



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ

EXTENSIÓN EL CARMEN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

Creada Ley No 10 – Registro Oficial 313 de noviembre 13 de 1985

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA AGROPECUARIA**

**“Biopolímero a base del raquis del plátano usados en empaques
biodegradables”**

AUTORA: Marcillo Alcívar María Consuelo

TUTOR: Ing. George A. García Mera, Mg.Sc

El Carmen, marzo del 2023

	NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO: PAT-01-F-010
	CERTIFICADO DE TUTOR(A)	
	PROCEDIMIENTO: TITULACIÓN DE ESTUDIANTES DE GRADO	REVISIÓN: 2
		Página 1 de 1

CERTIFICACIÓN

En calidad de docente tutor de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la Universidad Laica “Eloy Alfaro” de Manabí, CERTIFICO:

Haber dirigido y revisado el trabajo de investigación, bajo la autoría de la estudiante Marcillo Alcívar María Consuelo, legalmente matriculada en la carrera de Ingeniería Agropecuaria, período académico 2021 (1)-2022 (1), cumpliendo el total de 440 horas, bajo la opción de titulación de proyecto de investigación, cuyo tema del proyecto es “Biopolímero a base del raquis del plátano usados en empaques biodegradables”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Manta, 16 de diciembre del 2022.

Lo certifico

Ing. George A García Mera, Mg. Sc

Docente Tutor

Área: Industria y producción

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Marcillo Alcívar María Consuelo con cédula de ciudadanía 131410417-3, egresada de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí Extensión El Carmen, de la carrera Ingeniería Agropecuaria, declaro que la responsabilidad de la presente investigación titulada: “**Biopolímero a base del raquis del plátano usados en empaques biodegradables**”, es información exclusiva de su autora, apoyada por profesionales de diferentes índoles, y autores presentados en las bibliografías que fundamenta este trabajo, también declaro que la propiedad intelectual del trabajo investigativo pertenece a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Marcillo Alcívar María Consuelo

AUTORA

**UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO" DE MANABÍ
EXTENSIÓN EL CARMEN**

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

TÍTULO:

“Biopolímero a base del raquis del plátano usados en empaques biodegradables”

AUTOR: Marcillo Alcívar María Consuelo

TUTOR: Ing. George A García Mera, Mg. Sc

**TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERA AGROPECUARIA**

TRIBUNAL DE TITULACIÓN

MIEMBRO: Ing. Myriam Zambrano Mendoza, Mg

MIEMBRO: Ing. Janeth Intriago Vera, Mg

MIEMBRO: Econ. Elva Palacios Alcívar, Mg

DEDICATORIA

Mi tesis se la dedico en primer lugar a Dios el cual me regaló una hermosa familia y me ha permitido llegar a este punto de mi vida y mis estudios.

Con mucho amor a mis padres Leonardo Marcillo y Consuelo Alcívar, quienes han sido mi ayuda incondicional, que a pesar de las dificultades han estado apoyándome con todo su amor en cada paso de mi vida y carrera. Los amo demasiado y este trabajo es para ustedes, es la recompensa de su hija, por todo el esfuerzo que han hecho por mí, para que yo pueda obtener este título y muchas cosas en mi vida.

A mis hermanos Leonardo y Angel Marcillo que de igual manera han estado conmigo apoyándome en todo momento.

Por todo el amor que me han brindado les dedico este logro, porque sin ustedes esto no hubiera sido posible.

Marcillo Alcívar María Consuelo

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiere agradecer a mi tutor el Ing. George A. García Mera, Mg.Sc, ya que sin su paciencia y constancia no hubiese logrado terminar este trabajo. Sus consejos fueron siempre de gran apoyo, por sus aportes profesionales que lo caracterizan y por siempre darme palabras motivacionales, siempre lo llevaré presente en la memoria en mi futuro profesional como un excelente docente, tutor y persona.

