



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR  
PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EVALUACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) Y  
MUCÍLAGO DE MOYUYO (*Cordia lutea*) EN LA ELABORACIÓN DE  
LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**

**AUTORES:**

**CARRILLO PACHAY MARCO STEVE  
CEVALLOS SALTOS ANTHONY FERNANDO**

**TUTOR:**

**ING. JONATHAN GERARDO CHICAIZA INTRIAGO, M.Sc.**

**CALCETA, JULIO DE 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **MARCO STEVE CARRILLO PACHAY** con cédula de ciudadanía 2000091468 y **ANTHONY FERNANDO CEVALLOS SALTOS** con cédula de ciudadanía 1314917533, declaro bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) Y MUCÍLAGO DE MOYUYO (*Cordia lutea*) EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS** es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedo a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a mi favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



**MARCO CARRILLO PACHAY**  
**CC: 2000091468**



**ANTHONY CEVALLOS SALTOS**  
**CC: 1314917533**

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**MARCO STEVE CARRILLO PACHAY** con cédula de ciudadanía 2000091468 Y **ANTHONY FERNANDO CEVALLOS SALTOS** con cédula de ciudadanía 1314917533, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) Y MUCÍLAGO DE MOYUYO (*Cordia lutea*) EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



**MARCO CARRILLO PACHAY**  
**CC: 2000091468**



**ANTHONY CEVALLOS SALTOS**  
**CC: 1314917533**

## CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

**ING. JONATHAN GERARDO CHICAIZA INTRIAGO**, con cédula de identidad 1312111923, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado **EVALUACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) Y MUCÍLAGO DE MOYUYO (*Cordia lutea*) EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**, que ha sido desarrollado Marco Steve Carrillo Pachay Y Anthony Fernando Cevallos Saltos, previo a la obtención del título de **Ingeniero Ambiental**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**ING. JONATHAN GERARDO CHICAIZA INTRIAGO, M.Sc.**

**CC: 1312111923**

**TUTOR**

## **CERTIFICACIÓN DEL COORDINADOR DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN**

Yo, José Miguel Giler Molina, Coordinador del Grupo de investigación Grupo de Investigación de Recursos Naturales, Biodiversidad y Desarrollo Sostenible (GIRBDS). certifico que las estudiantes, **CARRILLO PACHAY MARCO STEVE y CEVALLOS SALTOS ANTHONY FERNANDO**, realizaron su Trabajo de Integración Curricular titulado: **“EVALUACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) Y MUCÍLAGO DE MOYUYO (*Cordia lutea*) EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS”**, previo a la obtención del título de **INGENIERO AMBIENTAL**. Este trabajo se ejecutó como parte de una actividad del programa de investigación titulado **“PROGRAMA DE MANEJO INTEGRAL AGROPECUARIO, AGROINDUSTRIAL Y DE LOS RECURSOS NATURALES DE LA ZONA DE PLANIFICACIÓN 4-PACÍFICO PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE”**, registrado en la Secretaría Nacional de Planificación con CUP 91880000.0000.386887.

---

**Ing. José Miguel Giler Molina, M. Sc.**  
**COORDINADOR DEL GRUPO DE**  
**INVESTIGACIÓN GIRBDS**  
**CC: 1310656762**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EVALUACIÓN DEL ALMIDÓN DE YUCA (*Manihot esculenta*) Y MUCÍLAGO DE MOYUYO (*Cordia lutea*) EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**, que ha sido desarrollado por **MARCO STEVE CARRILLO PACHAY y ANTHONY FERNANDO CEVALLOS SALTOS**, previo a la obtención del título de **Ingeniero Ambiental**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**Ing. José Giler Molina, MsC.**  
**CC: 1310656762**  
**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Joffre Andrade Candell, Mg.**  
**CC: 1311651390**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Carlos Delgado Villafuerte, Mg.**  
**CC: 1311115602**  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

Agradezco de corazón a Dios, quien siempre estuvo a mi lado, bendiciéndome, guiándome en cada momento para superar cualquier obstáculo en mi vida y alcanzar mis metas propuestas.

A mis padres, por ser mi eterna fuente de amor, aliento y sabiduría a lo largo de mi carrera universitaria.

También agradezco a mi Tía Gisella Pachay, por su apoyo incondicional y su paciencia, quien ha sido el principal motor que me ha impulsado a seguir adelante en los momentos más difíciles.

A mi abuela Marilú Quimi, aunque ya no esté presente físicamente con nosotros. su apoyo y amor incondicional fueron esenciales en mi vida y culminación de esta tesis. Siempre te llevare en mi corazón.

A mi novia, gracias por cada palabra de aliento y motivación que me has dado.

A mi tutor de tesis Ing. Jonathan Chicaiza, por su dedicación y paciencia en guiarme en el desarrollo de esta investigación.

**MARCO STEVE CARRILLO PACHAY**

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a Dios por haberme permitido llegar hasta aquí, por darme sabiduría y fortaleza para poder cumplir con este sueño tan anhelado.

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día.

A mis padres y a mi novia por haberme dado su apoyo incondicional, sus consejos de seguir adelante durante toda la trayectoria universitaria, así mismo al tutor de tesis el Ing. Jonathan Chicaiza por habernos aceptado nuestras ideas planteadas y guiarnos para cumplir con este objetivo.

A todos los docentes de la carrera de Ing. Ambiental por darme los conocimientos esenciales para tener un mejor desempeño en mi vida profesional, a mi compañero de tesis y a mis compañeros de aula por haber compartido esta experiencia durante todos estos años.

**ANTHONY FERNANDO CEVALLOS SALTOS**

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres por ser mis guías, mis consejeros y mis más fervientes admiradores. Vuestra dedicación, esfuerzo y amor incondicional han sido la inspiración que me ha impulsado a perseguir mis sueños académicos y a nunca rendirme ante los desafíos.

A cada persona que ha sido parte de mi vida académica, a todos los profesores, compañeros y amigos que han compartido sus conocimientos y experiencias conmigo. Vuestra influencia ha dejado una huella significativa en mi crecimiento intelectual y personal. Especialmente a aquellos que han llegado a convertirse en hermanos de corazón, gracias por ser una parte esencial de mi vida.

**MARCO STEVE CARRILLO PACHAY**

## **DEDICATORIA**

A quienes han estado conmigo en mis mejores y peores momentos, a quienes me han apoyado sin dudar y han sido mis inspiraciones siempre, María Saltos y Fernando Cevallos, a mi hermana Bryana Cevallos y mi novia Thais Zambrano por estar siempre y que en su momento fueron de gran ayuda fomentando en mí el deseo de triunfar en la vida y a mis amigos.

Esto es por ustedes los quiero.

**ANTHONY FERNANDO CEVALLOS SALTOS**

## CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
CERTIFICACIÓN DEL COORDINADOR DEL GRUPO DE INVESTIGACIÓN .....	v
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	ix
CONTENIDO GENERAL.....	xi
CONTENIDO DE TABLAS .....	xv
CONTENIDO DE FIGURAS Y ECUACIONES .....	xvi
RESUMEN .....	xvii
ABSTRACT .....	xviii
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. OBJETIVOS .....	3
1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....	3
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO .....	3
1.4. HIPÓTESIS .....	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL.....	4
2.1.1. CONTAMINANTES AMBIENTALES .....	4
2.1.2. TIPOS DE CONTAMINANTES AMBIENTALES.....	4
• CONTAMINANTES DE DEGRADACIÓN LENTA O PERSISTENTE .....	4
• CONTAMINANTES DEGRADABLES O NO PERSISTENTES.....	5
• CONTAMINANTES BIODEGRADABLES.....	5

• PLÁSTICOS COMO AGENTES CONTAMINANTES .....	5
2.2. MOYUYO ( <i>Cordia lutea</i> ).....	5
2.2.1. MUCÍLAGO .....	6
2.2.2. MUCÍLAGO DE MOYUYO ( <i>Cordia lutea</i> ).....	6
2.3. YUCA ( <i>Manihot esculenta</i> ).....	6
2.3.1. COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DE LA YUCA.....	6
2.3.2. ALMIDÓN DE YUCA.....	7
2.4. BIOPLÁSTICOS.....	7
2.4.1. LÁMINAS BIOPLÁSTICAS .....	7
2.4.2. BIODEGRADABILIDAD DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.....	8
2.4.3. FABRICACIÓN DE LOS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS .....	8
2.4.4. APLICACIONES DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS .....	8
2.4.5. BENEFICIOS DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS .....	9
2.5. PARÁMETROS FÍSICOS Y MECÁNICOS QUE SE VAN A MEDIR EN LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS .....	9
2.5.1. ESPESOR .....	9
2.5.2. RESISTENCIA TRACCIÓN .....	10
2.5.3. ELONGACIÓN.....	10
2.5.4. HUMEDAD.....	10
2.6. PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD .....	11
2.7. PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.....	11
• GELATINIZACIÓN .....	11
• RETROGRADACIÓN.....	11
• PLASTIFICANTES .....	11
• GLICERINA.....	12
• RETICULACIÓN .....	12
• MELAMINA .....	12
• ÁCIDO ACÉTICO.....	12
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....	13
3.1. UBICACIÓN .....	13
3.2. DURACIÓN.....	13
3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	13

3.1.2. MÉTODO INDUCTIVO .....	14
3.1.3. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO .....	14
3.1.4. MÉTODO ESTADÍSTICO .....	14
3.2. TÉCNICAS .....	14
3.2.1. OBSERVACIÓN .....	14
3.2.2. EXPERIMENTACIÓN .....	15
3.3. UNIDAD EXPERIMENTAL .....	15
3.4. FACTORES EN ESTUDIO .....	15
3.5. NIVELES DEL FACTOR.....	15
3.6. TRATAMIENTOS .....	15
3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL .....	16
3.8. VARIABLES A MEDIR .....	17
3.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE .....	17
3.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE .....	17
3.9. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN .....	17
3.9.1. FASE 1. CARACTERIZAR LOS TIPOS DE PLÁSTICOS QUE SE GENERAN EN EL CANTÓN BOLÍVAR .....	17
3.9.2. FASE 2. DETERMINAR EL TRATAMIENTO QUE MEJORE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.21	
3.9.3. FASE 3. ESTABLECER LA VALORACIÓN ECONÓMICA DEL MEJOR TRATAMIENTO EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS. ....	27
CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	30
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE PLÁSTICOS QUE SE GENERAN EN EL CANTÓN BOLÍVAR .....	30
4.1.1. UBICACIÓN DE RECIPIENTES ESTRATÉGICOS.....	30
4.1.2. CARACTERIZACIÓN DE TIPOS PLÁSTICOS .....	30
4.2. DETERMINACIÓN EL TRATAMIENTO QUE MEJORE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.....	35
4.2.1. ELABORACIÓN DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS DE MUCÍLAGO DE MOYUYO Y ALMIDÓN DE YUCA .....	35
4.2.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.....	35
4.2.3. PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD .....	45

4.3. ESTABLECER LA VALORACIÓN ECONÓMICA DEL MEJOR TRATAMIENTO EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.....	51
4.3.1. ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.....	51
4.3.2. COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.....	53
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	55
5.1. CONCLUSIONES.....	55
5.2. RECOMENDACIONES.....	56
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXOS.....	68

## CONTENIDO DE TABLAS

### TABLAS

<b>Tabla 2.1.</b> Composición bioquímica de la yuca. ....	6
<b>Tabla 2.2.</b> Tolerancias en las dimensiones NTE INEN 2542. ....	9
<b>Tabla 2.3.</b> Requisitos físicos de la película plástica NTE INEN 2290. ....	10
<b>Tabla 2.4.</b> Requisitos físicos de la película plástica NTE INEN 2290. ....	10
<b>Tabla 2.5.</b> Requisitos de humedad INEN 1462. ....	11
<b>Tabla 3.1.</b> Detalles de los tratamientos. ....	16
<b>Tabla 3.2.</b> Insumos utilizados en la elaboración del experimento. ....	16
<b>Tabla 3.3.</b> Insumos utilizados en la elaboración del experimento. ....	16
<b>Tabla 3.4.</b> Clasificación de los plásticos según la NTE INEN 2634:2012. ....	18
<b>Tabla 3.5.</b> Costo de producción por láminas bioplásticas. ....	28
<b>Tabla 4.1.</b> Tasa de crecimiento Anual. ....	30
<b>Tabla 4.2.</b> Densidad de los tipos de plásticos en el cantón Bolívar. ....	32
<b>Tabla 4.3.</b> Densidades teóricas de los plásticos. ....	33
<b>Tabla 4.4.</b> Generación per cápita. ....	34
<b>Tabla 4.5.</b> Supuesto de normalidad para las variables en estudio. ....	36
<b>Tabla 4.6.</b> Prueba de homogeneidad de varianza. ....	37
<b>Tabla 4.7.</b> Anova para la variable espesor (mm). ....	37
<b>Tabla 4.8.</b> Análisis de Tukey para la variable espesor (mm). ....	38
<b>Tabla 4.9.</b> ANOVA para la variable resistencia a la tensión (MPa). ....	39
<b>Tabla 4.10.</b> Análisis de Tukey para la variable de resistencia a la tensión (MPa). ....	39
<b>Tabla 4.11.</b> ANOVA para la variable elongación (%). ....	41
<b>Tabla 4.12.</b> Análisis de Tukey para la variable de elongación (%). ....	41
<b>Tabla 4.13.</b> Anova no paramétrico Kruskal-Wallis para la variable humedad. ....	43
<b>Tabla 4.14.</b> Prueba múltiple Games-Howell para la variable humedad. ....	43
<b>Tabla 4.15.</b> Peso de los tratamientos. ....	45
<b>Tabla 4.16.</b> Proceso de degradación de las láminas bioplásticas. ....	47
<b>Tabla 4.17.</b> Costo de producción por láminas bioplásticas. ....	52
<b>Tabla 4.18.</b> Precio de venta de láminas bioplásticas. ....	53

## CONTENIDO DE FIGURAS Y ECUACIONES

### FIGURAS

<b>Figura 3.1.</b> Ubicación del desarrollo de la investigación. ....	13
<b>Figura 3.2.</b> Diagrama de proceso de la extracción del mucílago de moyuyo. ....	22
<b>Figura 3.3.</b> Diagrama de proceso de elaboración de láminas de plástico biodegradables.....	24
<b>Figura 4.1.</b> Ubicación de recipientes.....	30
<b>Figura 4.2.</b> Porcentaje de los tipos plásticos generados en el cantón Bolívar. ....	31
<b>Figura 4.3.</b> Espesor. ....	38
<b>Figura 4.4.</b> Resistencia a la tensión.....	40
<b>Figura 4.5.</b> Elongación.....	42
<b>Figura 4.6.</b> Humedad.....	44
<b>Figura 4.7.</b> Biodegradación de las láminas bioplásticas.....	46

### ECUACIONES

<b>Ecuación 3.1.</b> Proyección de la proyección futura. ....	18
<b>Ecuación 3.2.</b> Porcentaje de los residuos plásticos.....	19
<b>Ecuación 3.3.</b> Densidad de los residuos plásticos.....	20
<b>Ecuación 3.4.</b> Producción per-cápita (PPC). ....	21
<b>Ecuación 3.5.</b> Humedad.....	25
<b>Ecuación 3.6.</b> Pérdida de peso. ....	27
<b>Ecuación 3.7.</b> Costo total. ....	28

## RESUMEN

El abuso del plástico y su degradación lenta son preocupaciones ambientales globales, impulsadas por su producción y consumo desenfrenados. Esta investigación se enfocó en evaluar el almidón de yuca y el mucílago de moyuyo podrían influir en la elaboración de láminas bioplásticas. Para ello se aplicó un diseño completamente al azar con seis tratamientos que combinan diferentes cantidades de almidón de yuca (25, 30 y 35 g) y mucílago de moyuyo (22 y 28 ml). La proyección de la población del cantón Bolívar para el año 2035 es de 48,219 habitantes, con un crecimiento anual del 1,1%, donde el polímero más generado fue el Polietileno Tereftalato (PET) con 34.8 % y el menor fue el Polietileno de baja densidad (PEBD) con 6,5 %. El Polipropileno exhibió la mayor densidad entre los plásticos analizados con 0,213 g/cm<sup>3</sup>, Además, la generación per cápita más alta se observa en el Polietileno Tereftalato (PET) 0.0001275 kg/Hab/día, y el de menor generación fue el Polietileno de baja densidad (PEBD) 0,0000240 kg/Hab/día. Se midieron las propiedades físicas y mecánicas de las láminas bioplásticas siendo el T3 el que demostró mejores características en cuanto al espesor (0,15 mm), elongación (28.13%), resistencia a la tensión mayor (36.46 MPa) y T1 de menor (24,23 MPa) cumpliendo con el rango establecidos, mientras que en la humedad el T4 presentó el mejor porcentaje de (22,17%) cumpliendo con lo establecido. Todos los tratamientos mostraron biodegradabilidad en un período de 30 días. El tratamiento T1, presento mayor pérdida de masa (64.66 %), mientras que el tratamiento T4 menor (50.51 %). Finalmente, el estudio económico para la producción de láminas bioplásticas de dimensiones 20x15 cm se basó en el tratamiento T3, el cual tiene un costo total de producción de \$0.72 y un precio de venta de \$0.86.

## PALABRAS CLAVE

Plástico, humedad, elongación, degradación.

## ABSTRACT

Plastic abuse and its slow degradation are global environmental concerns, driven by its rampant production and consumption. This research focused on evaluating cassava starch and moyuyo mucilage could influence the production of bioplastic sheets. For this, a completely randomized design was applied with six treatments that combine different amounts of cassava starch (25, 30 and 35 g) and moyuyo mucilage (22 and 28 ml). The population projection of the Bolívar canton for the year 2035 is 48,219 inhabitants, with an annual growth of 1.1%, where the most generated polymer was Polyethylene Terephthalate (PET) with 34.8% and the lowest was Low Polyethylene. density (LDPE) with 6.5%. Polypropylene exhibited the highest density among the plastics analyzed with  $0.213 \text{ g/cm}^3$ . In addition, the highest generation per capita is observed in Polyethylene Terephthalate (PET)  $0.0001275 \text{ kg/Hab/day}$ , and the lowest generation was Low Polyethylene. density (LDPE)  $0.0000240 \text{ kg/Hab/day}$ . The physical and mechanical properties of the bioplastic sheets were measured, with T3 being the one that demonstrated the best characteristics in terms of thickness (0.15 mm), elongation (28.13%), highest tensile strength (36.46 MPa) and lowest T1 (24.23 MPa) complying with the established range, while in humidity T4 presented the best percentage of (22.17%) complying with the established. All treatments showed biodegradability within a period of 30 days. Treatment T1 presented greater mass loss (64.66%), while treatment T4 had less (50.51%). Finally, the economic study for the production of bioplastic sheets measuring 20x15 cm was based on treatment T3, which has a total production cost of \$0.72 and a sales price of \$0.86.

