura 105. Secado de papel. Formulaciones de zuro

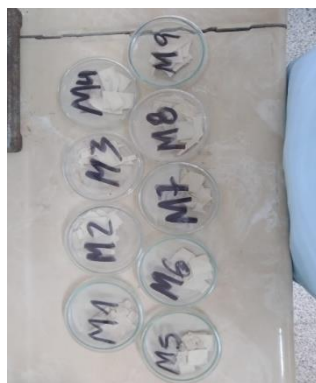


Figura 106. Secado de papel. Formulaciones de mezcla

Solubilidad

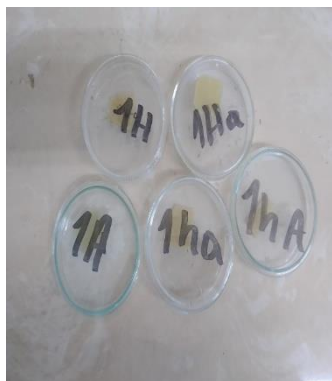


Figura 107. Muestras húmedas del papel. Formulación hojas de maíz para formulaciones 1,2 g glicerina

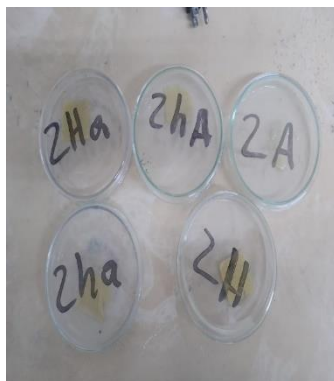


Figura 108. Muestras húmedas del papel. Formulaciones hojas de maíz para formulaciones 1,5 g glicerina

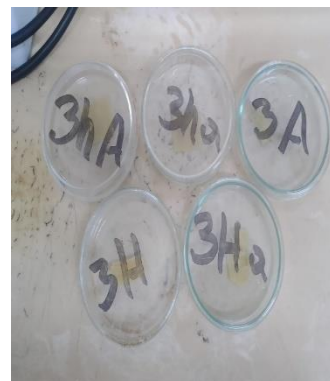


Figura 109. Muestras húmedas del papel. Formulaciones hojas de maíz para formulaciones 1,8 g glicerina



Figura 110. Muestras húmedas del papel de las formulaciones de zuro de maíz

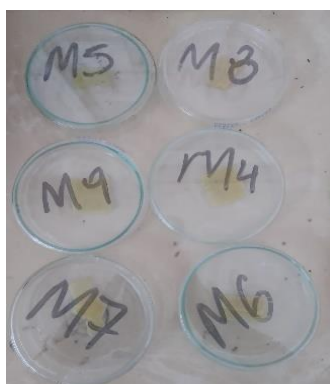


Figura 111. Muestras húmedas de las formulaciones de mezclas



Figura 112. Muestras en el secador



Figura 113. Muestras secas. Formulaciones 1,2 g glicerina

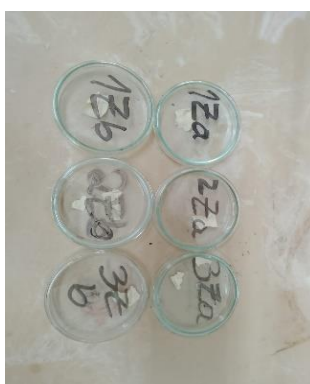


Figura 114. Muestras secas. Formulaciones de zuro



Figura 115. Muestras secas. Formulaciones 1,5 g glicerina



Figura 116. Muestras secas.
Formulaciones de mezcla

Absorción



Figura 117. Muestras para
absorción



Figura 118. Muestras
sumergidas en 50 ml de agua



Figura 119. Muestras después
de 1 h de agitación



Figura 120. Pesado final de
la muestra húmeda

Tracción



Figura 121. Montado de estructura para inicio de ensayo de tracción



Figura 122. Probeta M5 con peso en el ensayo de tracción



Figura 123. Ubicación del portamasas



Figura 124. Probeta 1Zb con 120 g de peso



Figura 125. Rotura de la probeta 1Ha



Figura 126. Probeta M6 180 g de peso

Permeabilidad al vapor de agua



Figura 127. Muestras después 24 horas



Figura 128. Muestras después de 1 hora



Figura 129. Muestras después de 3 horas

Biodegradabilidad



Figura 130. Prueba de biodegradabilidad de la formulación de las hojas con 1,2 g de glicerina