Agradezco también a los docentes que estuvieron apoyándome desde el primer momento en la realización de este proyecto al Ing. Edison Lavayen que me ayudó en la parte estadística, al Ing. César López y el Ing. Marlon Castro ya que ellos siempre estuvieron pendientes en la realización de los análisis de laboratorio.

Agradezco a mis familiares y amigos que con una palabra de apoyo siempre me impulsaban a seguir a delante, de manera especial a mis tías: Magaly y Miriam Alcivar que estuvieron pendientes de mí desde el primer día que empecé mi carrera, y a mi tío Yovanny Marcillo y su esposa María Valencia que estuvieron para mí cuando más los necesité.

A mis abuelitos maternos que siempre con una muestra de cariño me motivaban a lograr mi meta anhelada.

INDICE

PORTADA	1
CERTIFICADO DE TUTOR	2
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	3
TRIBUNAL DE TITULACIÓN	4
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTO	6
INDICE DE TABLAS	9
INDICE DE GRÁFICOS	10
INDICE DE ANEXOS	11
RESUMEN	12
ABSTRACT	13
INTRODUCCIÓN	14
Problema científico:	15
Justificación:	16
• Objetivo general:	16
• Objetivos específicos:	16
• Hipótesis:	16
CAPÍTULO I	17
1. MARCO TEÓRICO	17
1.1. El plátano	17
1.2. Cultivo de plátano en Ecuador	17
1.3. Variedades de plátano en Ecuador	18
1.4. Plátano Barraganete	18
1.4.1. Características del plátano barraganete	19
1.4.2. Taxonomía	19
1.5. Fenología del plátano	20
1.6. Residuos agroindustriales de la cosecha de plátano	21
1.6.1. Residuos agroindustriales definición	22

CAPITULO II	30
2. Antecedentes	30
CAPÍTULO III	32
3.1. Localización de la unidad experimental	32
Caracterización agroecológica de la zona	32
3.2. Obtención de la materia prima	32
3.3. Variables o factores en estudio	33
CAPITULO IV	43
4. Resultados y discusiones	43
4.1. Composición química del raquis	43
4.2. Permeabilidad	43
4.3. Resistencia a la tensión (RT), dureza y elongación	45
• Resistencia a la tensión	45
• Dureza	46
• Elongación	47
Conclusiones	49
Recomendaciones	50
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	51
ANEXOS	56

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Taxonomía del plátano.....	20
Tabla 2: Composición química del raquis de plátano barraganete (Musa Paradisiaca).....	24
Tabla 3: Clasificación de los biopolímeros por su funcionalidad	27
Tabla 4: Ventajas y limitaciones de los empaques basados en biopolímeros.....	29
Tabla 5: Características agroecológicas de la localidad.....	32
Tabla 6: Características de las unidades experimentales.....	34
Tabla 7: Tratamientos evaluados.....	34
Tabla 8: Esquema de ADEVA empleado.....	35
Tabla 9: Composición química del raquis de plátano barraganete (Musa Paradisiaca).....	43

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Fenología del plátano	21
Gráfico 2: Diagrama de flujo de obtención de harina de raquis.....	40
Gráfico 3: Diagrama de flujo de preparación de las películas	41
Gráfico 4: Permeabilidad al vapor de agua (PVA).....	44
Gráfico 5: Resistencia a la tensión (RT)	45
Gráfico 6: Dureza N.....	46
Gráfico 7:Elongación.....	47

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Anova de la variable permeabilidad	56
Anexo 2: Anova de la variable resistencia a la tensión	56
Anexo 3: Anova de la variable dureza.....	56
Anexo 4: Anova de la variable elongación	57
Anexo 5: Selección de raquis	57
Anexo 6: Preparación de la muestra.....	58
Anexo 7: Análisis para composición química del raquis	61
Anexo 8: Resultados de los análisis de ceniza, humedad y fibra cruda.....	63
Anexo 9: Preparación de las películas.....	66
Anexo 10: Resultados de los análisis de permeabilidad, resistencia, dureza y elongación de las películas.	71

