



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES A PARTIR DE  
PECTINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) PARA  
USO COMO RECUBRIMIENTO DE FRUTAS FRESCAS**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

**BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA**

**AUTORA:**

**MARCIA ELIZABETH JIMÉNEZ JIMÉNEZ**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOQUÍMICA Y FARMACIA**

**OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES A PARTIR DE  
PECTINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) PARA  
USO COMO RECUBRIMIENTO DE FRUTAS FRESCAS**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Trabajo Experimental

Presentado para optar al grado académico de:

**BIOQUÍMICA FARMACÉUTICA**

**AUTORA:** MARCIA ELIZABETH JIMÉNEZ JIMÉNEZ

**DIRECTORA:** ING. VIOLETA MARICELA DALGO FLORES. MSC.

Riobamba – Ecuador

2023

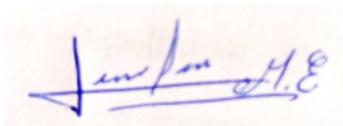
© 2023, Marcia Elizabeth Jiménez Jiménez

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

Yo, Marcia Elizabeth Jiménez Jiménez, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 08 de diciembre de 2023

A handwritten signature in blue ink on a light-colored background. The signature is stylized and appears to read 'Marcia E. Jiménez'.

---

**Marcia Elizabeth Jiménez Jiménez**  
**C.I. 0550011530**

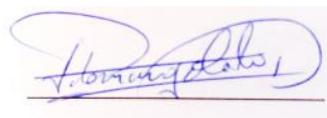
**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA BIOQUIMICA Y FARMACIA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Trabajo Experimental, **OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES A PARTIR DE PECTINA DE CÁSCARA DE MARACUYÁ (*Passiflora edulis*) PARA USO COMO RECUBRIMIENTO DE FRUTAS FRESCAS**, realizado por la señorita: **MARCIA ELIZABETH JIMÉNEZ JIMÉNEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

**FIRMA**

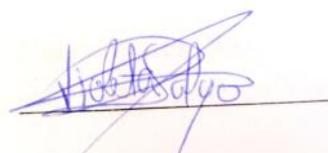
**FECHA**

Dr. Carlos Pilamunga Capus, PhD.  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**



2023-12-08

Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores, MSc.  
**DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-12-08

BQF. Adriana Isabel Rodríguez Basantes, MSc.  
**ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**



2023-12-08

## **DEDICATORIA**

Dedico con amor y gratitud infinita a Dios por cuidar siempre de mí, a su vez, extendiendo mi dedicatoria con mucho cariño y amor a mis padres, Néstor y Marcia fuente inagotable de amor y apoyo, cuyo sacrificio y dedicación han sido la chispa que encendió mi camino académico, gracias por ser mi inspiración y por creer en mí incluso en los momentos más desafiantes. A mis hermanas, Alexandra y Mayra por su aliento constante y por ser testigos de mi crecimiento a lo largo de este viaje, vuestra complicidad y cariño han sido un faro en las tormentas, A mis queridas sobrinas, Sarita y Lupita, cuya sabiduría más allá de sus años y su corazón generoso me han enseñado lecciones valiosas sobre empatía y compasión, su luz ilumina mi camino de maneras que nunca dejaré de agradecer, que este logro sirva como un recordatorio para ustedes dos: que no hay límites para lo que pueden lograr y que siempre estoy aquí para apoyarlas en cada uno de sus propios caminos.

*Elizabeth*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por guiar cada uno de mis pasos, cuidarme y llevarme con éxito a mi vida profesional. A mi familia quienes han creído siempre en mí, por ser mi fortaleza cuando me derrumbo, por ser mi motor y mi inspiración para superarme. Un gran agradecimiento especial a mis docentes que me impartieron con mucha firmeza sus conocimientos, a mi tutora Violeta Dalgo y asesora Adriana Rodríguez que me brindaron su tiempo y guía para pasar de ser su estudiante a ser su colega, finalmente, agradezco a todas las personas que participaron en este estudio y que generosamente compartieron su tiempo y conocimientos, sin su colaboración, esta investigación no habría sido posible, a todos aquellos que de alguna manera, han sido parte de este camino, gracias.

*Elizabeth*

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS .....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT .....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>2</b>
<b>1.2. Justificación .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Objetivos de la investigación .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.1. <i>Objetivo general</i> .....</b>	<b>4</b>
<b>1.3.2. <i>Objetivos específicos</i>.....</b>	<b>4</b>

### CAPÍTULO II

<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1. Antecedentes de la investigación.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2. Referencias teóricas .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1. (Rubus glaucus).....</b>	<b>6</b>
<b>2.2.1.1 <i>Contenido nutricional de la mora</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2.1.2 <i>Periodo de vida útil de la mora</i> .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.2. Fresa (Fragaria vesca) .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.2.1 Contenido nutricional de la fresa.....</b>	<b>8</b>
<b>2.2.2.2 Periodo de vida útil de la fresa .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.3. (Passiflora edulis ). .....</b>	<b>9</b>
<b>2.2.3.1 <i>Contenido nutricional del maracuyá</i> .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2.3.2 <i>Contenido de la cáscara de maracuyá</i>.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.3.3 <i>Pectina presente en la cáscara de maracuyá</i>.....</b>	<b>11</b>
<b>2.2.4. <i>Pectina</i> .....</b>	<b>12</b>
<b>2.2.4.1 <i>Métodos de obtención de la pectina</i>.....</b>	<b>13</b>

2.2.5.	<i>Plásticos biodegradables</i> .....	14
2.2.5.1	<i>Características de los biopolímeros o bioplásticos</i> .....	15
2.2.6.	<i>Aditivos en los bioplásticos</i> .....	15
2.2.7.	<i>Tipos de aditivos</i> .....	15
2.2.7.1	<i>Plastificantes</i> .....	15
2.2.7.2	<i>Agentes de acoplamiento</i> .....	15
2.2.7.3	<i>Agente Colorante</i> .....	15
2.2.7.4	<b>Vehículo</b> .....	16
2.2.8.	<i>Polímero</i> .....	16
2.2.2	<i>Biopolímero</i> .....	16
2.2.9.	<i>Almidón</i> .....	16

### CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	18
3.1.	<b>Lugar de realización</b> .....	18
3.2.	<b>Tipo de investigación</b> .....	18
3.3.	<b>Diseño experimental</b> .....	18
3.4.	<b>Población de estudio</b> .....	18
3.5.	<b>Tamaño de muestra</b> .....	18
3.6.	<b>Método de muestreo</b> .....	18
3.6.1.1	<i>Criterios de inclusión</i> .....	18
3.6.2.	<i>Criterios de exclusión</i> .....	19
3.7.	<b>Materiales reactivos y equipos</b> .....	19
3.7.1.	<i>Materia Prima</i> .....	19
3.7.2.	<i>Materiales</i> .....	19
3.7.3.	<i>Reactivos</i> .....	20
3.7.4.	<i>Equipos</i> .....	20
3.8.	<b>Metodología para la recolección de datos</b> .....	20
3.8.1.	<i>Tratamiento previo de la corteza de maracuyá para la inactivación de enzimas pectolíticas.</i> .....	20
3.8.2.	<i>Extracción de pectina de la cáscara de maracuyá</i> .....	21
3.8.3.	<i>Caracterización de la pectina.</i> .....	21
3.8.3.1	<i>Grado de esterificación (método tritrimétrico)</i> .....	21
3.8.3.2	<i>Determinación del porcentaje de metoxilo</i> .....	22
3.8.3.3	<i>Determinación del porcentaje de cenizas</i> .....	22
3.8.3.4	<i>Determinación de la humedad en la pectina</i> .....	22

3.8.3.5	<i>Espectroscopia infrarroja</i> .....	23
3.9.	<b>Elaboración del recubrimiento y acondicionamiento de las películas</b> .....	23
3.9.1.	<b>Caracterización de las películas</b> .....	24
3.9.1.1	<i>Caracterización físico química del bioplástico</i> .....	24
3.9.1.2	<i>Humedad</i> .....	24
3.9.1.3	<i>Espesor</i> .....	24
3.9.1.4	<i>Solubilidad</i> .....	25
3.9.1.5	<i>Espectroscopia infrarroja</i> .....	25
3.9.1.6	<i>Propiedades Mecánicas</i> .....	25
3.9.2.	<b>Biodegradabilidad</b> .....	25
3.9.3.	<b>Evaluación del uso como envoltura</b> .....	26
3.9.4.	<b>Siembra en placas Microfast</b> .....	26
3.9.5.	<b>Determinación de grados brix de las fresas y moras</b> .....	26

## CAPÍTULO IV

4.	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	27
4.1.	<b>Obtención de la pectina a partir de cáscaras de maracuyá</b> .....	27
4.2.	<b>Caracterización de la pectina obtenida</b> .....	28
4.2.1.	<i>Análisis sensorial de la pectina</i> .....	28
4.2.2.	<i>Parámetros fisicoquímicos de la pectina de maracuyá</i> .....	28
4.2.3.	<i>Análisis de espectroscopia infrarroja de la pectina de cáscara de maracuyá</i> .....	30
4.3.	<b>Formulación del bioplástico</b> .....	31
4.3.1.	<i>Formulación de bioplástico a partir de pectina y almidón</i> .....	32
4.4.	<b>Datos obtenidos de los bioplásticos</b> .....	33
4.4.1.	<i>Resultados de las características físicas de los bioplásticos</i> .....	34
4.4.2.	<i>Porcentaje de humedad</i> .....	36
4.4.3.	<i>Solubilidad</i> .....	37
4.4.4.	<i>Propiedades mecánicas del bioplástico</i> .....	38
4.4.5.	<i>Análisis de espectroscopia infrarroja de las envolturas (E1) (E2)</i> .....	39
4.4.6.	<i>Biodegradabilidad en agua de los bioplásticos</i> .....	41
4.5.	<b>Análisis microbiológico de los bioplásticos</b> .....	43
4.6.	<b>Análisis de los bioplásticos como recubrimiento</b> .....	43
4.6.1.	<i>Determinación de grados Brix</i> .....	44
4.6.2.	<i>Pruebas Microbiológicas</i> .....	46
4.6.3.	<i>Análisis de varianzas (ANOVA) para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa en la disminución de mohos y levaduras tras el uso de los bioplásticos</i> .....	50

## **CAPÍTULO V**

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>54</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b> Taxonomía y morfología de la mora. ....	7
<b>Tabla 2-2:</b> Composición nutricional de la mora por cada 100 gr.....	7
<b>Tabla 2-3:</b> Taxonomía y morfología de la fresa.....	8
<b>Tabla 2-4:</b> Composición nutricional de la mora por cada 100 gr.....	8
<b>Tabla 2-5:</b> Taxonomía y morfología del maracuyá.....	10
<b>Tabla 2-6:</b> Composición nutricional del maracuyá por cada 100 gr.....	10
<b>Tabla 2-7:</b> Composición química de la cáscara de maracuyá.....	11
<b>Tabla 3-1:</b> Esquema del diseño experimental 2 <sup>2</sup> para la formulación del bioplástico.....	23
<b>Tabla 3-2:</b> Matriz del diseño experimental 2 <sup>2</sup> para la obtención del bioplástico. ....	23
<b>Tabla 4-1:</b> Rendimiento de extracción de pectina de la corteza de maracuyá.....	27
<b>Tabla 4-2:</b> Análisis sensorial de la pectina.....	28
<b>Tabla 4-3:</b> Parámetros fisicoquímicos de la pectina de maracuyá.....	29
<b>Tabla 4-4:</b> Porcentaje de transmitancia en función del número de onda de la pectina. ....	30
<b>Tabla 4-5:</b> Formulación para determinar la concentración de variables. ....	32
<b>Tabla 4-6:</b> Formulación en base a la tabla 5-4.....	32
<b>Tabla 4-7:</b> Características físicas del bioplástico E1 (mayor porcentaje de pectina) secado al ambiente a 21 °C por 48 horas en una placa de 62cm <sup>2</sup> .....	34
<b>Tabla 4-8:</b> Características físicas del bioplástico E2 (mayor porcentaje de almidón) secado al ambiente a 21 °C por 48 horas en una placa de 62cm <sup>2</sup> .....	35
<b>Tabla 4-9:</b> Porcentaje de humedad de los bioplásticos.....	36
<b>Tabla 4-10:</b> Porcentaje de solubilidad de los bioplásticos.....	37
<b>Tabla 4-11:</b> Pruebas mecánicas.....	38
<b>Tabla 4-12:</b> Porcentaje de transmitancia en función del número de onda del bioplástico E1....	39
<b>Tabla 4-13:</b> Porcentaje de transmitancia en función del número de onda del bioplástico E2....	41
<b>Tabla 4-14:</b> Biodegradabilidad en agua Envoltura 1.....	42
<b>Tabla 4-15:</b> Biodegradabilidad en agua Envoltura 2.....	42
<b>Tabla 4-16:</b> Análisis microbiológico del bioplástico 1 (más pectina).....	43
<b>Tabla 4-17:</b> Análisis microbiológico del bioplástico 2 (más almidón).....	43
<b>Tabla 4-18:</b> Grados Brix durante 5 días.....	44
<b>Tabla 4-19:</b> Crecimiento de mohos y levaduras en placas microfast.....	46
<b>Tabla 4-20:</b> Análisis de Varianza.....	50
<b>Tabla 4-21:</b> Resumen del modelo.....	50
<b>Tabla 4-22:</b> Medias.....	50
<b>Tabla 4-23:</b> Comparaciones en parejas de Tukey.....	51

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 2-1:</b> Estructura de la pectina.....	12
<b>Ilustración 4-1:</b> (a) Cáscaras secas (b) Pectina húmeda (c) Pectina seca y molida .....	27
<b>Ilustración 4-2:</b> Espectro Infrarrojo de la pectina de cáscara de maracuyá.....	30
<b>Ilustración 4-3:</b> Espectro Infrarrojo de la pectina comercial .....	31
<b>Ilustración 4-4:</b> Bioplástico con mayor porcentaje de pectina .....	33
<b>Ilustración 4-5:</b> Bioplástico con mayor porcentaje de almidón.....	33
<b>Ilustración 4-6:</b> Espectro Infrarrojo del bioplástico E1 mayor porcentaje de pectina .....	39
<b>Ilustración 4-7:</b> Espectro Infrarrojo del bioplástico E2 mayor porcentaje de almidón .....	40
<b>Ilustración 4-8:</b> Fresas y Moras, con y sin envoltura para determinar el tiempo de vida útil....	48
<b>Ilustración 4-9:</b> Diferencia de las medias .....	51

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 3-1:</b> Porcentaje de rendimiento de extracción .....	21
<b>Ecuación 3-2:</b> Grado de esterificación .....	22
<b>Ecuación 3-3:</b> Porcentaje de metoxilo .....	22
<b>Ecuación 3-4:</b> Porcentaje de cenizas .....	22
<b>Ecuación 3-5:</b> Determinación de la humedad .....	22
<b>Ecuación 3-6:</b> Determinación de la humedad .....	24
<b>Ecuación 3-7:</b> Porcentaje de solubilidad .....	25

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** TRATAMIENTO PREVIO A LA CÁSCARA DE MARACUYÁ
- ANEXO B:** EXTRACCIÓN DE PECTINA
- ANEXO C:** ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA PECTINA
- ANEXO D:** ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO (E1)
- ANEXO E:** ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO (E2)
- ANEXO F:** CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS BIOPLÁSTICO
- ANEXO G:** CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS BIOPLÁSTICOS
- ANEXO H:** PROPIEDADES MECÁNICAS (E1)
- ANEXO I:** PROPIEDADES MECÁNICAS (E2)
- ANEXO J:** RECOLECCIÓN DE FRESAS
- ANEXO K:** RECOLECCIÓN DE MORAS
- ANEXO L:** FRESAS Y MORAS EN EL TRANCURSO DE LOS DÍAS
- ANEXO M:** EVALUACIÓN DEL USO COMO ENVOLTURA
- ANEXO N:** CRECIMIENTO DE COLONIAS EN PLACAS MICROFAST DÍA 3 (FRESAS)
- ANEXO O:** CRECIMIENTO DE COLONIAS EN PLACAS MICROFAST DÍA 3 (MORAS)
- ANEXO P:** CRECIMIENTO DE COLONIAS EN PLACAS MICROFAST DÍA 5 (FRESAS)
- ANEXO Q:** CRECIMIENTO DE COLONIAS EN PLACAS MICROFAST DÍA 5 (MORAS)
- ANEXO R:** DETERMINACIÓN DE GRADOS BRIX
- ANEXO S:** BIODEGRADABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS EN AGUA

## RESUMEN

En el marco del proyecto desarrollado, se buscó la creación de un plástico biodegradable mediante la combinación de pectina y almidón, con el propósito específico de emplearse como envoltura para fresas y moras durante su almacenamiento a temperatura ambiente. La pectina fue extraída de las cáscaras de maracuyá mediante el método de hidrólisis ácida con HCl, logrando un rendimiento del 32%. La calidad de la pectina obtenida fue evaluada mediante análisis físico-químicos y espectroscopia infrarroja, revelando características como humedad (9,46%), cenizas (5,28%), metoxilo (8,28%) y grado de esterificación (50,80%), la espectrometría infrarroja confirmó su capacidad de gelificación rápida. Se realizaron ensayos con distintas formulaciones para la fabricación del bioplástico, destacándose las fórmulas E1 (2g de pectina + 1g de almidón) y E2 (0,5g de pectina + 2,5g de almidón) como las más efectivas, las propiedades físicas y mecánicas de los recubrimientos, evaluadas en términos de espesor, elasticidad, carga de fluencia, esfuerzo de fluencia, carga máxima y esfuerzo máximo, no mostraron diferencias significativas entre ellas. En cuanto a la vida útil de fresas y moras recubiertas, se observó una pérdida de peso, color y °Brix durante el almacenamiento hasta la senescencia, se determinó que el bioplástico E1 fue el más adecuado como envoltura de alimentos, al no presentar crecimiento de microorganismos y mantener valores adecuados en sus características físico-químicas, además, se destacó que el bioplástico E1 se biodegrada en 3 días en agua dulce, mientras que el E2 tiene un tiempo de degradación de 10 días en condiciones similares.

**Palabras clave:** <BIOPLÁSTICO>, <PECTINA>, <ADITIVOS>, <PLASTIFICANTE>, <BIODEGRADABILIDAD>.



12-01-2024

0095-DBRA-UPT-2024

## ABSTRACT

The main objective of this research study was to create a biodegradable plastic by combining pectin and starch, with the specific purpose of being used as a wrapper for strawberries and blackberries during their storage at room temperature. Pectin was extracted from passion fruit peels using the acid hydrolysis method with HCl, achieving a yield of 32%. The quality of the pectin obtained was evaluated by physicochemical analysis and infrared spectroscopy, revealing characteristics such as moisture (9.46%), ash (5.28%), methoxyl (8.28%), and degree of esterification (50.80%). Infrared spectrometry confirmed its capacity for rapid gelling. Tests were carried out with different formulations for the manufacture of the bioplastic, with formulas E1 (2g pectin + 1g starch) and E2 (0.5g pectin + 2.5g starch) standing out as the most effective. The physical and mechanical properties of the coatings, evaluated in terms of thickness, elasticity, yield load, yield stress, maximum load, and maximum stress, did not show significant differences between them. Regarding the shelf life of coated strawberries and blackberries, a loss of weight, color, and °Brix was observed during storage until senescence, it was determined that the bioplastic E1 was the most suitable as food wrapping, as it did not present growth of microorganisms and maintained adequate values in its physical-chemical characteristics, in addition, it was highlighted that the bioplastic E1 biodegrades in 3 days in freshwater, while the E2 has a degradation time of 10 days in similar conditions.

**Keywords:** <BIOPLASTIC>, <PECTIN>, <ADITIVES>, <PLASTIFICANT>, <BIODEGRADABILITY>.



---

Mgs. Evelyn Carolina Macias Silva

C.I 0603239070

## INTRODUCCIÓN

El uso del plástico se ha convertido en parte de la vida diaria debido a la función versátil del mismo, sin embargo, este representa una amenaza significativa para el medio ambiente puesto que su fragmentación es lenta, los plásticos están fabricados a partir de compuestos poliméricos derivados del agrietamiento o rotura de cadenas largas de hidrocarburos de petróleo.

Es por eso que el recubrimiento de alimentos con materiales biodegradables está atrayendo gran atención debido a su eco-amabilidad, biodegradación y biocompatibilidad, los biopolímeros tienen muchas ventajas emergentes, entre ellas mejorar los alimentos, la seguridad, el mantenimiento de la calidad y la prolongación de la vida útil. Además, reducen la generación y disposición de plásticos no degradables.

En los últimos años, la pectina ha sido considerada como una de las principales materias primas para hacer película de envasado de alimentos debido a su no toxicidad, comestibilidad, abundancia natural, bajo costo y permeabilidad selectiva. Sin embargo, las películas de pectina pura tienen muchos inconvenientes inherentes, como el alto contenido de agua, permeabilidad al vapor y características mecánicas insatisfactorias para resolver estos problemas, se debe mezclar pectina con otros biopolímeros como celulosa, carboximetilcelulosa, quitosano, alginato, almidón etc.

Las frutas frescas y hortalizas son conocidas por su alto valor nutricional, siendo los mejores vehículos de vitaminas, fibras, antioxidantes y minerales, sin embargo, presentan un problema significativo que las limita y es que son altamente perecederos a deterioros microbiológicos y fisiológicos causados por daños mecánicos durante la cosecha, el transporte, en postcosecha, así como por sus procesos metabólicos propios (Zúñiga, 2016).

Existen varios métodos usados en la actualidad para alargar la vida útil de las frutas basados en el control de temperatura y humedad relativa, entre estos se puede mencionar: el uso de atmósferas modificadas, la aplicación de gases inhibidores de etileno, fungicidas, recubrimientos químicos, tratamientos térmicos, desinfección con ozono, entre otras (Ahmed, 2012). Actualmente, la ciencia sigue en busca de alternativas durante el cultivo y postcosecha que ayuden a alargar el tiempo de vida útil de las frutas y verduras frescas, siguiendo tendencias ecoamigables y saludables para el consumidor (Alam et al., 2014).

## CAPÍTULO I

### 1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

#### 1.1. Planteamiento del problema

En Ecuador no existen empresas que produzcan plásticos biodegradables a partir de pectina, además existen pocas investigaciones sobre bioplásticos que tengan la finalidad de prolongar el periodo de vida útil de frutas frescas, por lo que se usa plásticos derivados del petróleo que ponen en peligro el medio ambiente ya que estos son difíciles de degradar, causando problemas ambientales, (Riera, 2018). En el país, la contaminación por plásticos afecta principalmente los ríos, mares, playas y ciudades. Según un informe de Ocean Conservancy se recogieron más de 215 toneladas de residuos plásticos en las playas, siendo las bolsas, botellas y tapas de plástico los elementos más comunes. (Ocean Conservancy, 2019).