## KEYWORDS

Plastic, humidity, elongation, degradation.

# CAPÍTULO I. ANTECEDENTES

## 1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

A nivel mundial nos enfrentamos a unos de los principales problemas ambientales, el uso intensivo de plásticos y su baja biodegradabilidad, por esta razón, la producción de estos residuos ha crecido de forma exponencial. En el año 2023 se produjeron alrededor de 430 millones de toneladas métricas de plástico en todo el mundo. De esta cantidad 55 millones se generaron en Europa (Statista Research Department [SRD], 2023).

Según Infinitia Industrial Consulting [IIC] (2021) los plásticos son materiales que por sus características físicas y químicas son muy duraderos y resistentes al medio, están formados por polímeros que son moléculas orgánicas grandes, compuestas por unidades o cadenas repetitivas de carbono llamadas monómeros, como etileno, propileno, cloruro de vinilo y el estireno. Del mismo modo estos desechos plásticos se descomponen en fragmentos más pequeños denominados micro plásticos, acabando en los mares y océanos en todo el mundo, causando un grave daño para la fauna y flora marinas (National Geographic, 2020).

Los desechos plásticos obstruyen las vías fluviales, contaminan los océanos, matan la vida silvestre y entran en nuestra cadena alimentaria. Si las tendencias actuales continúan, para 2050 habrá alrededor de 12 mil millones de toneladas de desechos plásticos perjudicando el medio ambiente (The Nature Conservancy [TNC], 2021).

En Latinoamérica hoy en día el consumo de plásticos per cápita por habitante es mayor de 30 kg/Hab/año, en México y Chile son los países con mayor consumo per cápita que se encuentra por encima de los 50 kg/Hab/año, consecutivo Argentina y Brasil con cifras de 40 kg/Hab/año (Bianco et al., 2021).

Según un estudio realizado por Alianza Basura Cero de Ecuador (2022) en el país se recolectan 12.613 ton/día de residuos sólidos y una producción per cápita de 0,64 kg diarios por persona. Además, al plástico lo catalogan en 2 grupos: plástico suave y rígido. En Ecuador surge una problemática debido al inadecuado

uso de plásticos, siendo estos residuos sólidos que actualmente generan un peligro en el país, por lo tanto, no se ha logrado determinar las medidas adecuadas para el manejo reciclable de estos productos, causando así un impacto negativo al medio ambiente (Plastiflan, 2021).

Según Gómez y Andrade (2019) mencionan que, la problemática del plástico a nivel de Manabí se relaciona principalmente con la contaminación ambiental, especialmente en las áreas costeras y marinas, debido a la acumulación de desechos plásticos.

Por los problemas mencionados anteriormente, ante la eventual situación que está sucediendo se plantea la siguiente interrogante: ¿Cómo influye el almidón de yuca y el mucílago de moyuyo en las propiedades físicas y mecánicas de las láminas bioplásticas?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

En el informe realizado por la Organización de las Naciones Unidas [ONU] (2021) muestra que la contaminación por el uso indiscriminado de plásticos es una amenaza creciente para todos los ecosistemas, desde donde se origina la contaminación hasta la liberación al océano. Por consiguiente, es necesario utilizar métodos sostenibles para que los plásticos comunes puedan ser reemplazados por plásticos biodegradables. Según Barahona et al., (2019) mencionan que los bioplásticos son una alternativa para reducir la contaminación ambiental generada por los plásticos comunes, debido a que son polímeros de origen natural y renovables, es decir, que son fáciles de degradar por microorganismos, como son los hongos, bacterias y algas.

De acuerdo con lo expuesto, el presente estudio se fundamenta legalmente en la Constitución de la República del Ecuador, (2008) la cual en su Art. 74 establece que: “Las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades tendrán derecho a beneficiarse del ambiente y de las riquezas naturales que les permitan el buen vivir”. Del mismo modo, en la sección octava ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en su Art. 385 literal 3 establece que: “Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional,

eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir”.

Desde el punto de vista económico, la investigación a gran escala puede llegar a generar empleo e ingresos para las personas que produzcan las láminas bioplásticas a partir del almidón de yuca y mucílago de moyuyo. Los productos ecológicos por lo general son más caros que los convencionales, por lo tanto, los desarrollos conseguidos con estos nuevos materiales tienen su origen en los plásticos convencionales, porque sin ellos no habría interés de investigar un sustituto con características similares, pero menos agresivo ambientalmente (Riera et al., 2018).

El propósito de esta investigación es elaborar láminas bioplásticas a partir del almidón de yuca y mucílago de moyuyo para minimizar el uso del plástico común, la elaboración de estas láminas sería una alternativa para reducir la contaminación por plásticos no biodegradables.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Evaluar la influencia del almidón de yuca y mucílago de moyuyo en la elaboración de láminas bioplásticas.

#### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICO**

- Caracterizar los tipos de plásticos que se desechan en el cantón Bolívar.
- Determinar el tratamiento que mejore las propiedades físicas y mecánicas de las láminas bioplásticas.
- Establecer el valor económico del tratamiento con mejores características en la elaboración de láminas bioplásticas.

### **1.4. HIPÓTESIS**

La combinación entre los niveles del almidón de yuca y mucílago de moyuyo mejorará las propiedades físicas y mecánicas en la elaboración de las láminas bioplásticas.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. CONTAMINACIÓN AMBIENTAL**

La contaminación ambiental es una causa que compromete negativamente todos los medios ya sean bióticos o abióticos a los que estos se encuentren expuestos. Estos contaminantes perjudican cada día la calidad de nuestro planeta debido a que la mayoría son generados por el ser humano (Domínguez, 2015).

#### **2.1.1. CONTAMINANTES AMBIENTALES**

La contaminación que se descargan directamente de la fuente se denominan contaminantes primarios, los cuales se expulsan de acuerdo con la tasa de emisión o caudal es decir la tasa de descarga de la fuente y se convierten a través de procesos de transporte, difusión y reacciones química lo cuales se convertirán en contaminantes secundarios estos llegan a los receptores a través de diversos mecanismo de sedimentación o cadenas tróficas provocando la inestabilización o disturbio de los ecosistemas (Castillo y Morales, 2022).

#### **2.1.2. TIPOS DE CONTAMINANTES AMBIENTALES**

- **CONTAMINANTES NO DEGRADABLES**

Estas sustancias son difíciles de deshacerse naturalmente, la mejor opción que se puede realizar es reciclarlas o reutilizarla para que estas no afecten de manera directa al medio natural (Roper, 2020).

- **CONTAMINANTES DE DEGRADACIÓN LENTA O PERSISTENTE**

Son sustancias que se añaden al medio y son resistentes al degradarse incluso tardan hasta varios años y claro ejemplo de estas son el DDT (diclorodifeniltricloroetano) las cuales son hechas por el ser humano y no se encuentran naturalmente (Arias et al., 2021).

- **CONTAMINANTES DEGRADABLES O NO PERSISTENTES**

Los contaminantes degradables o no persistentes son sustancias que tienen una completa descomposición y se puede reducir a niveles admisibles a través de tratamientos físico-químicos y biológicos (Orozco, 2017).

- **CONTAMINANTES BIODEGRADABLES**

Son sustancias químicas compuesta las cuales se descomponen en otros compuestos químicos más simples por la actividad de microorganismos vivos en especial por bacterias complejas denominadas contaminantes biodegradables (Conde, 2013).

- **PLÁSTICOS COMO AGENTES CONTAMINANTES**

Los índices por contaminación de plásticos son sumamente altos, en el 2016 las emisiones de estos varían entre los 9 y 23 millones de toneladas métricas al año, lo cuales están presentes en ríos, lagos y mares, estas emisiones son similares como la que emite la tierra cada año, causando efectos irreversibles a nivel mundial (Notimérica, 2021).

## **2.2. MOYUYO (*Cordia lutea*)**

El moyuyo es considerado como un arbusto o árbol ya que por sus características pueden variar, crecen en zonas de climas cálidos intolerante al frío en condiciones bajo 10°C ya que impide su desarrollo y así su ciclo de vida. La altura de la planta puede alcanzar los 7,5 m, con tallos jóvenes pubescentes y ramas abundantes cuando es árbol, es copa globosa y es arbusto es la copa alargada, sus hojas son simples alternas, sin estípulas, sub redonda a ovado elíptica (Jiménez y Suárez, 2018).

El fruto es carnoso, el aroma y color varían de verde a blanco translúcido cuando es maduro con una semilla ovoide, mesocarpo gomoso, semillas duras y leñosas. La pulpa blanquecina de sabor dulce, es glutinoso o viscoso, el diámetro del fruto varía de 1 a 1,7 cm (Quinde, 2020).

### 2.2.1. MUCÍLAGO

El mucílago es una sustancia de origen vegetal suele encontrarse en hojas tallos raíces y semillas, además posee una reacción ácida o neutra dependiendo del peso molecular de la planta. Estas suelen ser confundidas con las gomas y pectinas ya que están formados por polisacáridos de celulosa con la misma cantidad de azúcares y se diferencian sólo en sus propiedades físicas (Villa-Uvidia et al., 2020).

### 2.2.2. MUCÍLAGO DE MOYUYO (*Cordia lutea*)

Es una sustancia viscosa que rodea la semilla del fruto, presentando una consistencia parecida a la de la goma o látex. Así mismo, se reconoce que la goma del mucílago de moyuyo es un polisacárido aniónico capaz de producir películas transparentes y flexibles con una excelente barrera de oxígeno (Castro, 2019).

## 2.3. YUCA (*Manihot esculenta*)

Según Gottau (2018) menciona que la yuca o mandioca es un tubérculo originario del área tropical de América debido a que se cultiva en condiciones de calor y humedad principalmente, aunque también se adapta muy bien a climas adversos y resulta un cultivo de bajo costo económico pues hasta puede rendir muy bien con poca agua.

### 2.3.1. COMPOSICIÓN BIOQUÍMICA DE LA YUCA

Su composición química es principalmente amilasa y amilopectina, dos carbohidratos estructurales diferentes que le dan al almidón sus propiedades funcionales. Ambos se pueden encontrar en proporciones variables dependiendo de dónde se obtiene el almidón y otras variables (Martínez y Andrade, 2011).

**Tabla 2.1.** Composición bioquímica de la yuca.

Componente	Porcentaje
Almidón	64-72%
Azúcares	4%
Sacarosa	71%
Glucosa	13%

Fructosa	9%
Maltosa	3%
Proteínas	1-2%
Lípidos	0.5%
Vitaminas	Baja concentración
Nitrógeno	40-60%

Fuente: Hernández y Vargas (2017).

### 2.3.2. ALMIDÓN DE YUCA

El almidón es un polvo blanco, muy fino el cual se obtiene luego de triturar la yuca. Debemos tener cuidado de no confundir la harina de yuca con el almidón de yuca. Es cierto ambos provienen del mismo tubérculo, pero técnicamente se trata de productos diferentes. La harina se obtiene rallando y secando la pulpa de la yuca (Corral, 2015).

## 2.4. BIOPLÁSTICOS

Se denomina bioplásticos aquellos materiales que son biodegradables y tienen su origen en recursos naturales, como lo son el almidón o la celulosa que se encuentran en las plantas. Un material biodegradable es considerado cuando puede ser degradado por microorganismos que producen moléculas más simples y se adaptan con el medio ambiente (Serna, 2021).

De acuerdo con Pluas et al., (2020) los bioplásticos ofrecen un conjunto interesante de ventajas, como el bajo impacto ambiental, bajo consumo de energía de producción, potencial para agregar valor a los subproductos residuos industriales y su excepcional biodegradabilidad.

### 2.4.1. LÁMINAS BIOPLÁSTICAS

Las láminas bioplásticas a partir del mucílago moyuyo y almidón de yuca pueden durar aproximadamente 18 meses en condiciones normales de almacenamiento y uso sin ningún tipo de alteración en la estructura o materiales, por esta razón está garantizado que no tiene impactos negativos hacia el medio ambiente (Pascual, 2016). Además, varias láminas de bioplástico se elaboran a partir de residuos orgánicos como la papa, semillas de mango, cáscara de plátano entre otros teniendo una persistencia duradera (Gilces y Zambrano, 2022).

### **2.4.2. BIODEGRADABILIDAD DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**

Según Cortez et al., (2022) mencionan que las láminas bioplásticas sufren una descomposición aeróbica (con oxígeno) o anaeróbica (sin oxígeno) bajo la acción de organismos (bacterias, hongos, algas). Son descompuestos por la acción enzimática de este tipo de microorganismos en condiciones ambientales normales. Por otro lado, en sitios de compostaje bajo condiciones aeróbicas la biodegradación generalmente se determina midiendo el consumo de oxígeno o el dióxido de carbono que es liberado con el tiempo en un respirómetro cerrado (anteriormente Bioprocess Control [BPC instruments], 2022).

Para el procedimiento de biodegradabilidad de las láminas bioplásticas se seguirá la NTE INEN-ISO 14855-2 este documento especifica un método para determinar la biodegradabilidad aeróbica final de materiales plásticos en condiciones de compostaje controladas mediante la medición gravimétrica de la cantidad de dióxido de carbono generada (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 2014). Este principio se basa en un método que tiene como objetivo crear una tasa óptima de biodegradación de las láminas bioplásticas en el compost maduro mediante el control de la humedad, la tasa de aireación y la temperatura en el recipiente de compostaje (Instituto Tecnológico del Plástico [AIMPLAS], 2020).

### **2.4.3. FABRICACIÓN DE LOS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**

Entre los bioplásticos que se obtienen de polímeros naturales, están los hidratos de carbono como el almidón, la celulosa, el alginato, también están las proteínas; lípidos, como ceras y acetoglicéridos que son utilizados para la producción de láminas bioplásticas (Avellán et al., 2020). Los bioplásticos se han creado como una alternativa ecoeficiente para reemplazar los plásticos tradicionales, estos son obtenidos a partir de polímeros naturales extraídos de la celulosa (Sernaqué et al., 2020).

### **2.4.4. APLICACIONES DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**

Se aplican en la fabricación de láminas y recubrimientos biodegradables incluso para frutas y otros alimentos, también para la obtención de gelificantes. Siendo

por lo tanto una de las alternativas con más futuro en el campo del envasado de alimentos (Lema y Manzo, 2021).

#### 2.4.5. BENEFICIOS DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS

Los bioplásticos son sintetizados por especies de diferentes géneros de bacterias, por lo que su nivel de contaminación es más bajo que el plástico. Las láminas bioplásticas van a permitir desarrollar soluciones innovadoras alternativas en comparación con los plásticos convencionales (Fernández y Vargas, 2015). Por consiguiente, los bioplásticos reducen la dependencia de los recursos fósiles y al mismo tiempo mejoran la huella de carbono del producto, algunas de las ventajas de los bioplásticos son (BIO-FED, 2022):

- Reducen la huella de carbono.
- Suponen un ahorro energético en la producción.
- No consumen materias primas no renovables.
- Reducen los residuos no biodegradables, que contaminan el medioambiente.
- No contienen aditivos perjudiciales para la salud como ftalatos o bisfenol A.
- No modifican el sabor y el aroma de los alimentos contenidos.

### 2.5. PARÁMETROS FÍSICOS Y MECÁNICOS QUE SE VAN A MEDIR EN LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS

#### 2.5.1. ESPESOR

El término "espesor" se refiere a la dimensión más pequeña entre tres medidas comunes de un objeto: su altura, anchura y longitud. Esta caracterización del espesor está asociada con la densidad o la compacidad de un material. Es fundamental notar que el espesor es una medida unidimensional, a diferencia del volumen de un objeto, que constituye una medida tridimensional (Chuiza et al., 2020).

**Tabla 2.2.** Tolerancias en las dimensiones NTE INEN 2542.

Requisitos	Unidad	Tolerancia
Espesor	Mm	Nominal $\pm 0,2$

Fuente: INEN (2010).

## 2.5.2. RESISTENCIA TRACCIÓN

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] (2012) las propiedades de tracción pueden ser diferentes debido al espesor de la muestra, preparación, la velocidad de ensayo, mordazas utilizadas, y la manera de medir la extensión del mismo. Estos métodos se pueden utilizar para comprobar todos los plásticos que se encuentren dentro del margen de espesor que están descritos y la capacidad que va a utilizar.

**Tabla 2.3.** Requisitos físicos de la película plástica NTE INEN 2290.

Características	Unidades	Métodos de ensayo	Dirección	Rango	
Resistencia a la tensión	MPa	ASTM D882	DM	≥22	≤25
			DT	≥17	≤20

Fuente: INEN (2015).

## 2.5.3. ELONGACIÓN

De acuerdo con Vettorel et al. (2019) establece que, el alargamiento se refiere a un movimiento o situación en la que hay un aumento de masa en la dirección longitudinal de la estructura, es decir, que el material, objeto o componente que conforma el sistema sufre un alargamiento de forma continua, el término puede usarse en diferentes campos. En el concepto de alargamiento también se utiliza en mecánica para referirse al alargamiento de materiales sometidos a esfuerzos de tracción, por lo tanto, el alargamiento es una magnitud que refleja el aumento de longitud de un determinado objeto antes de romperse, esta extensión se expresa como un porcentaje de la longitud original de objeto (Silva, 2022).

**Tabla 2.4.** Requisitos físicos de la película plástica NTE INEN 2290.

Características	Unidades	Métodos de ensayo	Dirección	Rango	
Elongación	%	ASTM D882	DM	≥300	≤400
			DT	≥250	≤300

Fuente: INEN (2015).

## 2.5.4. HUMEDAD

La absorción de humedad, llamada higroscopicidad, es la capacidad que tiene un material de absorber humedad, pero depende del tipo de plástico (Lerma, 2017).