RESUMEN

El uso del plástico está a diario en nuestras vidas, sin embargo, el uso excesivo ha provocado un inmenso daño en el planeta, y sin darnos cuenta los envases y empaques para comida también afectan a nuestra salud. Teniendo en cuenta estos antecedentes y en busca de una alternativa para reducir los residuos que contaminan el medio ambiente, se desarrolló la investigación para la elaboración de un Biopolímero a base del raquis del plátano (*Musa Paradisiaca*) usados en empaques biodegradables, y de esta manera poder darle un mejor aprovechamiento y un valor agregado a este residuo orgánico, considerando que el cantón El Carmen se dedica a la exportación de esta especie de plátano y se generan grandes cantidades de este residuo, el cual si no se le da un buen uso y aprovechamiento también puede causar contaminación y problemas ambientales.

El presente proyecto tuvo como objetivo determinar las características mecánicas de películas a base de biopolímero (raquis del plátano), en la elaboración para empaques biodegradables, para lo cual se le realizaron análisis de permeabilidad, resistencia, dureza y e dando como resultado los siguientes valores: permeabilidad T1 $2,70 \times 10^{-11}$ g m/sm²Pa, T2 $1,04 \times 10^{-11}$ g m/sm²Pa, resistencia a la tensión T1 12,05 MPa, T2 2,46 MPa, dureza T1 23,99 N, T2 37,76 N y elongación T1 15.62%, T2 1,39 %

Palabras claves: Contaminación, biodegradable, biopolímero, permeabilidad, elongación.

ABSTRACT

The use of plastic is daily in our lives; however, excessive use has caused enormous damage to the planet, and without realizing it, food containers and packaging also affect our health. Taking this background into account and in search of an alternative to reduce the waste that pollutes the environment, research was carried out for the elaboration of a Biopolymer based on the rachis of the banana (*Musa Paradisiaca*) used in biodegradable packaging, and of In this way, we can give better use and added value to this organic residue, considering that the El Carmen canton is dedicated to the export of this species of banana and large quantities of this residue are generated, which if it is not given a good use and exploitation can also cause pollution and environmental problems.

The objective of this project was to determine the mechanical characteristics of biopolymer-based films (banana rachis), in the production of biodegradable packaging, for which the following analyzes were carried out, resulting in the following: T1 2 permeability values, 70×10^{-11} g m/sm²Pa, T2 1.04×10^{-11} g m/sm²Pa, tensile strength T1 12.05 MPa, T2 2.46 MPa, hardness T1 23.99 N, T2 37.76 N and elongation T1 15.62%, T2 1.39%.

Keywords: Contamination, biodegradable, biopolymer, permeability, elongation.

INTRODUCCIÓN

El plátano (*Musa paradisiaca*) es consumido a nivel mundial, al ser un alimento con mucho valor nutritivo, cuenta con vitaminas A, B6 y C, contiene potasio, magnesio, calcio, los cuales son componentes vitales para nuestro organismo. Se cultiva en El Carmen (cantón de Manabí), donde la producción de verde es una de las principales actividades económicas. Allí, el plátano del tipo barraganete ha ganado espacio, porque se destina a la exportación (Comercio, 2011).

El plátano es saludable para ser consumido por su alto contenido de hidratos de carbono, potasio y magnesio, es parte de la canasta básica familiar porque es fuente de materia prima para la elaboración de platos típicos de la región costa ya que se pueden consumir cocidos, fritos, al horno, en sopas, harinas, entre otros según la necesidad (Haro, Borja, & Triviño, 2017).

En el marco del transcurso productivo del plátano se originan grandes cantidades de residuos orgánicos, puesto que solo se utilizan los frutos, entre los residuos se encuentran principalmente los raquis.

Entre los desechos del plátano que cuentan con un alto valor nutricional, encontramos el raquis, el cual presenta una forma helicoidal, el mismo cumple la función de sostén de los racimos. Una vez que los plátanos han sido empaquetados, este termina siendo un sobrante, para lo cual es de mucha importancia encontrar nuevas opciones de usos para estos desechos orgánicos.