Otro problema importante que se encuentra en la industria de alimentos, está específicamente en la cadena hortofrutícola, pues en América Latina se pierden y desperdician 127 millones de toneladas de alimentos al año, de los cuales el 55% corresponden a frutas y hortalizas (FAO, 2016). En países tropicales, la pérdida de fresa en manejo postcosecha puede llegar a ser hasta del 50%. Cuando se mantienen a temperatura ambiente, los frutos se pueden deteriorar hasta en un 80%, en un periodo de 8 horas (García, 2019). Otro factor a considerar es el uso de tratamientos con fungicidas para controlar el ataque de microorganismos durante la postcosecha ya que se ha visto restringido por los residuos que dejan en el producto y que pueden afectar la salud del consumidor y medio ambiente (Rivera, 2007).

Con todas las problemáticas descritas anteriormente, surge la idea del desarrollo de un plástico biodegradable obtenido de pectina de cáscara de maracuyá para su uso como recubrimiento de frutas frescas, y así alargar el tiempo de vida útil de éstos. La aplicación de recubrimientos comestibles en frutas ha ido tomando popularidad en los últimos años debido a las ventajas que presentan, como el bajo costo y la fácil aplicación frente a los recubrimientos de origen sintético. (Fernandez, 2017).

## 1.2. Justificación

(CONSTITUCIÓN, 2008) El artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, el *sumak kawsay* y declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. Es por esto que el presente trabajo tiene la finalidad de resolver problemas fundamentales en el país, los cuales son, la contaminación generada por la industria alimentaria, la poca producción de pectina en el territorio nacional y el uso indiscriminado de plásticos a base de petróleo que pone en peligro el medio ambiente y la salud de los seres humanos.

La presente investigación analiza la posibilidad de utilizar un plástico biodegradable elaborado a partir de pectina extraída de la cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*) para ser aplicado como recubrimiento de fresas y moras frescas, ya que estas frutas son altamente delicadas por presentar daños a partir de contaminación o desarrollo de microorganismos en la etapa de postcosecha. Por lo tanto, este recubrimiento tendría la finalidad de utilizarse como barrera, para evitar el desarrollo de microorganismos y brindar protección a la fruta, retardando la senescencia y aumentando su tiempo de vida útil. (Gaibor, 2022).

La industria alimentaria genera altos volúmenes de desechos o residuos provenientes de toda la cadena agroalimentaria, cuya disposición final se da en cuerpos de agua o botaderos, sin adoptar las medidas de gestión necesarias para disminuir impactos ambientales. Un ejemplo de ello son las industrias dedicadas al procesamiento de frutas, donde las cáscaras son desechos de la producción; en este proceso las cantidades de residuo pueden ser casi la mitad de la materia prima y generalmente se eliminan como alimento para animales. Sin embargo, la transformación de subproductos agrícolas en productos de valor agregado ha estado recibiendo mucho interés recientemente debido a sus beneficios (Ortega, 2021).

Las empresas encargadas en el procesamiento de maracuyá desechan la cáscara sin darle un uso definido, por lo que se pretende utilizarla como materia prima en la extracción de pectina. Este polisacárido es principalmente producido a partir de cáscara de cítricos (85 %), pulpa de manzana (14 %) y una fracción menor de remolacha azucarera mediante extracción con ácido diluido en caliente, la pectina tiene distintas aplicaciones en las áreas de alimentos, productos farmacéuticos y otras industrias, su importancia en el sector alimentario radica en su capacidad para formar geles y otras aplicaciones incluyen su uso en películas comestibles, sustitutos del papel, espumas y plastificantes, etc. (Garza, 2018).

### **1.3. Objetivos de la investigación**

#### ***1.3.1. Objetivo general***

- Obtener plásticos biodegradables a partir de pectina de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis f. flavicarpa*) para su uso como recubrimiento de frutas frescas.

#### ***1.3.2. Objetivos específicos***

- Extraer pectina de la cáscara de maracuyá utilizando el método de hidrólisis ácida y evaluar el porcentaje de rendimiento.
- Formular un plástico biodegradable compuesto de pectina, glicerina (plastificante) y almidón para su uso como recubrimiento de frutas frescas.
- Evaluar las propiedades del bioplástico obtenido mediante análisis de biodegradabilidad y caracterización físico química y mecánica.
- Realizar un ensayo de vida útil de fresas y moras frescas para validar la efectividad del bioplástico como recubrimiento.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

(Cuesta, et al., 2010) Extracción de pectina de la cáscara de maracuyá amarilla (*Passiflora edulis var. flavicarpa degener*) mediante hidrólisis ácida con HCl. Se probaron diferentes valores de pH. Se determinó espectroscópicamente que el contenido total de pectina en la cáscara de maracuyá seca y en polvo era del 14,2 %. Toda la piel de maracuyá se trata previamente para eliminar la superficie amarilla. La pectina obtenida de la cáscara de maracuyá se purificó con carbón activado. Se empaco la pectina limpia, extraída, seca y molida en un recipiente hermético. De acuerdo con el mayor porcentaje de extracción, grado de esterificación, porcentaje de ácido anhidro galacturónico y porcentaje de metoxilos se determinó que el mejor proceso de extracción fue realizado con la corteza de maracuyá libre de la capa superficial amarilla, a un valor de pH 3. En estas condiciones, la pectina extraída presentó un grado de esterificación del 90.9 %, con un contenido del 83.6 % de ácido anhidro galacturónico, 13.4 % de metoxilos y tiempo de gelificación de 4 min.

(Rodríguez, 2019) realizó la extracción de pectina de la cáscara de gulupa por el método de hidrólisis ácida utilizando ácido clorhídrico. Se realizaron pruebas de rendimiento en 4 tratamientos de extracción por diseño multivariado, acidez libre, peso equivalente, grado de esterificación, porcentaje de metoxilación, grado de gelificación y humedad; donde los parámetros fueron pH = 3 y T = 90°C. El tratamiento dio los mejores resultados mostrando un rendimiento promedio de 7.3211%, acidez libre = 4.1249%, peso equivalente = 1551.8561%, grado de esterificación = 83.3627%, porcentaje de metoxilación = 10.0106%, grado de gel = 167% = 167%. SAG, humedad = 9,41% . muy similar a la pectina comercial.

(Bello, 2016) evaluaron el efecto de recubrimientos a base de almidón, pectina de plátano macho (Pera) y quitosano en mango variedad 'Ataulfo'. Se aplicó una capa de almidón y pectina al 1% remojando frutos de mango fisiológicamente maduros almacenados a  $10 \pm 2$  °C durante 12 días y a  $22 \pm 2$  °C durante 9 días. Los factores de evaluación incluyen pérdida de peso (%), color ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), dureza ( $\text{kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$ ), sólidos solubles totales (°Brix) y acidez titulable (%). En comparación con la fruta control ( $2,26 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$  y  $15,8$  °Brix), la fruta recubierta presentó mayor firmeza ( $3,34 \text{ kgf}\cdot\text{cm}^{-2}$ ) y mayor contenido de sólidos solubles totales ( $16,96$  °Brix). El mismo recubrimiento se prolongó hasta 21 días después de la cosecha. La cubierta

comestible no afectó el color de la cutícula de los frutos de mango 'Ataulfo' y mantuvieron su color amarillo.

(Prat, 2017) aplicaron dos recubrimientos comestibles a fresas (*Fragaria spp.*), uno a base de aloe (50%) y otro a base de aloe (50%) y pectina (0,5%). El objetivo es prolongar la vida de esta fruta. Los grupos tratados y control se colocaron en charolas de poliestireno y film perforado y se almacenaron en refrigerador a 8 °C durante 8 días para diversos análisis (físicoquímicos, microbiológicos y sensoriales). Los recubrimientos alimentarios a base de aloe vera y pectina no dieron resultados satisfactorios, se observaron peores resultados en los análisis microbiológicos y sensoriales, dando resultados similares a las fresas control, pero relativamente bajos a las fresas recubiertas con aloe vera.

Este comportamiento se puede atribuir al antagonismo entre el aloe vera y la pectina y/o la falta de calcio en la solución de recubrimiento, lo que hace que la pectina no funcione correctamente. Sin embargo, el recubrimiento comestible a base únicamente de aloe mostró buenos resultados para la fracción microbiana, mostrando las propiedades antibacterianas y antifúngicas de la sustancia. Otros resultados favorables fueron los resultados sensoriales, no se observaron diferencias entre las fresas control y las fresas recubiertas, lo que también confirma que el aloe no modifica las propiedades sensoriales de las fresas.

Existen tecnologías para prolongar la vida útil de frutas frescas, mínimamente procesadas. El uso de recubrimiento comestible aplicado principalmente a frutas como mango, ciruelas, fresas y otras frutas tiene como objetivo controlar la transferencia de agua y gases como oxígeno y dióxido de carbono, controlar la tasa de crecimiento microbiano y conservar las características de los alimentos, por lo que dichos recubrimientos deben ser de grado alimentario, seguros para su consumo, aceptables para los consumidores y deben cumplir con los estándares de calidad en los alimentos (Ponce, 2020).

## **2.2. Referencias teóricas**

### **2.2.1. (*Rubus glaucus*)**

La mora es una fruta de color oscuro y sabor dulce que crece en arbustos, del género *Rubus* perteneciente a la familia Rosaceae, es conocida por su sabor agridulce y su color oscuro por lo general se comen frescas, en conservas o en productos horneados. Son nativas de varios continentes, incluidos Asia, Europa, América del Norte y del Sur. El aprendizaje de tierras para

la agricultura en América del Norte permitió que las moras nativas se dispersaran e hibridaran (Britannica, 2023).

**Tabla 2-1:** Taxonomía y morfología de la mora.

REINO	Plantae
DIVISION	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
ORDEN	Rosales
FAMILIA	Rosaceae
GÉNERO	<i>Rubus</i>

Fuente: (Naturalista, 2018)

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

### 2.2.1.1 Contenido nutricional de la mora

La mora es una fruta rica en nutrientes y baja en calorías, además es rica en antioxidantes, especialmente en antocianinas, que le otorgan su característico color oscuro (Moreu, 2018). A continuación, se detalla el contenido nutricional promedio de 100 gramos de moras frescas:

**Tabla 2-2:** Composición nutricional de la mora por cada 100 gr

COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
Calorías	Kcal	22
Hidratos de Carbono	g	5,6
Proteínas	g	0,6
Fibra	g	0,5
Vitamina C	mg	17
Vitamina A	ug	0.05
Vitamina B1	mg	0,03
Vitamina B2	mg	0,04
Magnesio	mg	0
Hierro	mg	1,7
Fósforo	mg	10
Calcio	mg	42
Hierro	mg	1,7

Fuente: (Moreu, 2018)

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

### 2.2.1.2 *Periodo de vida útil de la mora*

Las moras son frutas altamente perecederas y tienden a deteriorarse rápidamente debido a su alta humedad y a su naturaleza delicada. Algunas de las razones por las que las moras se dañan pronto son: sensibilidad a la temperatura, exceso de humedad, daño físico en la postcosecha y la madurez (Toalombo, 2014).

### 2.2.2. *Fresa (Fragaria vesca)*

La fresa es una fruta que por su color, sabor y propiedades nutricionales es muy apetecida para el consumo humano, es conocida por su sabor dulce y refrescante, y se utiliza ampliamente en la gastronomía como ingrediente para postres, bebidas y otros platos, también es muy popular en la agricultura, ya que se cultiva ampliamente en muchos países del mundo (Naturalista, 2022).

**Tabla 2-3:** Taxonomía y morfología de la fresa.

REINO	Plantae
DIVISION	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
ORDEN	Rosales
FAMILIA	Rosaceae
GÉNERO	<i>Fragaria</i>

**Fuente:** (Agroes, 2020)

**Realizado por:** Jiménez, M. 2023.

#### 2.2.2.1 *Contenido nutricional de la fresa*

Las antocianinas son los pigmentos responsables del color de la fresa siendo el principal compuesto presente el pelargonidín-glucósido. Finalmente resulta de interés que estos compuestos poseen capacidad antioxidante lo que determina su relevancia no sólo desde el punto de vista estético sino también desde el punto de vista nutricional (Borja, 2010). A continuación, se detalla el contenido nutricional promedio de 100 gramos de moras frescas:

**Tabla 2-4:** Composición nutricional de la mora por cada 100 gr

COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
Calorías	Kcal	37
Hidratos de Carbono	g	10

Proteínas	g	0,9
Grasa	g	0,4
Vitamina C	mg	70
Vitamina A	ug	60
Tiamina	mg	0,03
Hierro	mg	1
Fósforo	mg	21
Calcio	mg	21
Hierro	mg	1
Sodio	mg	1
Niacina	mg	0,6

Fuente: (Borja, 2010)

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

#### 2.2.2.2 Periodo de vida útil de la fresa

Es un fruto muy delicado por su constitución fisiológica, posee una pulpa relativamente blanda, con una fina cubierta, muy susceptible a la rotura, a la pérdida de humedad, al ataque de microorganismos y hongos entre los que se destacan fundamentalmente el *Colletotrichum sp.*, *Rhizopus stolonifer*, *Botrytis cinérea* y *Penicillium italicum*. (Alam, 2014).

#### 2.2.3. (*Passiflora edulis*).

El maracuyá, también conocido como la fruta de la pasión, es una fruta tropical de forma ovalada de tamaño similar al de una naranja, su cáscara es lisa y brillante, varía en color de amarillo a morado oscuro, la pulpa es jugosa y está repleta de pequeñas semillas negras comestibles, es conocida por su sabor dulce y ácido a la vez, con un aroma intenso y exótico. El maracuyá es rico en vitaminas A y C, fibra y antioxidantes, y se utiliza ampliamente en la gastronomía para hacer jugos, postres, salsas y otros platos, también se utiliza en la medicina natural por sus propiedades sedantes y calmantes. (Bailey, et al., 2020).

El Ecuador produjo 36.017 toneladas de maracuyá en el año 2021, y en el año 2022 su producción aumentó a 65.195 toneladas, esta fruta es muy llamativa en el mercado de exportación ya sea en pulpa, fruta fresca o jugo, a más de 21 países siendo EEUU y Países Bajos los de mayor demanda debido a esto la aportación económica ha sido indispensable para las provincias de Manabí, Esmeraldas, Guayas, Santo Domingo de los Tsáchilas y Santa Elena. (CAMA, 2022).

**Tabla 2-5:** Taxonomía y morfología del maracuyá.

REINO	Plantae
DIVISION	Magnoliophyta
CLASE	Magnoliopsida
ORDEN	Violales
FAMILIA	Passifloraceae
GÉNERO	<i>Passiflora</i>
ESPECIE	<i>Passiflora edulis</i>

Fuente: (Valdano, 2014)

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

### 2.2.3.1 Contenido nutricional del maracuyá

El maracuyá es una buena fuente de nutrientes, especialmente de ácido ascórbico (29,8 mg/100 g de fruto), niacina (1,460 mg/100 g de fruto) y riboflavina (0,131 mg/100 g de fruto), la variedad amarilla es más rica en minerales y en provitamina que la morada, además, contiene una cantidad elevada de fibra, que mejora el tránsito intestinal y reduce el riesgo de ciertas alteraciones y enfermedades. (Valdano, 2014).

**Tabla 2-6:** Composición nutricional del maracuyá por cada 100 gr

COMPONENTE	UNIDAD	CANTIDAD
Calorías	Kcal	54
Agua	g	86,20
Hidratos de Carbono	g	8,8
Fibra	g	2,3
Vitamina C	mg	24
Vitamina K	ug	0,70
Vitamina A	ug	108,83
Vitamina B1	mg	0,02
Vitamina B2	mg	0,10
Vitamina B3	mg	1,90
Vitamina E	mg	0,20
Caroteno	ug	653
Magnesio	mg	29
Hierro	mg	1,1

Potasio	mg	275
Zinc	mg	7.27
Fósforo	mg	60,5
Grasas monoinsaturadas	g	0,10
Grasas saturadas	g	0,10
Grasa poliinsaturada	g	0,10
Grasa total	g	0,40

Fuente: (Valdano, 2014)

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

### 2.2.3.2 Contenido de la cáscara de maracuyá

La cáscara de maracuyá se encuentra recubriendo la pulpa y constituye aproximadamente el 50 % de la fruta esta contiene aproximadamente 70% de carbohidratos, especialmente la pectina que se encuentra cercana al 20%, se evidenció que el pericarpio del maracuyá tiene fibra dietética total alrededor de 65%, también la semilla posee una fuente de fibra dietética (Cuesta, et al., 2010).

**Tabla 2-7:** Composición química de la cáscara de maracuyá

Componente	Unidad	Cantidad
Materia seca	%	87,50
Materia orgánica	%	91,43
Proteína	%	7,70
Cenizas	%	8,57
Grasa	%	2,87
Fibra	%	39,74

Fuente: (Angulo, y otros, 2018)

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

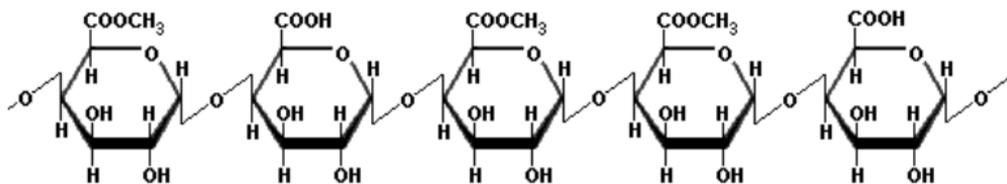
### 2.2.3.3 Pectina presente en la cáscara de maracuyá

El contenido de pectina en la cáscara de maracuyá puede variar dependiendo de diversos factores, como la variedad de la fruta, el grado de madurez y las condiciones de cultivo, sin embargo, se estima que la cáscara de maracuyá contiene alrededor del 30% de pectina en peso seco. La cantidad exacta de pectina en la cáscara de maracuyá puede variar, pero en general se considera una fuente rica y valiosa de este compuesto (Cuesta, y otros, 2010).

#### 2.2.4. Pectina

La pectina es un polisacárido importante con aplicaciones en alimentos, productos farmacéuticos y otras industrias, su importancia en el sector alimentario radica en su capacidad para formar gel en presencia de iones  $\text{Ca}^{2+}$  o de un soluto a pH bajo, en la industria alimentaria se utiliza en mermeladas, jaleas, alimentos congelados y, más recientemente, en alimentos bajos en calorías como sustituto de grasas y/o azúcares. (Maldonado, 2022). Se emplea para reducir el colesterol en sangre y los trastornos gastrointestinales, además de su función como agente espesante, la pectina también ha demostrado tener propiedades antifúngicas, la actividad antifúngica de la pectina se debe a su capacidad para interferir con la formación de la pared celular de los hongos, lo que afecta su capacidad para crecer y reproducirse. (Rodríguez, 2019).

Las pectinas son sensibles al calor, por lo que la temperatura se controla estrictamente durante la extracción para obtener un producto de la más alta calidad. Las pectinas están presentes en las paredes celulares de muchas frutas y verduras, como las manzanas, las fresas, los cítricos y las zanahorias, se ha utilizado como vehículo para la administración de fármacos al tracto gastrointestinal en forma de tabletas de matriz, perlas de gel, forma de dosificación recubierta con película. Desde una perspectiva culinaria, la pectina se usa ampliamente para mejorar las propiedades de sabor de los alimentos. (SILVATEAM, 2022)



**Ilustración 2-1:** Estructura de la pectina

**Fuente:** (Zamora, 2008). Estructura Química de los carbohidratos. México.

Se puede definir a la pectina como ácidos pectínicos solubles en agua con contenidos variables de éster metílico que son capaces de formar geles además de azúcar y ácido cuando se exponen a las condiciones correctas, la pectina se compone de unidades de ácido D-galacturónico unidas en  $\alpha$ -(1, 4) unidas de forma lineal, las moléculas de pectina también contienen ramnogalacturonano, un azúcar neutro, que es responsable de dividir y causar torceduras en la cadena de ácido galacturónico (Chasquibol, 2020).

#### 2.2.4.1 *Métodos de obtención de la pectina*

La pectina se extrae comúnmente de las materias primas mediante extracción acuosa; los métodos más comunes incluyen ebullición directa, calentamiento por microondas, ultrasónico, autoclave e inducción electromagnética, la degradación de la calidad de la pectina hasta cierto punto es causada por todos estos métodos de extracción de pectina. El rendimiento de la pectina varía con respecto a las condiciones de extracción, como la temperatura, el tiempo de extracción, el pH y la materia prima, se extrae con ácidos minerales como el ácido nítrico, clorhídrico o sulfúrico, ácido fosfórico y ácido cítrico en medio acuoso ácido. (Chasquibol, 2020).

La extracción ácida y la precipitación alcohólica se utilizan generalmente para extraer pectina a nivel comercial. La extracción ácida de la pectina se basa en el hecho de que la hidrólisis de la protopectina se produce a temperaturas más altas. Las principales ventajas de usar ácidos fuertes para la extracción de pectina son que proporciona un alto rendimiento de pectina y reduce el tiempo de extracción (Zegada, 2015)

Entre las extracciones más comunes se tiene:

- **Hidrólisis ácida**

La hidrólisis ácida es un proceso químico que implica la ruptura de un enlace químico mediante el uso de agua y un ácido como catalizador, en este proceso, el agua actúa como un nucleófilo y el ácido actúa como un protonador, lo que resulta en la formación de dos productos diferentes. La hidrólisis a base de ácido se usa más comúnmente para la despolimerización de pectina, la desventaja de este método es que diferentes enlaces de glucósidos tienen diferentes susceptibilidades a los ácidos, lo que resulta en su hidrólisis gradual (Zegada, 2015).

La elección óptima de las condiciones de hidrólisis ácida es muy importante. Tanto las condiciones de hidrólisis incompletas como las excesivas dan lugar a errores durante la determinación posterior de los contenidos de ácido galacturónico y azúcar neutro. La hidrólisis ácida de la pectina se realiza más comúnmente con  $H^+$ , tanto las condiciones de hidrólisis incompletas como las excesivas dan lugar a errores durante la determinación posterior de los contenidos de ácido galacturónico y azúcar neutro. La hidrólisis ácida de la pectina se realiza más comúnmente con  $H_2SO_4$ , TFA y HCl, generalmente a una concentración de 1–2 M, a 100–121 °C durante 1–3 h (Durán, 2020).