Figura 131. Prueba de biodegradabilidad de la formulación de las hojas con 1,5 g de glicerina



Figura 132. Prueba de biodegradabilidad de la formulación de las hojas con 1,8 g de glicerina



Figura 133. Prueba de biodegradabilidad de la formulación de zuro



Figura 134. Recipiente lleno de tierra de sembrado con 6 cm de altura



Figura 135. Prueba de biodegradabilidad de la formulación de mezclas

Fundas de papel

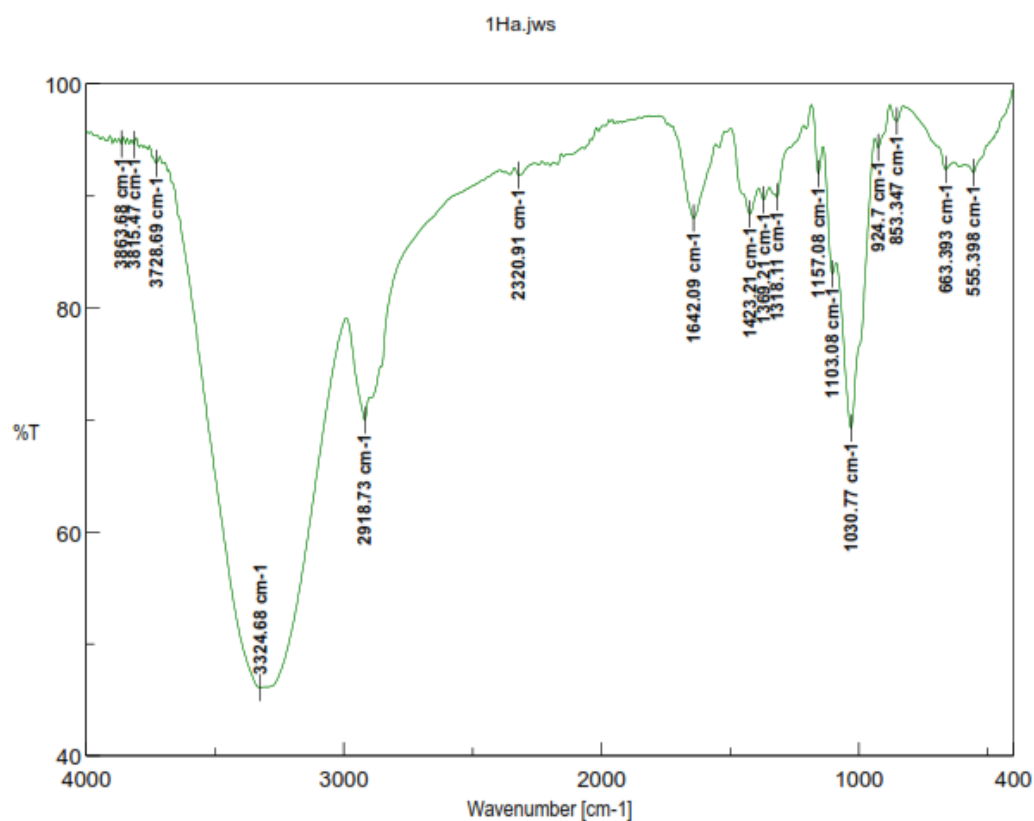


Figura 136. Fundas biodegradables con la formulación de hojas



Figura 137. Fundas biodegradables con la formulación 1Ha

Anexo 5. Análisis de FT-IR



[Comments]

Sample name

Comment

User

Division

Company

Universidad de Guayaquil

— 1Ha.jws

[Detailed Information]

Creation date

21/7/2022 13:06

Date modified

30/8/2022 11:20

Data array type

Linear data array

Horizontal axis

Wavenumber [cm-1]

Vertical axis

%T

Start

399.193 cm-1

End

4000.6 cm-1

Data interval

0.964233 cm-1

Data points

3736

[Measurement Information]

Model Name

FT/IR-4700typeA

Serial Number

F068661788

Accessory

ATR PRO ONE VIEW

Accessory S/N

D030361965

Incident angle

45 deg

Measurement Date

21/7/2022 13:05

Light Source

Standard

Detector

TGS

Accumulation

30

Resolution

4 cm-1

Zero Filling

On

Apodization

Cosine

Gain

Auto (8)