Teniendo en cuenta los efectos negativos que tienen los envases plásticos, tanto en la salud humana como en el medio ambiente, y para reducir la exposición y el impacto de los plásticos, ha surgido la alternativa de los envases biodegradables.

Los envases biodegradables son los que están fabricados con materias primas orgánicas, que se pueden obtener de fuentes renovables. Estos envases se elaboran utilizando biopolímeros, estos son moléculas que se las encuentra en organismos vivos,

como pueden ser la celulosa y proteínas. Estos empaques son una gran ventaja ya que no representan un problema para la salud, ni para el medioambiente, ya que de esta manera podemos consumir los alimentos de manera segura.

Esta investigación se realizó con el fin de buscar un uso alternativo a la materia prima, como lo son los desechos orgánicos del plátano, especialmente del raquis, de la variedad Barraganete una vez que ha cumplido su edad productiva, y así poder darle un valor agregado a este residuo que termina siendo un excedente, con la realización de biopolímeros para la elaboración de empaques biodegradables.

Problema científico:

Vivimos en un mundo donde estamos rodeados de plástico, desde los empaques de los materiales y cubiertos a artefactos plásticos y dispositivos médicos. Desde mediados del siglo veinte, los plásticos han sido una bendición para la humanidad y una parte integral de nuestra vida moderna. Sin embargo, los residuos plásticos son la mayor preocupación debido a su abundancia y persistencia en el medio ambiente (Sarria Villa & Gallo Corredor, 2016).

La gran contaminación por los desechos de envases plásticos es uno de los grandes problemas medioambientales, que afecta a todo el ambiente, tales como la tierra, agua y aire. Los envases plásticos utilizados para los empaques de comida representan un grave efecto en el organismo humano, ya que los distintos componentes con los que están formados para proporcionarles dureza, flexibilidad, ligereza, etc, están en la mayoría de los materiales poliméricos con los que son fabricados.

Tales sustancias con las que están elaboradas pueden ser liberadas en pequeñas cantidades por acción del calor, provocando que estos contaminantes de los envases lleguen hasta el alimento lo cual provoca daños drásticos en el cuerpo humano.

Justificación:

La elaboración y uso de empaques biodegradables a base del raquis de plátano es una alternativa de mucha importancia con un gran efecto ecológico para lograr disminuir la contaminación a causa de los plásticos derivados de los hidrocarburos, y a su vez se da un mejor aprovechamiento de estos residuos orgánicos.

Elaborar biopolímeros a base de raquis de plátano barraganete es una buena opción teniendo en cuenta que el cantón El Carmen se dedica a la producción de esta variedad para la exportación, y todos estos residuos no son aprovechados los cuales también provocan problemas ambientales al no darles un buen uso, y con esta innovación se les dará un valor agregado, convirtiéndose en una nueva fuente de ingreso económico para los productores de plátano y aportando una mejor calidad de vida a los habitantes, y a su vez se logran generar nuevas opciones de trabajo.

Reducir el uso y los impactos del plástico es responsabilidad de todos.

- **Objetivo general:** Determinar las características mecánicas de envases a base de biopolímero (raquis del plátano), en la elaboración para empaques biodegradables.
- **Objetivos específicos:**
 - Determinar la calidad del biopolímero a base del raquis de plátano.
 - Determinar la eficiencia del mejor tratamiento referente a los aditivos que se utilizaron en la elaboración de biopolímeros.
 - Caracterizar las propiedades mecánicas (permeabilidad, resistencia a la tensión, dureza, elongación), en los empaques.
- **Hipótesis:** En los envases fabricados a base de fibras naturales, como el raquis de plátano, los aditivos, influyen en las características mecánicas de los empaques.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO

1.1.El plátano

De acuerdo con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD por sus siglas en inglés) (2015), el plátano es originario del sudeste de Asia, se cultiva desde hace aproximadamente 10 mil años, su distribución en el mundo ocurrió en conjunto con las migraciones humanas y conquistas, llegando a Oriente Medio, África, Europa y a América. Las plantaciones se ubican principalmente en regiones húmedas y cálidas, pero también se ha desarrollado en zonas tropicales y subtropicales (Sedeño, 2019).