- **Hidrólisis enzimática**

La hidrólisis enzimática de la pectina, puede realizarse con preparados multicatalíticos que contengan poligalacturonasa, pectinesterasa, celulasa, xilanasas,  $\beta$ -glucanasa, hemicelulasa y arabinasa, esta es una alternativa a la hidrólisis ácida en la extracción de pectina, ya que la hidrólisis ácida puede producir un extracto de pectina de menor calidad y puede dañar el medio ambiente debido al uso de ácidos fuertes. Además, la hidrólisis enzimática es más específica y selectiva en la hidrólisis de los enlaces de pectina, lo que resulta en una mayor pureza y calidad del extracto de pectina. (Ferreira, 2015).

Después de la hidrólisis enzimática, se pueden utilizar diferentes técnicas de separación para recuperar la pectina, como la filtración, la centrifugación y la evaporación, el resultado final es un extracto de pectina de alta calidad que se puede utilizar en la producción de alimentos y bebidas. Según algunos investigadores, el tipo más efectivo de hidrólisis de pectina a sus monómeros es el método combinado ácido y enzimático (Ferreira, 2007).

Desafortunadamente, ninguno de estos métodos está adaptado a las pectinas extraídas enzimáticamente, que se caracterizan por composiciones más complejas e incluso masas moleculares varias veces superiores, en comparación con las pectinas obtenidas convencionalmente. (Ferreira, 2015).

### **2.2.5. Plásticos biodegradables**

Los bioplásticos se pueden definir como polímeros que cumplen uno o ambos de los siguientes criterios: son de base biológica y biodegradables, el término "de base biológica" se refiere a un polímero que está hecho total o parcialmente a partir de biomasa, que incluye cualquier tipo de material orgánico renovable de origen biológico, así como los desechos orgánicos (Químico Plásticos, 2022). En el país no existe una industria encargada de producir plásticos biodegradables, pero si hay diversas investigaciones orientadas en la obtención utilizando como materia prima almidón de diversas especies cosechadas en el Ecuador entre ellas están oca, maíz, banana, etc. (Pesántes, 2021).

El término "biodegradable" se refiere a la capacidad de un material para degradarse en componentes naturales como dióxido de carbono, agua y biomasa debido a la acción de microorganismos, en un sentido más particular, el plástico biodegradable es una sustancia plástica que cumple con ciertos requisitos oficiales de biodegradabilidad, donde se debe observar científicamente una cantidad específica de degradación dentro de un período de tiempo específico y en condiciones particulares. Como resultado, los bioplásticos se dividen en tres categorías: los

que son tanto de base biológica como biodegradables, los que son únicamente de base biológica y los que son sólo biodegradables (Chico, 2022).

#### *2.2.5.1 Características de los biopolímeros o bioplásticos*

Según la norma técnica ecuatoriana (NTE INEN 2643, 2012) un bioplástico posee características similares a los plásticos no biodegradables, estos deben tener características mecánicas, de solubilidad y permeabilidad al vapor además presentan propiedades como flexibilidad, durabilidad, la transparencia, la barrera, la resistencia al calor, el brillo etc.

#### *2.2.6. Aditivos en los bioplásticos*

Los aditivos son sustancias químicas que se agregan para mejorar la procesabilidad, prolongar la vida útil o lograr las propiedades físicas o químicas deseadas en el producto final, si bien el contenido de aditivos suele ser solo un pequeño porcentaje, su impacto en el rendimiento y la estabilidad es significativo hay innumerables opciones cuando se trata de aditivos y cada uno ofrece una mejora específica a la funcionalidad o estabilidad. (Organización Mundial de la Salud, 2020).

#### *2.2.7. Tipos de aditivos*

Hay innumerables opciones cuando se trata de aditivos y cada uno ofrece una mejora específica a la funcionalidad o estabilidad entre los aditivos más utilizados están los siguientes:

##### *2.2.7.1 Plastificantes*

Los biopolímeros a menudo son rígidos y no tienen la flexibilidad y la reología, o las propiedades de fluidez necesarias para el procesamiento de plásticos, debido a esto se agregan plastificantes para mejorar la reología y la elasticidad. Los plastificantes son uno de los aditivos más comunes (Green Polymer Additives, 2021).

##### *2.2.7.2 Agentes de acoplamiento*

Los agentes de acoplamiento son los compuestos que forman un enlace químico entre dos especies no similares para mejorar la unión interfacial entre fibras o partículas con el polímero de matriz. Estos productos químicos generalmente modifican la funcionalidad de la superficie del relleno de manera efectiva para facilitar la unión con las cadenas de polímero (Montanes, 2021)

##### *2.2.7.3 Agente Colorante*

Los colorantes se utilizan para teñir, principalmente para embellecimiento y modificación de la apariencia final del plástico biodegradable, alrededor del 80 % de los productos finales se colorean. (Marcano, 2018).

#### *2.2.7.4 Vehículo*

Uno de los principales vehículos que sirven para plastificar la mezcla de biopolímeros con otros aditivos es el agua este tiene una función de disolvente de algunos compuestos (Enríquez, 2012).

#### *2.2.8. Polímero*

Un polímero es cualquier clase de sustancia natural o sintética compuesta de grandes moléculas, llamadas macromoléculas, que son múltiplos de unidades químicas más simples llamadas monómeros, los polímeros constituyen muchos de los materiales de los organismos vivos y son la base de muchos minerales y materiales artificiales, estos se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde plásticos y caucho (Zschimmer & Schwarz, 2019).

#### *2.2.9. Biopolímero*

Los biopolímeros son polímeros producidos o derivados de organismos vivos, como plantas y microbios, en lugar del petróleo, la fuente tradicional de polímeros, las fuentes primarias de biopolímeros son renovables, pero no todos, los biopolímeros son biodegradables, lo que significa que “son capaces de descomponerse en dióxido de carbono, metano, agua, compuestos inorgánicos o biomasa por la acción enzimática de microorganismos” (ZSCHIMMER & SCHWARZ, 2022). Si bien los biopolímeros representan solo un pequeño porcentaje del mercado de polímeros, se ha pronosticado que tienen la capacidad de reemplazar entre el 30 y el 90 % de los polímeros a base de petróleo (Xiang, 2022).

#### *2.2.10. Almidón*

El 75% de todo el material orgánico en la tierra está presente en forma de polisacáridos entre el más importante está el almidón, una fuente principal de este son las plantas ya que estas sintetizan y almacenan en su estructura como reserva de energía, generalmente se deposita en forma de pequeños gránulos o células con diámetros entre 1-100  $\mu\text{m}$ . El almidón se encuentra en las semillas, es decir, maíz, trigo, arroz, sorgo, cebada o guisantes y en tubérculos o raíces, es decir, papa o mandioca de las plantas. (Dicenta, 2020).

El almidón generalmente se extrae de la planta mediante procesos de molienda húmeda, la mayor parte del almidón que se produce en el mundo es derivada del maíz, pero otros tipos de almidón como la yuca, patata, y trigo también se producen en grandes cantidades, la patata acumula almidón hasta aproximadamente el 75% las semillas de maíz consisten en 65-80% de almidón en peso, el almidón se utiliza en una amplia variedad de productos y aplicaciones en la industria de alimenticia se utiliza como espesante, estabilizante y agente gelificante en muchos productos alimenticios, como sopas, salsas, pudines y postres. (Dicenta, 2020).

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Lugar de realización

La investigación se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

#### 3.2. Tipo de investigación

El presente trabajo posee un enfoque cuantitativo, puesto que se utiliza herramientas de análisis matemático para describir y explicar determinados sucesos mediante datos numéricos. Es de tipo exploratorio debido a la utilización de polímeros extraídos de la cáscara de maracuyá que serán utilizados en la obtención de bioplásticos.

#### 3.3. Diseño experimental

La investigación se realizó mediante un diseño de investigación experimental, basado en la obtención de un bioplástico adecuado para un recubrimiento de alimentos a partir de la pectina extraída de la cáscara de maracuyá.

#### 3.4. Objeto de estudio

La población de estudio constituye la cáscara de maracuyá.

#### 3.5. Tamaño de muestra

25Kg de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*)

#### 3.6. Método de muestreo

Muestreo aleatorio simple mediante la elección de elementos adecuados para el proceso.

##### 3.6.1. Criterios de inclusión

Las cáscaras de maracuyá deben presentar una apariencia física normal es decir en adecuadas condiciones de almacenamiento sin presencia de agentes extraños a la biomasa.

Bioplásticos con características adecuados según las propiedades físico-químicas y mecánicas.

### **3.6.2. Criterios de exclusión**

Aquellas cáscaras de maracuyá que presenten alteraciones por malas condiciones de almacenamiento o con contaminación fúngica, que presenten daños por acción de animales o insectos.

Bioplásticos inadecuados de acuerdo a los parámetros físico-químicas y mecánicas.

## **3.7. Materiales reactivos y equipos**

### **3.7.1. Materia Prima**

- Cáscara de maracuyá

### **3.7.2. Materiales**

- Tamiz
- Vaso de plástico de 1L
- Vasos de precipitación de 25ml, 50ml, 100ml, 250ml, 500ml, 1000ml
- Crisoles
- Balón volumétrico de 500ml
- Pipeta graduada de 10 ml y 5ml
- Probeta de 100ml
- Termómetro de 360 °C
- Varilla de agitación
- Espátula
- Piseta
- Papel filtro
- Bureta de 25ml
- Matraz Erlenmeyer de 250ml
- Crisol filtrante

### **3.7.3. Reactivos**

- Agua vivante y destilada
- Etanol al 95 %
- Ácido clorhídrico 0.1 N
- Ácido sulfúrico concentrado
- Ácido acético glacial al 99.9 %
- Glicerina
- Hidróxido de sodio

### **3.7.4. Equipos**

- Balanza analítica
- Estufa de desecación
- Mufla
- Reverbero
- Sorbona
- pH metro
- Termobalanza
- Centrifuga
- Máquina universal
- Refractómetro

## **3.8. Metodología para la recolección de datos**

### **3.8.1. Tratamiento previo de la corteza de maracuyá para la inactivación de enzimas pectolíticas.**

- Fraccionar las cortezas hasta trozos de  $2 \times 2$  cm.
- Sumergir en agua destilada a ebullición, durante 15 min.
- Lavar la materia prima con agua destilada hasta que la medición de la temperatura en el agua de lavado sea cero.
- Pesar la corteza e introducir en la estufa a 60 °C, cada treinta minutos medir el peso hasta que fuera constante.
- Triturar la corteza ya seca, hasta reducirla a polvo, y almacenar en un recipiente seco y hermético a temperatura ambiente. (Cuesta & Muñoz, 2010).

### 3.8.2. *Extracción de pectina de la cáscara de maracuyá*

- Pesar 100 gramos de corteza de maracuyá seca.
- Preparar una solución ácida en la cual se coloca 2.5 L de agua destilada y ácido clorhídrico. A un valor de pH de 2 con calentamiento y agitación durante 60 minutos.
- Surge la precipitación de pectina mediante adición de 1.5 volúmenes de etanol al 95%.
- Lavar el precipitado con etanol al 60 % y secar en la estufa a 60 °C.
- Dejar secar la pectina extraída a 50 °C durante 10 horas hasta obtener una humedad que no supere el 12%
- El producto final debe pasar por molienda y tamizado. (Cuesta & Muñoz, 2010).

$$\% R = \frac{Ax100}{B}$$

**Ecuación 3-1:** Porcentaje de rendimiento de extracción

Donde:

R= Porcentaje de rendimiento

A= Peso seco de la pectina

B= Peso de la materia prima

### 3.8.3. *Caracterización de la pectina.*

La caracterización de la pectina obtenida se basó en un conjunto de análisis que se detallan a continuación:

#### 3.8.3.1 *Grado de esterificación (método tritrimétrico)*

- Pesar 200 mg de pectina, traspasar a un matraz Erlenmeyer de 250 ml y agregar 2 ml de etanol de 96% y 20 ml de agua destilada caliente a 40 °C.
- Mantener en agitación magnética constante durante 2 horas con NaOH 0,1 y anotar el volumen gastado de la base el cual corresponde al volumen 1.
- A la solución titulada se le agrega 10 ml de NaOH 0,1 y se deja en reposo durante 15 minutos. Se agrega 10 ml de HCl 0,1 y agitar la solución hasta la desaparición del color rosado.
- La solución anterior se debe titular con NaOH 0,1 nuevamente hasta un color rosado y el volumen de la base es el volumen 2.
- Con los datos de volúmenes obtenidos se calcula el Grado de esterificación según la ecuación 3.1 (Gaibor, 2022).

$$\text{Grado de esterificación} = \frac{\text{Volumen}_2}{\text{Volumen}_1 + \text{Volumen}_2} \times 100$$

**Ecuación 3-2:** Grado de esterificación

### 3.8.3.2 Determinación del porcentaje de metoxilo

El porcentaje de metoxilo (MeO%) se determina acorde a la metodología propuesta por (Gaibor, 2022) en la que se considera que si la pectina es 100% esterificada la cantidad máxima de metoxilo es del 16.32%. Por lo tanto, el %MeO se calcula a partir de la ecuación 3.2.

$$\%MeO = \frac{16.32\% \times GE}{100}$$

**Ecuación 3-3:** Porcentaje de metoxilo

### 3.8.3.3 Determinación del porcentaje de cenizas

Incinerar 1 gramo de muestra en una mufla a 600 °C durante 4 h.

La ceniza posteriormente se enfría y se almacena en un desecador hasta su peso a temperatura ambiente. (Zouambia, 2014).

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(\text{Crisol} + \text{ceniza}) - (\text{Crisol vacío})}{\text{Muestra}(g)}$$

**Ecuación 3-4:** Porcentaje de cenizas

### 3.8.3.4 Determinación de la humedad en la pectina

- Tarado de la cápsula de porcelana hasta obtener un peso constante, mediante el uso de una estufa de secado a una temperatura de 100 °C
- Pesar la cápsula de porcelana vacía en una balanza analítica (m1)
- pesar 1 g de la muestra de pectina obtenida en la hidrólisis ácida (m2)
- Ingresar la muestra de pectina pesada en la cápsula de porcelana en una estufa y secar a 70 °C y 16 h.
- Al transcurrir las 16 h de secado, retirar la cápsula más la muestra seca y colocarla en un desecador y dejar enfriar.
- Pesar la cápsula más la muestra seca de pectina libre de humedad (m3). (Pérez, 2012)

$$\%H = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100$$

**Ecuación 3-5:** Determinación de la humedad

Donde:

m1 = Peso de la cápsula de porcelana vacía, [g]

m2 = Peso inicial de la muestra más la cápsula de porcelana, [g]

m3 = Peso final de la pectina libre de humedad más la cápsula de porcelana, [g]

### 3.8.3.5 Espectroscopia infrarroja

- Colocar la pectina seca y tamizada en el espectrofotómetro Infrarrojo.
- Obtener el espectro de la composición de la pectina.
- Interpretar el espectro reflejado.

### 3.9. Elaboración del recubrimiento y acondicionamiento de las películas

- Plantear un esquema en base al diseño experimental y obtener los tratamientos con las combinaciones de variables y niveles para la formulación del bioplástico.

**Tabla 3-1:** Esquema del diseño experimental 2<sup>2</sup> para la formulación del bioplástico

Variables	Niveles		Tratamientos
	1	2	
Pectina	Alto	Bajo	PE1:AL1
			PE1:AL2
Almidón	Alto	Bajo	PE2: AL1
			PE2: AL2

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

**Tabla 3-2:** Matriz del diseño experimental 2<sup>2</sup> para la obtención del bioplástico.

Producto	Código	Pectina (%)	Almidón (%)	Glicerina (%)
Obtención del bioplástico	A1	50	25	25
	A2	25	50	25

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

Los bioplásticos se prepararon según método modificado de (Dioses & Villanueva, 2021)

- Realizar el pesaje de cada código de formulación en vasos de precipitación (tabla 3,1)

- Mezclar mediante agitación constante con el uso de una gaveta hasta obtener una sustancia homogénea
- Someter cada código a calor en un calentador magnético hasta llegar a estado plasmático
- Depositar las mezclas en láminas de vidrio y enfriar a temperatura ambiente por 3 horas
- Ingresar las láminas de vidrio con las mezclas a la estufa a temperatura 50 ° C durante 6 horas
- Finalmente retirar los bioplásticos de la estufa y exponer a temperatura ambiente por 30 minutos.

### 3.9.1. Caracterización de las películas

#### 3.9.1.1 Caracterización físico química del bioplástico

Metodología basada en la norma (NTE INEN 2542, 2010).

- Pesar la lámina de bioplástico en una balanza analítica.
- Colocar la biopelícula sobre una hoja con letras para determinar su transparencia.
- Observar la estabilidad mediante la conservación de la forma y resistencia.
- Registrar los resultados de las 3 biopelículas obtenidas de cada tratamiento (NTE INEN, 2010).

#### 3.9.1.2 Humedad

La humedad de cada película se determina por método de la estufa.

- Cortar láminas de bioplástico en dimensiones de 3cm x 3cm de cada tratamiento.
- y colocar en la estufa a temperatura de 70 °C durante 6 horas hasta llegar a peso constante.
- Utilizar la ecuación 3.6 para obtener el porcentaje de humedad en cada muestra.

$$\%H \frac{p_i - p_f}{p_i} \times 100$$

**Ecuación 3-6:** Determinación de la humedad

Dónde:

Pi: Peso inicial de la muestra

Pf: Peso final de la muestra

#### 3.9.1.3 Espesor

El espesor de las películas se obtuvo a través de las mediciones realizadas en diferentes áreas de esta, utilizando como instrumento de medición un calibre o pie de rey Realizando al menos 3 mediciones a cada película obtenida de cada tratamiento experimental realizado. (Gaibor, 2022)

#### 3.9.1.4 Solubilidad

Técnica basada en el laboratorio tecnológico de Uruguay No 4-2009-INN TEC-33 y descrita también por (Versino, y otros, 2018)

- Cortar láminas de biopelículas en medidas de 2,5cm x 2,5cm de cada tratamiento.
- Pesar cada lámina.
- Ubicar las láminas en frascos de 100ml y colocar 80ml de agua destilada.
- Agitar a 100 RPM por 1 hora a 20 °C.
- Filtrar una vez agitado obteniendo solamente la lámina.
- Secar a una temperatura inicial de 40 °C y luego a 105 °C hasta obtener un peso constante.
- Pesar las láminas secas luego del ensayo.
- Calcular la solubilidad tomando en cuenta el porcentaje de humedad mediante la fórmula:

$$\%S = \frac{P_i - P_f}{P_i} \times 100$$

**Ecuación 3-7:** Porcentaje de solubilidad

Donde:

S=% de solubilidad

P<sub>i</sub>= Peso inicial de la lámina seca (se resta el % de humedad)

P<sub>f</sub>= Peso final de la lámina seca luego del ensayo.

#### 3.9.1.5 Espectroscopia infrarroja

- Cortar biopelículas en dimensiones de 3cm x 3cm.
- Doblar la lámina de bioplástico y colocar en el espectrofotómetro Infrarrojo.
- Obtener el espectro de la composición del bioplástico.
- Interpretar el espectro reflejado.

#### 3.9.1.6 Propiedades Mecánicas

Ensayo realizado bajo la norma (NTE INEN 2635, 2012), con la máquina universal de ensayos, que está presente en el laboratorio de investigación de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

#### 3.9.2. Biodegradabilidad

- Cortar biopelículas en un tamaño de 3cm x3cm de cada tratamiento.
- Para la biodegradabilidad en agua se debe colocar 30 ml y en su interior la lámina.

- Medir el área mediante fotografías en las láminas que se colocan en agua cada 7 días hasta que se biodegrade.
- Registrar el tiempo que se demora en biodegradarse (Versino y García, 2018), (Alvarez, 2021).

### **3.9.3. Evaluación del uso como envoltura**

- Preparar láminas de bioplástico de 22cm x 13cm.
- Seleccionar fresas y moras del mismo estado.
- Colocar 4 fresas y 4 moras sobre 12 bases de espuma de poliestireno.
- Envolver 2 fresas y 2 moras con láminas de bioplástico (CEB) y en 2 no colocar envolturas (SE).
- Dejar al ambiente (21 oC) una base sin envoltura y otra con el bioplástico. (Chifla, 2021).

### **3.9.4. Siembra en placas Microfast**

- Al transcurrir 3 días se debe hacer siembras en placas Petri para mohos y levaduras
- Se trituro la fresa y mora que estaba con el bioplástico y sin la envoltura estas se pusieron en tubos que contenían 90 ml de agua de peptona.
- Luego, se llevó 1 ml de la dilución madre (10-1 ) a la dilución 10-2, de igual manera de la dilución 10-2 a la 10-3 y así sucesivamente hasta la dilución 10-7 .
- Todas las diluciones fueron sembradas en las placas microfast para mohos y levaduras las cuales se incubaron a 25°C por 72h, para verificar en que dilución se puede contar.
- Al transcurrir 5 días se debe realizar la misma metodología (Gaibor, 2022)

### **3.9.5. Determinación de grados brix de las fresas y moras**

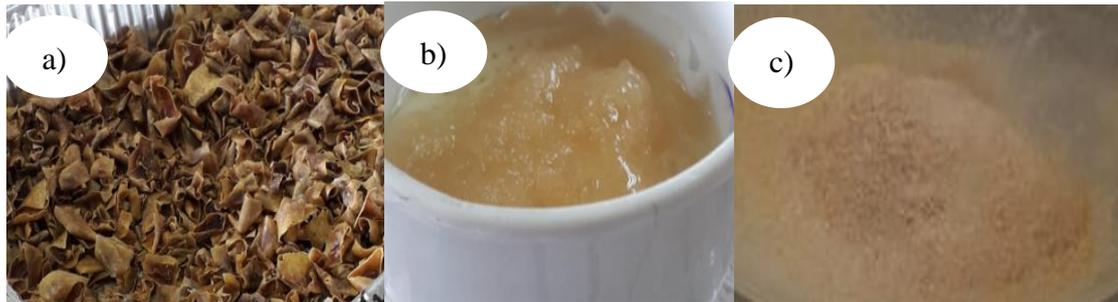
- Se realizaron controles a las frutas a diario desde el día 0 hasta el 5 día.
- Esto se realizó a la fruta sin recubrimiento (S/R) y con recubrimiento (C/R) por cada tratamiento.
- Se trituro una pequeña porción de cada fruta posterior a esto se debe colocar una gota del zumo del fruto en el refractómetro. (Lázaro, 2017)
- Por último, se debe anotar y analizar los resultados

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Obtención de la pectina a partir de cáscaras de maracuyá

En base a la metodología detallada en el apartado 3.8.1 y 3.8.2, la figura 4.1 detalla las tres fases del proceso de obtención de la pectina.