Tabla 2.5. Requisitos de humedad INEN 1462.

Características	Unidades	Rango
Humedad	%	19,3 – 22,1

Fuente: Escobar et al., (2009).

## 2.6. PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD

La biodegradabilidad se define generalmente como la biodegradación de polímeros a base de carbono, como la mineralización a dióxido de carbono (también metano en ausencia de oxígeno), agua y la incorporación de sus productos de descomposición en nueva biomasa mediante procesos naturales. Lo llevan a cabo bacterias, arqueas y hongos y no deja residuos. La biodegradación caracteriza la capacidad de un material polimérico para descomponerse en sustancias más simples como resultado de la acción de los microbios en un entorno receptor específico (Simón, 2021).

## 2.7. PROCESOS PARA LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS

- **GELATINIZACIÓN**

Implica la absorción de agua por parte de los gránulos de almidón de las especies vegetales hasta que rompen la estructura cristalina, se vuelven amorfos y gelifican el líquido al unirse entre las cadenas de almidón (Duarte, 2022).

- **RETROGRADACIÓN**

Cuando la temperatura del almidón gelatinizado disminuye, se produce la retrogradación, es decir, la disolución y precipitación espontánea de moléculas de amilosa cuando sus cadenas lineales se orientan paralelamente a través de puentes de hidrógeno, durante este proceso se produce pérdida de agua y es irreversible (Calabokis, 2021).

- **PLASTIFICANTES**

Son materiales de baja volatilidad los cuales se agregan a un polímero para aumentar su flexibilidad, resiliencia y velocidad de flujo. Los beneficios adicionales incluyen mayor resistencia al impacto y suavidad, además la mayoría

de los plastificantes son líquidos orgánicos con puntos de ebullición elevados (H. Torres, 2017).

- **GLICERINA**

La glicerina es un líquido claro y viscoso que se obtiene a partir de la hidrólisis por una mezcla de grasas y aceites que se encuentran en alimentos, productos farmacéuticos y cosméticos. Sin embargo, es una sustancia neutra de sabor dulce y alto punto de ebullición, que al congelarse forma una pasta pegajosa (Betancourt et al., 2016).

- **RETICULACIÓN**

La reticulación es una reacción química en la cual los polímeros se unen en cadenas tridimensionales, a su vez creando una especie de red. Luego de esta reacción, las propiedades químicas del polímero original cambian (Hahn et al., 2022).

- **MELAMINA**

La melamina es aquel compuesto orgánico comúnmente mezclado con formaldehído para producir resina de melamina, el polímero sintético es resistente al fuego y al calor. Por lo tanto, la resina de melamina es un material universal con una estructura muy estable (Martínez, 2019).

- **ÁCIDO ACÉTICO**

Se lo conoce como ácido etanoico, es un ácido orgánico con dos átomos de carbono y se encuentra en el vinagre, por lo que es un líquido, incoloro, soluble en agua, alcohol, éter, glicerina, acetona, benceno y tetracloruro de carbono (Intriago et al., 2019).

# CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

## 3.1. UBICACIÓN

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo en el cantón Bolívar perteneciente a la provincia de Manabí. Limita al este con el cantón Pichincha, al sur con los cantones Portoviejo y Junín, al norte con los cantones Tosagua y Chone. Su extensión es de aproximadamente 600 km<sup>2</sup> y se divide políticamente en una parroquia urbana: Calceta; y dos rurales: Quiroga y Membrillo.

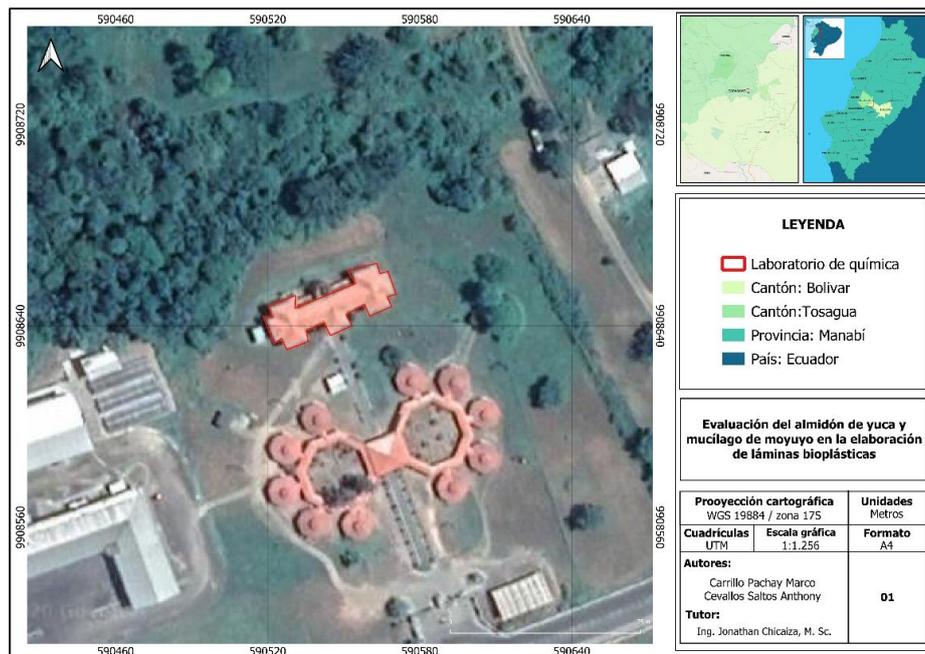


Figura 3.1. Ubicación del desarrollo de la investigación.  
Fuente. Carrillo y Cevallos (2024)

## 3.2. DURACIÓN

La presente investigación tuvo una duración de 9 meses, a partir de marzo 2023 hasta junio 2024.

## 3.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS

### 3.1.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Se desarrolló la investigación de tipo experimental con alcance inductivo, bibliográfico y estadístico puesto que se caracterizó los tipos de plásticos,

además se determinó las propiedades físicas y mecánicas en la elaboración de láminas bioplásticas y posteriormente establecer su valorización.

### **3.1.2. MÉTODO INDUCTIVO**

El método inductivo se basa en la repetición de hechos y fenómenos de la realidad, encontrando rasgos comunes en determinados grupos, para así llegar a conclusiones sobre sus aspectos (Rodríguez y Pérez, 2017). Se implementó este método para comprobar cuál de los tratamientos propuestos es el mejor para la elaboración de láminas bioplásticas.

### **3.1.3. MÉTODO BIBLIOGRÁFICO**

Para Campos (2017) el método bibliográfico es aquel uso de textos como fuente principal de adquisición de información. En el caso de la investigación, se obtuvo información relevante de las metodologías aplicadas por otros autores a través de artículos de revistas, tesis, libros, entre otros. Por consiguiente, se llevaron a cabo los procedimientos para el desarrollo y elaboración de las láminas bioplásticas.

### **3.1.4. MÉTODO ESTADÍSTICO**

Según la Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM], (2019) este método consiste en el manejo de datos cualitativos y cuantitativos de la investigación, se realiza a través de técnicas como: recolección, presentación, descripción, recuento y análisis. Dicho método se aplicó para la recopilación y tabulación de datos, en donde se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para determinar las diferencias estadísticas entre los tratamientos y además se utilizó las pruebas múltiples de media-Tukey a un 5% de significancia.

## **3.2. TÉCNICAS**

### **3.2.1. OBSERVACIÓN**

Es una técnica que consiste en la observación cuidadosa de fenómenos, hechos o casos, obteniendo información y registrándose para su posterior análisis. La observación es un elemento esencial de cualquier proceso de investigación; se basa en que los investigadores obtengan la máxima cantidad de datos (Olague y Leyva, 2018). En este caso, se determinó cualitativamente el tratamiento que mejore las propiedades físicas y mecánicas de las láminas bioplásticas.

### 3.2.2. EXPERIMENTACIÓN

Consiste en la forma particular de recopilación de datos (incluida la presentación de estímulos y el registro de respuestas), es básicamente, los diversos procedimientos y tareas experimentales que permiten analizar e interpretar la adquisición de datos (Irrazábal y Marotto, 2018). La experimentación se realizó en el laboratorio de química del área agroindustrial de la ESPAM-MFL.

### 3.3. UNIDAD EXPERIMENTAL

En el presente trabajo, se aplicó 6 tratamientos con diferentes cantidades de mucílago de moyuyo y almidón de yuca, con 3 repeticiones dando un total de 18 unidades experimentales. Además, se incluyeron 3 insumos que son el glicerol, ácido acético y el agua destilada.

### 3.4. FACTORES EN ESTUDIO

**Factor A:** Cantidad de mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*).

**Factor B:** Cantidad de almidón de yuca (*Manihot esculenta*).

### 3.5. NIVELES DEL FACTOR

Para el factor mucílago de moyuyo se utilizaron los siguientes niveles:

**a<sub>1</sub>:** 22 ml

**a<sub>2</sub>:** 28 ml

Para el factor almidón de yuca se utilizaron los siguientes niveles:

**b<sub>1</sub>:** 25 g

**b<sub>2</sub>:** 30 g

**b<sub>3</sub>:** 35 g

### 3.6. TRATAMIENTOS

Las combinaciones de los factores y niveles en estudio dieron como resultado los tratamientos que se muestran en la tabla 3.1. y los insumos que van a ser utilizados en la elaboración de experimento en la tabla 3.2.

**Tabla 3.1.** Detalles de los tratamientos.

Tratamientos	Códigos	Mucílago de moyuyo (ml)	Almidón de yuca (g)
T <sub>1</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	22	25
T <sub>2</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	22	30
T <sub>3</sub>	a <sub>1</sub> b <sub>3</sub>	22	35
T <sub>4</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	28	25
T <sub>5</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	28	30
T <sub>6</sub>	a <sub>2</sub> b <sub>3</sub>	28	35

Fuente: Carrillo Y Cevallos (2024).

**Tabla 3.2.** Insumos utilizados en la elaboración del experimento.

Insumos	Cantidad
Glicerol	7 ml/l
Ácido acético diluido	4 ml/l
Agua	60 ml

Fuente: Carrillo Y Cevallos (2024).

### 3.7. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se siguieron los delineamientos del diseño completamente al azar (DCA) factorial completo A x B, teniendo dos factores en estudio, donde el factor A tiene dos niveles y el B con tres niveles. La aplicación del diseño antes mencionado se justifica en que el contexto del experimento no genera variaciones a causa de variables exógenas, siendo la única variación los tratamientos planteados y para el análisis estadístico de los resultados de las variables en estudio se utilizaron software estadístico.

Además, los datos se someterán previamente a análisis de normalidad y homogeneidad. El esquema del ANOVA se detalla en la tabla 3.3.

**Tabla 3.3.** Insumos utilizados en la elaboración del experimento.

Fuente de variación	Grados de libertad
Factor A	1
Factor B	2
Interacción A*B	2
<b>Error</b>	12
Total	17

Fuente: Carrillo Y Cevallos (2024).

### **3.8. VARIABLES A MEDIR**

#### **3.8.1. VARIABLE INDEPENDIENTE**

Cantidad de mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*) y almidón de yuca (*Manihot esculenta*).

#### **3.8.2. VARIABLE DEPENDIENTE**

Características físicas y mecánicas de las láminas bioplásticas.

### **3.9. PROCEDIMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN**

Para la ejecución de la investigación se planteó tres fases, cada una de ellas, va a permitir el cumplimiento de los objetivos específicos propuestos. Los cuales son:

#### **3.9.1. FASE 1. CARACTERIZAR LOS TIPOS DE PLÁSTICOS QUE SE GENERAN EN EL CANTÓN BOLÍVAR**

##### **ACTIVIDAD 1.1. UBICACIÓN DE RECIPIENTES ESTRATÉGICOS**

Se realizó una solicitud al GAD municipal del cantón Bolívar para poder emplear un total de 5 fundas, tomando como enfoque cinco áreas como punto de recolección: Comercial el Tía, Parque San Bartolo, El hospital, El mercado y el Patio de comida, ya que son puntos estratégicos donde mayoritariamente se generan los diferentes tipos de residuos plásticos, para la ubicación de las fundas se estableció los días lunes, miércoles y viernes de (8:00 a 9:00 am), y se recolectaron los mismo días de (17:00 a 18:00 pm) ya que esos son días en que se realiza la recolección de basura. Además, vale resaltar que, esta actividad se llevó a cabo en un periodo de un mes (López, 2017).

##### **ACTIVIDAD 1.2. CARACTERIZACIÓN DE TIPOS PLÁSTICOS**

Se caracterizaron los residuos plásticos, siendo el propósito percibir la situación actual del tipo de plástico que se generan en los cinco áreas establecidas en el cantón Bolívar, para aquello se realizó determinación y cuantificación de los siguientes parámetros (Medina, 2017):

- **PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA**

Para esta actividad se analizó la población de estudio del cantón Bolívar para la cuantificación de los tipos de plásticos que se generan, cabe recalcar que no siempre se encuentra información oficial actualizada de la cantidad de habitantes. Por ende, se calculó la población futura con la siguiente ecuación 3.1:

$$Pf = Puc * (1 + r)^{Tf - Tuc}$$

**Ecuación 3.1.** Proyección de la proyección futura.

**Donde:**

**r:** Tasa de crecimiento anual.

**Puc:** Población del último censo.

**T<sub>f</sub>:** Tiempo final.

**Tuc:** Tiempo del último censo.

### • COMPOSICIÓN FÍSICA

Para determinar la composición física de los residuos plásticos, éstos fueron clasificados mediante procedimientos planteados por Moreno (2022). En donde la clasificación consistió en separar los residuos plásticos dependiendo a su composición Polietileno tereftalato (PET), Polietileno de Alta Densidad (PEAD), Polietileno de Baja Densidad (PEBD), Polipropileno (PP) y Poliestireno PS). Una vez separados los materiales, se procedió a pesarlos y calcular el porcentaje de participación de cada material en las muestras.

**Tabla 3.4.** Clasificación de los plásticos según la NTE INEN 2634:2012.

Número	Abreviatura	Nombre completo	Aplicación
1	PET	Polietileno tereftalato	Botellas cola, agua, bebidas deportivas, aceite comestible, enjuague bucal, champú, Salsa de tomate
2	PEAD (en inglés HDPE)	Polietileno de alta densidad	Envases lácteos (yogur, Leche), productos de limpieza (detergente, limpiadores domésticos) champú

3	PE-BD (en inglés LDPE)	Polietileno de baja densidad	Fundas de empaque, Bolsas de transparente o pigmentadas (limpieza, alimentos congelados).
4	PP	Polipropileno	Bolsas para frituras, sorbetes, tapas de botellas, contenedores para alimentos, envases de medicamentos.
5	PS	Poliestireno	Vaso, platos y cubiertos desechables, espuma de embalaje de protección para muebles, aparatos electrónicos.

Fuente: INEN (2012).

### • Porcentaje de los residuos plásticos

Para calcular el porcentaje de los residuos plástico se tomaron los datos del peso de cada tipo de plásticos y la masa total, para aquello se aplicó la siguiente ecuación 3.2:

$$\%peso = \frac{M}{M_T} * 100\%$$

**Ecuación 3.2.** Porcentaje de los residuos plásticos.

**Donde:**

**M=** Peso de Subproducto separado residuos plásticos, kg/mes.

**M<sub>T</sub>=** Masa total de residuos plásticos, kg/mes.

### • Densidad de los residuos plásticos

Para obtener el valor de la densidad de los tipos de residuos plásticos que se generan en el Cantón Bolívar, se realizaron los siguientes procedimientos:

- Se acondicionó un recipiente cilíndrico de 80 litros de capacidad.

- Se tomó al azar cualquier muestra de residuos de plásticos, y se procedió a vaciar el contenido dentro del recipiente. Posteriormente, vació otras muestras, hasta llenarlo.
  - Cuando el recipiente se llenó, éste se alzó sobre varios centímetros de la superficie terrestre (10-20 cm) y se dejó caer algunas veces con la finalidad de llenar los espacios vacíos en el mismo.
  - Se calculó la altura libre registrando los datos.
  - Se repitió el mismo procedimiento hasta culminar con todas las muestras.
- El cálculo de la densidad se realizó con la siguiente ecuación 3.3:

$$S = \frac{M(kg)}{V(m^3)} = \frac{W}{\pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 * (H - h)}$$

**Ecuación 3.3.** Densidad de los residuos plásticos.

**Donde:**

**S=** Densidad de los residuos.

**V=** Volumen que ocupan los residuos plásticos.

**W=** Peso de los residuos plásticos.

**V=** Volumen de los residuos.

**D=** Diámetro del cilindro.

**H=** Altura total del cilindro.

**h=** Altura libre de los residuos.

**$\pi$**  = Constante "pi" (3,1416).

### **Producción per-cápita (PPC)**

Para esta actividad, se calculó el peso de los residuos plásticos que se generan en el cantón Bolívar y conociendo el número de la población. Para su efecto, se determinará la producción, con la siguiente ecuación 3.4:

$$PPC = \frac{W}{P}$$

**Ecuación 3.4.** Producción per-cápita (PPC).

**Donde:**

**PPC=** Producción per cápita de los residuos plásticos kg/hab/día.

**W=** Peso de residuos plásticos diarios.

**P=** Población que generó esos residuos plásticos.

### **3.9.2. FASE 2. DETERMINAR EL TRATAMIENTO QUE MEJORE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.**

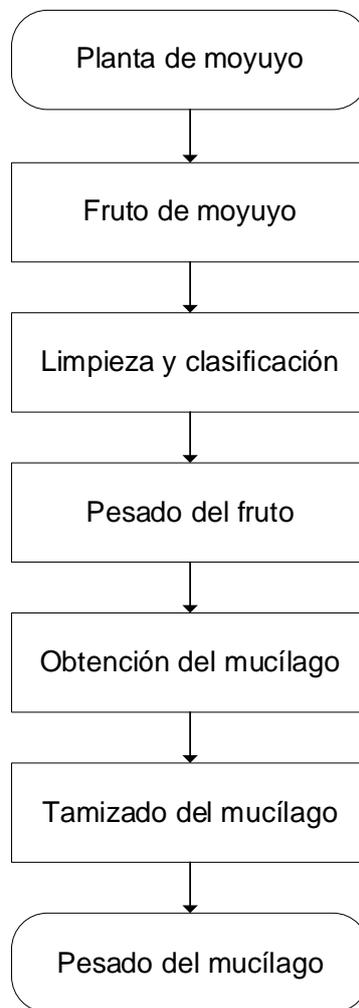
#### **ACTIVIDAD 2.1. EXTRACCIÓN DEL MUCÍLAGO DEL MOYUYO**

En primer lugar, se cosechó el fruto del moyuyo en su etapa semimaduro, en donde se efectuó principalmente en días soleados, ya que es un fruto perecible y al ser cosechado en días lluviosos pueden llegar a descomponerse. Para su extracción sea aplicó la metodología de (Veliz, 2022):

- **Planta del moyuyo:** Se seleccionaron las plantas de moyuyo en el cantón de Bolívar.
- **Fruto del moyuyo:** Se cosecharon los frutos con un diámetro de 1 cm.
- **Limpieza y clasificación:** El lavado se realizó para eliminar las impurezas de la fruta y a su vez descartar las frutas en mal estado.
- **Pesado del fruto:** Para conocer el rendimiento del mucílago del moyuyo, se pesó en una balanza.
- **Extracción del mucílago:** Se realizó manualmente aplicando fuerza humana para la extracción, en donde se utilizó un colador, un mortero y un recipiente plástico.
- **Tamizado del mucílago:** Se tamizaron por un colador para extraer impurezas, como las cáscaras y las semillas, quedando un producto final.