El género *Musa* es muy antiguo y muchas de las especies presentes en él son utilizadas tanto en la alimentación humana como en el animal (Arteaga, 2015).

El plátano, es también conocido como “Plátano macho, plátano verde o plátano para cocer” es un fruto de la Familia de las Musáceas (Musaceae), especie *Musa paradisiaca*, más grande y menos dulce que otras variedades de su misma familia. Tiene forma alargada, ligeramente curvada y cada unidad puede llegar a pesar aproximadamente 200 gramos, tiene piel gruesa, harinosa y de color blanco (Haro, Borja, & Triviño, 2017).

El Ecuador es el primer productor mundial de banano y el primer exportador desde 1952. La calidad de su fruta es lo que hace que en gran parte del mundo se consuma su banano, por lo que se ha considerado como el líder bananero por más de cuatro décadas en el ámbito internacional bananero (Moreira, 2013).

1.2.Cultivo de plátano en Ecuador

Anualmente en Ecuador se cultivan cerca de seis millones de toneladas de plátano, la mayor parte de las cuales son para exportación, la Unión Europea (59%) es el principal destino, seguido por Estados Unidos (29%) y el restante a otros países (Paz & Soila, 2013).

El cultivo de plátano (*Musa AAB*), representa un importante sostén para la socioeconomía y seguridad alimentaria del país. Desde el punto de vista socioeconómico, el plátano genera fuentes estables y transitorias de trabajo, además de proveer permanentemente alimentos ricos en energía a la mayoría de la población campesina. Actualmente se reportan en el país un total de 144981 ha de plátano, de las cuales 86712 ha están bajo el sistema de monocultivo y 58269 ha se encuentran asociadas con otros cultivos (INEC, 2011).

La mayor zona de producción de esta musácea es la conocida como el triángulo platanero, la cual abarca las provincias de Manabí, Santo Domingo y los Ríos con 52612, 14249 y 13376 ha, respectivamente. Las principales variedades explotadas en estas zonas son el “Dominico”, que se lo destina principalmente para el autoconsumo y el “Barraganete” que se lo destina en su mayor parte a la exportación, estimándose que anualmente se exportan alrededor de 90000 TM de este cultivar (Cedeño, 2020).

A nivel nacional, el cultivo de plátano representa un importante sostén para el desarrollo económico especialmente de las zonas rurales, lo que aporta en la seguridad alimentaria de la población a través del comercio. Desde este punto de vista, también se generan fuentes estables de trabajo para las comunidades, además de proveer alimentos nutricionales para la población a nivel mundial (Quiroz, 2019).

1.3. Variedades de plátano en Ecuador

Las variedades de plátano que se cultivan en Ecuador son el barraganete, hartón, curare enano, dominico, maqueño, MP1 y el plátano hawaiano. Estos se diferencian por el tamaño. El barraganete es la variedad más popular en el mercado industrial y de exportación, según datos de Asociación Exportadores de Plátano (Villón, 2021).

1.4. Plátano Barraganete

Es la variedad más popular en el mercado industrial y de exportación, constituye la base productiva de las plantaciones comerciales para exportar, es una variedad muy robusta y tolerante a los ataques de plagas y enfermedades (Delgadillo, 2014).

El barraganete es una variedad triploide (AAB) que presenta una serie de características que las diferencian de las demás, entre estas destacan: el color del fruto es verde claro, su pseudotallo es mal alto que el de la variedad dominico; sin embargo, presenta un racimo dispuesto de un menor número de manos y dedos que la variedad anteriormente mencionada (Zambrano, 2022).