**Ilustración 4-1:** (a) Cáscaras secas (b) Pectina húmeda (c) Pectina seca y molida

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

Tras realizar 4 repeticiones de la metodología para la extracción de pectina que se menciona en el ítem 3.8.2, se obtiene los rendimientos de extracción de la pectina en los resultados descritos en las tablas 4.1.

**Tabla 4-1:** Rendimiento de extracción de pectina de la corteza de maracuyá

pH	Repetición	Ácido clorhídrico (ml)	Corteza de maracuyá seca (g)	Pectina (g)			Rendimiento (%)	
				R	Promedio	Total	R	Promedio
2	R1	3ml	100	7,99	8,00	32.02	7,99	8,00
	R2			8,00			8,00	
	R3			7,98			7,98	
	R4			8,05			8,05	

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

El rendimiento obtenido de la cáscara de maracuyá seca hasta la pectina disponible para su uso en los diferentes tratamientos experimentales fue del 32 %.

## 4.2. Caracterización de la pectina obtenida

Se realizó un análisis para identificar la calidad y características que la pectina de la corteza de maracuyá posee, describiendo cada resultado a continuación:

### 4.2.1. Análisis sensorial de la pectina

Para el análisis sensorial se tomó en cuenta las características de olor, sabor, color y textura, obteniendo los resultados que se mencionan en la siguiente tabla.

**Tabla 4-2:** Análisis sensorial de la pectina

<b>Característica</b>	<b>Pectina de la corteza de maracuyá</b>
<b>Olor</b>	Característico
<b>Sabor</b>	Amargo
<b>Color</b>	Café
<b>Textura</b>	Harinosa, suave

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

Como se describe en la tabla 4-2 en cuanto al olor y sabor es característico a la pectina extraída de la corteza de maracuyá en cuanto al color este es café debido al color inicial de su materia prima, según Cuesta & Muñoz (2010) el color depende mucho del tratado previo de la corteza de maracuyá en este caso se conservó la capa superficial amarilla y se utilizó ácido clorhídrico, siendo el más conveniente para conservar la calidad de la misma.

De acuerdo a Cuesta & Muñoz (2010) una textura harinosa, suave y fina va a depender del tamizaje que se dio a la pectina, en este caso como se describe en la tabla 4-2 la pectina extraída contiene dichas características puesto que se utilizó un tamiz de 250  $\mu\text{m}$  hasta 100  $\mu\text{m}$  obteniendo la textura adecuada. Es importante determinar bien el tiempo de secado ya que una pectina muy seca puede ser resistente a la molienda y presentar un color más oscuro. (Flores, Mariños, Rodríguez, & Rodríguez, 2013).

### 4.2.2. Parámetros fisicoquímicos de la pectina de maracuyá

La tabla 4.3 detalla los parámetros relacionados a la caracterización de la pectina obtenida.

**Tabla 4-3:** Parámetros fisicoquímicos de la pectina de maracuyá

Parámetros de control	Valores (%)
Grado de Esterificación	50,80
Metoxilo	8,28
Cenizas	5,28
Humedad	9,46

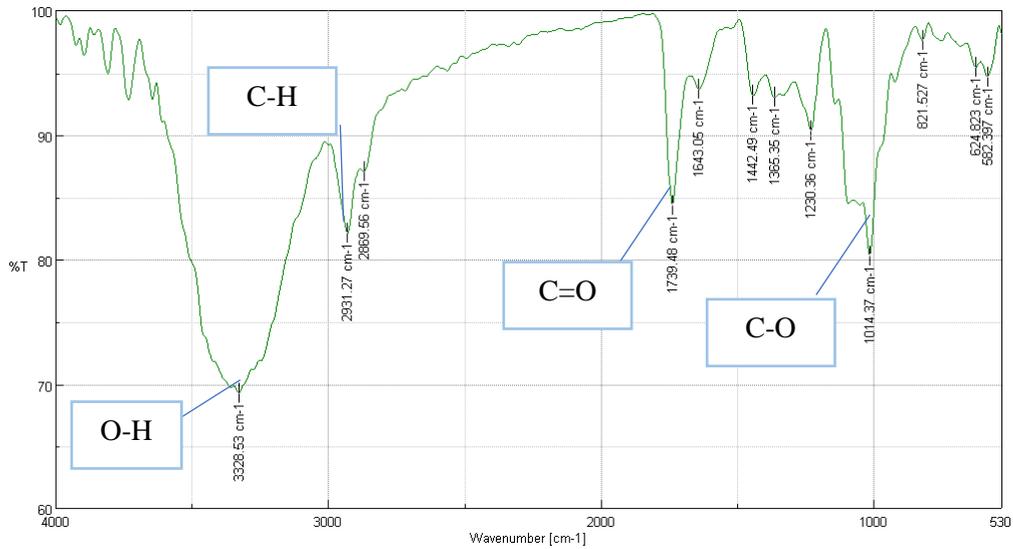
**Realizado por:** Jiménez, M. 2023.

En base a investigaciones previas para considerar una pectina de alto metóxilo HMP debe tener un contenido metoxílico superior al 6.5% y que las pectinas de bajo poder metoxílico LMP están en un rango de 0.2 a 6.5% de metóxilos (Aina, 2012).

De acuerdo a la información citada la pectina de cáscara de maracuyá obtenida cuyo contenido metoxílico es de 8.28 % es considerada una pectina de alto metóxilo. A la vez, su grado de Esterificación supera el 50% establecido para ser consideradas de alto metóxilo (50,80 %), consecuentemente, es una pectina de alto grado de esterificación y se debe a la alta cantidad de grupos carboxilos esterificados; son llamados como pectinas de gelificación lenta, siendo las más comercializadas en la industria alimentaria debido que a mayor grado de esterificación se incrementa su viscosidad factor importante en la elaboración de productos.

Los valores obtenidos para la ceniza son bajos (5,28%), lo que significa que es una pectina con alta pureza en relación a lo reportado por (Aina, 2012) y se obtiene una humedad de (9,46 %) esta no supera el 10% pudiendo indicar que esta pectina puede tener mayor estabilidad, tiempo de vida útil y menos posibilidades de permitir el crecimiento de microorganismos. (Adossio, 2005).

### 4.2.3. Análisis de espectroscopia infrarroja de la pectina de cáscara de maracuyá.



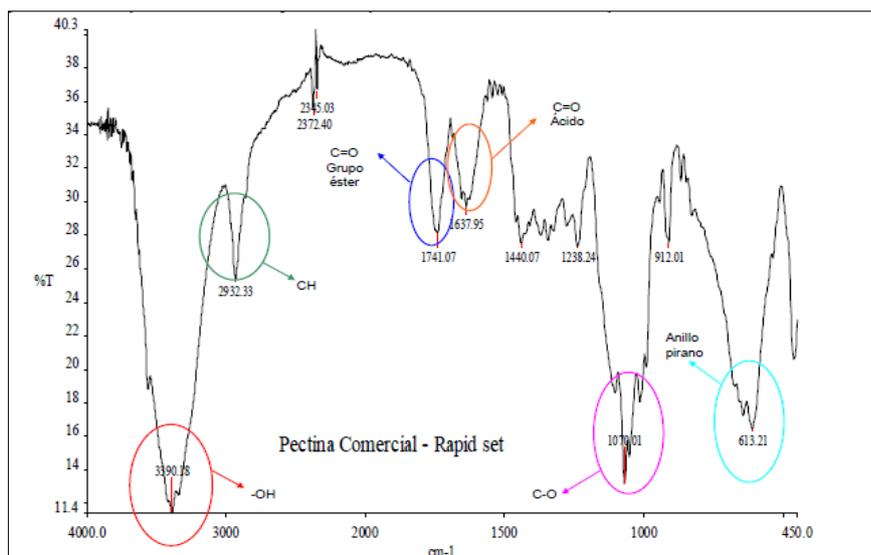
**Ilustración 4-2:** Espectro Infrarrojo de la pectina de cáscara de maracuyá

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

**Tabla 4-4:** Porcentaje de transmitancia en función del número de onda de la pectina.

Número de onda [cm-1]	%T
3328.53	69.2865
2931.27	82.1081
2869.56	87.0823
1739.48	84.3583
1643.05	93.6578
1442.49	93.1793
1365.35	93.0327
1230.36	90.3495
1014.37	80.2673
821.527	97.5875
624.823	95.4405
582.397	94.6881

Realizado por: Jiménez, M. 2023.



**Ilustración 4-3:** Espectro Infrarrojo de la pectina comercial

**Fuente:** (Rengifo, et al., 2019). Evaluación de dos métodos de extracción de pectina de la cáscara de cacao.

En ambos espectros se observa un pico ancho de 3328,53 y 3390,18  $\text{cm}^{-1}$  debido a las vibraciones de tensión del O-H, lo cual indica que coexisten varios grupos O — H en la estructura de pectina de cáscara de maracuyá y pectina comercial; la banda de 2931,27 y 2932,33  $\text{cm}^{-1}$  correspondiente al estiramiento C-H de los grupos  $\text{CH}_2$  y las dos bandas de 1739,48 y 1741,07  $\text{cm}^{-1}$  que corresponden a vibraciones de la estructura C=O.

Según (Addosio & Páez, 2005) Las bandas alrededor de 1650 y 1750  $\text{cm}^{-1}$  son indicadoras de grupos carboxilos libres y esterificados, respectivamente; los cuales son útiles para la identificación de pectinas de alto y bajo metoxilo, Estos espectros exhibieron características similares, ya que presentaron un alargamiento pronunciado en los grupos carboxilos esterificados (banda 1739.48  $\text{cm}^{-1}$ ), lo cual indica la presencia de pectina de alto metoxilo, como lo mencionamos en la tabla 4,3 que indicaba una pectina de alto metoxilo (8,28%).

### 4.3. Formulación del bioplástico

Para la obtención del bioplástico se diseñó 4 formulaciones, para lo cual se mantuvo como variables las concentraciones de pectina y almidón; mientras que, las constantes fueron las cantidades de: ácido acético, agua y glicerina.

#### 4.3.1. Formulación de bioplástico a partir de pectina y almidón

Para las 4 formulaciones empleadas, se utilizó 45ml de agua destilada, 1ml de glicerina y 2 ml de ácido acético glacial al 99%, mientras que las concentraciones de las variables pectina y almidón se mantuvieron entre: 0.5 – 2.5 g.

En la tabla 5-4 se puede observar las concentraciones empleadas para cada formulación, así como la capacidad para formar bioplásticos; por otro lado, en la tabla 6-4 se aprecia las formulaciones idóneas para emplearse en la elaboración de bioplásticos y a partir de los cuales se trabajó posteriormente.

**Tabla 4-5:** Formulación para determinar la concentración de variables.

Pectina (g)	Almidón (g)	Agua destilada	Glicerina (ml)	Forma bioplástica	Estabilidad con ácido acético (ml)
					2.0
2.0	1.0	45 ml	1ml	Si	Si
1.5	1.5	45 ml		No	No
2.5	0,5	45 ml		No	No
0.5	2.5	45 ml		Si	Si

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

**Tabla 4-6:** Formulación en base a la tabla 5-4

CODIGO	Pectina	Almidón	Agua destilada	Glicerina	Formación de bioplástico	ácido acético
E1	2 gr	1 gr	45 ml	1 ml	Si	2 ml
E2	0,5 gr	2,5 gr	45 ml	2 ml	SI	2 ml

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

Una vez puesto en marcha cada uno de los tratamientos, se obtiene que la formación de bioplásticos con estabilidad adecuada está dada por dos de las cuatro formulaciones estudiadas, las cuales se denominaron E1 (2g de pectina + 1g de almidón) y E2 (0,5g de pectina + 2,5g de almidón); en ambas formulaciones se mantiene constante el contenido de agua destilada (45ml), glicerina (1 ml) y ácido acético (2ml).

Los resultados obtenidos se asemejan a lo reportado por (Caiza, 2021) quien obtuvo cuatro formulaciones para la elaboración de una biopelícula al combinar diferentes concentraciones de almidón de maracuyá y manteniendo como constante la cantidad de: almidón de plátano (5g), glicerina (2ml), agua destilada (100ml) y ácido acético (6ml), las biopelículas elaboradas por dicho autor se mantuvieron estables utilizando entre 1 y 2 g de almidón del pericarpio de maracuyá, valores que se mantienen acorde al presente estudio dado que, los bioplásticos con estabilidad adecuada tuvieron 1g y 2,5g de almidón respectivamente; cabe recalcar que en el estudio de Caiza no se utilizó pectina como parte del bioplástico elaborado, remplazando este compuesto con el almidón de verde, sin embargo a pesar de esta notoria diferencia, la cantidad de almidón utilizada concuerda con la estabilidad de ambas formulaciones.

#### **4.4. Datos obtenidos de los bioplásticos**

Como se observa en la imagen 4.2 y 4.3 se elaboró 2 tipos de bioplásticos, con 3 repeticiones cada uno, utilizando pectina extraída de la cáscara de maracuyá y almidón de yuca comercial en la combinación se obtuvo diferentes características en los bioplásticos.



**Ilustración 4-4:** Bioplástico con mayor porcentaje de pectina

**Realizado por:** Jiménez, M. 2023.



**Ilustración 4-5:** Bioplástico con mayor porcentaje de almidón

**Realizado por:** Jiménez, M. 2023.

#### 4.4.1. Resultados de las características físicas de los bioplásticos

Una vez obtenido los bioplásticos con las dos formulaciones que presentaron estabilidad, se procedió a realizar la caracterización física de las mismas, para lo cual se realizaron 4 réplicas lo con la finalidad de garantizar la idoneidad de los resultados expuestos, los cuales se observan en las tablas 7-4 y 8-4.

**Tabla 4-7:** Características físicas del bioplástico E1 (mayor porcentaje de pectina) secado al ambiente a 21 °C por 48 horas en una placa de 62cm<sup>2</sup>

Código	Repetición	Tiempo de Formación del biofilms (min)	Bioplástico E1					
			Peso (g)		Espesor (mm)	Formación de película	Transparencia	Estabilidad
			R	Promedio				
E1	R1	2:10	1.34	1.30	0.1	Si	Si	Si
	R2	2:12	1.28		0.1	Si	Si	Si
	R3	2:08	1.30		0.1	Si	Si	Si
	R4	2:11	1.29		0.1	Si	Si	Si

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

**Tabla 4-8:** Características físicas del bioplástico E2 (mayor porcentaje de almidón) secado al ambiente a 21 °C por 48 horas en una placa de 62cm<sup>2</sup>

Código	Repetición	Tiempo de Formación del biofilms (min)	Bioplástico E2					
			Peso (g)		Espesor (mm)	Formación de película	Transparencia	Estabilidad
			R	Promedio				
E2	R1	2:40	1.60	1.60	0.1	Si	Si	Si
	R2	2:38	1.58		0.1	Si	Si	Si
	R3	2:29	1.62		0.1	Si	Si	Si
	R4	2:30	1.59		0.1	Si	Si	Si

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

En cuanto a los pesos de cada bioplástico varia en las dos formulaciones en la E2 es más pesado puesto que contiene más almidón que la E1 que contiene más pectina. Sin embargo, las diferencias físicas entre las dos formulaciones no son significativas, cabe recalcar que cada formulación se realizó con 3 réplicas, de esta manera se podrá seleccionar la mejor formulación de bioplástico para uso como envoltura en frutas frescas.

En las tablas 7-4 y 8-4 se logra apreciar las pruebas realizadas para determinar las características físicas de los bioplásticos elaborados a partir de las formulaciones E1 (mayor porcentaje de pectina) y E2 (mayor porcentaje de almidón), para lo cual se realizó un secado al ambiente a 21°C por 48 horas en placas de 62cm<sup>2</sup> para cada una de las formulaciones. Obteniéndose que en promedio la elaboración del bioplástico E1 tarda 2.10 min mientras que el E2 tarda en promedio 2.34 minutos para su elaboración, esta diferencia es mínima por lo cual no existe una diferencia significativa entre el contenido de pectina y almidón frente al tiempo de elaboración de los bioplásticos. En cuanto al peso del producto elaborado, se observa que para el bioplástico E1 el peso promedio es de 1.30g, mientras que para el E2 su peso es de 1.60g, observándose un ligero aumento no significativo en la formulación con mayor contenido de almidón, en cuanto a las variables espesor, formación de película, transparencia y estabilidad observamos que no existe diferencia entre ambas formulaciones.

El tiempo de elaboración de los bioplásticos va a depender de la gelatinización del producto principal; en este caso a pesar de que la diferencia es mínima, se establece que la formulación con mayor contenido de pectina requiere menor tiempo para su elaboración, lo que guarda relación con lo establecido por (Rivadeneira, 2012) quienes tras obtener pectina a partir de cáscaras de

*Plassifora edulis* (Maracuyá), llegan a la conclusión de que la pectina obtenida de las cáscaras de maracuyá tiene consistencia similar a la pectina comercial, lo cual resulta factible para su utilización como material gelificante.

En cuanto a la determinación del espesor del bioplástico elaborado, se observa que los datos presentados se mantienen análogos a los expuestos por (Caiza, 2021), quien utilizando 1g y 2g de almidón obtiene un espesor en sus biopelículas de 0.185mm y 0.188mm respectivamente; si embargo, es importante mencionar que para la ejecución de la caracterización física el autor en mención realizó un proceso de secado a 25°C por 96 horas.

Las características físicas obtenidas para ambas formulaciones del bioplástico cumplen con las especificaciones establecidas en la NTE INEN 2542:2010, pues la misma establece que las láminas plásticas transparentes deben dejar pasar parcialmente la luz visible, con la finalidad de que el objeto tras de él pueda observarse nítidamente, además deben tener acabado uniforme con bordes limpios, rectos y regulares. (NTE INEN, 2010).

#### 4.4.2. *Porcentaje de humedad*

En la tabla 9-4 se presentan los resultados obtenidos, tras realizar el ensayo por triplicado para la determinación de humedad en cada una de las formulaciones empeladas durante la elaboración de bioplástico.

**Tabla 4-9:** Porcentaje de humedad de los bioplásticos

<b>Código</b>	<b>%</b>	<b>Promedio (%)</b>
<b>E1</b>	25.98	25.32
	24.98	
	25.01	
<b>E2</b>	20.45	20.22
	19.98	
	20.23	

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

El análisis de humedad de los productos terminados es un componente de gran importancia dado que el mismo va a determinar la textura y el tiempo de vida útil de los bioplásticos (YANDARK, 2021), es importante recordar que para cada formulación elaborada existe tres fuentes directas de humedad: el agua destilada, la glicerina y la cantidad de pectina empleada. Para la formulación E1 (2g de pectina + 1g de almidón) se obtiene un porcentaje de humedad promedio de 25,32%, mientras que para el caso de la formulación E2 (0,5g de pectina + 2,5g de almidón) el porcentaje

de humedad disminuye al 20,22%, lo cual es explicado debido a la mayor concentración de almidón.

Los porcentajes de humedad obtenidos en el estudio son mayores en comparación a los obtenidos por (Caiza, 2021) pues tras la utilización de 1g de almidón obtiene un promedio de humedad de 16.91%, mientras que cuando utilizó 2g de almidón el porcentaje de humedad fue 16.96%, sin embargo el autor menciona que la humedad aceptada para la elaboración de biopelículas y recubrimientos oscila entre 16,64 – 26,51%, es decir que la formulación E2 se encuentra dentro de estos límites que permiten garantizar una adecuada barrera contra el oxígeno atmosférico.

#### 4.4.3. Solubilidad

En la tabla 10-4 se presentan los resultados obtenidos, tras realizar el ensayo por triplicado para la determinación de solubilidad en cada una de las formulaciones empeladas durante la elaboración de bioplástico.

**Tabla 4-10:** Porcentaje de solubilidad de los bioplásticos

Código	%	Promedio (%)
<b>E1</b>	43.40	42.90
	42.90	
	42.40	
<b>E2</b>	39.50	39.67
	40.10	
	39,40	

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

Una vez concluido el ensayo de solubilidad, se observa que para la formulación E1 (2g de pectina + 1g de almidón), el porcentaje de solubilidad es de 42,90% ; mientras que en el caso de la formulación E2 (0,5g de pectina + 2,5g de almidón) es de 39.97%, esta diferencia está dada por la gran afinidad que tiene la pectina por el agua, es decir que el agua es el mejor solvente para la pectina (Lopez, 2012) a esto se le debe agregar que el glicerol empleado en ambas formulaciones también es soluble en agua, por ende su contenido aumenta la solubilidad de los bioplásticos.

En la investigación realizada para obtener biopelículas a partir de maracuyá y plátano verde, el autor (Caiza, 2021), reporta un porcentaje de solubilidad de 41,02% , 39,11% , 41,10% y 39,04%., valores que se encuentran muy cercanos a los obtenidos en el presente estudio y como menciona el investigador, el uso de glicerina como plastificante soluble, mejora significativamente el

porcentaje total de solubilidad en bioplásticos en donde se emplee concentraciones elevadas de almidón.

#### 4.4.4. Propiedades mecánicas del bioplástico

Para la evaluación de la calidad mecánica de los bioplásticos obtenidos, se realizaron los ensayos de: espesor, elasticidad, carga de fluencia, esfuerzo de fluencia, carga máxima, esfuerzo máximo y porcentaje de deformación para las dos formulaciones E1 y E2, obteniendo los resultados explicados en la tabla 11-4.