- **Pesado del mucílago:** Se pesó el producto final, de esta manera se llevó a cabo la combinación con el almidón de yuca para la elaboración de las láminas bioplásticas.

Para comprender de mejor manera el procedimiento se presenta el siguiente diagrama de flujo en la figura 3.2:



**Figura 3.2.** Diagrama de proceso de la extracción del mucílago de moyuyo.  
Fuente: Carrillo y Cevallos (2024).

## **ACTIVIDAD 2.2. ELABORACIÓN DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS DE MUCÍLAGO DE MOYUYO Y ALMIDÓN DE YUCA**

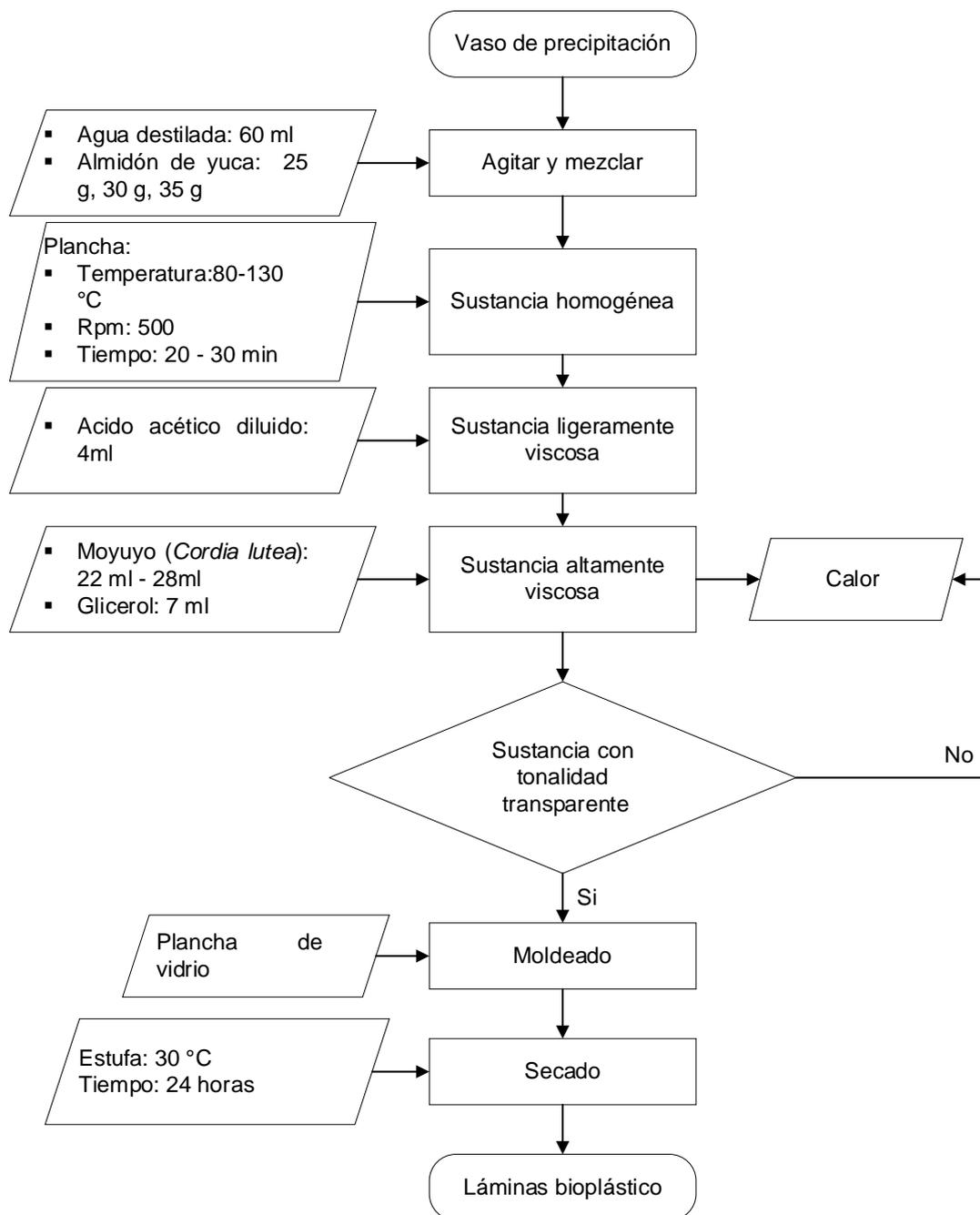
Siguiendo el enfoque metodológico adoptado por Moreno (Moreno et al., 2017), se llevó a cabo la elaboración de láminas bioplásticas, se dispusieron dos planchas de calentamiento y vasos de precipitación, cada uno contenido con las diferentes cantidades de almidón de yuca (25 g, 30 g, 35 g) y 60 ml de agua

destilada. Luego, se introdujo una bala magnética en cada vaso y se agitó a 500 rpm a temperatura ambiente durante 5 minutos para facilitar la disolución del almidón. Una vez lograda una mezcla homogénea, la temperatura se incrementó gradualmente de 80 °C a 110 °C en un lapso de 7 minutos, mientras se añadían 4 ml de ácido acético diluido a cada mezcla.

Posteriormente, la temperatura fue progresivamente aumentada hasta llegar a 130 °C, momento en el cual se introdujeron en cada vaso de precipitación las distintas cantidades de mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*). Siendo estas 22 ml y 28 ml, respectivamente. Después de un tiempo total de 20 minutos, se procedió a agregar 7 ml de glicerol en cada uno de los tratamientos. Luego, se retiró la bala magnética y se inició la agitación manual mediante una espátula hasta la obtención de una sustancia altamente viscosa y transparente.

De manera inmediata, se procedió a distribuir los tratamientos de forma homogénea dentro de las planchas de vidrios, asignándoles las etiquetas correspondientes. A continuación, fueron colocados en una estufa al vacío a una temperatura constante de 30 °C durante un periodo de 24 horas siguiendo el método descrito por (Salamanca y Vera, 2019). Una vez completado este tiempo, las muestras fueron retiradas cuidadosamente de las planchas de vidrio, obteniendo así las láminas bioplásticas.

Para comprender mejor el procedimiento, se presenta el diagrama de flujo:



**Figura 3.3.** Diagrama de proceso de elaboración de láminas de plástico biodegradables.  
Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

### ACTIVIDAD 2.3. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS

Esta actividad permitió evaluar las diferentes características de cada una de las láminas bioplásticas, donde se incluyeron las siguientes propiedades físicas y mecánicas:

- **Espesor:** Este análisis se basó en la norma NTE INEN 2542, para la determinación del espesor se utilizó un calibrador pie de rey o micrómetro entre un rango de 0 y 25 mm con una precisión de 0,001mm (Guamán, 2019).
- **Resistencia a la tensión:** Para evaluar la resistencia a la tensión, se cortaron las láminas en rectángulos de aproximadamente 3x9 cm. Posteriormente, cada uno de los tratamientos, junto con sus repeticiones correspondientes, se colocaron en un texturómetro de la marca Shimadzu modelo EZ-LX. El ensayo de resistencia a la tensión ayudó a establecer la fuerza aplicada hasta llegar a la rotura de las láminas bioplásticas (Ayala y Barbosa, 2014).
- **Elongación:** Al igual que la resistencia a la tensión, para la elongación se utilizó el texturómetro marca Shimadzu modelo EZ-LX, en donde se midió el aumento de longitud de las láminas al momento de ser sometidas a una fuerza de tracción hasta alcanzar una ruptura. La elongación se determinó utilizando el software TRAPEZIUM X (Santacruz et al., 2015).
- **Humedad:** Para la determinación del porcentaje de humedad, se basó en la norma INEN 1462, donde inicialmente se midió de la pérdida de peso de las láminas será sometida a un proceso de secado en una estufa a 105 a 130 °C durante una hora. Después de enfriar la muestra en un desecador hasta que alcance la temperatura ambiente, el residuo de polvo se registra como sólidos totales, mientras que la pérdida de peso se considera como humedad mediante un método indirecto. La ecuación 3.5 se utilizó para esta prueba fue la siguiente (Hernández, 2018):

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} * 100\%$$

**Ecuación 3.5.** Humedad.

**Donde:**

**P<sub>i</sub>** = peso inicial de la lámina.

**P<sub>f</sub>** = peso final de la lámina.

## ACTIVIDAD 2.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el desarrollo de la investigación se realizaron los siguientes análisis estadísticos utilizando software InfoStat versión 2020, SPSS versión 2019 y Microsoft Excel versión 2016. Para esto se consideró lo siguiente (Lynch y Zambrano, 2021):

- **Estadística descriptiva:** Esto permitió recopilar datos y tabularlos, y además de mostrar en tablas y gráficos para poder evidenciar las diferencias entre las unidades experimentales.
- **Prueba de normalidad de datos:** Se realizó la prueba de Shapiro Wilks en donde se determinó si los datos de las variables de interés siguen una distribución normal.
- **Prueba de homocedasticidad:** En esta prueba se compararon las muestras en función de la mediana para determinar si las varianzas son las mismas.
- **ANOVA al 5 % de significancia (DCA):** Se evaluó la hipótesis propuesta, también se determinó si existieron diferencias significativas entre tratamientos.
- **Pruebas múltiples de media (Tukey al 5 % de significancia):** se identificó las medias para variables de estudio, y se categorizaron los tratamientos, determinando las diferencias estadísticas significativas.

## ACTIVIDAD 2.4. PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD

Esta prueba se llevó a cabo de acuerdo con la norma NTE-INEN 2642, la cual revela un método de prueba para determinar la degradación aeróbica en el suelo de los materiales plásticos o plásticos residuales después del compostaje (INEN, 2012).

Se basó en la metodología descrita por (Versino y García, 2017), en donde las muestras de láminas bioplásticas fueron cortadas y enterradas en recipientes a una profundidad de 12 cm desde la superficie para asegurar condiciones de degradación aeróbica, por un tiempo de exposición de 30 días. Se calculó la pérdida de peso con la siguiente ecuación 3.6:

$$\%p\acute{e}rdida\ de\ peso: \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

**Ecuación 3.6.** Pérdida de peso.

**Donde:**

- $P_i$  = peso inicial seco.
- $P_f$  = peso final seco.

### **3.9.3. FASE 3. ESTABLECER LA VALORACIÓN ECONÓMICA DEL MEJOR TRATAMIENTO EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.**

#### **ACTIVIDAD 3.1. ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**

Para la producción de las láminas biodegradables, se eligió el tratamiento más efectivo y se procedió a realizar un análisis económico. Este análisis se fundamentó en una matriz que consideró los recursos y elementos necesarios para la fabricación del producto, siguiendo la metodología propuesta por (Loja y Muñoz, 2013). Se tomaron en cuenta los siguientes parámetros:

- **Costo directo (Cd):**

**Equipos:** se especificaron los equipos utilizados para la producción de las láminas bioplásticas.

**Mano de obra:** Este valor se determinó de acuerdo con las leyes de salarios básicos que corresponde a la jornada laboral de 8h establecido por la Controlaría Nacional Del Estado (2023).

**Materiales:** Se estimó el costo de los materiales utilizados para producir las láminas bioplásticas.

- **Costo indirecto (Ci):** Se tuvo en cuenta los costos adicionales, como los relacionados con la mano de obra, la energía eléctrica y los impuestos, que inciden indirectamente en el proceso de elaboración del material biodegradable.

- **Costo total (Ct):** Se calculó mediante la suma del costo directo e indirecto, como se detalla en la ecuación 3.7:

$$Ct: (Cd + Ci)$$

**Ecuación 3.7.** Costo total.

Además, se aplicará la matriz tabla 3.5 de análisis de precios unitarios propuesta por (Morales y Castillo, 2022).

**Tabla 3.5.** Costo de producción por láminas bioplásticas.

<b>Análisis de precio unitarios</b>					
<b>Rubro:</b>	<b>Láminas bioplásticas</b>		<b>Unidad</b>	<b>U</b>	
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
Balanza analítica					
Estufa					
Plancha de calentamiento					
Herramientas menores (5% mano de obra)					
<b>SUBTOTAL M</b>					
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/h</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	C=A*B	R	D=C*R
Laboratorista					
<b>SUBTOTAL N</b>					
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo</b>	
		A	B	C=A*B	
Mucílago de moyuyo					
Almidón de yuca					
Glicerina					
Ácido acético					
Agua destilada					
<b>SUBTOTAL O</b>					
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo</b>	

	A	B	C=A*B
SUBTOTAL P			
	TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)		
	INDIRECTOS 15%		
	UTILIDAD %		
	COSTO TOTAL DEL RUBRO		
	VALOR OFERTADO		

Fuente. Morales y Castillo, (2024).

### **ACTIVIDAD 3.2. COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**

En esta actividad, se mostró el costo unitario de las láminas fabricadas a partir de mucílago de moyuyo y almidón de yuca, utilizando el tratamiento más eficaz como punto de comparación. Esta medida se adoptó con la finalidad de promover y divulgar, desde un enfoque académico, la utilización de materiales biodegradables como una alternativa para mejorar las condiciones ambientales y de vida en nuestro planeta, como se muestra en la tabla 4.19 (Menoscal Chichanda, 2017).

# CAPÍTULO IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS TIPOS DE PLÁSTICOS QUE SE GENERAN EN EL CANTÓN BOLÍVAR

### 4.1.1. UBICACIÓN DE RECIPIENTES ESTRATÉGICOS

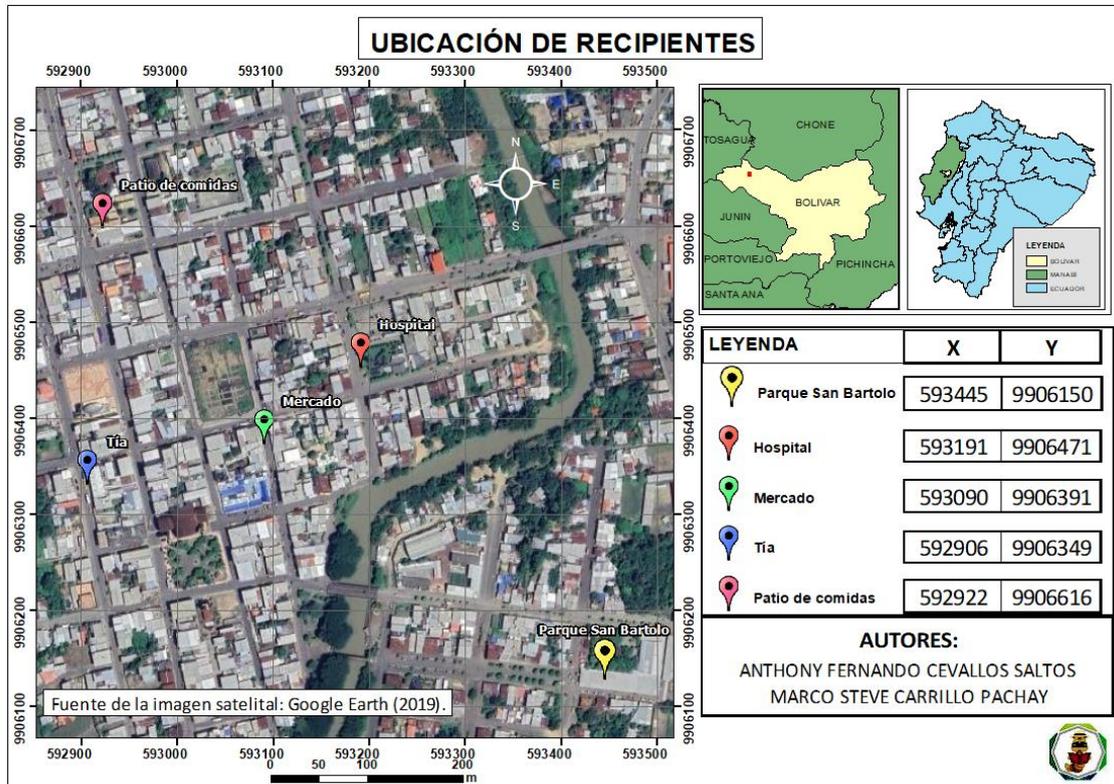


Figura 4.1. Ubicación de recipientes.  
Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

### 4.1.2. CARACTERIZACIÓN DE TIPOS PLÁSTICOS

#### PROYECCIÓN DE LA POBLACIÓN FUTURA

Respecto a la proyección futura del cantón Bolívar de acuerdo con el censo realizado entre los años 2010 al 2022, la tasa de crecimiento poblacional anual de este cantón es de 1,1%, tal como se indica en la tabla 4.1. Resultado que aporta en el cálculo de la tasa de crecimiento anual.

Tabla 4.1. Tasa de crecimiento Anual.

Tasa de crecimiento anual	
Bolívar	1,1 %

Fuente: INEC, (2022).

En los datos establecidos en la normativa, la tasa de crecimiento del cantón Bolívar para el estudio es de 1,1%.