La provincia de Manabí es la mayor productora de plátano barraganete en el territorio ecuatoriano, con mayor concentración en el cantón El Carmen. Según estudios realizados el 95% de la producción ecuatoriana proviene de ese cantón manabita, sin embargo, hoy en día los grandes monopolios y los intermediarios han hecho que los productores de plátano se vean perjudicados (Álvarez, Sandra, Sánchez, & Cusme, 2020).

1.4.1. Características del plátano barraganete

- Mayor producción en época de invierno
- Mejores precios en épocas secas.
- Variedad de mayor exportación del Ecuador
- Se exporta a Europa y EE. UU.
- Largo de la fruta 22 y 30 cm
- Ancho de la fruta 2 a 5 cm
- Dedos 22 a 44 por mano (Paz & Soila, 2013).

1.4.2. Taxonomía

Musa es un género cuya taxonomía es considerada compleja debido a la cantidad considerable de híbridos que han creado denominaciones genéticas particulares, como la denominada Musa x Paradisiaca. De acuerdo con su ploidía, cada uno de estos híbridos se identifica con un código compuesto entre dos y cuatro letras. Dichas letras responden al origen de cada variedad, por lo que la letra A se asigna a una rama genética proveniente de Musa acuminata, la letra B a las ramas genéticas provenientes de Musa balbisiana (Zambrano, 2022).

El plátano se clasifica taxonómicamente de la siguiente manera como se muestra en la tabla a continuación.

Tabla 1: Taxonomía del plátano

Reino	Plantae
Subreino	<i>Franqueahionta</i>
División	<i>Espermatophyta</i>
Subdivisión	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Liliopsida</i>
Orden	<i>Zingiberales</i>
Familia	<i>Musaceae</i>
Género	<i>Musa</i>
Especie	<i>Paradisíaca</i>
Nombre científico	<i>Musa paradisiaca L.</i>

Elaborado por: Marcillo Consuelo. Fuente: (Macias, 2016).

1.5. Fenología del plátano

Guerrero, (2011), en la guía técnica del cultivo de plátano, indica que “El Plátano es una planta herbácea, perteneciente a la familia de las musáceas, que consta de un tallo subterráneo (Cormo o Rizoma) del cual brota un Pseudotallo aéreo; el cormo emite raíces y yemas laterales que formaran los hijos o retoños. Morfológicamente, el desarrollo de una planta de plátano comprende tres fases: Vegetativa, Floral y de Fructificación” (Solano, Ponce, & Zambrano, 2022).

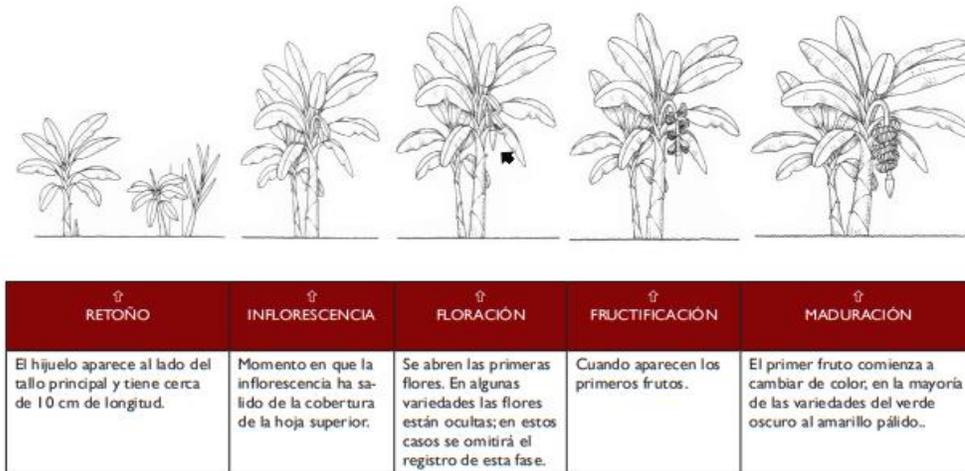
Fase vegetativa: Tiene una duración de seis meses a partir de la plantación, se inicia con la formación de las raíces principales y secundarias, desarrollo del Pseudotallo y formación de los hijos.