Aperture

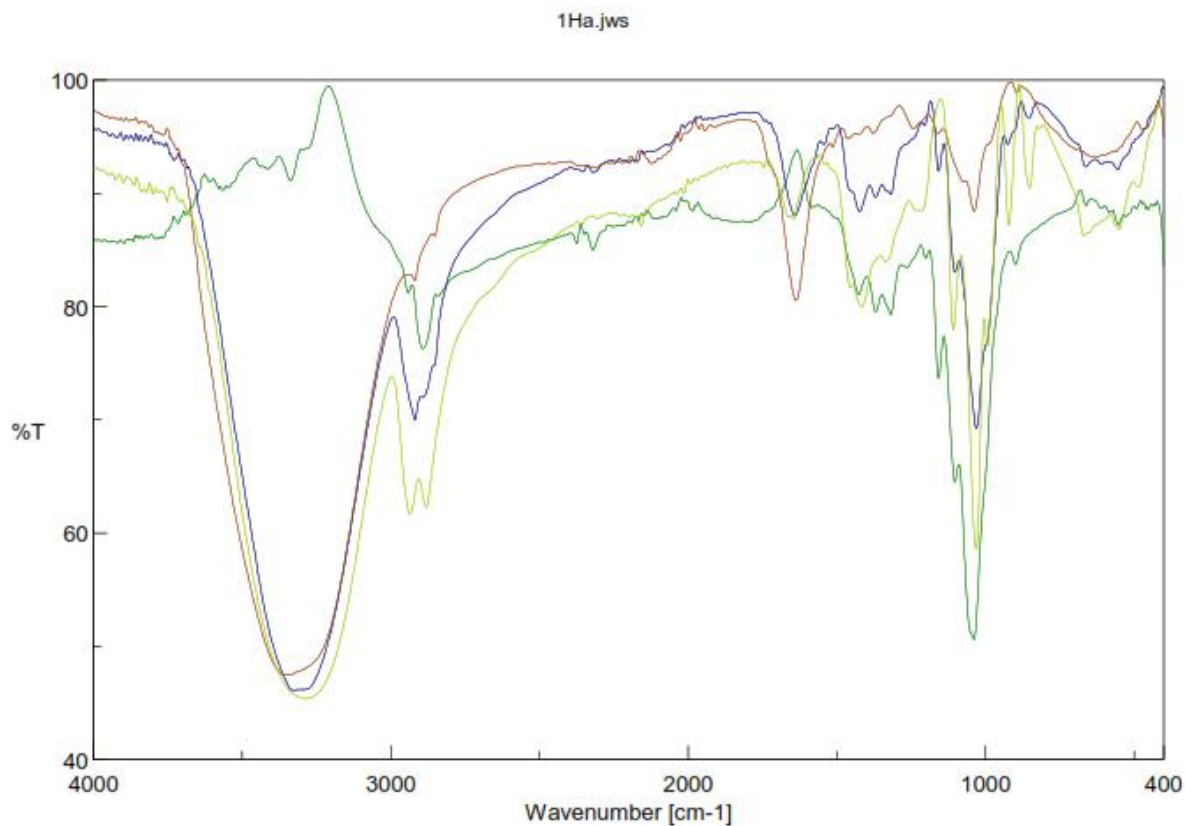
Auto (7.1 mm)

Scanning Speed

Auto (2 mm/sec)

Filter

Auto (30000 Hz)



[Comments]

Sample name

Comment

User

Division

Company

Universidad de Guayaquil

— CELULOSA_ALMIDÓN.jws

— 1Ha.jws

— HOJAS DE MAIZ.jws

— GLICERINA.jws

[Detailed Information]

Creation date 21/7/2022 13:06

[Measurement Information]

Model Name FT/IR-4700typeA

Serial Number F068661788

Accessory ATR PRO ONE VIEW

Accessory S/N D030361965

Incident angle 45 deg

Measurement Date 21/7/2022 13:05

Light Source Standard

Detector TGS

Accumulation 30

Resolution 4 cm-1

Zero Filling On

Apodization Cosine

Gain Auto (8)

Aperture Auto (7.1 mm)

Scanning Speed Auto (2 mm/sec)

Filter Auto (30000 Hz)

Data array type

Linear data array

Horizontal axis

Wavenumber [cm-1]

Vertical axis

%T

Start

399.193 cm-1

End

4000.6 cm-1

Data interval

0.964233 cm-1

Data points

3736