A continuación, se muestra la fórmula utilizada para calcular la población, la cual fue establecida por el Municipio de La Salina (2015):

$$Pf = Puc * (1 + r)^{Tf - Tuc}$$

### CANTÓN BOLÍVAR

$$Pf = 41827 * (1 + 1,1\%)^{2035 - 2022}$$

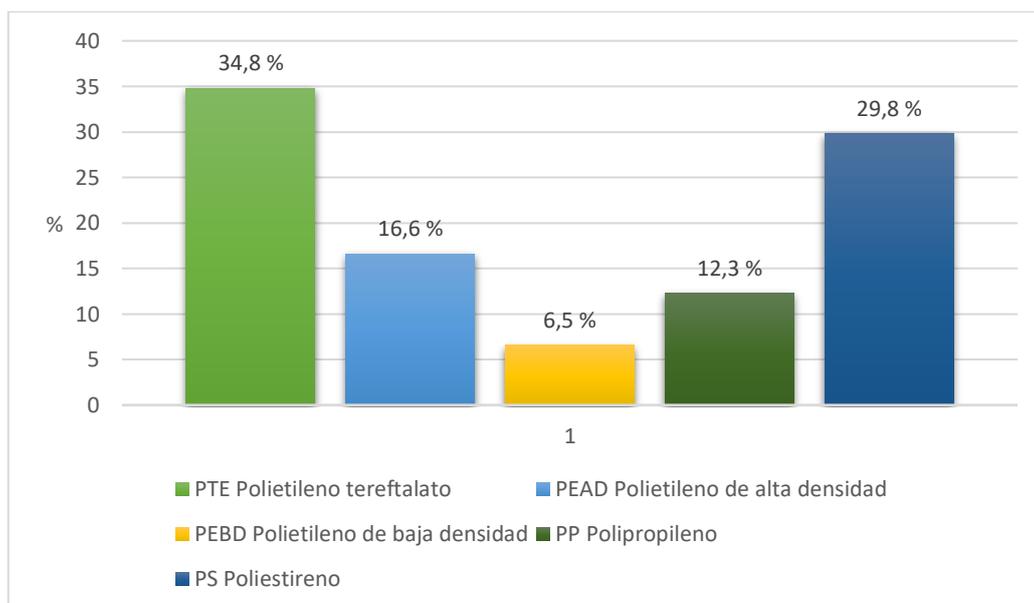
$$Pf = 41827 * (1,011)^{13}$$

$$Pf = 48,219 \text{ Hab}$$

La proyección de la población del cantón Bolívar para el año 2035 es de 48,219 habitantes.

### PORCENTAJE LOS TIPOS DE PLÁSTICOS GENERADOS EN EL CANTÓN BOLÍVAR

En este contexto, se llevó a cabo la recolección y separación para su posterior pesaje de los tipos plásticos generados en todas las áreas establecidas en el cantón Bolívar, durante 4 semanas, cuyos resultados se presentan a continuación:



**Figura 4.2.** Porcentaje de los tipos plásticos generados en el cantón Bolívar.  
Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

En la figura 4.2, se presenta la composición promedio de los tipos de residuos plásticos más generados. Según esta categorización, los plásticos de

polietileno de tereftalato (PET) son el material más predominante representando 34,8 %, seguido de un 29,8 % del plástico de Poliestireno (PS), mientras que el plástico de polietileno de alta densidad (PEAD) constituye el 16,6 %, asimismo el plástico de polipropileno (PP) posee el 12,3 % y 6,5 % correspondió al (PEBD) siendo el menos predominante.

Los resultados obtenidos son comparables con el de Moreno (2022) quien en su estudio demostraron la distribución promedio de residuos plásticos en la ciudad de Riobamba fue la siguiente: el 23,78 % de Polietileno de tereftalato siendo el más predominante, el 21,6 % de Polietileno de alta densidad, el 14,18 % de Polietileno de baja densidad, el 19,11 % de Polipropileno y el 14,16 % de Poliestireno.

De igual forma, Peñafiel et al., (2024) en su estudio caracterización de residuos plásticos generados en los cantones Francisco de Orellana, La Joya de los Sachas y Loreto de la provincia de orellana, destacó en primer lugar al Plástico (PET) representando 33,34 %, este alto porcentaje se explica por el consumo excesivo de botellas plásticas, particularmente aquellas utilizadas como envases de bebidas. En segundo lugar, el plástico (PEAD) con 21,76 %, este tipo de plástico se utiliza en envasado de productos alimenticios y de limpieza. Seguido del plástico (PP) representando el 18,90 %, utilizadas en envases de uso doméstico. En menor medida se encontró el Poliestireno (PS) y el Polietileno de baja densidad (LDPE).

## DENSIDAD DE LOS TIPOS DE PLÁSTICOS EN EL CANTÓN BOLÍVAR

Tabla 4 2. Densidad de los tipos de plásticos en el cantón Bolívar.

Tipo de plástico	Semana	Peso (kg)	Diámetro (m)	Altura	Volumen	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	
				total del recipiente (m)			libre (m)
PET	1	1,61	0,34	0,61	0,08	0,048	0,033
	2	1,58	0,34	0,61	0,13	0,044	0,036
	3	1,55	0,34	0,61	0,14	0,043	0,036
	4	1,58	0,34	0,61	0,13	0,044	0,036

<b>PEAD</b>	1	0,77	0,34	0,61	0,24	0,034	0,023
	2	0,70	0,34	0,61	0,26	0,032	0,022
	3	0,77	0,34	0,61	0,24	0,034	0,023
	4	0,77	0,34	0,61	0,24	0,034	0,023
<b>PEBD</b>	1	0,30	0,34	0,61	0,57	0,004	0,082
	2	0,29	0,34	0,61	0,57	0,004	0,080
	3	0,31	0,34	0,61	0,56	0,005	0,068
	4	0,29	0,34	0,61	0,57	0,004	0,080
<b>PP</b>	1	0,58	0,34	0,61	0,58	0,003	0,213
	2	0,58	0,34	0,61	0,58	0,003	0,211
	3	0,54	0,34	0,61	0,57	0,004	0,148
	4	0,53	0,34	0,61	0,57	0,004	0,146
<b>PS</b>	1	1,37	0,34	0,61	0,14	0,043	0,032
	2	1,34	0,34	0,61	0,15	0,042	0,032
	3	1,34	0,34	0,61	0,15	0,042	0,032
	4	1,36	0,34	0,61	0,15	0,042	0,032

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

**Tabla 4.3.** Densidades teóricas de los plásticos.

<b>Polímero</b>	<b>Densidad (g/cm<sup>3</sup>)</b>
Polipropileno (PP)	0,85 - 0,92
Polietileno de alta densidad (PEAD)	0,94 - 0,98
Polietileno de baja densidad (PEBD)	0,89 - 0,93
Polietileno de tereftalato (PET)	1,33 - 1,39
Poliestireno (PS)	1,04 - 1,10

Fuente. Meneses et al., (2021).

Las densidades de los plásticos observadas en la tabla 4.2 son significativamente menores en comparación con los rangos de densidades teóricas presentadas en la tabla 4.3. La densidad del plástico PET es de 0,033 a 0,036 g/cm<sup>3</sup>, mientras que la densidad teórica varía de 1,33 a 1,39 g/cm<sup>3</sup>. El PEAD presenta una densidad de 0,022 a 0,023 g/cm<sup>3</sup>, en contraste con la

densidad teórica que es de 0,94 a 0,98 g/cm<sup>3</sup>. Para el PEBD, se observa una densidad de 0,068 a 0,082 g/cm<sup>3</sup>, por debajo del rango teórico de 0,89 a 0,93 g/cm<sup>3</sup>. El PP muestra una densidad de 0,146 a 0,213 g/cm<sup>3</sup>, siendo la densidad más alta en comparación con otros polímeros en este estudio, pero aun considerablemente más baja que los valores teóricos de 0,85 a 0,92 g/cm<sup>3</sup>. La densidad del PS observada es de 0,032 g/cm<sup>3</sup>, frente a la densidad teórica de 1,04 a 1,10 g/cm<sup>3</sup>.

De acuerdo con Sangucho et al., (2023) en su estudio realizado acerca de las propiedades físicas y mecánicas de reciclados de plásticos producidos en Ecuador, estableció que el Polietileno de tereftalato PET 1,21 g/cm<sup>3</sup> posee una mayor densidad al polipropileno PP 0,97 g/cm<sup>3</sup> cumpliendo con los rangos establecidos.

## GENERACIÓN PER CÁPITA

**Tabla 4.4.** Generación per cápita.  
**Producción per cápita (kg/Hab/día)**

Semana	PET	PEAD	PEBD	PP	PS
1	0,0000325	0,000016	0,0000060	0,000012	0,000028
2	0,0000318	0,000014	0,0000058	0,000012	0,000027
3	0,0000313	0,000016	0,0000063	0,000011	0,000027
4	0,0000320	0,000015	0,0000058	0,000011	0,000027
<b>Total</b>	0,0001275	0,0000607	0,0000240	0,0000449	0,0001090

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

De acuerdo con la tabla 4.4., sobre la producción per cápita total de residuos plásticos del cantón Bolívar, corresponde al siguiente orden: PET con 0,0001275 kg/Hab/día siendo la de mayor generación; PS con 0,0001090 kg/Hab/día; PEAD con 0,0000607 kg/Hab/día; PP con 0,0000449 kg/Hab/día; y PEBD con 0,0000240 siendo el de menor generación per cápita.

Estos datos se diferencian en comparación con Pinargote y Sanchez (2023) en su trabajo de los tipos de plásticos generados en el barrio Jaime Roldós, comprendió la generación per cápita el orden detallado donde, el plástico de mayor generación fue PEAD con 0,021 kg/Hab/día; PET con 0,014 kg/Hab/día;

PP con 0,011 kg/Hab/día; PS con 0,008 kg/Hab/día; PEBD con 0,007 kg/Hab/día siendo el de menor generación.

En contraste con el estudio realizado por Hidalgo et al., (2022) los resultados obtenidos fueron notablemente diferentes. En su investigación, llevaron a cabo la cuantificación y mapeo de la evolución de residuos plásticos en los hogares situados en el área occidental del río en la ciudad de Guayaquil. En el año del 2021 mostraron que el plástico PET es el que más se genera con un valor de (0,01513 kg/Hab/día), PP (0,0743 kg/Hab/día), PEAD (0,0592 kg/Hab/día), PEBD (0,0399 kg/Hab/día), PS (0,0231 kg/Hab/día) siendo el de menor generación.

## **4.2. DETERMINACIÓN EL TRATAMIENTO QUE MEJORE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.**

### **4.2.1. ELABORACIÓN DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS DE MUCÍLAGO DE MOYUYO Y ALMIDÓN DE YUCA**

Las láminas de plástico biodegradables fueron producidas utilizando el proceso descrito en la figura 3.3., el cual implicaba la implementación de seis tratamientos con diferentes cantidades de mucílago de moyuyo (*Cordia lutea*) según se detalla en el (anexo 5). Este procedimiento se llevó a cabo siguiendo distintas metodologías, las cuales se fundamentan en investigaciones anteriores, como las realizadas por (Espinoza y Ruiz, 2021) Antes de proceder con la fabricación de las láminas de plástico biodegradables, se llevaron a cabo pruebas preliminares donde se ajustaron las variables de tiempo y temperatura. Estas pruebas se realizaron con el fin de encontrar la fórmula más adecuada que produjera los resultados deseados.

### **4.2.2. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y MECÁNICA DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**

#### **4.2.2.1. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Con el propósito de examinar la distribución de los datos obtenidos en la caracterización físico-mecánica de las láminas de plástico biodegradables elaboradas a base de almidón de yuca y mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*), se inició con la evaluación del supuesto de normalidad tabla 4.5.

**Tabla 4.5.** Supuesto de normalidad para las variables en estudio.

Variables dependientes	Tratamientos	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	Gl	Sig.
Espesor	T1	0,750	3	0,000
	T2	0,987	3	0,780
	T3	0,964	3	0,637
	T4	0,923	3	0,463
	T5	0,923	3	0,463
	T6	1,000	3	1,000
Resistencia	T1	0,851	3	0,244
	T2	1,000	3	0,994
	T3	0,894	3	0,366
	T4	0,991	3	0,824
	T5	0,807	3	0,132
	T6	0,848	3	0,236
Elongación	T1	0,896	3	0,372
	T2	0,846	3	0,229
	T3	0,785	3	0,079
	T4	0,913	3	0,429
	T5	0,873	3	0,305
	T6	0,838	3	0,209
Humedad	T1	0,990	3	0,805
	T2	0,766	3	0,036
	T3	1,000	3	0,967
	T4	1,000	3	0,967
	T5	0,926	3	0,473
	T6	0,812	3	0,144

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

Los resultados obtenidos de la prueba de normalidad, como se indica en la Tabla 4.6, revelan que las variables que cumplen con el requisito de distribución normal, fueron: Resistencia a la tensión y elongación, ya que muestran un nivel de significancia mayor a 0.05, con la excepción de la variable de espesor y humedad, donde se observa un valor menor a 0.05. En consecuencia, se procedió con la realización de la prueba de homogeneidad de varianza (homocedasticidad), cuyos detalles se presentan en la tabla 4.6.

**Tabla 4.6.** Prueba de homogeneidad de varianza.

<b>Variables dependientes</b>	<b>F</b>	<b>gl1</b>	<b>gl2</b>	<b>Sig.</b>
<b>Resistencia a la tensión</b>	3,026	5	12	0,054
<b>Elongación</b>	3,670	5	12	0,050
<b>Espesor</b>	2,962	5	12	0,057
<b>Humedad</b>	11,693	5	12	0,000

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

Como se evidencia, los valores de resistencia a la tensión, espesor y elongación cumplen con los criterios de homogeneidad de varianza, dado que el valor de significancia es superior a 0.05. Por lo tanto, se procedió a realizar el análisis de varianza (pruebas paramétricas) correspondiente para cada una de estas variables. No obstante, en el caso de la variable humedad, el valor de significancia resultó ser menor a 0.05. Por consiguiente, se optó por llevar a cabo pruebas no paramétricas para esta variable.

#### 4.2.2.2. PRUEBAS PARAMÉTRICAS

##### ESPESOR

El análisis de varianza (ANOVA) demostró diferencias estadísticamente significativas ( $p\text{-valor} < 0,05$ ) tanto para el factor A (moyuyo) y factor B (almidón), es decir, en sus niveles, incidió sobre la variable espesor de las láminas. En cuanto a la interacción de ambos factores, esta no presentó diferencias estadísticas ( $p\text{-valor} > 0,05$ ), tal como se presenta en la tabla 4.7.

**Tabla 4.7.** Anova para la variable espesor (mm).

<b>Fuente de variación</b>	<b>suma de cuadrados</b>	<b>GI</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>Sig.</b>
Factor A: Moyuyo (ml)	0,00085	1	0,00085	17,08	0,0014
Factor B: Almidón (g)	0,00041	2	0,0002	4,09	0,0441
Factor A: Moyuyo (ml) * Factor B: Almidón (g)	0,000016	2	0,0000082	0,16	0,8502
Error	0,0006	12	0,00005		
Total	0,0019	17			

Fuente: Carrillo y Cevallos, (2024).

Las diferencias entre los tratamientos fueron evaluadas mediante la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 5%. Esta prueba clasificó las medias de espesor en diferentes grupos. El tratamiento T5 se posicionó en la categoría uno con la menor media de espesor (0,125 mm), mientras que el tratamiento T3 se

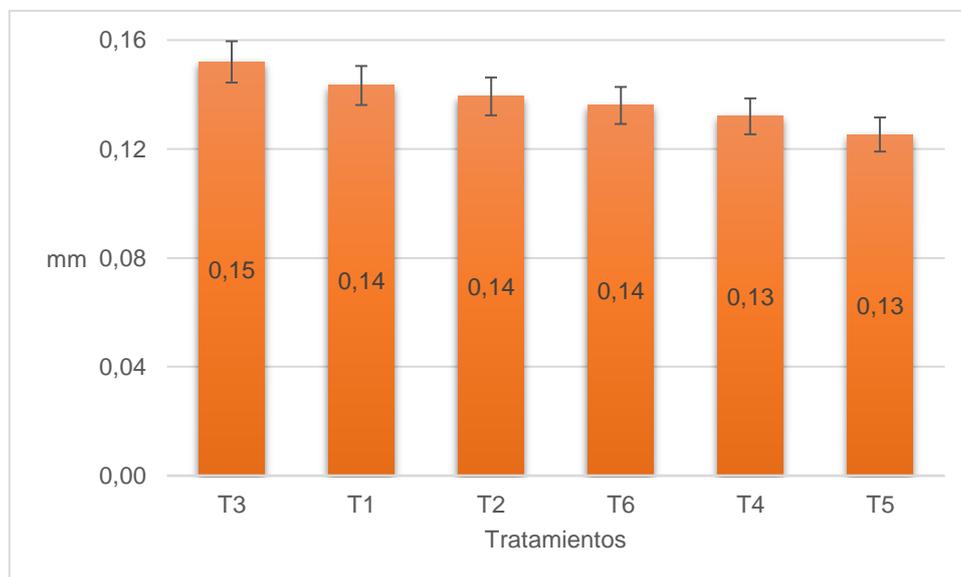
ubicó en el subconjunto dos con el mayor espesor para la lámina (0,152 mm), según se indica en la tabla 4.8.

**Tabla 4.8.** Análisis de Tukey para la variable espesor (mm).

Tratamientos	F. Moyuyo	F. Almidón	N	HSD TUKEY <sup>a</sup>	
				subconjunto para alfa =0,05	
				1	2
T <sub>5</sub>	28	30	3	0,125	
T <sub>4</sub>	28	25	3	0,132	
T <sub>6</sub>	28	35	3	0,136	0,136
T <sub>2</sub>	22	30	3	0,139	0,139
T <sub>1</sub>	22	25	3	0,143	0,143
T <sub>3</sub>	22	35	3		0,152
Sig.				0,075	0,131

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

Con el objetivo de brindar una interpretación más clara de los valores obtenidos en las medias de los distintos niveles de tratamiento, se diseñó en la figura 4.3.