**Tabla 4-11:** Pruebas mecánicas

Código	Espesor (mm)	Módulo de elasticidad (MPa)	Carga de fluencia (%)	Esfuerzo de fluencia (MPa)	carga máxima (N)	Esfuerzo máximo (MPa)	Porcentaje de deformación (%)
E1	0.10	10.20	0.1	0.1	1.92	1.32	18.26
E2	0.10	10.20	0.1	0.1	1.14	0.70	32.33

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

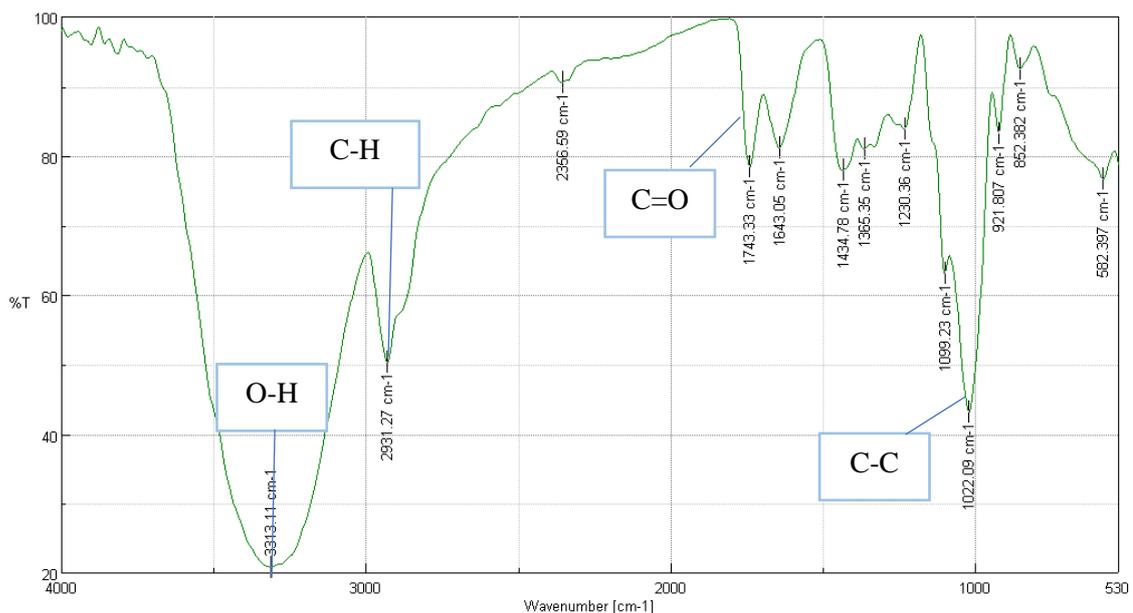
El análisis mecánico de los bioplásticos se realizó siguiendo las recomendaciones de la NTE INEN 2635:2012, en donde se establecen los ensayos para determinar la tracción de láminas plásticas delgadas, obteniéndose como resultado que el bioplástico elaborado a partir de la formulación E1 (2g de pectina + 1g de almidón) presenta 0,10 mm de espesor; 10,20 MPa de elasticidad; 0,1% de carga de fluencia; 0,1 MPa como esfuerzo de fluencia; 1,92 N para carga máxima; 1,32 MPa de esfuerzo máximo y 18,26% como porcentaje de deformación. Mientras que para la formulación E2 (0,5g de pectina + 2,5g de almidón) los resultados establecidos son: 0,10 mm de espesor; 10,20 MPa de elasticidad; 0,1% de carga de fluencia; 0,1 MPa como esfuerzo de fluencia; 1,14 N para carga máxima; 0,70 MPa de esfuerzo máximo y 32,33% como porcentaje de deformación. (NTE INEN, 2012).

En la investigación realizada por (Chariguamán, 2015), quien se encargó de caracterizar un bioplástico de almidón con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis*) se observan valores similares a los del presente estudio, pues realizando 20 tratamiento obtiene valores de espesor que van desde 0,19mm, hasta 045mm en dependencia de la concentración de almidón y albedo de maracuyá; en cuanto al módulo de elasticidad, considerado como un indicador de rigidez para las biopelículas, se obtuvieron valores desde 0.64 MPa, hasta 2.23 MPa. En cuanto al porcentaje

de deformación se observó que en función de la cantidad de almidón, glicerol y harina de maracuyá este valor puede variar desde 11,70%, hasta 27,05%.

Al comparar los resultados de la presente investigación, con los obtenidos en el estudio de caracterización de bioplásticos de trigo y cebada, realizado por (Morochó, et al.,2021 p. 634), se observa que el esfuerzo máximo de las láminas del presente estudio es mayor, pues los bioplásticos elaborados a partir de trigo y cebada presentan un esfuerzo máximo de 0,08 MPa y 0,26 MPa respectivamente frente al 0,70 MPa y 1, 32 MPa obtenidos.; sin embargo se evidencia diferencias en el esfuerzo de fluencia puesto que los autores antes mencionados obtienen 0.05 MPa en trigo y 0,23 MPa en los bioplásticos de cebada, mientras que en las formulaciones E1 y E2 de este estudio presentan 0,1 MPa en esfuerzo de fluencia.

#### 4.4.5. Análisis de espectroscopia infrarroja de las envolturas (E1) (E2)



**Ilustración 4-6:** Espectro Infrarrojo del bioplástico E1 mayor porcentaje de pectina

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

**Tabla 4-12:** Porcentaje de transmitancia en función del número de onda del bioplástico E1.

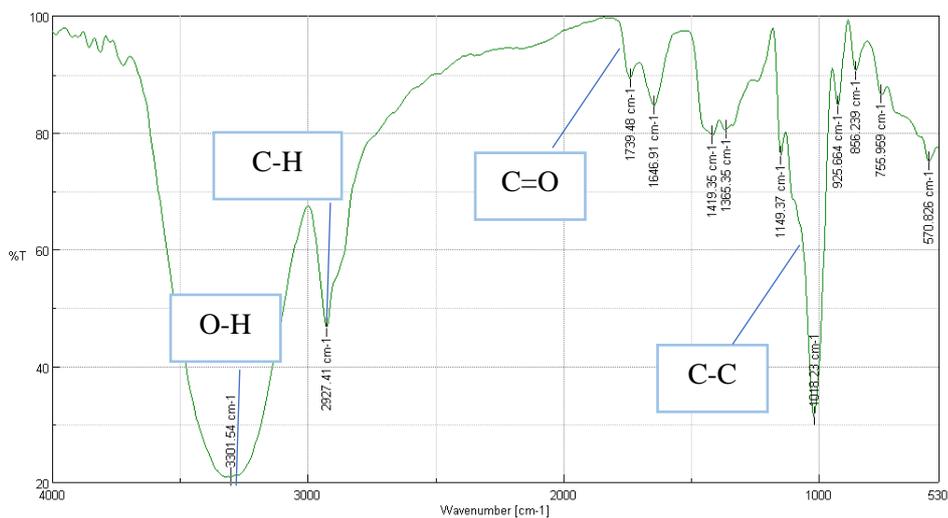
Número de onda [cm-1]	%T
3313.11	c20.8508
2931.27	50.2919
2356.59	90.5488
1743.33	78.4486

1643.05	81.214
1434.78	77.9859
1365.35	81.0106
1230.36	83.881
1099.23	63.0719
1022.09	43.1582
921.807	83.3065
852.382	92.5567
582.397	76.6513

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

En la ilustración 7-4 se registró vibraciones de tensión de 3313,11 cm<sup>-1</sup> que pertenecen al grupo hidroxilo (OH), mientras que las ondas 2931,27 y 2356,59 cm<sup>-1</sup> corresponden al C-H, dichos resultados están relacionados con la composición del bioplástico, puesto que contiene agua y pectina, que representan los enlaces OH, mientras que el almidón de yuca y el ácido acético simbolizan enlaces C-C, C-H y C=O, que son grupos funcionales en la estructura química de cada compuesto.

(Andrade, 2021), Presenta vibraciones similares en los espectros de su investigación con algunas variaciones en la intensidad y afirma que la onda 1643,05 cm<sup>-1</sup> puede deberse a la cristalinidad del almidón.



**Ilustración 4-7:** Espectro Infrarrojo del bioplástico E2 mayor porcentaje de almidón

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

**Tabla 4-13:** Porcentaje de transmitancia en función del número de onda del bioplástico E2.

Número de onda [cm-1]	%T
3301.54	20.9453
2927.41	46.4923
1739.48	89.3051
1646.91	84.6415
1419.35	79.5668
1365.35	80.4507
1149.37	75.9687
1018.23	31.3456
925.664	84.5949
856.239	90.6007
755.959	86.5213
570.826	75.0326

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

Al estudiar el espectro 8-4 según (MONDRAGÓN, 2017), las vibraciones pertenecen a los siguientes grupos funcionales (O-H, C-H, C=O Y C-C) puesto que tienen longitudes de banda típicos de estos grupos, en el espectro se evidencia una vibración mayoritaria en 3301,54 cm-1 del grupo OH, la vibración 2927,41 cm-1 es característico del grupo C-H, una onda de 1739,48 cm-1 que representa al C=O, y una banda de 1018.23 cm-1 que simboliza al C-C. Dicha estructura tiene una variación no significativa que al espectro 7-4 ya que las dos composiciones de los bioplásticos son casi similares.

#### **4.4.6. Biodegradabilidad en agua de los bioplásticos**

Con la finalidad de determinar el tiempo de degradación de los bioplásticos elaborados, se realizó el ensayo de biodegradabilidad en agua para la formulación E1 y E2, las dos formulaciones fueron sometidas a las mismas características: 30 ml de agua potable a un pH de 7.0 y una temperatura de 20 °C, el tiempo que dure la biodegradabilidad, se controló los factores todos los días a la misma hora.

**Tabla 4-14:** Biodegradabilidad en agua Envoltura 1

<b>E1</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>
	Fraccionamiento del bioplástico en partículas grandes.	Fraccionamiento del bioplástico en partículas pequeñas	Degradación total

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

**Tabla 4-15:** Biodegradabilidad en agua Envoltura 2

<b>E 2</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día4</b>	<b>Día 5</b>
	F. B.P. G	F. B.P. G	F. B.P. G	F. B.P. G	F. B.P. M
	<b>Día 6</b>	<b>Día 7</b>	<b>Día 8</b>	<b>Día 9</b>	<b>Día 10</b>
	F. B.P. M	F. B.P. M	F. B.P. P	F. B.P. P	Degradación total

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

Donde:

F. B.P. G: Fraccionamiento del bioplástico en partículas grandes.

F. B.P. M: Fraccionamiento del bioplástico en partículas medianas

F. B.P. P: Fraccionamiento del bioplástico en partículas pequeñas

Una de las características de los bioplásticos es su capacidad para degradarse con mayor facilidad que un plástico convencional, siendo esta característica la más explotada de este tipo de materiales; en la formulación E1 (2g de pectina + 1g de almidón) se observa que a los 3 días existe una degradación total del bioplástico, mientras que para el caso de la formulación E2 (0,5g de pectina + 2,5g de almidón) al tercer día se observa el fraccionamiento del bioplástico en partículas grandes, teniendo que esperarse 10 días para observar la degradación total del bioplástico, esta diferencia está dada por la afinidad que tiene la pectina con el agua, según lo que menciona (Lopez, 2012).

La autora, (Simón, 2021) menciona que las investigaciones de biodegradación en agua dulce han aumentado dado que gran parte de los desechos plásticos terminan en estas fuentes, considera además que los estudios de degradación en medios acuáticos pueden tardar 6 meses y se debe seguir la norma UNE-EN-ISO14852, sin embargo el estudio de biodegradabilidad más empleado es en tierra y compost; la investigación de (Escribano, 2020), realizó el estudio de biodegradabilidad en tierra de un bioplástico desarrollado a partir de cáscara de maracuyá y obtuvo que antes de 90 días se perdió el 93% de masa inicial (día 43 de compostaje), lo cual nos permite garantizar la alta biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados en la presente investigación.

#### 4.5. Análisis microbiológico de los bioplásticos

Se realizó un análisis microbiológico debido a que las láminas de bioplástico están destinadas al uso de envoltura de alimentos en donde se analizó: *Escherichia coli*, Aerobios mesófilos y Mohos y levaduras.

En las tablas 16-4 y 17-4 se evidencia los resultados microbiológicos de cada bioplástico:

**Tabla 4-16:** Análisis microbiológico del bioplástico 1 (más pectina)

Microorganismos (UFC/g)	Resultado
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia
Aerobios mesófilos	Ausencia
Mohos y levaduras	Ausencia

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

**Tabla 4-17:** Análisis microbiológico del bioplástico 2 (más almidón)

Microorganismos (UFC/g)	Resultado
<i>Escherichia coli</i>	Ausencia
Aerobios mesófilos	Ausencia
Mohos y levaduras	Ausencia

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

(TUBÓN, 2013), dice que los bioplásticos no cuentan con estándares específicos para microorganismos basados en materias primas, pero según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), considera que el valor máximo en *Escherichia coli* y Aerobios mesófilos deberá ser  $< 10$  UFC/g, mientras que para mohos y levaduras será de máximo 500 UFC/g.

Como se evidencio en las tablas 16-4 y 17-4 ningún microorganismo presentó crecimiento, por lo que cumplen con los parámetros establecidos por la FAO, siendo los bioplásticos tanto el E1 y E2 óptimos para utilizarlos como envoltura de frutas frescas puesto que al estar en contacto con las frutas no afectará el estado del producto y no se dará una contaminación cruzada.

#### 4.6. Análisis de los bioplásticos como recubrimiento

El análisis de Brix y microbiológico desempeña un papel fundamental en la determinación del tiempo de vida útil de las frutas, ya que proporciona información esencial sobre su calidad y

seguridad alimentaria. El contenido de Brix, que se refiere a la concentración de azúcares en la fruta, es un indicador clave de su madurez y dulzura.

Por otro lado, el análisis microbiológico es esencial para evaluar la presencia de microorganismos, incluidos patógenos, que podrían afectar la frescura y la inocuidad de las frutas. La presencia de bacterias, mohos y levaduras puede acelerar el deterioro y reducir significativamente la vida útil de las frutas, así como representar un riesgo para la salud de los consumidores.

Además, estas pruebas también ayudan a garantizar que las frutas cumplan con los estándares de calidad y seguridad alimentaria, brindando confianza tanto a la industria como a los consumidores. En última instancia, la implementación regular de análisis de Brix y microbiológicos es esencial para mantener la frescura y calidad de las frutas desde su producción hasta el punto de consumo.

*Nota:* Para las siguientes pruebas las frutas fueron recolectadas de la misma plantación el mismo día y hora para asegurarnos que tanto las fresas como moras estén en el mismo lapso de maduración y frescura.

#### **4.6.1. Determinación de grados Brix**

El análisis de grados brix se realizó a diario durante 5 días tanto a fresas y moras sin envoltura, con envoltura 1 y con envoltura 2, todas fueron sometidas a la misma temperatura y ambiente, con el objetivo de analizar la pérdida de azúcar al transcurrir los días, en la tabla 14-4 se evidencian los resultados obtenidos.

**Tabla 4-18:** Grados Brix durante 5 días

<b>Código</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>Día 3</b>	<b>Día 4</b>	<b>Día 5</b>
<b>S.E. F</b>	12.21 %	9.26%	8.58%	8.30%	8.17%
<b>C.E1. F</b>	11.18%	10.26%	9.06%	9.00%	8.84%
<b>C.E2. F</b>	11.34%	10.75%	8.99%	8.50%	7.50%
<b>S.E.M</b>	10.75%	9.64%	8.50%	8.00%	7.50%
<b>C.E1.M</b>	9.96%	8.50%	8.10%	8.00%	7.90%
<b>C.E2.M</b>	9.50%	8.25%	8.01%	7.90%	7.60%

**Realizado por:** Jiménez, M. 2023.

Donde:

S.E.F: Fresas sin envoltura.

S.E.M: Moras sin envoltura.

- C.E1.F: Fresas con envoltura de pectina
- C.E1.M: Moras con envoltura de pectina
- C.E2.F: Fresas con envoltura de almidón
- C.E2.M: Moras con envoltura de almidón

Para realizar el análisis de grados brix en fresas y moras durante cinco días, se llevó a cabo un seguimiento periódico de la concentración de azúcares en las muestras seleccionadas. Cada día se tomó muestras de las frutas y se midió su contenido de brix para evaluar cualquier cambio en la concentración de azúcares a medida que las frutas maduran o se degradan.

Como se evidencia en la tabla 15-4 del día 1 al día 5 existe una pérdida significativa de sólidos solubles en las frutas que no se encuentran con envoltura mientras las que cuentan con el bioplástico su pérdida es menor, pero se evidencia una pérdida de azúcar tanto en las fresas y moras con y sin envoltura, (Hervas, 2011) menciona que este factor puede deberse a diversos factores como la fermentación donde los azúcares pueden ser convertidos en alcohol , también puede ser por la respiración y metabolismo puesto que las frutas continúan respirando y metabolizando sus nutrientes incluso después de ser cosechadas o incluso a su descomposición ya que a medida que las frutas maduran, pueden empezar a descomponerse, lo que podría llevar a la pérdida de azúcar debido a la actividad de microorganismos. Cabe recalcar que esto se deberá a las condiciones de almacenamiento y la calidad inicial del fruto, es esencial recordar que cada tipo de fruta tiene un proceso de maduración único y puede experimentar cambios específicos en su contenido de azúcar.

#### 4.6.2. Pruebas Microbiológicas

**Tabla 4-19:** Crecimiento de mohos y levaduras en placas microfast

	PRIMER DIA			TERCER DIA			QUINTO DIA		
S.E. F	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio
	0	0	0	11	7	9	50	28	39
	0	0	0	13	9	11	38	17	28
	0	0	0	11	8	10	41	20	31
			0			10			33
C.E1. F	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio
	0	0	0	6	2	4	10	5	8
	0	0	0	4	1	3	12	6	9
	0	0	0	7	3	5	10	4	7
			0			4			8
C.E2. F	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio
	0	0	0	7	1	4	26	6	16
	0	0	0	6	2	4	25	5	15
	0	0	0	7	4	6	28	8	18
			0			5			16
	PRIMER DIA			TERCER DIA			QUINTO DIA		
S.E. M	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio
	0	0	0	21	11	16	90	66	78
	0	0	0	25	14	20	93	67	80
	0	0	0	19	9	14	88	61	75
			0			17			78
C.E1. M	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio
	0	0	0	8	4	6	50	12	31
	0	0	0	8	3	6	52	13	33
	0	0	0	8	4	6	49	11	30

			0			6			31
C.E2. M	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>	Promedio
	0	0	0	11	6	9	75	20	48
	0	0	0	15	7	11	74	19	47
	0	0	0	13	6	10	77	21	49
			0			10			48

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

Donde

S.E.F: Fresas sin envoltura.

C.E1.F: Fresas con envoltura de pectina

C.E2.F: Fresas con envoltura de almidón

S.E.M: Moras sin envoltura.

C.E1.M: Moras con envoltura de pectina

C.E2.M: Moras con envoltura de almidón

*Nota:* Las dos formulaciones contienen almidón y pectina, pero varían los porcentajes en la E1 tiene mayor porcentaje de pectina mientras que en la E2 más almidón.



**Ilustración 4-8:** Fresas y Moras, con y sin envoltura para determinar el tiempo de vida útil.

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

Donde:

S.E.F: Fresas sin envoltura.

S.E.M: Moras sin envoltura.

C.E1.F: Fresas con envoltura de pectina

C.E1.M: Moras con envoltura de pectina

C.E2.F: Fresas con envoltura de almidón

C.E2.M: Moras con envoltura de almidón

En la Tabla 16-4 se presentan los resultados del conteo de mohos y levaduras existentes en las fresas y moras, tras 5 días de uso de los dos bioplásticos formulados; para lo cual se realizaron diluciones de factor 10 y se realizaron siembras por triplicado para cada una de las dos formulaciones y para la muestra control.

En las muestras control (S.E.F y S.E.M) se observa el mayor crecimiento de mohos y levaduras; en el de incubación. Por otro lado, en el tercer día post cosecha y sin el uso de los recubrimientos se observó un crecimiento de mohos y levaduras en las fresas de 10 UFC/g y en moras 17 UFC/g. Para el quinto día post cosecha de las muestras control se observó la presencia de colonias levaduriformes, obteniéndose un conteo de 33 UFC/g en las fresas y de 78 UFC/g en las moras.

La formulación E1, cuyo porcentaje de pectina usada es mayor, se usó como recubrimiento en ambas frutas, tras el primer día de uso y tras realizar las respectivas pruebas microbiológicas, no se observó crecimiento alguno en los agares sembrados. Tras tres días de uso de dicha formulación, el conteo de mohos y levaduras fue de 4 UFC/g en las fresas y de 6 UFC/g en las moras, observándose una considerable disminución en función del grupo control; de la misma manera, tras el uso del recubrimiento por 5 días, se identificó la presencia de 8 UFC/g en fresas y de 31 UFC/g en las moras.

La formulación E2 presentó valores microbiológicos similares, a pesar de que para su elaboración se utilizó un porcentaje mayor de almidón; tras el primer día de uso como recubrimiento para la fruta no se reporta el crecimiento de colonias características de mohos y levaduras, sin embargo a partir del tercer día de uso, se observa el crecimiento de 5 UFC/g en las fresas y 10 UFC/g en las moras, conteo que al pasar los días fue aumentando, pues tras cinco días de uso del recubrimiento E2 la presencia de colonias en los medios empleados ascendió a 16 UFC/g y 48 UFC/g para cada fruta respectiva.

Los valores reportados en la presente investigación guardan relación con lo descrito por (Chapuel & Reyes, 2019, p.102) quienes usaron un recubrimiento biodegradable en papayas y observaron que el crecimiento de hongos y levaduras fue <10 UPC/g siguiendo el método oficial AOAC 97.02 para el conteo de levaduras y mohos en alimentos secos (Método Petrifilm), llegando a la conclusión de que el uso del recubrimiento en la fruta permitió alargar la vida útil de la fruta de 10 días (sin recubrimiento) a 15 días (usando recubrimiento).

Por otro lado, los autores Cañar y Ludizaca (2023, p.50) realizaron el recuento de mohos y levaduras en duraznos que contenían un recubrimiento a base de almidón de yuca, reportando que después de 9 días de almacenamiento a temperatura ambiente, se reportó un crecimiento menor de hongos y levaduras en los duraznos con recubrimiento con  $2,40 \times 10^2$  UPC/g, frente a aquellos que no presentaban el recubrimiento, en cuyo caso el conteo de los microorganismos fue de  $7.75 \times 10^2$  UPC/g, por tanto se llegó a la conclusión de que el uso de recubrimientos en frutas ayuda a disminuir la carga fungica de las frutas, permitiendo mejorar la conservación de las mismas.

**4.6.3. Análisis de varianzas (ANOVA) para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa en la disminución de mohos y levaduras tras el uso de los bioplásticos**

Se realizó el diseño ANOVA de un solo factor para determinar si las medias del conteo de mohos y levaduras difiere tras el uso o no de los bioplásticos elaborados, obteniéndose los siguientes datos:

**Método**

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	No todas las medias son iguales
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

**Información del factor**

Factor	Niveles Valores
Factor	3 Sin envoltura; E1; E2

**Tabla 4-20:** Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	2	2982	1491.2	3.69	0.036
Error	33	13337	404.2		
Total	35	16320			

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

**Tabla 4-21:** Resumen del modelo

S	R-cuadrado	R-cuadrado(ajustado)	R-cuadrado (pred)
20.1036	18.27%	13.32%	2.74%

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

**Tabla 4-22:** Medias

Factor	N	Media	Desv.Est.	IC de 95%
Sin envoltura	12	34.25	27.72	(22.44; 46.06)
E1	12	12.33	11.59	(0.53; 24.14)
E2	12	19.75	17.60	(7.94; 31.56)

*Desv.Est. agrupada = 20.1036*

Realizado por: Jiménez, M. 2023.