**Figura 4.3.** Espesor.

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

Según la norma NTE INEN 2542 (2010), Láminas plásticas requisitos, establece que los bioplásticos deben tener un espesor máximo de 0,2 mm. Esto confirma que los valores reportados en el estudio están dentro de los rangos aceptables para la fabricación de láminas bioplásticas de calidad satisfactoria.

Los valores mencionados difieren de los obtenidos por Maliza (2021) en su estudio sobre la elaboración de envolturas bioplásticas a partir de la pulpa de plátano de seda y plátano rojo. En su investigación, se registró un espesor máximo de 0,2 mm y un espesor mínimo de 0,18 mm.

## RESISTENCIA A LA TENSIÓN

La tabla (ANOVA) demostró diferencias estadísticamente significativas ( $p$ -valor  $< 0,05$ ) tanto para el factor A (moyuyo) y factor B (almidón), es decir, en sus niveles, incidió sobre la variable resistencia a la tensión de las láminas. En cuanto a la interacción de ambos factores, esta no presentó diferencias estadísticas ( $p$ -valor  $> 0,05$ ), tal como se presenta en la tabla 4.9.

**Tabla 4.9.** ANOVA para la variable resistencia a la tensión (MPa).

Fuente de variación	suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	Sig.
Factor A: Moyuyo (ml)	709,39	1	709,39	9,12	0,0107
Factor B: Almidón (g)	703,54	2	351,77	4,52	0,0344
Factor A: Moyuyo (ml) * Factor B: Almidón (g)	552,52	2	276,26	3,55	0,0615
Error	933,56	12	77,80		
Total	2899,01	17			

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

Con el propósito de evidenciar las diferencias entre los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey al 5%. Esta prueba permitió categorizar los tratamientos, donde se encontró que la media más baja corresponde al T4 (7,4795 MPa) que se posicionó en el subconjunto uno, mientras que el T3 se clasificó en el segundo subgrupo con una media de (36,4559 MPa) siendo este el tratamiento de mayor media, tal como se observa en la tabla 4.10.

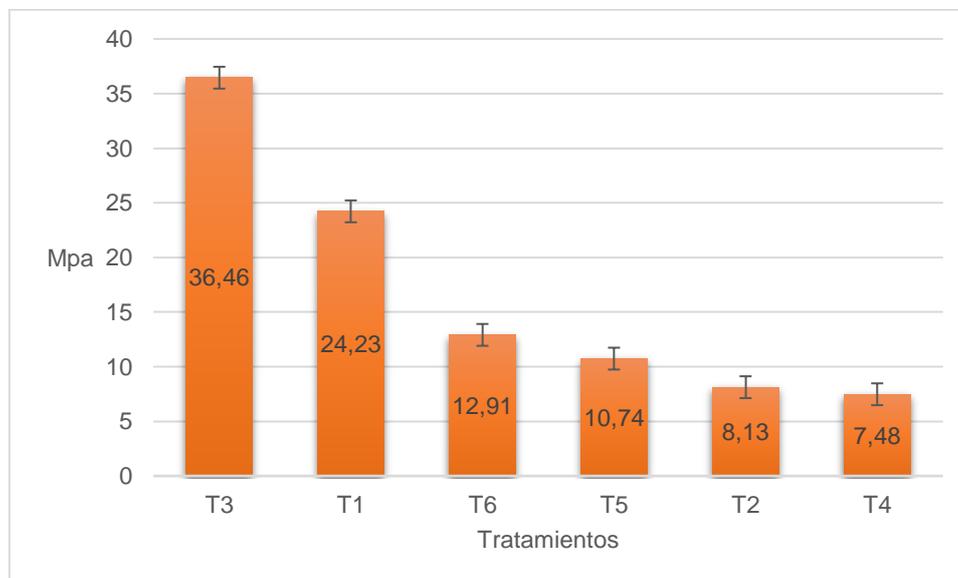
**Tabla 4.10.** Análisis de Tukey para la variable de resistencia a la tensión (MPa).

Tratamientos	F. Moyuyo	F. Almidón	N	subconjunto para alfa =0,05	
				1	2
T <sub>4</sub>	28	25	3	7,480	
T <sub>2</sub>	22	30	3	8,126	
T <sub>5</sub>	28	30	3	10,742	
T <sub>6</sub>	28	35	3	12,915	12,915
T <sub>1</sub>	22	25	3	24,225	24,225

T <sub>3</sub>	22	35	3		36,456
sig.				0,256	0,058

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

Asimismo, los resultados estadísticos generados a partir de esta variable se visualizan en la figura 4.4.



**Figura 4.4.** Resistencia a la tensión.  
Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024)

La norma NTE INEN 2290 (2015) indica que las bolsas de plástico deben tener una resistencia a la tracción que exceda los 20 MPa tanto en la dirección de la máquina (DM) como en la dirección transversal (DT); sin embargo, los tratamientos planteados para la fabricación de láminas bioplásticas que demostraron cumplir con los criterios establecidos fueron el T1 (24,23 MPa) y T3 (36,46 MPa), lo que confirma la eficiencia de las formulaciones propuestas para la obtención de las láminas bioplásticas destinadas al uso comercial.

Los valores de resistencia obtenidos son notoriamente superiores en comparación con los registrados en otras investigaciones similares, tal como se evidencia en el estudio realizado por (Paitan y Rojas, 2022) quien, en su investigación muestran que la resistencia a la tensión del bioplástico a base almidón de papa, alcanzó un valor máximo de (3,26 MPa) y un valor mínimo de (0,71 MPa). Por el contrario, Torres (2021) obtuvo un valor máximo de 5,1 MPa de resistencia a la tensión.

## ELONGACIÓN

El análisis de la tabla ANOVA presentó diferencias estadísticamente significativas en todos los efectos principales del modelo estadístico. Tanto el factor A (moyuyo) como el factor B (almidón) y la interacción entre ambos factores mostraron diferencias estadísticamente significativas, como se evidencia en la tabla 4.11.

**Tabla 4.11.** ANOVA para la variable elongación (%).

Fuente de variación	suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Factor A: Moyuyo (ml)	45,89	1	45,89	25,25	0,0003
Factor B: Almidón (g)	47,53	2	23,76	13,08	0,0010
Factor A: Moyuyo (ml) * Factor B: Almidón (g)	22,82	2	11,41	6,28	0,0136
Error	21,81	12	1,82		
Total	138,04	17			

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

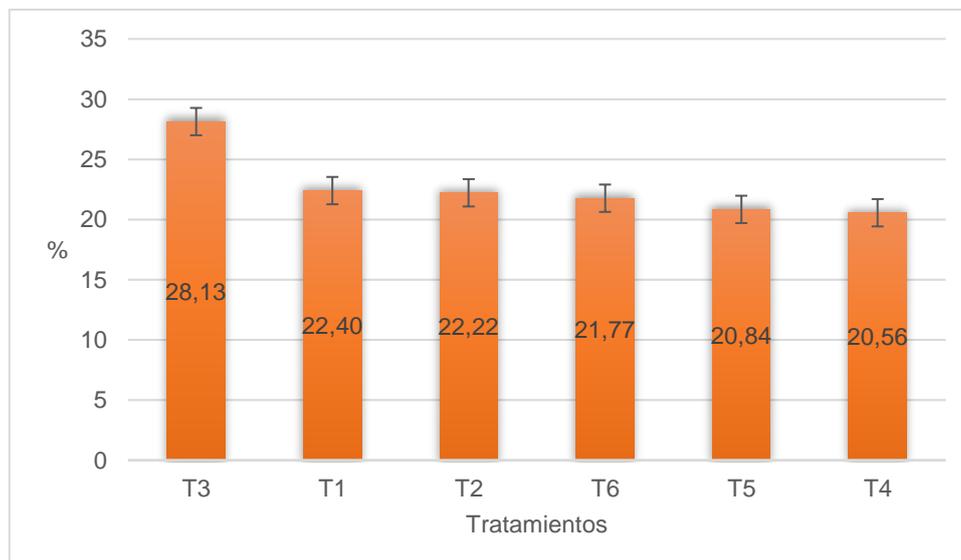
En la prueba de Tukey al 5%, detallada en la Tabla 4.12, se categorizaron las medias del T4 (20,5604 %) y T5 (20,8387 %) en el primer subconjunto, lo que indica que presentaron menor elongación. Por otro lado, el T3 (28,1339 %) se clasificó en el segundo subconjunto, lo que sugiere que es el tratamiento con mayor elongación, según se describe en el (Anexo 6-B).

**Tabla 4.12.** Análisis de Tukey para la variable de elongación (%).

Tratamientos	F. Moyuyo	F. Almidón	N	subconjunto para alfa =0,05	
				1	2
T4	28	25	3	20,560	
T5	28	30	3	20,839	
T6	28	35	3	21,767	
T2	22	30	3	22,217	
T1	22	25	3	22,399	
T3	22	35	3		28,134
Sig.				0,572	1

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

En la Figura 4.5. a continuación, se expresan cada uno de los valores obtenidos de las medias de cada tratamiento:



**Figura 4.5.** Elongación.  
Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

Según la norma NTE INEN 2290 (2015) para bolsas plásticas, se requiere que la elongación sea de al menos  $\geq 300$  en la dirección de la máquina (DM) y  $\geq 250$  en la dirección transversal (DT). Sin embargo, en este estudio, las bolsas mostraron una elongación en DM y DT de entre el T4 20,56 % y el T3 28,13 %. Aunque estos valores están por debajo de los estándares establecidos, sugieren que las formulaciones utilizadas para fabricar bioplásticos fueron deficientes.

Los valores de elongación obtenidos son mayores en relación con la investigación realizada por Cahahuaman y Huaranga (2020) que identificaron que el bioplástico elaborado utilizando glicerol y almidón de papa demostró una fuerza de elongación del 13,5 %.

De manera similar, Garrido (2020) en su trabajo de investigación, obtuvo un 10.362 % de fuerza de elongación. Esto indica que los materiales analizados en el presente estudio poseen una mayor capacidad de elongación, lo que sugiere que podrían ser empleados en una diversidad más amplia de usos y, por ende, generar mayores beneficios.

#### 4.2.2.3. PRUEBAS NO PARAMÉTRICAS

En el caso de la variable de humedad no cumplen con el supuesto de homocedasticidad, ya que los valores se encuentran dispersos entre sí y por ello se procedió a realizar las pruebas no paramétricas.

## HUMEDAD

La variable humedad presentó diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos ya que el valor sig. es menor a 0,05 como se observa en la tabla 4.13. y por ende se realizó la prueba múltiple de medias. Esto quiere decir que las medias de los tratamientos son estadísticamente diferentes.

**Tabla 4.13.** Anova no paramétrico Kruskal-Wallis para la variable humedad.

	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Humedad es la misma entre las categorías de Cantidades	Prueba de Kruskal. Wallis para muestras independientes.	0,006	Rechazar la hipótesis Nula

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

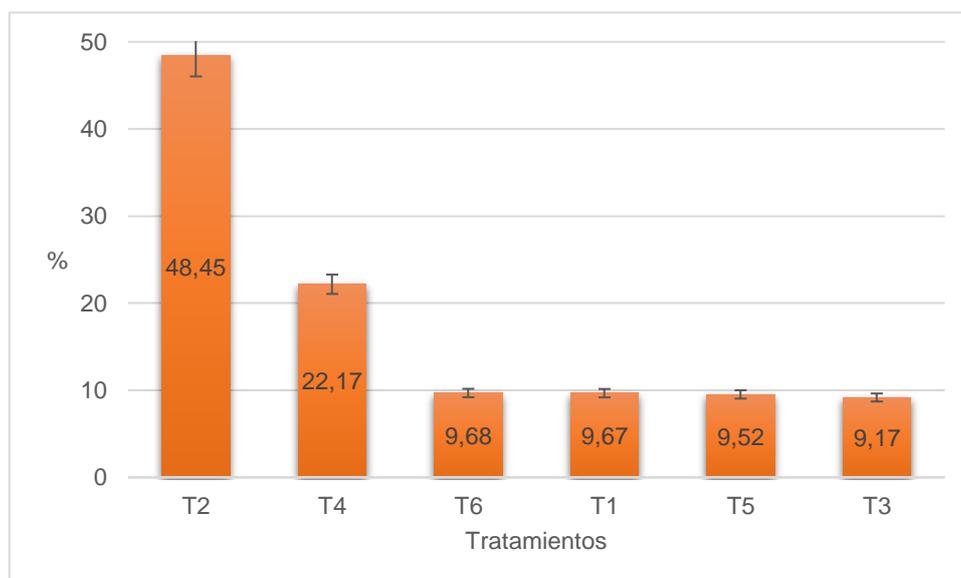
En la tabla 4.14. Se presenta la prueba múltiple de Games-Howell, que permite comparar de manera detallada cada uno de los tratamientos para identificar diferencias significativas. El tratamiento T1, en comparación con T2 y T4, presenta un valor significativo (sig.) menor a 0,05, lo que indica que hay diferencias significativas entre ellos. De manera similar, el tratamiento T2 muestra diferencias significativas con los demás tratamientos, ya que el valor sig. es también menor a 0,05 en cada comparación. El tratamiento T3 presento diferencias significativas con T2, T4, T5 y T6. El tratamiento T4 tiene diferencias significativas con los otros tratamientos. El tratamiento T5 muestra diferencias significativas con T2, T3, T4 y T6. Por último, el tratamiento T6 presenta diferencias significativas con T2, T3, T4 y T5. Estas diferencias indican que los tratamientos comparados tienen valores que varían de manera significativa entre sí.

**Tabla 4.14.** Prueba múltiple Games-Howell para la variable humedad.

variable dependiente	(I) Tratamientos	(J) Tratamientos	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.
Humedad	T1	T2	-38,78300*	0,48524	0,000
		T3	0,492333333	0,06283	0,050
		T4	-12,50400*	0,12381	0,000
		T5	0,145333333	0,06396	0,439

	T6	-0,016333333	0,06625	1,000
	T1	38,78300*	0,48524	0,000
	T3	39,27533*	0,48134	0,001
T2	T4	26,27900*	0,49303	0,001
	T5	38,92833*	0,48149	0,001
	T6	38,76667*	0,48180	0,001
	T1	-0,492333333	0,06283	0,050
	T2	-39,27533*	0,48134	0,001
T3	T4	-12,99633*	0,10754	0,000
	T5	-,34700*	0,01802	0,001
	T6	-,50867*	0,02496	0,002
	T1	12,50400*	0,12381	0,000
	T2	-26,27900*	0,49303	0,001
T4	T3	12,99633*	0,10754	0,000
	T5	12,64933*	0,10820	0,000
	T6	12,48767*	0,10957	0,000
	T1	-0,145333333	0,06396	0,439
	T2	-38,92833*	0,48149	0,001
T5	T3	,34700*	0,01802	0,001
	T4	-12,64933*	0,10820	0,000
	T6	-,16167*	0,02768	0,034
	T1	0,016333333	0,06625	1,000
	T2	-38,76667*	0,48180	0,001
T6	T3	,50867*	0,02496	0,002
	T4	-12,48767*	0,10957	0,000
	T5	,16167*	0,02768	0,034

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).



**Figura 4.6.** Humedad.  
Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024)

Se emplearon los valores de referencia de la Norma INEN 1462, que establece un rango de 19,3-22,1 % para las láminas de bioplástico, según lo indicado por la investigación realizada por (Escobar et al., 2009). Esto confirma que el T4 presentó un porcentaje de humedad 22,17 % encontrándose dentro del rango establecido, para que el producto se mantenga estable y libre de desarrollo de hongos durante su almacenamiento.

Los valores son ligeramente altos a los reportados por Guamán (2019) en su investigación sobre bioplásticos a partir de almidón de cáscara de papa presentó un 20,82 % de humedad, indicando que la humedad de las láminas depende mucho del tipo y características del material con el que se extraiga el almidón. De igual forma, Solórzano et al. (2023) registraron un valor de 13,25 a 16,64% de humedad en su estudio de bioplástico elaborados de almidón de residuos de maíz.

#### 4.2.3. PRUEBA DE BIODEGRADABILIDAD

Se evaluaron las láminas en términos de degradabilidad por diferenciación de peso durante un periodo de 30 días, obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 4.15.** Peso de los tratamientos.

Tratamientos	Día 1	Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Día 30
<b>T1</b>	2,77	2,43	2,34	2,17	2,02	1,93	1,86
<b>T2</b>	2,63	2,57	2,45	2,41	2,22	2,05	1,46
<b>T3</b>	3,23	3,12	2,94	2,79	2,41	2,29	2,16
<b>T4</b>	1,22	1,15	1,08	0,96	0,75	0,69	0,63
<b>T5</b>	1,51	1,45	1,33	1,19	0,95	0,88	0,83
<b>T6</b>	1,96	1,89	1,75	1,55	1,43	1,26	1,14

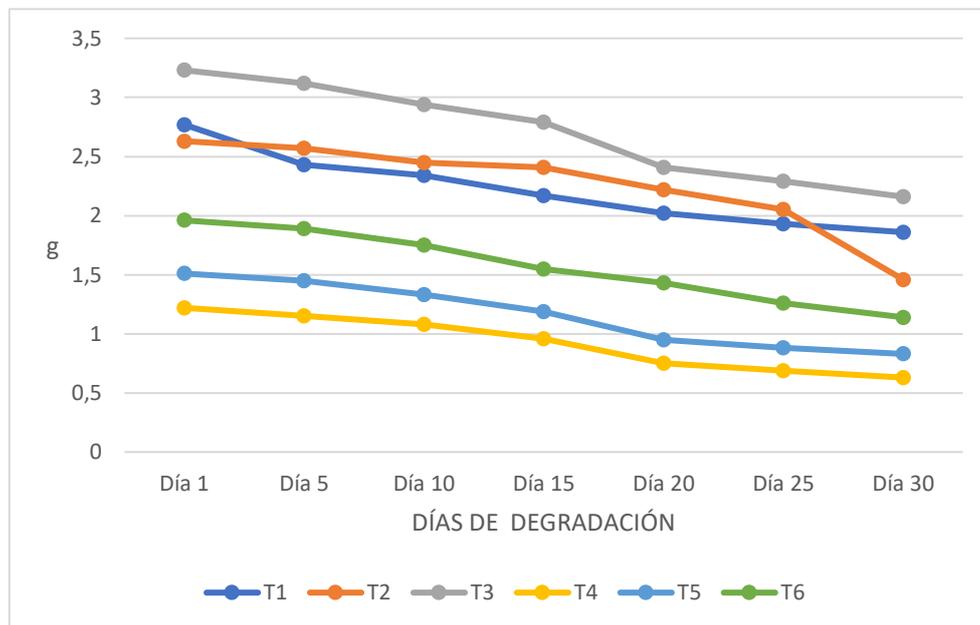
Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

Las láminas fueron evaluadas determinando su peso cada 5 días, notándose una clara degradabilidad en cada uno de los tratamientos (tabla 4.15), traducida en porcentaje por pérdida de masa, lo cual se muestra en el figura 4.7, donde se observa que los tratamientos T1 (64,66 %), T3 (63,64 %) y T6 (56,46 %), fueron los tratamientos con mayor pérdida de masa y, por consiguiente, mayor degradación y los tratamientos que presentaron menor pérdida de masa fueron T5 (53,92 %), T2 (53,01 %) y T4 (50.51 %) por ende, menor degradación.

Morales (2023) realizó un proceso de biodegradación idéntico con láminas biodegradables elaboradas a partir de almidón lo cual indica que dentro de un

periodo de 84 días se logró la debida degradación de un 43,45% de pérdida de peso.

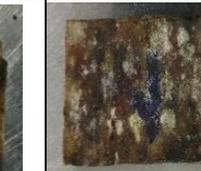
Sin embargo, existen otras investigaciones como Arévalo (2021), que realizó en condiciones normales sin alterar ningún medio , obtuvo un promedio de 90,2% de degradacion en 4 semanas en un ensayo de bioplastico a partir de almidón de arveja piquinegra (*Pisum sativum L.*).

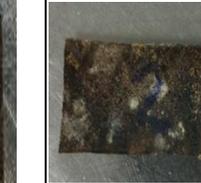
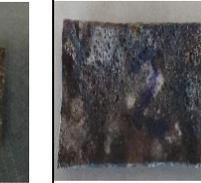
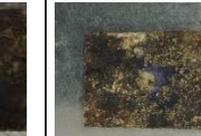


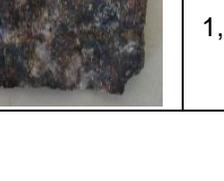
**Figura 4.7.** Biodegradación de las láminas bioplásticas.

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024)

Tabla 4.16. Proceso de degradación de las láminas bioplásticas.

Tratamientos	Peso Inicial (g)	Tiempo de degradación						Peso Final (g)
		Día 5	Día 10	Día 15	Día 20	Día 25	Día 30	
T1R1	2,8164							1,8695
T1R2	2,7983							1,8796
T1R3	2,6958							1,8547
T2R1	2,6125							1,4569
T2R2	2,6352							1,4693

T2R3	2,6541							1,4721
T3R1	3,2689							2,1523
T3R2	3,2334							2,1608
T3R3	3,1952							2,1723
T4R1	1,1936							0,6235
T4R2	1,2256							0,6356

T4R3	1,2489							0,6389
T5R1	1,4857							0,8236
T5R2	1,5124							0,8133
T5R3	1,5369							0,8469
T6R1	1,9453							1,1325
T6R2	1,9651							1,1588

T6R3	1,9714							1,1452
------	--------	---	---	---	---	---	---	--------

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024)

### **4.3. ESTABLECER LA VALORACIÓN ECONÓMICA DEL MEJOR TRATAMIENTO EN LA ELABORACIÓN DE LÁMINAS BIOPLÁSTICAS.**

#### **4.3.1. ESTUDIO ECONÓMICO DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**

En la Tabla 4.17., se detalla el análisis económico relativo a la producción de una lámina biodegradable, con un enfoque específico en el T3 como punto de referencia para la producción de la lámina bioplástica con dimensiones de 20x15 cm.

**Equipos:** En relación a los costos directos, se tomaron en cuenta los siguientes equipos: una estufa con una tarifa de 0,28 \$ por hora, una unidad de plancha de calentamiento de 0,018 \$ por hora y una balanza analítica con un costo por hora de 0,01 \$.

**Mano de obra:** Para este aspecto, se requirió la contratación de un laboratorista para brindar asistencia en el manejo de los equipos de laboratorio mencionados anteriormente. El costo asociado se determinó en base a los salarios mínimos correspondientes a una jornada diaria de 8 horas, lo que se deduce como costos hombre-hora, siguiendo las pautas establecidas por la Contraloría General del Estado (2023).

**Materiales:** Dentro de los materiales empleados se incluyen el moyuyo, el cual, bien no conllevan un costo directo, implican gastos asociados al transporte requerido para su movilización. Por tanto, se estableció un valor mínimo de \$0,001 por mililitro de moyuyo utilizado. Por otro lado, el almidón de yuca se adquiere en el mercado a un costo de \$1 por libra, aunque para fines de análisis de costos se consideró un valor de \$0,002 por gramo. En el caso de la glicerina, se estableció un valor de \$ 0,02 por ml, mientras para el valor del ácido acético se fijó un valor de \$ 0,014 por ml y por último el costo del agua, se asignó un valor de \$0.0002 por mililitro (ml) de agua empleado en el proceso.

#### **Costos indirectos**

**Materiales de oficina:** Estos representan el 15 % del costo directo y consta de 1 lápiz de aproximadamente \$0,15 centavos de dólar y 2 hojas con un valor de \$0.01 centavos de dólar, que fueron utilizados para la toma y verificación de datos, dando un valor de \$0,17.

**Tabla 4.17.** Costo de producción por láminas bioplásticas.

<b>Análisis de precio unitarios</b>					
<b>Rubro:</b>	<b>Láminas bioplásticas</b>		<b>Unidad</b>	<b>U</b>	
<b>EQUIPOS</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	$C=A*B$	R	$D=C*R$
Balanza analítica	0,1	0,01	0,001	0,5	0,0005
Estufa	0,1	0,28	0,028	0,5	0,014
Plancha de calentamiento	0,1	0,018	0,0018	0,5	0,0009
Herramientas menores (5% mano de obra)					
<b>SUBTOTAL M</b>					0,02
<b>MANO DE OBRA</b>					
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Jornal/h</b>	<b>Costo hora</b>	<b>Rendimiento</b>	<b>Costo</b>
	A	B	$C=A*B$	R	$D=C*R$
Laboratorista	0,1	4,65	0,465	0,5	0,2325
<b>SUBTOTAL N</b>					0,23
<b>MATERIALES</b>					
<b>Descripción</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Costo</b>
			A	B	$C=A*B$
Mucílago de moyuyo		ml	22	0,001	0,02
Almidón de yuca		g	35	0,002	0,07
Glicerina		ml	7	0,02	0,14
Ácido acético		ml	4	0,014	0,06
Agua destilada		ml	60	0,0002	0,01
<b>SUBTOTAL O</b>					0,30
<b>TRANSPORTE</b>					
<b>Descripción</b>		<b>Unidad</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo</b>
			A	B	$C=A*B$
					0
<b>SUBTOTAL P</b>					0
<b>TOTAL, COSTO DIRECTO (M+N+O+P)</b>					0,55

	INDIRECTOS 15%	0,17
	UTILIDAD %	
	COSTO TOTAL DEL RUBRO	0,72
	VALOR OFERTADO	0,72

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

**Tabla 4.18.** Precio de venta de láminas bioplásticas.

Precio de venta	
Materia prima	0,32
Mano de obra	0,23
Costos indirectos	0,17
Unidades producidas	1
Costo unitario de producción	0,72
Gastos de producción	0,02
Total de unidades producidas	1
Gastos unitarios de producción	0,02
Margen de utilidad	15%
Precio de venta	\$0,86

Fuente. Carrillo y Cevallos, (2024).

#### **4.3.2. COMPARACIÓN ECONÓMICA DE LAS LÁMINAS BIOPLÁSTICAS**

Se ha determinado que el costo de producción de una lámina bioplásticas de dimensiones de 20x15 cm es de \$0,72. Además, se ha establecido un precio de venta de \$0,86 con un margen de utilidad del 15 %. El precio es menor con lo reportado por Candela y Correa (2021), el cual señala que la producción de las bolsas biodegradables elaboradas a partir a base arroz con dimensiones de 32x11x27 obtuvieron un valor comercial de \$1,36.

De manera similar, Diaz y Hurtatiz (2019), en su investigación sobre un plan de negocio relacionado con la producción y distribución de bolsas biodegradables de tamaño 30x60 cm, lograron un valor de \$8.94, el cual incorporaba los costos asociados a la materia prima, así como los costos directos e indirectos de fabricación. De igual forma, la empresa Bioplásticos Genil (2019), especializada en la fabricación de bolsas a base de almidón, comercializa su producto a un precio de \$5.85.

De acuerdo con Navarrete (2019) la fabricación de láminas biodegradables presenta varias ventajas, entre ellas el uso de materiales que no generan impacto ambiental y la utilización de recursos de bajo costo, además de métodos de producción más simples. Por consiguiente, este enfoque se posiciona como una línea de trabajo con gran potencial.

# CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

- Basado en la proyección de la población del cantón Bolívar para 2035, se estima en 48,219 habitantes con un crecimiento anual del 1.1%, es crucial considerar la gestión de residuos. El polímero más generado fue el Polietileno Tereftalato (PET) con 34,8 % y el menor fue el Polietileno de baja densidad (PEBD) con 6,5 %. El Polipropileno exhibió la mayor densidad entre los plásticos analizados con 0,213 g/cm<sup>3</sup>, Además, la generación per cápita más alta se observa en el Polietileno Tereftalato (PET) 0,0001275 kg/Hab/día, y el de menor generación fue el Polietileno de baja densidad (PEBD) 0,0000240 kg/Hab/día.
- Las láminas bioplásticas cumplieron con las propiedades físicas-mecánicas siendo el T3 el que demostró mejores características en cuanto al espesor (0,15 mm), elongación (28,13%), resistencia a la tensión mayor (36.46 MPa) y T1 de menor (24,23 MPa) cumpliendo con los rangos establecidos, mientras que en la humedad el T4 presentó el mejor porcentaje de (22,17%). Todos los tratamientos mostraron biodegradabilidad en un período de 30 días. El tratamiento T1, presentó mayor pérdida de masa (64.66 %), mientras que el tratamiento T4 menor (50,51 %).
- El estudio económico para la producción de láminas bioplásticas de dimensiones 20x15 cm se basó en el tratamiento T3, el cual tiene un costo total de producción de \$0,72 y un precio de venta de \$0.86.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Monitorear de acuerdo al crecimiento poblacional la tasa de generación de plásticos PET en el cantón Bolívar y así poder proponer políticas de reducción.
- Es necesario que se conserve el mucilago de moyuyo en condiciones adecuados para mejorar las formulaciones de las láminas de bioplásticos y así estas cumplan con los estándares establecidos.
- Es necesario realizar un estudio completo de producción de láminas de bioplásticos para que estas sean una alternativa sostenible a futuro.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alianza Basura Cero de Ecuador. (2022). Ecuador sigue importando miles de toneladas de desechos plásticos, sobre todo desde EEUU. <https://www.uasb.edu.ec/wp-content/uploads/2022/04/Informe-Desechos-plasticos-Alianza-Basura-Cero-Ecuador-2022.pdf>
- anteriormente Bioprocess Control [BPC instruments]. (2022). Respirómetro para ensayo de biodegradabilidad y compostabilidad. [https://bpcinstruments.com/biodegradability-compostability/?gclid=CjwKCAiAzKqdBhAnEiwAePEjks5XqFYgfTW6N6h-NtK9gEBCdfOLzAjMigXCl1Opi6pXwD16cRV47BoCSQgQAvD\\_BwE](https://bpcinstruments.com/biodegradability-compostability/?gclid=CjwKCAiAzKqdBhAnEiwAePEjks5XqFYgfTW6N6h-NtK9gEBCdfOLzAjMigXCl1Opi6pXwD16cRV47BoCSQgQAvD_BwE)
- Arevalo, E. (2021). Obtención y caracterización de un bioplástico a partir de almidón de arveja piquinegra (*pisum sativum*) que sustituya al plástico convencional en la envoltura de alimentos. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Arias, D., Díaz, L., Guerra, Y., González, W., y Ramírez, L. (2021). Enfermedades causadas por la contaminación ambiental. <https://ambimed2021.sld.cu/index.php/ambimed/2021/paper/viewFile/764/156>
- Avellán, A., Mendoza, A., Zambrano, M., & Zamora, Y. (2020). Obtención de bioplástico a partir de almidón de maíz (*Zea mays L.*). (*Zea mays L.*). Periodicidad: Semestral, 7(1), 2020.
- Ayala, J., y Barbosa, C. (2014). Determinación de la resistencia a la tracción y tenacidad de un material compuesto a partir de bagazo de caña de azúcar y almidón de yuca, a través de los ensayos de tensión y de impacto charpy. Universidad Santo Tomás.
- Barahona, N. S., Tixi Toapanta, H. P., Hugo Calderón, S., y Barahona Alvear, L. (2019). Biopolímeros capaces de reemplazar a los plásticos tradicionales. *Ciencia Digital*, 3(4), 138–155. <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i4.954>

- Betancourt, C., Prado, R., Castellanos, L., y Campos, S. (2016). Características de la glicerina generada en la producción de biodiesel, aplicaciones generales y su uso en el suelo. *Cultivos Tropicales*, 14, 1–14.
- BIO-FED. (2022). Contribuyendo a crear soluciones ecológicas con plásticos biodegradables. <https://bio-fed.com/es/acerca-de-los-bioplasticos/>
- Cajahuaman, M., y Huaranga, L. (2020). Evaluación de la resistencia tensil de un plástico biodegradable obtenido a partir de almidón de papa (*Solanum Tuberosum*) [Universidad Nacional Del Centro Del Perú]. [https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6327/T010\\_70395047\\_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/6327/T010_70395047_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Calabokis, M. (19 de agosto de 2021). Metamorfosis del almidón: Gelatinización y retrogradación. <https://www.exiliopanadero.com/post/metamorfosis-del-almid%C3%B3n-gelatinizaci%C3%B3n-y-retrogradaci%C3%B3n>
- Campos, M. (2017). Métodos de investigación académica. [https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/76783/Campos%20Ocampo,%20Melvin.%202017.%20M%C3%A9todos%20de%20Investigaci%C3%B3n%20acad%C3%A9mica.%20\(versi%C3%B3n%201.1\).%20Sede%20de%20Occidente,%20UCR.pdf?sequence=1](https://www.kerwa.ucr.ac.cr/bitstream/handle/10669/76783/Campos%20Ocampo,%20Melvin.%202017.%20M%C3%A9todos%20de%20Investigaci%C3%B3n%20acad%C3%A9mica.%20(versi%C3%B3n%201.1).%20Sede%20de%20Occidente,%20UCR.pdf?sequence=1)
- Candela, S., y Correa, A. (2021). Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta productora de bolsas biodegradables de uso doméstico a base de arroz (*Oryza sativa*).
- Castillo, G., y Morales, A. (2022). Elaboración de bolsas de plástico biodegradable a base del almidón de papa (*Solanum tuberosum* L.) variedad superchola, ESPAM MFL. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí Manuel Félix López.
- Castro, R. (2019). Caracterización de propiedades físicas y antimicrobianas in vitro de un recubrimiento comestible a base de muyuyo (*Cordia lutea* Lam.) y quitosano. Escuela Superior Politécnica Agropecuaria De Manabí “Manuel Félix López.”

- Chuiza, M., Rodríguez, A., y Brito, H. (25 de junio de 2020). Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de Las Ciencias*, 981–994.
- Conde, A. (2013). Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 51(2), 226–238. <http://scielo.sld.cu>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). Constitución De La República Del Ecuador 2008 Decreto Legislativo 0 Registro Oficial. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Corral, G. (2015). Experimentación con el almidón de yuca para la realización de un material para empaques. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/5376/1/11737.pdf>
- Cortez Suarez, L. A., Petroche Torres, D. J., Camba Ramírez, W. E., y Mariscal Santi, W. E. (2022). Comportamiento compostable y biodegradable de bioplásticos producidos con desechos agrícolas. *RECIAMUC*, 6(3), 546–555. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.546-555](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.546-555)
- Díaz, S., y Hurtatiz, A. (2019). Plan de negocio diseño, fabricación y comercialización de bolsas biodegradables. Universidad EAN.
- Domínguez, M. (2015). La contaminación ambiental, un tema con compromiso social. *Producción + Limpia*, 10(1), 9–21. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1909-04552015000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=es](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-04552015000100001&lng=en&nrm=iso&tlng=es)
- Duarte, R. (2022). Gelatinización: Mas de lo que parece. *Revista de Gastronomía y Cocina*. <https://academiaculinaria.org/index.php/gastronomia-cocina/article/view/6/6>
- Escobar, D., Sala, A., Harispe, R., y Marquez, R. (2009). *Tecnología alimentaria*.
- Espinoza, F., y Ruiz, D. (2021). Influencia del porcentaje de glicerol sobre la resistencia y deformación en tracción de plásticos biodegradables a base de almidón del tubérculo *Manihot esculenta crantz* [Universidad Nacional De Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/server/api/core/bitstreams/2d6b4f7a-f9ba-47b8-8f87-6e8292dfbaa5/content>

- Fernández, J. J., y Vargas, P. A. (2015). Elaboración de un plan de negocios para determinar la factibilidad de la producción de bioplásticos a partir de papa en contra de la contaminación en Colombia. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13350/PRODUCCION%20DE%20BIOPLASTICOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Garrido, R. (2020). Elaboración de un bioplástico a partir de la palta (*Persea americana*) con cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) y almidón de papa (*Solanum tuberosum*), con su efecto de elasticidad. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1032/discover>
- Genil, B. (2019). Fabricante de Bolsas de Plástico Baratas, Compostables y Biodegradables para Comercio y Farmacias. <https://www.bioplasticosgenil.es/>
- Gilces, S., y Zambrano, L. (2022). Aprovechamiento del mucílago del moyuyo (*cordia lutea*) para la elaboración de láminas de plástico biodegradables.
- Gottau, G. (5 de febrero de 2018). Todo sobre la yuca: propiedades, beneficios y su uso en la cocina. <https://www.vitonica.com/alimentos/yuca-propiedades-beneficios-y-su-uso-en-la-cocina>
- Guamán, J. (2019). Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>
- Guamán, J. M. (2019). Obtención de plásticos biodegradables a partir de almidón de cáscaras de papa para su aplicación industrial [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>
- Hahn, A., Moore, J., Shorb, J., Prat, X., Wendorff, T., y Vitz, E. (29 de octubre de 2022). Reticulación - LibreTexts español. [https://espanol.libretexts.org/Quimica/Quimica\\_General/Libro3A\\_ChemPrime\\_\(Moore\\_et\\_al.\)/083A\\_Propiedades\\_de\\_los\\_Compuestos\\_Organicos/8.263A\\_Reticulacion](https://espanol.libretexts.org/Quimica/Quimica_General/Libro3A_ChemPrime_(Moore_et_al.)/083A_Propiedades_de_los_Compuestos_Organicos/8.263A_Reticulacion)