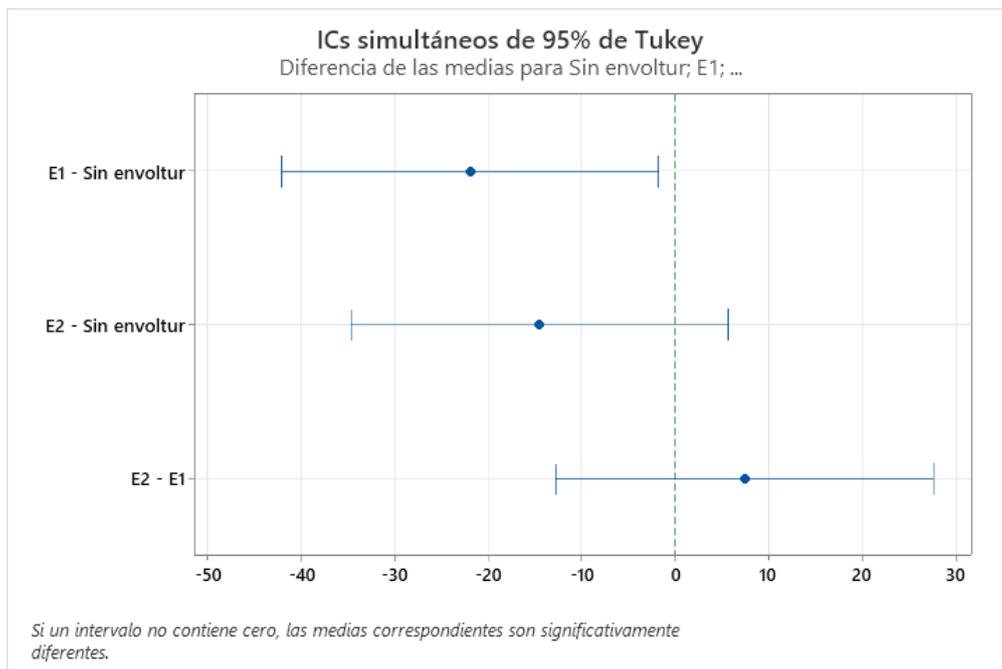
**Tabla 4-23:** Comparaciones en parejas de Tukey

**Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%**

Factor	N	Media	Agrupación
Sin envoltura	12	34.25	A
E2	12	19.75	A B
E1	12	12.33	B

**Realizado por:** Jiménez, M. 2023.

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.



**Ilustración 4-9:** Diferencia de las medias

**Realizado por:** Jiménez, M. 2023.

Tras realizar el Análisis de Varianzas, se puede afirmar con un nivel de confianza del 95% que las al menos una de las medias es diferente; para conocer cuál de los tratamientos posee una media diferente se realizó la prueba de Tukey en donde se evidencia que entre los tratamientos E1 y Sin envoltura, existe una diferencia estadística entre sus medias, es decir que al aplicar el bioplástico con mayor concentración de pectina, la reducción del conteo de mohos y levaduras en las frutas es significativa.

Por otro lado, la comparación entre los tratamientos E2 y Sin envoltura no mostraron una diferencia significativa entre sus medias, por lo tanto, se puede asegurar que el tratamiento E1 es el mejor a la hora de emplearlo como recubrimiento para disminuir la carga fúngica en fresas y moras y prolongar así su conservación.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- Empleando como técnica la hidrólisis ácida, se extrajo pectina a partir de la cáscara de maracuyá seca, obteniéndose como producto final pectina con olor característico a la fruta, de color café y textura suave y harinosa; con un grado de esterificación del 50,80%, 8,28% de metoxilo, considerándola como pectina de alto metoxilo y de lenta gelificación, además, la pectina extraída cuenta un porcentaje de cenizas de 5,8% y 9,46% de humedad, lo cual le brinda la pureza y estabilidad necesaria para emplearla en la formulación de bioplásticos, obteniéndose un rendimiento total del 32%.
- Para la elaboración del bioplástico se realizó cuatro formulaciones, manteniendo como constantes el contenido de ácido acético(2ml), agua destilada (45ml) y glicerina (1ml) y como variables el contenido de pectina y almidón de yuca comercial; de las cuales se seleccionaron las 2 formulaciones que mantenían las condiciones de estabilidad necesarias, siendo estas: F1 (2g de pectina + 1g de almidón) y F2 (0,5g de pectina + 2,5g de almidón).
- A partir de las dos formulaciones seleccionadas para la elaboración de los bioplásticos, se evaluaron sus propiedades fisicoquímicas, mecánicas y de biodegradabilidad, para lo cual previamente se realizó un secado a 21°C por 48 horas en placas de 62cm<sup>2</sup> para ambas formulaciones, obteniendo que: para F1 (2g de pectina + 1g de almidón) se requiere de 2,10 min para la elaboración del bioplástico con peso de 1,30g, espesor de 0,1mm, transparente, con un contenido de humedad y cenizas del 25,32% y 42,90% respectivamente; dicha formulación presenta una elasticidad de 10,20MPa, carga máxima de 1,92N, esfuerzo máximo de 1,32 MPa y porcentaje de deformidad de 18,26%, teniendo una degradabilidad en agua de 3 días. Para la F2 (0,5g de pectina + 2,5g de almidón) se obtiene un tiempo de elaboración de 2,34 min, peso promedio de 1,60g, espesor:0,1mm, transparente, con contenido de humedad y cenizas del 20,22% y 39,67% respectivamente; sus propiedades mecánicas establecen una elasticidad de 10,20MPa, carga máxima:1,14N, esfuerzo máximo: 0,70MPa, porcentaje de deformación: 32,33%, teniendo una degradabilidad total en agua de 10 días.
- Con la finalidad de determinar la efectividad del bioplástico como recubrimiento se realizó el ensayo de vida útil, encontrándose que la formulación 1 permitió evitar la pérdida de sólidos solubles en las frutas durante 5 días, pues al ambiente las fresas y moras tiene un contenido de grado brix de 8,17% y 7,50% respectivamente; mientras que con la formulación 1 el

contenido de grado brix llega a 8,84% y 7,50% para fresas y moras; la formulación 2 evidenció un contenido en grados brix tras 5 días de uso de 7,90% y 7,60% para las frutas mencionadas. En cuanto al conteo de mohos y levaduras se obtuvo que al almacenar las frutas a temperatura ambiente y sin recubrimiento, al día 5 presentaron 33 UFC/g y 78 UFC/g en fresas y moras; mientras que tras 5 días y usando como recubrimiento el bioplástico F1 al 5to día se obtiene un conteo de 8 UFC/g y 31 UFC/g de mohos y levaduras en las fresas y moras por su parte el recubrimiento F2 permitió el desarrollo de 16 UFC/g y 48 UFC/g tras 5 días de uso en el almacenamiento de fresas y moras respectivamente.

- Se empleó el Análisis de varianzas para determinar si existe diferencia estadísticamente significativa en la disminución de mohos y levaduras tras el uso de los bioplásticos, encontrándose que con un 95% de confianza se afirma que con el uso del bioplástico F1 se observa una diferencia estadísticamente significativa en cuanto al crecimiento de mohos y levaduras frente al almacenamiento sin envoltura; lo cual permite concluir que el bioplástico elaborado con 2g de pectina y 1g de almidón de yuca permite alargar la vida útil de frutas frescas.

## RECOMENDACIONES

- Dado la indiscutible ventaja hacia la conservación del ambiente, se sugiere incentivar a las industrias y a la población sobre el uso de bioplásticos, puesto que estos poseen un menor tiempo de degradación en comparación a los plásticos convencionales y para su elaboración se puede emplear el pericarpio de diversas frutas.
- Al encontrarse una diferencia estadísticamente significativa respecto al contenido de mohos y levaduras de las frutas, se recomienda realizar los estudios para determinar la funcionalidad del bioplástico en otras frutas con mayor contenido de agua, a otras temperaturas de almacenamiento y con más microorganismos de interés, con la finalidad de garantizar que su uso disminuye el desarrollo de microorganismos, alargando así la vida útil de todo tipo de frutas.
- Proponer un estudio que determine la factibilidad socioeconómica para la elaboración de bioplásticos a partir de pectina de cáscara de maracuyá frente a la elaboración de plásticos convencionales.
- Dar un seguimiento a la investigación mediante la evaluación de diferentes parámetros de elaboración del bioplástico, para así establecer si existen formas de mejorar y/o potenciar alguna de las cualidades del bioplástico formulado.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 **AGROES.** "Fresa taxonomía, y descripciones botánicas". *Revista de agricultura*. [En línea] 2020, (Albacete- España), vol. 65 (1), págs. 20-23. [Consulta: 22 Mayo 2023]. ISSN 13909012. Disponible en: <https://www.agroes.es/cultivos-agricultura/cultivos-huerta-horticultura/colifor/353-fresa-y-el-freson-descripcion-morfologia-y-cliclo>.
- 2 **AINA, Vannesa, et. al.** "Extraction and Characterization of Pectin from Peels of Lemon ( Citrus limon), Grape Fruit (Citrus paradisi) and Sweet Orange ( Citrus sinensis)", *British Journal of Pharmacology and Toxicology*. [En línea]. 2012, (Nigeria), vol. 3 (6), págs. 03-04 [Consulta: 22 Abril 2023]. ISSN 2044-2459. Disponible en: <https://maxwellsci.com/print/bjpt/v3-259-262.pdf>
- 3 **ALVAREZ, Mauricio.** *Estandarización de un método para medir la variación del área de la lámina de bioplástico durante el proceso de biodegradabilidad*. Grupo de investigación GIADE. Laboratorio de Investigación ESPOCH, Riobamba -Ecuador, 2021.
- 4 **ANGULO, Luna.** "Caracterización de subproductos agroindustriales:maracuyá". *Revista Ingeniería y Región*, [En línea], 2018, (Colombia), vol. 20, págs. 50-63 [Consulta: 24 Mayo 2023]. ISSN 1025054. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/361701/Angulo%20Arias%2C%20L.V.%20Caracterizaci%C3%B3n%20de%20subproductos%20agroindustriales%2C%20naranja%20y%20maracuy%C3%A1.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=La%20cascara%20de%20maracuy%C3%A1%20represent>.
- 5 **AVELLÁN, Adriana, et al.** "Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz". *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*. [En línea], 2020, (Ecuador), vol.7(1), págs. 1-11. [Consulta: 15 mayo 2023]. ISSN 2313-7819. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Maria\\_Riera8/publication/338924872\\_OBTENCION\\_DE\\_BIOPLASTICO\\_A\\_PARTIR\\_DE\\_ALMIDON\\_DE\\_MAIZ\\_Zea\\_mays\\_L/links/5e33432da6fdccd96578f77b/OBTENCION-DE-BIOPLASTICO-A-PARTIR-DE-ALMIDON-DE-MAIZ-Zea-mays-L.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maria_Riera8/publication/338924872_OBTENCION_DE_BIOPLASTICO_A_PARTIR_DE_ALMIDON_DE_MAIZ_Zea_mays_L/links/5e33432da6fdccd96578f77b/OBTENCION-DE-BIOPLASTICO-A-PARTIR-DE-ALMIDON-DE-MAIZ-Zea-mays-L.pdf)
- 6 **BORJA, Edgar.** Estudio de la conservación de fresas (*Fragaria vesca*) mediante tratamientos térmicos. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería en Alimentos) Universidad Técnica de Ambato, Ambato-Ecuador. 2010. págs. 50-65. [Consulta: 22 Mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/865/1/AL427%20Ref.%203273.pdf>
- 7 **BUTELER, Micaela, et.al.** ¿Qué es la contaminación por Plástico?. *Desde la Patagonia difundiendo saberes*. [en línea], 2019, (Argentina), vol. 16(28), págs. 56-60. [Consulta: 15 Mayo 2023]. ISSN 2618-5385. Disponible en:

[https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109678/CONICET\\_Digital\\_Nro.9fbc68cb-0eb2-4000-b7f6-ac241af6e3f0\\_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/109678/CONICET_Digital_Nro.9fbc68cb-0eb2-4000-b7f6-ac241af6e3f0_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

- 8 CAIZA, Adriana.** Obtención de una biopelícula a partir del pericarpio de maracuyá (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) y plátano verde (*Musa paradisiaca*) para el recubrimiento de alimentos. [En línea] (Trabajo de Titulación) (Ingeniería Química) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2021. págs. 20-25. [Consulta: 17 Febrero 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/16796>
- 9 CAMAE. 2022.** "Ecuador duplicó su producción de maracuyá en 2022". *Cámara Marítima del Ecuador*, vol. 10 n° 4 (2022), (Ecuador). págs. 23-24
- 10 CHARIGUAMÁN, Jimmy.** Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.) [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura), Zamorano-Honduras, 2015. págs. 1-68. [Consulta: 15 Mayo 2023]. Disponible en: <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>
- 11 CHASQUIBOL, Nancy.** "Extracción y caracterización de pectinas obtenidas a partir de frutos de la biodiversidad peruana". *Redalyc*. [En línea], 2020, (Perú), vol. 26 (1), págs. 30-40 [Consulta: 16 Mayo 2023]. ISSN 1025-9929. Disponible en: [https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria\\_industrial/article/view/640](https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Ingenieria_industrial/article/view/640).
- 12 CHICO, Mayra.** "Producción de bioplásticos y sus aplicaciones como empaque de alimentos: PLA Y PHB". *Revista Alimentos, Ciencia e Ingeniería* [En línea], 2022, (Quito-Ecuador), vol. 29 (2), págs. 42-50 [Consulta: 20 Abril 2023]. ISSN 1190-4809. Disponible en: <https://revistas.uta.edu.ec/erevista/index.php/aci/article/download/1858/2271/5416>
- 13 CHIFLA, Kevin.** Obtención de bioplástico a partir de salvado de trigo (*Triticum* spp) y soja (*Glycine max*) para uso como envoltura de alimentos. (Trabajo de titulación) (Bioquímico farmacéutico). [en línea] Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba-Ecuador. 2021. págs. 50-55. [Consulta: 29 Junio 2023]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/17347>
- 14 CUESTA, Monserrat, & MUÑOZ, Ricardo.** "Extracción de pectina a partir de la corteza de maracuyá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* degener)". *Revista Politécnica* [En línea], 2010, (Ecuador). vol. 31 (1), págs. 03-04. [Consulta: 23 Mayo 2023]. ISSN 2309-5806. Disponible en: [https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/view/195/pdf](https://revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/view/195/pdf)
- 15 DICENTA, Sara.** "Almidones resistentes, importancia funcional, fundamentos de su determinación". *Pontificia Universidad Católica de Chile* [En línea] 2020. (Chile). vol. 65 (1), págs. 10-14 [Consulta: 19 Abril 2023]. ISSN 0004-0622. Disponible en:

<https://www.alanrevista.org/ediciones/2015/suplemento-1/art-100/#:~:text=EI%20almid%C3%B3n%20es%20una%20mezcla,molecular%20promedio%20de%201%20mill%C3%B3n..>

- 16 DIOSES, Adilson & VILLANUEVA, Katherine.** Obtención de bioplástico a base de pectina de cáscara de pepino (*cucumis sativus*) reforzado con almidón de maíz (*zea mays*). (Trabajo de titulación) (Ingeniería Ambiental). [En línea] Universidad César Vallejo. Lima-Perú. 2021. págs. 54-75. [Consulta: 29 Junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/90891>
- 17 DURÁN, Vannesa.** "Obtención de pectina en polvo a partir de cáscara de maracuyá". *Escuela Superior Politécnica del Litoral* [En línea] 2020. (Guayaquil- Ecuador). vol. 40 (1), págs. 09-14 [Consulta: 10 Febrero 2023]. ISSN 0901-5863. Disponible en: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/20660/1/Pectina%20en%20polvo%20a%20partir%20de%20cascara%20de%20maracuya.pdf>
- 18 ENRÍQUEZ, Mario, et.al.** "Composición y procesamiento de películas biodegradables basadas en almidón". *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [En línea], 2012, (Colombia), vol.10(1), págs. 182-192. [Consulta: 15 Mayo 2021]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v10n1/v10n1a21.pdf>
- 19 ESCRIBANO, Víctor.** Desarrollo y caracterización de un bioplástico a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora edulis*). [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniero Agroindustrial). Universidad Señor de Sipán. Pimentel-Perú. 2020. págs. 40 - 45. [Consulta: 29 Junio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/7450/Escribano%20Cajo%20V%C3%ADctor%20Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- 20 FERNANDEZ, Daybelis, et. al.** "Películas y recubrimientos comestibles: una alternativa favorable en la conservación poscosecha de frutas y hortalizas". *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*. [En línea], 2015, (Cuba) vol. 24(3), págs. 52-57. [Consulta: 29 Junio 2023]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=93241559008>
- 21 FERREIRA, Salomón.** Pectinas: aislamiento, caracterización y producción a partir de frutas tropicales y de los residuos de su procesamiento industrial. [En línea] Bogotá-Colombia, *Proceditor*, 2007. [Consulta: 10 Abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/79929/Pectinas%209789587018622.pdf?sequence=2&isAllowed=y>.
- 22 GAIBOR, Lady.** Obtención de un recubrimiento a base de pectina de cáscara de naranja y enzimas micolíticas para aplicar sobre frutas frescas y extender su tiempo vida útil. [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Maestría) Escuela Superior Politécnica del Litoral. 2022. Guayaquil-Ecuador. págs. 45-53. [Consulta: 20 Abril 2023]. Disponible en:

[https://www.dspace.espol.edu.ec/simplesearch?location=%2F&query=gaibor+lady&rpp=10&sort\\_by=score&order=desc&filter\\_field\\_1=author&filter\\_type\\_1=equals&filter\\_value\\_1=ESPOL](https://www.dspace.espol.edu.ec/simplesearch?location=%2F&query=gaibor+lady&rpp=10&sort_by=score&order=desc&filter_field_1=author&filter_type_1=equals&filter_value_1=ESPOL)

- 23 GARCÍA, Alma.** "Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz". *ITCA editores*. [En línea], 2015. (San Salvador-El Salvador), vol. 49 (1), págs. 40-45. [Consulta: 15 Mayo 2023]. ISSN: 978-99961. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>
- 24 GÓMEZ, Diana, et. al.** Desarrollo de bioplásticos a partir de subproductos agroalimentarios con aplicaciones en envases y matrices de difusión [En línea] (Trabajo de titulación). (Doctorado) Universidad de Huelva, Huelva-España. 2013. págs. 14-231. [Consulta: 15 Mayo 2023]. Disponible en: <https://rabida.uhu.es/dspace/handle/10272/12612>
- 25 GRANADOS, Clemente; et al.** "Propiedades funcionales del almidón de Sagu (*Maranta arundinacea*)". *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* [En línea], 2014, vol. 12(2), págs . 90-96. [Consulta: 15 Mayo 2023]. ISSN 1692-3561. Disponible en: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612014000200010&script=sci\\_abstract&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612014000200010&script=sci_abstract&tlng=es)
- 26 HERVAS, Patricia.** Estudio de la influencia de los grados brix del chaguar mishque para la obtención de una bebida carbonatada tipo champagne. [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería en Alimentos) Universidad Técnica de Ambato. Ambato-Ecuador. 2011. págs. 35-38. [Consulta: 20 Abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/3105>
- 27 HIGUERA, María.** Aprovechamiento de la cáscara de gulupa como fuente de pectina para la industria alimentaria. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería en Alimentos). Universidad de la Salle. Bogotá-Colombia. 2017. págs 10-28. [Consulta: 20 Abril 2023]. Disponible en: [https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1052&context=ing\\_alimentos](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1052&context=ing_alimentos)
- 28 MALDONADO, Noelia.** Extracción de pectina a partir de diferentes materias primas: evaluación y validación del proceso. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería Química) Universidad Federal de Integración Latino-Americana. Iguazú. 2022. págs. 16-20 [Consulta: 26 Mayo 2023]. Disponible en: <https://dspace.unila.edu.br/handle/123456789/6815>
- 29 MALI, Suzana.** "Effect of glycerol and amylose enrichment on cassava starch films properties". *Journal of Food Engineering* [En línea], 2007, vol. 78 (1), págs. 941-946. [Consulta: 29 Junio 2023]. ISSN 0798-0477. Disponible en: [https://catalogo.latu.org.uy/opac\\_css/doc\\_num.php?explnum\\_id=991](https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=991)
- 30 MARCANO, Deanna.** "Introducción a la Química de los Colorantes". *Universidad Central de Venezuela* [En línea]. 2018, (Venezuela) vol. 3(1), págs. 18-23. [Consulta: 15 Mayo 2023].