- Hernández, A. (2018). Preparación de films a base de quitosano enriquecido con flavonoides totales de ñachak (*Bidens andicola*). Escuela Superior Politécnica De Chimborazo.
- Hernández, D., y Vargas, P. (2017). Harinas y almidones de yuca, ñame, camote y ñampí: propiedades funcionales y posibles aplicaciones en la industria alimentaria. *Tecnología En Marcha*, 26, 37–45.
- Hidalgo, A., Álvarez, C., Soto, M., y Amaya, J. (1 de enero de 2022). Quantification and mapping of domestic plastic waste using GIS/GPS approach at the city of Guayaquil. *Procedia CIRP*, 105, 86–91. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.015>
- INEN. (2012). Método de ensayo para determinar la biodegradación aeróbica en el suelo de los materiales plásticos o de materiales plásticos residuales después de compostaje.
- Infinitia Industrial Consulting [IIC]. (14 de mayo de 2021). Materiales plásticos: Tipos, composición y usos. <https://www.infinitiaresearch.com/noticias/materiales-plasticos-tipos-composicion-usos/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2012). Método de ensayo para las propiedades de tracción de láminas plásticas delgadas. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (9 de enero de 2014). [https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte\\_inen\\_iso\\_14855-2.pdf](https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/nte_inen_iso_14855-2.pdf)
- Instituto Tecnológico del Plástico [AIMPLAS]. (2 de julio de 2020). Biodegradabilidad aeróbica en compostaje controladas. <https://www.aimplas.es/blog/iso-14855-biodegradabilidad-aerobica-en-condiciones-de-compostaje-controladas/>
- Intriago, M., Zambrano, L., Loor, C., Mayorga, J., y Zambrano, G. (10 de julio de 2019). Evaluación del rendimiento de vinagre obtenido de la pulpa de banano (*musa paradisiaca*) mediante fermentación bifásica alcohólica y acética. <https://editorialibkn.com/index.php/Yachasun/article/view/18/61>

- Irrazábal, N., y Marotto, M. (2018). Técnicas experimentales en la investigación de la comprensión del lenguaje. *Revista Latinoamericana de Psicología*, 37(3), 581–594.  
[http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0120-05342005000300009&lng=pt&nrm=iso&tlng=es](http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-05342005000300009&lng=pt&nrm=iso&tlng=es)
- Jiménez, J. C., y Suárez, T. (2018). Preservación del pelecanus occidentalis por acondicionamiento del hábitat mediante la reforestación con muyuyo en la isla santa clara archipiélago jambelí [Universidad Técnica de Machala].  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12382/1/JIMENEZ%20PARDO%20JEAN%20CARLO.pdf>
- Lema, A., y Manzo, N. (2021). Diseño de una línea de producción de bioplástico a partir de residuos del cacao con aplicación en envasado de alimentos. universidad técnica estatal de Quevedo.
- Lerma, J. (15 de mayo 2017). El agua y los plásticos, difícil amistad - Plástico.  
<https://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/186137-El-agua-y-los-plasticos-dificil-amistad.html>
- Loja, D. E., y Muñoz, W. A. (2013). Estudio de factibilidad financiera y económica para la creación de una planta productora de eco fundas basadas en el bioplástico en el cantón Cuenca [UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA].  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5205/1/UPS-CT002746.pdf>
- Lopez, A. (2017). Impacto ambiental del manejo actual de residuos de papel en la carrera de medio ambiente de la ESPAM “MFL.”  
<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/612/1/TMA130.pdf>
- Lynch, J., y Zambrano, J. (2021). Aprovechamiento de residuos de yuca (Manihot esculenta Crantz) como aporte nutricional del chame (Dormitator latifrons) con fines de economía circular.
- Maliza, V. (2021). Síntesis de bioplástico a partir de la pulpa de plátano de seda (Musa paradisiaca) y plátano rojo (Musa acuminata) para uso como envolturas en productos alimenticios. [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo].

- Martinez, L., y Andrade, M. (2011). Elaboración de cerveza artesanal utilizando cebada (*Hordeum vulgare*) y yuca (*Manihot Esculenta crantz*). Universidad Tecnica del Norte.
- Martínez, P. (2019). Sistematización y registro de información para la modulación, estructuración y armado de mobiliario en melamine. <https://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/9035/1/14680.pdf>
- Medina, M. A. (2017). Plan de gestión integral de residuos sólidos para la cabecera cantonal de Yacuambi, provincia de Zamora Chinchipe. <https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/17511/3/Medina%20Abrigo%2C%20Marco%20Anibal-Tesis.pdf>
- Meneses, W., Velázquez, B., y Ferrer, A. (2021). Separation of virgin plastic polymers and post-consumer mixed plastic waste by sinking-flotation technique. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-15611-w/Published>
- Morales, N. (2023). Evaluación de la biodegradabilidad de película consumible de almidón de papa pastusa por casting.
- Moreno, A., Humarán, V., Báez, E., Báez, G., y León, A. (2017). Transformación del almidón de papa, mucílago de nopal y sábila en bioplásticos como productos de valor agregado amigables con el ambiente. *Ra Ximhai*, 13, 365–382.
- Moreno, M. (2022). Caracterización del plástico destinado a reciclaje dispuesto en el vertedero de basura de la ciudad de Riobamba [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/17658/1/236T0643.pdf>
- National Geographic. (2020). Reino Unido prohíbe el uso de microplásticos en cosméticos. [https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/actualidad/reino-unido-prohibe-uso-microplasticos-cosmeticos\\_12251](https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/actualidad/reino-unido-prohibe-uso-microplasticos-cosmeticos_12251)
- Navarrete, I. (2019). ¿Qué aspectos positivos conlleva el manejo de bolsas biodegradables?

- Notimérica. (2 de julio de 2021). La contaminación por plástico amenaza con efectos irreversibles. Europa Press. <https://www.notimerica.com/ciencia-tecnologia/noticia-contaminacion-plastico-amenaza-efectos-irreversibles-20210702105802.html>
- NTE INEN 2290. (2015). Fundas plásticas para residuos y desechos sólidos. Requisitos.
- NTE INEN 2542. (2010). Láminas plásticas. requisitos.
- Olague, J., y Leyva, O. (2018). Modelo de ecuaciones estructurales por el método de mínimos cuadrados parciales (Partial Least Squares-PLS). Métodos y Técnicas Cualitativas y Cuantitativas Aplicables a La Investigación En Ciencias Sociales, 479–497. [https://www.researchgate.net/publication/326080867\\_Observacion](https://www.researchgate.net/publication/326080867_Observacion)
- Organización de las Naciones Unidas [ONU]. (21 de octubre de 2021). Informe de la ONU sobre contaminación por plásticos advierte sobre falsas soluciones y confirma la necesidad de una acción mundial urgente. <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/informe-de-la-onu-sobre-contaminacion-por-plasticos>
- Orozco, E. (2017). Elaboración y caracterización de películas de mucilago de nopal-pectina: efecto de la concentración del mucilago de nopal en las propiedades fisicoquímicas y mecánicas [Universidad Autónoma Del Estado De México]. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/67766/Tesis%20Eli%20%283%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Paitan, B., y Rojas, W. (2022). "Calidad de bioplásticos obtenidos del almidón de cascara de papa (*Solanum tuberosum*). Universidad Nacional De Huancavelica.
- Peñafiel, P., Orejuela, J., Barahona, M., Guaicha, D., y Jungal, N. (2024). Caracterización de Residuos Plásticos Generados en la Provincia de Orellana-Ecuador. Estudios y Perspectivas Revista Científica y Académica.
- Pinargote, L., y Sanchez, M. (2023). Obtención de combustible a partir de residuos plásticos mediante el proceso de pirólisis.

- Plastiflan. (14 de agosto de 2021). ¿Cuáles son los plásticos en Ecuador más reciclables? <https://plastiflan.com.ec/cuales-son-plasticos-reciclables-ecuador/>
- Pluas, R., Martínez, C., y Zambrano, Y. (2020). Los bioplásticos: para una alternativa ecológica. 5, 274–282. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i10.1805>
- Quinde, W. (2020). Desarrollo de aplicaciones culinarias a partir de la fruta de Muyuyo (*Cordia lutea lamarck*, boraginaceae) para su aprovechamiento en el cantón Paján, Manabí. (Proyecto de Investigación) [Universidad De Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/49626/1/BINGQ-GS-20P09.pdf>
- Rodríguez, A., y Pérez, O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. <https://www.redalyc.org/pdf/206/20652069006.pdf>
- Ropero, S. (12 de febrero de 2020). Tipos de Contaminantes Ambientales - Clasificación y Ejemplos. <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-contaminantes-ambientales-2477.html>
- Salamanca, J., y Vera, L. (2019). Propuesta metodológica para la obtención de un material a partir del pseudotallo y las hojas generadas en el cultivo de plátano de la variedad Dominico Hartón, en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta. [Universidad El Bosque]. [https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2147/Salamanca\\_Ruiz\\_Brenda\\_Johana\\_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2147/Salamanca_Ruiz_Brenda_Johana_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Sangucho, D., Velasco, D., y Viera, L. (30 de junio 2023). Propiedades físicas y mecánicas de reciclados de plásticos producidos en Ecuador como material de construcción.
- Santacruz, S., Rivadeneira, C., y Castro, M. (2015). Edible films based on starch and chitosan. Effect of starch source and concentration, plasticizer, surfactant's hydrophobic tail and mechanical treatment. *Food Hydrocolloids*, 49, 89–94. <https://doi.org/10.1016/J.FOODHYD.2015.03.019>
- Serna, E. (2021). Ciencia transdisciplinar para el desarrollo y la supervivencia de la humanidad. <https://www.researchgate.net/publication/357884719>

- Sernaqué, F., Huamán, L., Chacón, M., y Chipa, H. (2020). Biodegradabilidad de los bioplásticos elaborados a partir de cáscaras de *Mangifera indica* y *Musa paradisiaca*. 47(4), 22–31. <http://cagricola.uclv.edu.cu>
- Simón, C. (2021). Biodegradabilidad de plásticos en agua, suelo y compost. ensayos. 1–45. [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)
- Solórzano, J., Vargas, M., Ponce, W., Rosero, E., y Riera, M. (1 de enero de 2023). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de la tusa de maíz (*Zea mays*). *Publicaciones En Ciencias y Tecnología*, 17. <https://doi.org/https://doi.org/10.5281/zenodo.10155718>
- Statista Research Department [SRD]. (29 de septiembre de 2022). Producción de plástico a nivel mundial de 1950 a 2020 (en millones de toneladas métricas). <https://es.statista.com/estadisticas/636183/produccion-mundial-de-plastico/>
- The Nature Conservancy [TNC]. (19 de junio de 2021). Contaminación por plásticos. <https://www.nature.org/es-us/que-hacemos/nuestras-prioridades/ciudades-saludables/detener-residuos-plasticos/>
- Torres, E. (2021). Elaboración de bioplásticos a partir del almidón de la cáscara de la papa (*Solanum tuberosum*) y la cáscara de la papaya hawaina (*Carica Papaya L.*) como alternativa para uso de envolturas biodegradables de alimentos [Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14978/1/96T00632.pdf>
- Torres, H. (2017). Estudio de Factores que afectan la calidad de Proceso y Producto a base de Plastisol. 1–51. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/555/1/CE%20EQA%20Humberto%20Torres%2031%20ene%202018.pdf>
- Universidad Nacional Autónoma de México [UNAM]. (2019). El método estadístico. <https://www.unamenlinea.unam.mx/recurso/83050-el-metodo-estadistico>

- Veliz, J. (2022). Obtención y caracterización química del mucilago del fruto muyuyo (*Cordia lutea*) y elaboración de productos de limpieza personal [Universidad De Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/59624/1/FINAL-TEISIS%20JENNIFER%20VELIZ%20CEDE%C3%91O.pdf>
- Versino, F., y García, M. A. (2017). Materiales eco-compatibles reforzados a base de almidón de mandioca para aplicaciones agronómicas. *Materia*. <https://doi.org/10.1590/S1517-707620180002.0545>
- Villa-Uvidia, D., Osorio-Rivera, M., y Villacis-Venegas Norma. (2020). Extracción, propiedades y beneficios de los mucílagos. *6*, 503–524. <https://doi.org/10.23857/dc.v6i2.1181>

## **ANEXOS**

## Anexo 1. Caracterización de los tipos de plásticos.



Anexo 1-A. Separación manual de plásticos.



Anexo 1-B. Medición de la altura libre.



Anexo 1-C. Cálculo de densidad.



Anexo 1-D. Pesaje del tipo de plástico.

## Anexo 2. Recolección del fruto del moyuyo (*Cordia lutea*).



Anexo 2-A. Recolección de frutos.

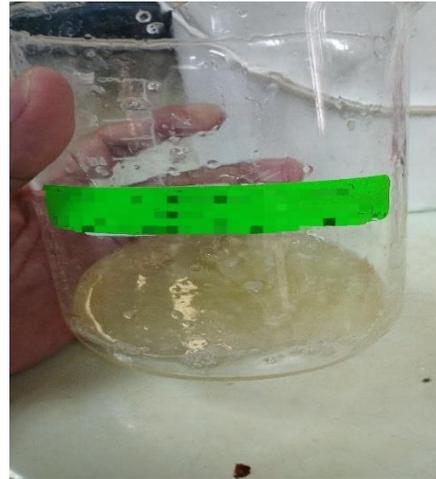


Anexo 2-B. Frutos recolectados.

### Anexo 3. Extracción del mucílago del moyuyo (*Cordia lutea*)



Anexo 3-A. Extracción del mucílago en el laboratorio.



Anexo 3-B. Mucílago extraído.

### Anexo 4. Materiales e insumos utilizados en la elaboración de láminas bioplásticas.

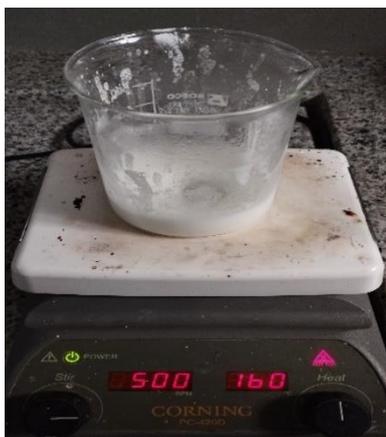


Anexo 4-A cantidad de almidón.



Anexo 4-B. Plancha de calentamiento.

### Anexo 5. Elaboración de las láminas bioplásticas.



Anexo 5-A. Dilución del almidón en agua destilada.



Anexo 5-B. Homogeneización de la mezcla.



**Anexo 5-C.** Sustancia viscosa y transparente.



**Anexo 5-D.** Moldeado de la sustancia.



**Anexo 5-E.** Sustancia esparcida en moldes de vidrio.



**Anexo 5-F.** Moldes de vidrio en la estufa.



**Anexo 5-G.** Sustancia esparcida después de estufa



**Anexo 5-G.** Lámina elaborada.

## Anexo 6. Caracterización física y mecánica de las láminas bioplásticas



Anexo 6-A. Medición del espesor.



Anexo 6-B. Medición de la resistencia a la tensión y elongación



Anexo 6-B. Medición del porcentaje de humedad.

## Anexo 7. Ensayo de biodegradación de las láminas



Anexo 7-A. láminas enterradas en las tarrinas.



Anexo 7-B. Limpieza de las láminas.



**Anexo 7-C.** Pesaje de las láminas.

## Anexo 18. Certificado de los análisis de laboratorio realizados en la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.



Facultad de Ciencias de la Vida  
y Tecnologías

### CERTIFICACIÓN

Manta, 31 de enero del 2024

La Decana de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías y el Coordinador de Laboratorios de la Carrera de Agroindustrias, certifica que:

Una vez realizados los estudios correspondientes en el Laboratorio de Lácteos, se emite este documento con resultados de los siguientes análisis: Determinación de Resistencia a la tensión y elongación en muestras de láminas bioplásticas, dichos análisis corresponden al trabajo de titulación "**Evaluación del almidón de yuca (*manihot esculenta*) y mucilago de moyuyo (*cordia lutea*) en la elaboración de láminas bioplásticas**", de Carrillo Pachay Marco Steve y Cevallos Saltos Anthony Fernando. Estudiantes egresados de la carrera de Ingeniería Ambiental de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí "Manuel Félix López".

RESISTENCIA A LA TENSION (N)				ELONGACION (%)			
Tratamientos	R1	R2	R3	Tratamientos	R1	R2	R3
T1	16.3438	37.1145	19.2171	T1	21.5906	24.8532	20.7529
T2	8.11632	5.49014	10.771	T2	21.7687	21.5324	23.35
T3	41.6615	20.7729	46.9333	T3	29.0911	26.0721	29.2385
T4	0.73099	13.5431	8.16449	T4	20.3821	20.1489	21.1503
T5	8.88213	8.3755	14.9687	T5	20.5762	20.6907	21.2491
T6	23.5951	6.42355	8.72501	T6	22.6368	20.3048	22.3584

Particular que informamos para fines pertinentes.

Atentamente

  
Dra. Dolores Muñoz Verdes, Ph.D.  
Decana F. Ciencias de la Vida y Tecnologías  
Email: dolores.munoz@uleam.edu.ec  
Cc.: Archivo.



  
Ing. Cesar López Zambrano Mg.  
Coordinador de Laboratorio  
Email: cesar.lopez@uleam.edu.ec

05-2623-740 ext. 127 / 05-2622758  
Av. Circunvalación Vía a San Mateo  
www.uleam.edu.ec/facultades/

 UleamEcuador

Uleam