ISSN 978-980-6195-59-2. Disponible en:  
<http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19390/1/colorantes%20listo%20%20bisbn.pdf>

- 31 MONDRAGÓN, Pedro.** Espectroscopía de infrarrojo para todos y 51 espectros de alimentos consumidos en México. *Gobierno de México* [En línea]. 2017, (Jalisco-México) vol. 24 (3), págs. 16-20 [Consulta: 06 Abril 2023]. ISSN 23490991. Disponible en: [https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion\\_5a43b7c09fdc1.pdf](https://ciatej.mx/files/divulgacion/divulgacion_5a43b7c09fdc1.pdf)
- 32 MONTANES, Nelson, et. al.** Determinación del agente de acoplamiento en composites de bioPE y cáscara de huevo. *Sinergias* [En línea]. 2021, (España) vol.10 (4), págs. 02-04. [Consulta: 15 Abril 2023]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70655/Determinaci%C3%B3n%20del%20agente%20de%20acoplamiento.pdf?sequence=3#:~:text=Los%20agentes%20de%20acoplamiento%20proporcionan,un%20nuevo%20material%20completamente%20bio..>
- 33 OCEAN CONSERVANCY.** Informe de Ocean Conservancy revela que los envoltorios de comida son los elementos que más se encuentran en playas y vías fluviales. *Ocean Conservancy*. [En línea] 2019. (Estados Unidos) [Consulta: 10 de 03 de 2023]. ISSN 202.280.6206. Disponible en: <https://oceanconservancy.org/news/informe-de-ocean-conservancy-revela-que-los-envoltorios-de-comida-son-los-elementos-que-mas-se-encuentran-en-playas-y-vias-fluviales-en-todo-el-mundo-por-primera-vez-en-mas-de-tres-decadas/>.
- 34 ORTEGA, Maria, & ORTIZ, Melanie.** Diseño de una biorrefinería para la recuperación de cáscaras de naranjas para una empresa procesadora de frutas. *Escuela Superior Politécnica del Litoral*. [En línea] 2021. (Guayaquil), vol. 13 (2). págs. 01-10. [Consulta: 18 Febrero 2023]. ISSN 1018272. Disponible en: [https://idear.espol.edu.ec/sites/default/files/posters/edicion\\_x/Poster%20Ortega%20%26%20Ortiz.pdf](https://idear.espol.edu.ec/sites/default/files/posters/edicion_x/Poster%20Ortega%20%26%20Ortiz.pdf)
- 35 PESÁNTES, Doménica.** Estudio de la obtención de un material polimérico biodegradable a partir de los desechos de la yuca por adición de agentes plastificantes. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería Ambiental). Universidad Politécnica Salesiana. Cuenca-Ecuador. 2021. págs 70-78. [Consulta: 20 Febrero 2023]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21090/1/UPS-CT009269.pdf>
- 36 PONCE, Alison.** Desarrollo de un recubrimiento comestible con cera carnauba, cera de abeja y manteca de cacao en la uvilla (*Physalis peruviana*). [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería Agrícola). Universidad Agraria del Ecuador. Guayaquil-Ecuador. 2020. págs 50-68. [Consulta: 20 Abril 2023]. Disponible en: [https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PONCE%20GOMEZ%20ALISON%20RAQUEL\\_compressed.pdf](https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PONCE%20GOMEZ%20ALISON%20RAQUEL_compressed.pdf)

- 37 EGEA, Macarena.** "Estudio de vida útil en fresas recubiertas mediante recubrimientos comestibles a base de aloe vera y aloe vera y pectina". *Universidad de Murcia*. [En línea], 2017, (Ecuador), vol. 24 (1), págs. 10-13. [Consulta: 19 Abril 2023.] ISSN 30100 . Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/1864a53a07ec01c770978fd9b2f73c/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2035774>
- 38 RENGIFO, Yandry & MACÍAS, Juan.** Evaluación de dos métodos de extracción de pectina de la cáscara de cacao (theobroma cacao).[En línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría). Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí. Calceta-Ecuador. 2019. págs. 10-20. [Consulta: 20 Abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1056/1/TTMAI6.pdf>
- 39 RIERA, María.** "Obtención de bioplásticos a partir de desechos agrícolas". *Una revisión de las potencialidades en Ecuador*. [En línea], 2018, (Ecuador), vol. 13 (3), págs. 69-78 [Consulta: 18 de Febrero 2023]. ISSN 689-702. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/933/93368279005/html/>
- 40 RIMAC, Ana.** Bioplásticos (Trabajo de titulación). (Ingeniería). [En línea] Universidad científica, Lima-Perú. 2018, págs.1-17. [Consulta: 15 de Mayo 2021]. Disponible en: <https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/806/TB-Rimac%20A.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 41 RIVERA, Dulce, et. al.** "Efectos bioquímicos postcosecha de la irradiación UV-C en frutas y horatlizas". *Revista Fitotecnia Mexicana*. [En línea] 2007, (México), vol. 30 (4), págs. 06-09. [Consulta: 20 Abril 2023]. ISSN 173583000. Disponible en: <https://revistafitotecniamexicana.org/documentos/30-4/3r.pdf>
- 42 SIMÓN, Cristina.** Biodegradabilidad de plásticos en agua, suelo y compost. ensayos. [En línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería Ambiental). Universidad de Alcalá. España. 2021. págs 20-32. [Consulta: 20 Febrero 2023]. Disponible en: [https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/49849/TFG\\_Simon\\_Cristina\\_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://ebuah.uah.es/dspace/bitstream/handle/10017/49849/TFG_Simon_Cristina_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- 43 TOALOMBO, Olga & TOMALA, Cesar.** Estudio de la aplicación de un recubrimiento comestible sobre el tiempo de vida útil de la mora de castilla (*Rubus glaucus*). [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería en Alimentos). Universidad Técnica de Ambato. Ecuador. 2014. págs 80-99. [Consulta: 20 Mayo 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/8447>
- 44 TUBÓN, Irvin.** Formulación, elaboración y evaluación de bioenvase para caramelos a base de almidón de yuca, sacarosa y gelatina. [En línea] (Trabajo de titulación) (Bioquímico farmacéutico). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Ecuador. 2013. págs 70-80.

- [Consulta: 29 Junio 2023]. Disponible en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/2572/1/56T00339.pdf>
- 45 VALDANO, Leopoldo.** "La Maracuya (*Passiflora edulis* fv *flavicarpa* Degener)" .  
*Universidad Central del Ecuador*. [En línea] 2014, (Ecuador), vol. 20 (3), págs 01-04.  
[Consulta: 23 Mayo 2023]. Disponible en: <https://www.uce.edu.ec/web//ciencias-agricolas>
- 46 VERSINO, Florencia y & GARCÍA, María.** "Materiales eco-compatibles reforzados a base de almidón de mandioca para aplicaciones agronómicas". *Revista Materia*. [En línea]. 2018. (Brazil), vol. 23(4). págs 50-60. [Consulta: 28 Junio 2023]. ISSN 1517-7076. Disponible en:  
[http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/95342/Materiales\\_eco-compatibles\\_reforzados\\_a\\_base\\_de\\_almid%C3%B3n\\_de\\_mandioca\\_para\\_aplicaciones\\_agron%C3%B3micas.2d39a68a-df63-4d83-9d7b-08405b028824\\_A.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/95342/Materiales_eco-compatibles_reforzados_a_base_de_almid%C3%B3n_de_mandioca_para_aplicaciones_agron%C3%B3micas.2d39a68a-df63-4d83-9d7b-08405b028824_A.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=)
- 47 VITERI, Aitziber.** Polímeros biodegradables, Importancia y aplicaciones. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría). Universidad Nacional de Educación. España. 2018. págs.1-48 . [Consulta: 15 Mayo 2023]. Disponible en: [http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga\\_Viteri\\_Aitziber\\_TFM.pdf](http://espacio.uned.es/fez/eserv/bibliuned:master-Ciencias-CyTQ-Alabeaga/Labeaga_Viteri_Aitziber_TFM.pdf)
- 48 YANDARK, Dreika.** Aprovechamiento de residuos de maracuyá (*Passiflora edulis*) y mango (*Mangifera indica*) para la elaboración de un bioplástico. [En línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería Química). Universidad de Pamplona. Colombia. 2013. págs, 30-40. [Consulta: 20 Abril 2023]. Disponible en:  
[http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5552/1/Acosta\\_2021\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/5552/1/Acosta_2021_TG.pdf)
- 49 ZEGADA, Vanesa.** "Extracción de pectina de residuos de cáscara de naranja por hidrólisis ácida asistida por microondas (HMO)". *Investigación y Desarrollo*. [En línea]. 2015. (Cochabamba), vol. 1 (15). págs 09-15. [Consulta: 20 Abril 2023]. ISSN 2518-4431. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2518-44312015000100007](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2518-44312015000100007)
- 50 ZSCHIMMER & SCHWARZ.** "¿Qué son los biopolímeros y para qué se utilizan en la industria?". *Química Sostenible*. [En línea]. 2022. (España), vol. 2 (4). págs 01-03 [Consulta: 24 Febrero 2023]. Disponible en: <https://www.zschimmer-schwarz.es/noticias/que-son-los-biopolimeros/>.



## ANEXOS

### ANEXO A: TRATAMIENTO PREVIO A LA CÁSCARA DE MARACUYÁ



## ANEXO B: EXTRACCIÓN DE PECTINA



a)



b)



c)



d)



e)



f)

- a) Corteza de maracuyá molida
- b) Pesaje de 100 gr de corteza seca
- c) Pectina con etanol al 95 %
- d) Pectina Húmeda
- e) Pectina Seca
- f) Pectina molida y tamizada.

## ANEXO C: ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS DE LA PECTINA

a) 

b) 

a) Determinación de humedad de la pectina

b) Determinación de cenizas de la pectina

## ANEXO D: ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO (E1)



a)



b)



c)



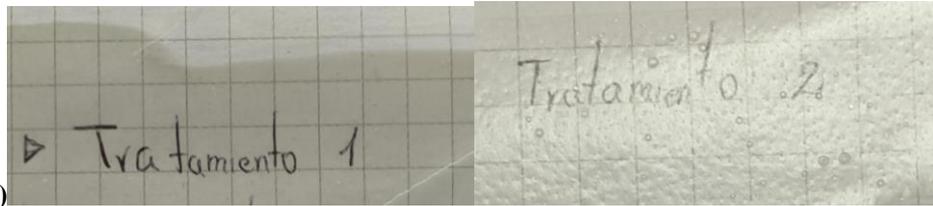
d)

a) Pesaje de la pectina y almidón  
b) Calentamiento de la solución  
c) Moldeado del bioplástico (E1)  
d) Bioplástico

## ANEXO E: ELABORACIÓN DEL BIOPLÁSTICO (E2)

 <p>a)</p>	
 <p>b)</p>	 <p>c)</p>
 <p>d)</p>	
<p>a)</p>	<p>Pesaje de la pectina y almidón</p>
<p>b)</p>	<p>Adición de agua y aditivos</p>
<p>c)</p>	<p>Moldeado del bioplástico (E2)</p>
<p>d)</p>	<p>Bioplástico</p>

## ANEXO F: CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LOS BIOPLÁSTICOS



a)



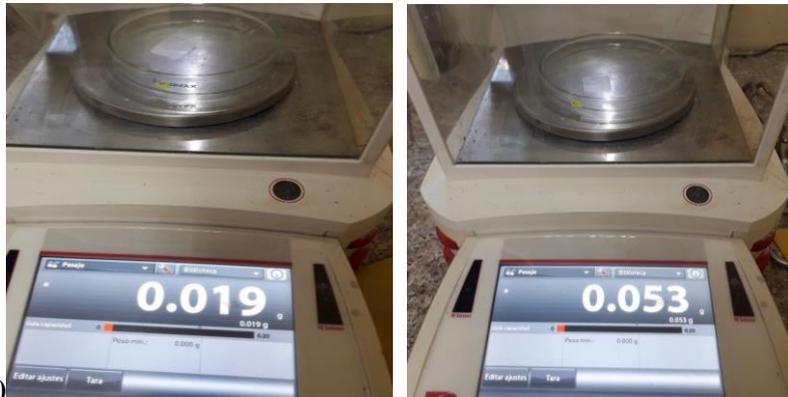
b)



c)

- a) Transparencia y estabilidad del bioplástico
- b) Peso del bioplástico
- c) Espesor del bioplástico

## ANEXO G: CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LOS BIOPLÁSTICOS



a)



b)

- a) Determinación de la humedad del bioplástico
- b) Solubilidad del bioplástico

**ANEXO H: PROPIEDADES MECÁNICAS (E1)**

**ANÁLISIS MECÁNICO LÁMINA DE PLÁSTICOBIODEGRADABLE DE  
PECTINA**

**LABORATORIO DE INVESTIGACION**

Forma: Plana

	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidades	mm	mm	mm
TR1-1	,1000	14,5000	36,8000

Nombre	M.Elastico	PSF_Carga	PSF_Despl	PSF_Esfuerzo	PSF_Deformacion
Parametro	10, 20 N	0,1 %/FS	0,1 %/FS	0,1 %/FS	0,1 %/FS
Acep./Rech.	0, 0	0, 0			
Unidades	MPa	N	mm	MPa	%
TR1-1	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Media	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Desviación Estandar	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Maximo	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Mínimo	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Rango	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Mediana	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Media JIS	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Coef.Variacion	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
3 Sigma	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-

Nombre	PIF_Carga	PIF_Despl	PIF_Esfuerzo	PIF_Deformacion	Energia
Acep./Rech.	0, 0				0, 0
Unidades	N	mm	MPa	%	J
TR1-1	-.-	-.-	-.-	-.-	,00871
Media	-.-	-.-	-.-	-.-	,00871
Desviación Estandar	-.-	-.-	-.-	-.-	,00000
Maximo	-.-	-.-	-.-	-.-	,00871
Mínimo	-.-	-.-	-.-	-.-	,00871
Rango	-.-	-.-	-.-	-.-	,00000
Mediana	-.-	-.-	-.-	-.-	,00871
Media JIS	-.-	-.-	-.-	-.-	,00871
Coef.Variacion	-.-	-.-	-.-	-.-	,00000

3 Sigma	-.-	-.-	-.-	-.-	,00000
---------	-----	-----	-----	-----	--------

Nombre	Max._Carga	Max._Despl	Max._Esfuerzo	Max._Deformación	Rotura_Carga
Acep./Rech.	0,0			0,0	0,0
Unidades	N	mm	MPa	%	N
TR1-1	1,92750	6,72067	1,32931	18,2627	,67000
Media	1,92750	6,72067	1,32931	18,2627	,67000
Desviación Estandar	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
Maximo	1,92750	6,72067	1,32931	18,2627	,67000
Mínimo	1,92750	6,72067	1,32931	18,2627	,67000
Rango	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
Mediana	1,92750	6,72067	1,32931	18,2627	,67000
Media JIS	1,92750	6,72067	1,32931	18,2627	,67000
Coef.Variacion	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
3 Sigma	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000

Nombre	Rotura_Despl	Rotura_Esfuerzo	Rotura_Deformación
Unidades	mm	MPa	%
TR1-1	7,52033	,46207	20,4357
Media	7,52033	,46207	20,4357

Desviación Estandar	,00000	,00000	,00000
Maximo	7,52033	,46207	20,4357
Mínimo	7,52033	,46207	20,4357
Rango	,00000	,00000	,00000
Mediana	7,52033	,46207	20,4357
Media JIS	7,52033	,46207	20,4357
Coef.Variacion	,00000	,00000	,00000
3 Sigma	,00000	,00000	,00000

**ANEXO I: PROPIEDADES MECÁNICAS (E2)****ANÁLISIS MECÁNICO LÁMINA DE PLÁSTICOBIODEGRADABLE DE  
PECTINA****LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN**

Forma: Plana

	Espesor	Anchura	Longitud calibrada
Unidades	mm	mm	mm
TR2-3	,1000	16,3000	38,0000

Nombre	M.Elastico	PSF_Carga	PSF_Despl	PSF_Esfuerzo	PSF_Deformación
Parametro	10, 20 N	0,1 %/FS	0,1 %/FS	0,1 %/FS	0,1 %/FS
Acep./Rech.	0, 0	0, 0			
Unidades	MPa	N	mm	MPa	%
TR2-3	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Media	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Desviación Estandar	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Maximo	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Mínimo	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Rango	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Mediana	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Media JIS	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
Coef.Variacion	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-
3 Sigma	-.-	-.-	-.-	-.-	-.-

Nombre	PIF_Carga	PIF_Despl	PIF_Esfuerzo	PIF_Deformacion	Energia
Acep./Rech.	0, 0				0, 0
Unidades	N	mm	MPa	%	J
TR2-3	-.-	-.-	-.-	-.-	,01263
Media	-.-	-.-	-.-	-.-	,01263
Desviación Estandar	-.-	-.-	-.-	-.-	,00000
Maximo	-.-	-.-	-.-	-.-	,01263
Mínimo	-.-	-.-	-.-	-.-	,01263
Rango	-.-	-.-	-.-	-.-	,00000
Mediana	-.-	-.-	-.-	-.-	,01263
Media JIS	-.-	-.-	-.-	-.-	,01263

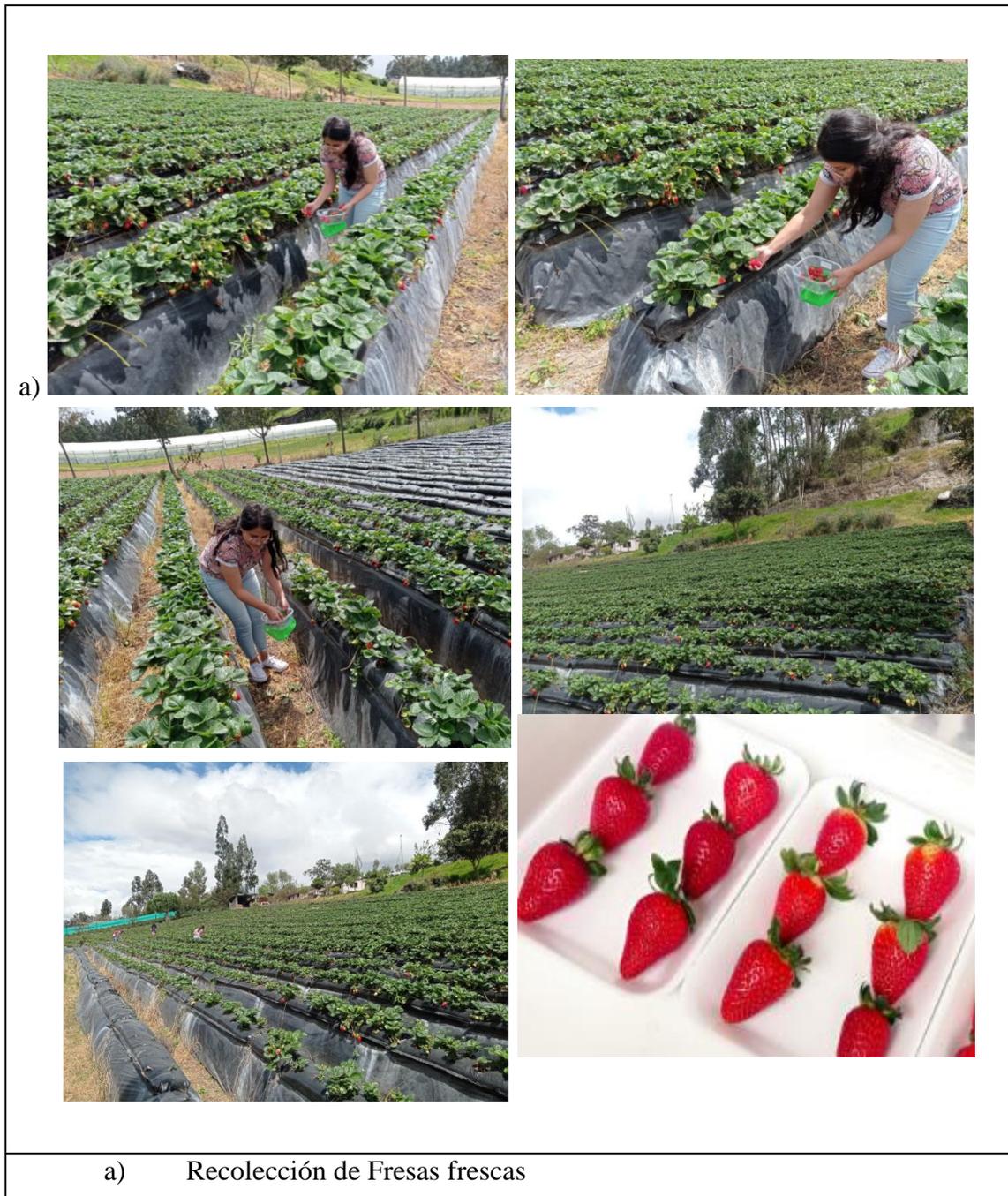
Coef.Variación	--	--	--	--	,00000
3 Sigma	--	--	--	--	,00000

Nombre	Max._Carga	Max._Despl	Max._Esfuerzo	Max._Deformacion	Rotura_Carga
Acep./Rech.	0, 0			0, 0	0, 0
Unidades	N	mm	MPa	%	N
TR2-3	1,14750	12,6303	,70399	33,2377	,52000
Media	1,14750	12,6303	,70399	33,2377	,52000
Desviación Estandar	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
Maximo	1,14750	12,6303	,70399	33,2377	,52000
Mínimo	1,14750	12,6303	,70399	33,2377	,52000
Rango	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
Mediana	1,14750	12,6303	,70399	33,2377	,52000
Media JIS	1,14750	12,6303	,70399	33,2377	,52000
Coef.Variación	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000
3 Sigma	,00000	,00000	,00000	,00000	,00000

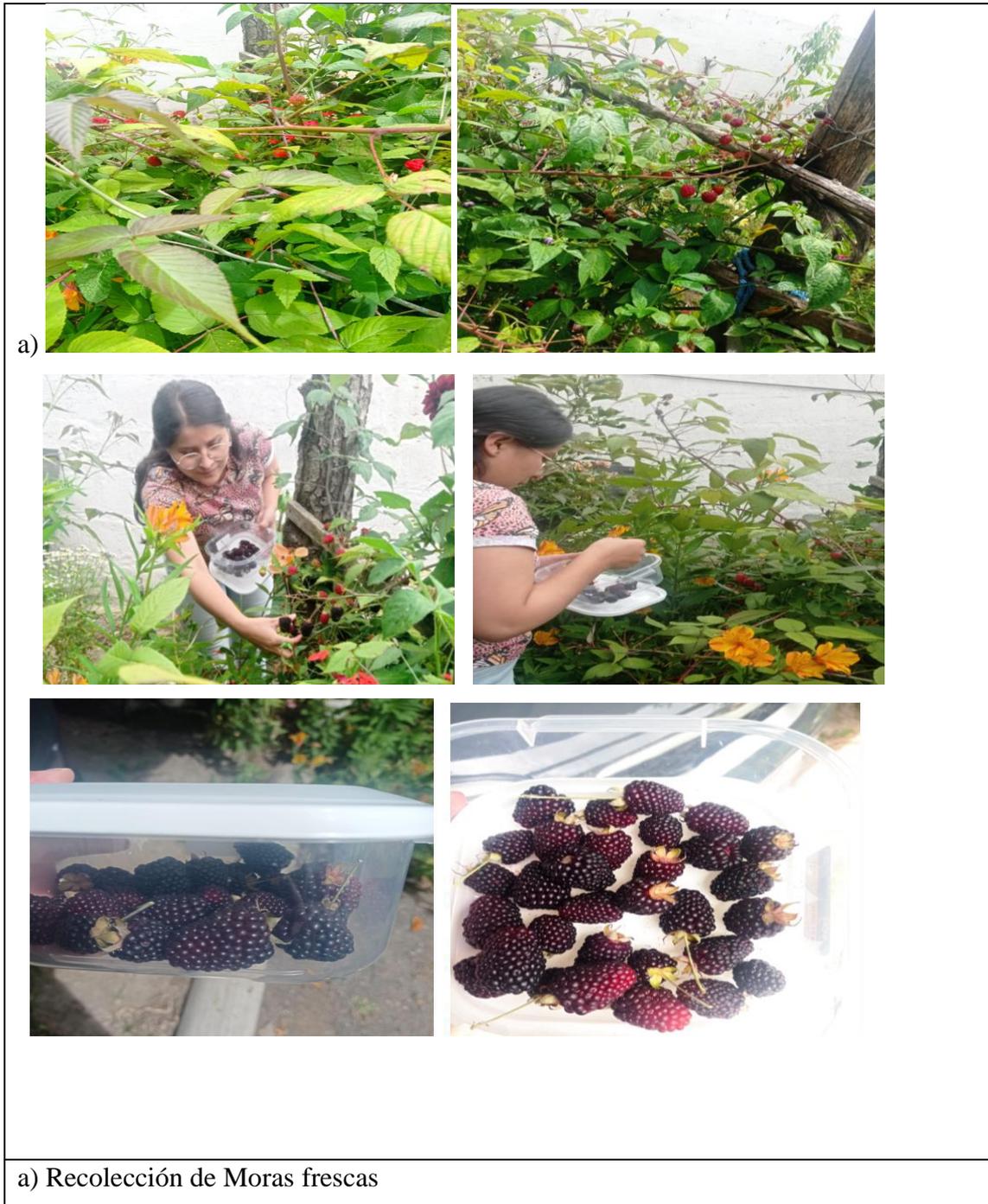
Nombre	Rotura_Despl	Rotura_Esfuerzo	Rotura_Deformacion
Unidades	mm	MPa	%
TR2-3	16,0890	,31902	42,3395
Media	16,0890	,31902	42,3395

<b>Desviación Estandar</b>	,00000	,00000	,00000
<b>Maximo</b>	16,0890	,31902	42,3395
<b>Mínimo</b>	16,0890	,31902	42,3395
<b>Rango</b>	,00000	,00000	,00000
<b>Mediana</b>	16,0890	,31902	42,3395
<b>Media JIS</b>	16,0890	,31902	42,3395
<b>Coef.Variación</b>	,00000	,00000	,00000
<b>3 Sigma</b>	,00000	,00000	,00000

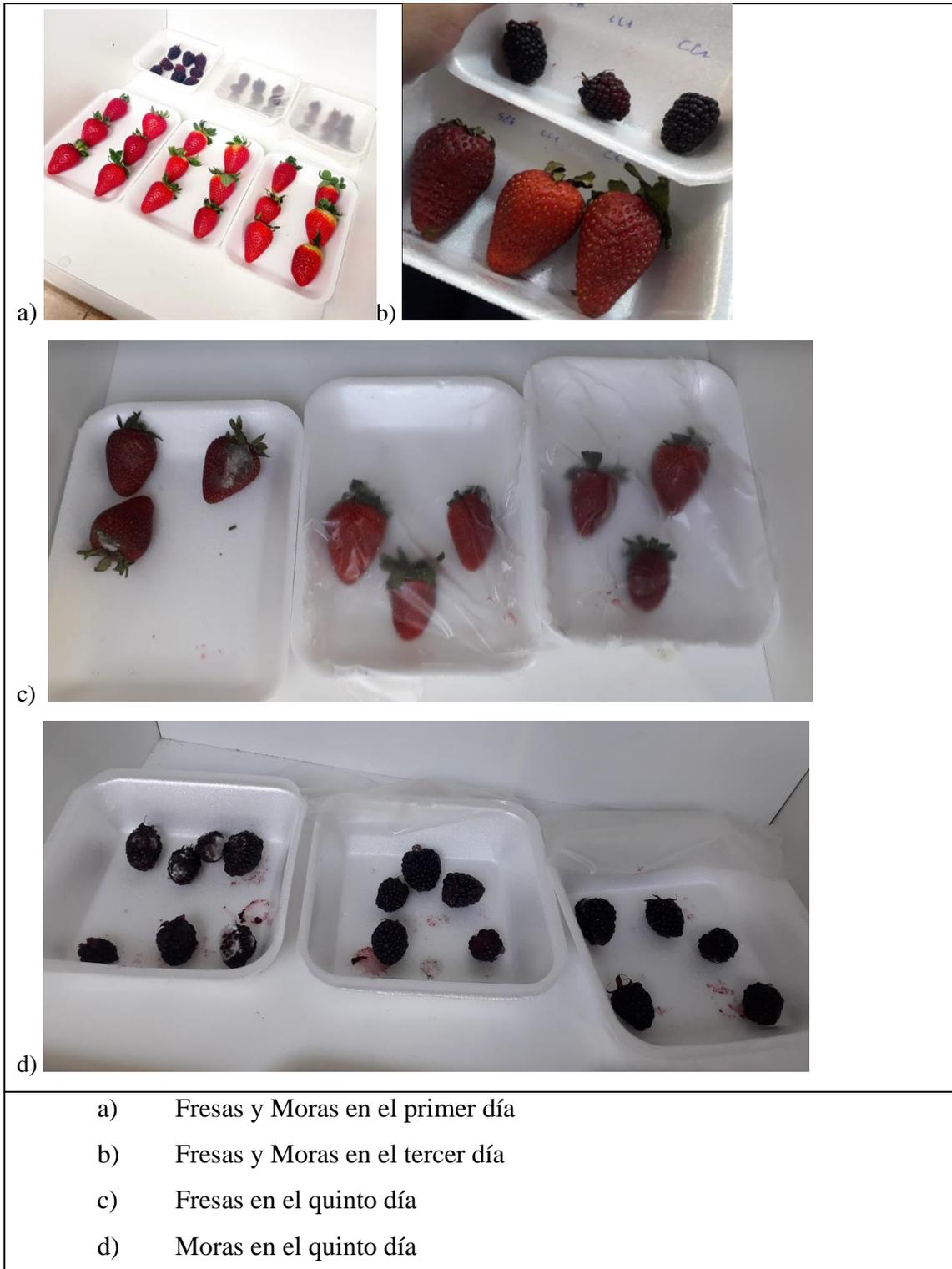
## ANEXO J: RECOLECCIÓN DE FRESAS



## ANEXO K: RECOLECCIÓN DE MORAS



## ANEXO L: FRESAS Y MORAS EN EL TRANSCURSO DE LOS DÍAS



## ANEXO M: EVALUACIÓN DEL USO COMO ENVOLTURA.

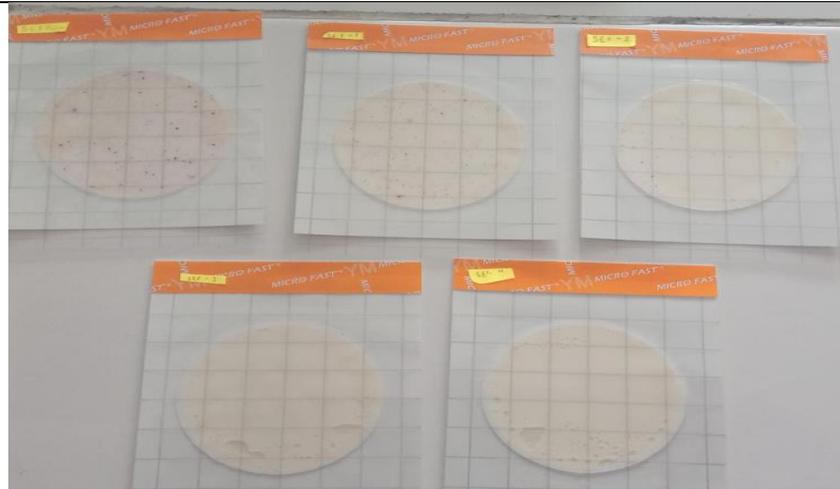




g)

- a) Esterilización de materiales
- b) Pesaje del agua de peptonada 2.16 gr
- c) 10 gr de moras
- d) 10 gr de fresas
- e) Preparación de materiales para realizar la siembra
- f) Realización de las disoluciones
- g) Placas Microfast sembradas

**ANEXO N: CRECIMIENTO DE COLONIAS EN PLACAS MICROFAST DÍA 3  
(FRESAS)**

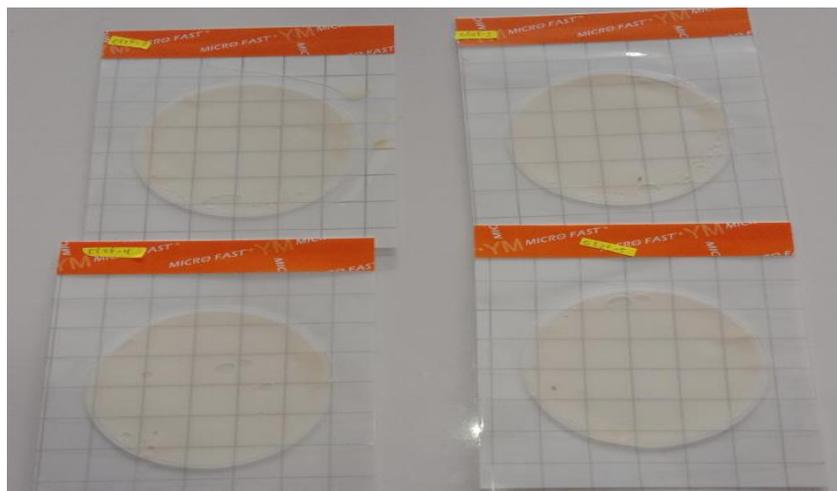


a)

b)



c)

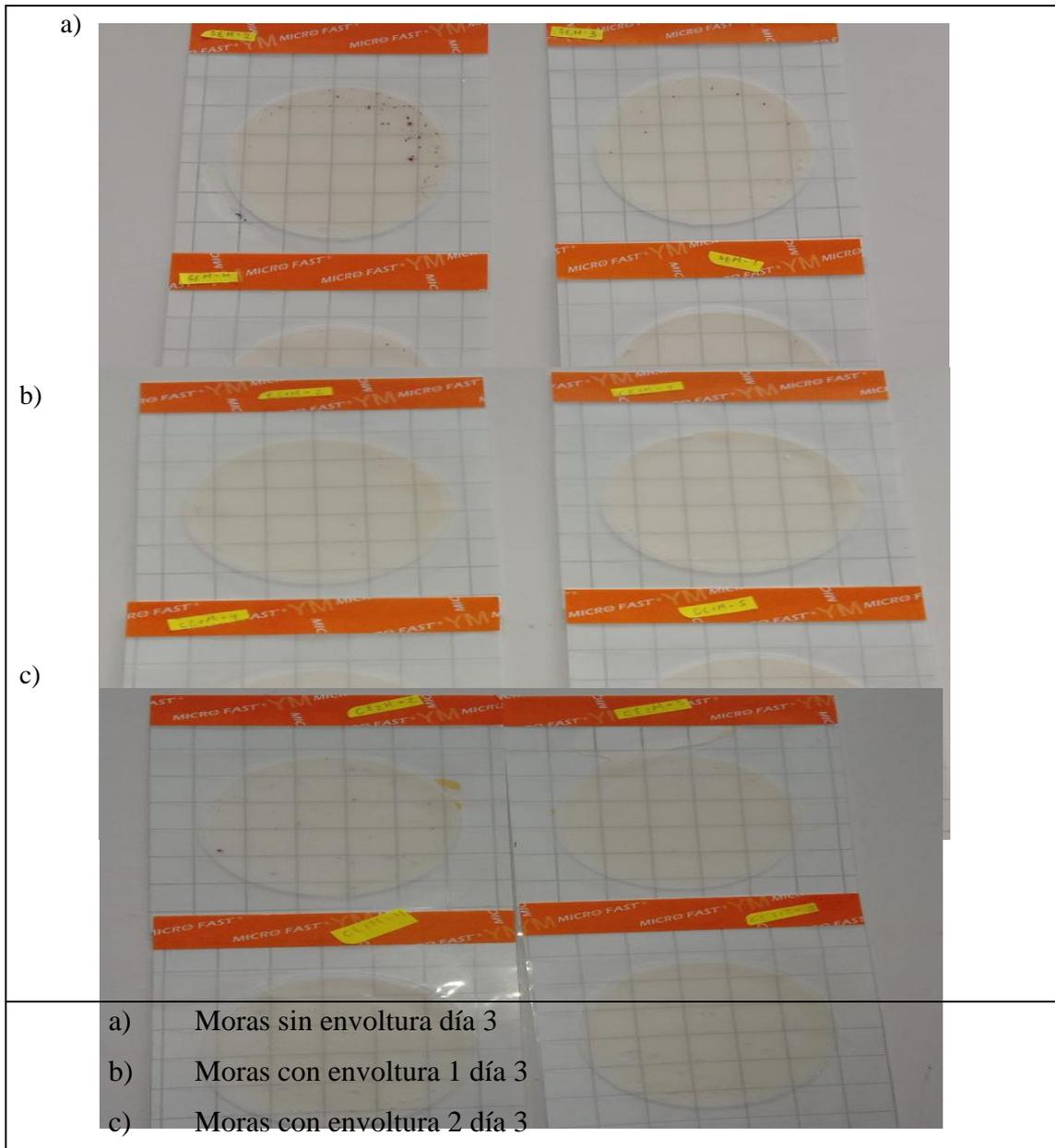


a) Fresas sin envoltura día 1

b) Fresas con envoltura 1 día 1

c) Fresas con envoltura 2 día 1

**ANEXO O: CRECIMIENTO DE COLONIAS EN PLACAS MICROFAST DÍA 3  
(MORAS)**



**ANEXO P: CRECIMIENTO DE COLONIAS EN PLACAS MICROFAST DÍA 5  
(FRESAS)**

a)



b)



c)



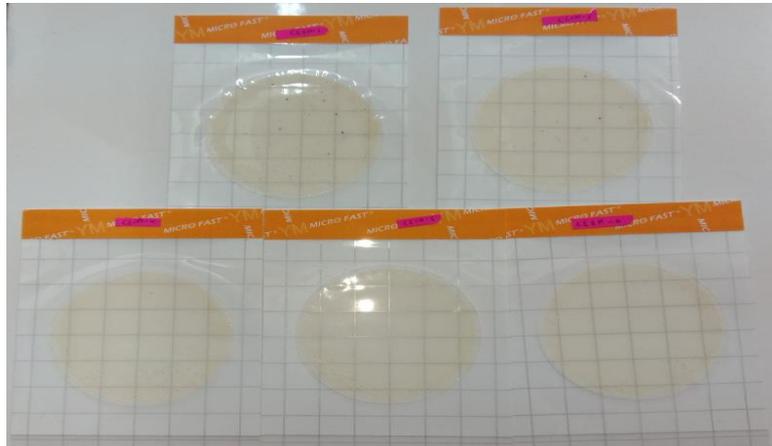
- a) Fresas sin envoltura día 5
- b) Fresas con envoltura 1 día 5
- c) Fresas con envoltura 2 día 5

**ANEXO Q: CRECIMIENTO DE COLONIAS EN PLACAS MICROFAST DÍA 5  
(MORAS)**

a)



b)

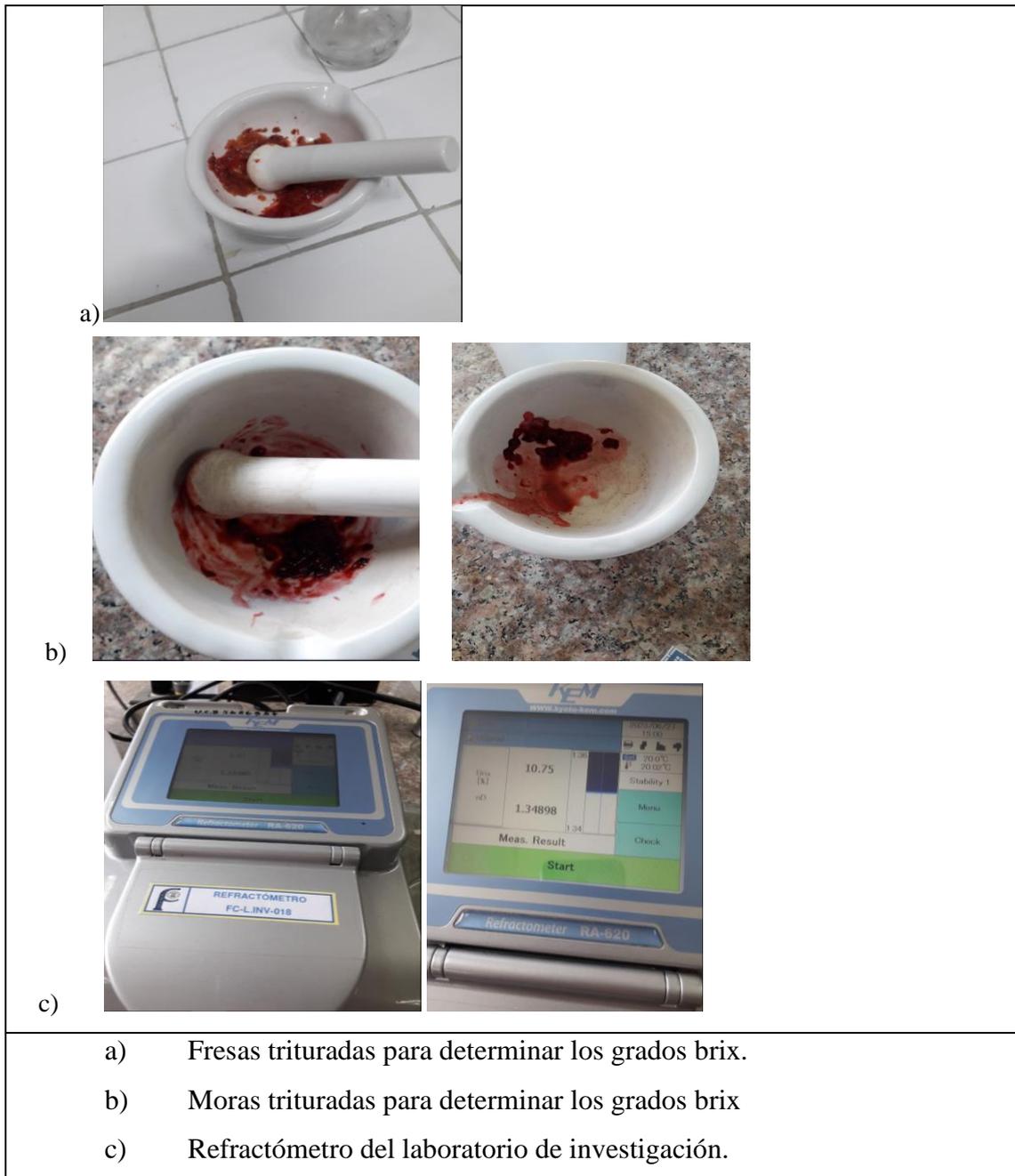


c)

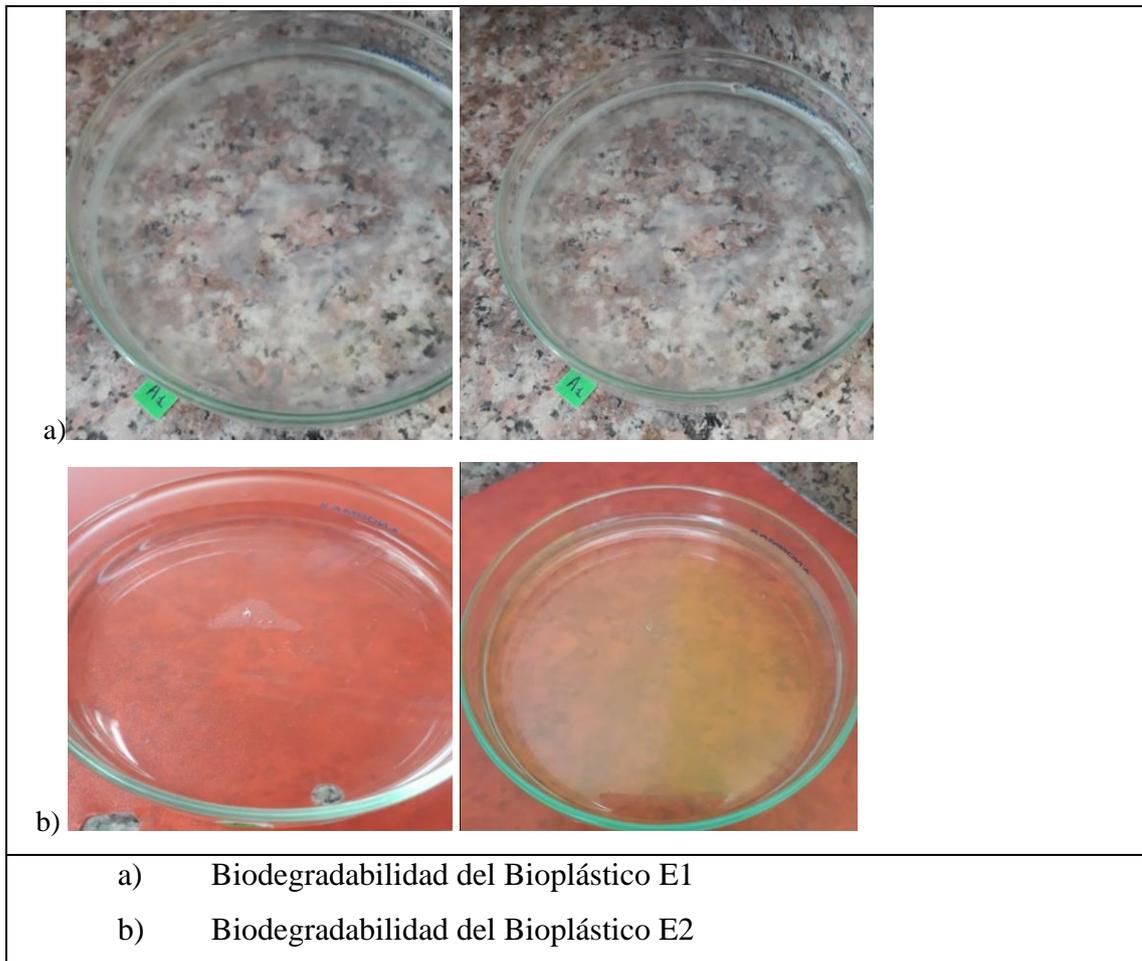


- a) Moras sin envoltura día 5
- b) Moras con envoltura 1 día 5
- c) Moras con envoltura 2 día 5

## ANEXO R: DETERMINACIÓN DE GRADOS BRIX



## ANEXO S: BIODEGRADABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS EN AGUA





**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 24/ 01 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>Marcia Elizabeth Jiménez Jiménez</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Bioquímica y Farmacia</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Bioquímica Farmacéutica</i>
 Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores, Msc. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>  BQF. Adriana Isabel Rodríguez Basantes, Msc. <b>ASESORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>