Fase floral: Dura aproximadamente tres meses. El tallo floral se eleva del cormo a través del Pseudotallo y es visible al momento de la aparición de la inflorescencia.

Fase de fructificación: Tiene una duración aproximada de tres meses, ocurre la diferenciación de las flores masculinas y femeninas, hay una disminución del área foliar y termina con la cosecha (81 a 90 días) (Saldívar, 2017).

En la figura que se presenta a continuación se muestra la fenología del plátano.

Gráfico 1: Fenología del plátano



Fuente:(Yzarra & López, 2017)

1.6.Residuos agroindustriales de la cosecha de plátano

Dentro de los desechos agroindustriales de la cosecha del plátano se encuentran algunos elementos que podrían ser utilizados como materia prima para la elaboración de otros productos, tales como el Pseudotallo, el raquis, las hojas y las cascaras del fruto, por lo que una adecuada disposición de estos haría posible el desarrollo de biomateriales, de esa forma se evitaría acumular gran cantidad de desperdicios (Sánchez, Sánchez, & Florez, 2020).

En la presente investigación se utilizó el raquis, de la variedad Barraganete y así poder darle un valor agregado a este residuo.

1.6.1. Residuos agroindustriales definición

Los residuos agroindustriales son un tipo de biomasa generada principalmente por el procesamiento de materiales orgánicos, que provienen del manejo de animales, cultivo de plantas y procesamiento de frutas y verduras (Rojas, Flórez, & Diego, 2018).

Se considera los residuos agroindustriales como los recursos renovables más importantes por el aporte de los residuos lignocelulósicos que son de bajo costo y de elevada abundancia y disponibilidad de estos residuos vegetales a nivel mundial (Miranda, 2020).

Los residuos agroindustriales poseen un alto potencial para ser aprovechados en diferentes procesos que incluyen elaboración de nuevos productos, aportar valor agregado a los productos originales y recuperar condiciones ambientales alteradas (Vargas & Liliana, 2018).

1.6.2. Composición química de los residuos

Se conoce que la composición química de un determinado residuo obedece a elementos como la diversidad, las tipologías del terreno y los conocimientos de cultivo, cosecha y procesamiento industrial que sean situados. Por ello, la indagación de circunstancias de aplicación para dichos materiales requiere del conocimiento de su composición química, las propiedades de sus componentes y los grupos funcionales que la constituyen (Miranda, 2020).

1.7. El raquis

También llamado pinzote o vástago del plátano, es parte de la estructura del eje floral (racimo del fruto e inflorescencia), está cubierta de finos pelos verdes en la parte externa. En el interior está formado por parénquima, rico en almidón, recorrido por canales de látex y en su estructura está formado por haces fibrovasculares o finos distribuidos por todo el tallo. Tan pronto cesa de tener sostén del pseudotallo, el raquis se inclina hacia abajo por el peso de la inflorescencia (García, 2017).

Callapa, (2012), expresa que “El Raquis morfológicamente está constituido por una corteza delgada de 2.5 cm aproximadamente de color verde, cuenta con pelos microscópicos en su

superficie, la corteza se distribuye con un espesor constante a lo largo de todo el raquis. En su parte interna está constituido por largas fibras modernizadas ordenadas de manera longitudinal de color blanco cuando no están en estado de putrefacción, las fibras poseen gran cantidad de humedad” (Neira, 2018).

Después de cosechar el plátano o el banano, el raquis (vástago) se convierte en un residuo de cosecha subutilizado, y distribuido de manera dispersa en los puntos de cosecha de la plantación (Álvarez, Pantoja, Ceballos, & Gañán, 2013).

Caicedo, (2019), manifiesta que “El raquis en estado natural posee bajo contenido de MS, lo cual afecta la vida útil de la materia prima si se mantiene en ese estado” (Caicedo, y otros, 2020).

Puede estar desnudo o cubierto con brácteas persistentes. Las cicatrices en el raquis, que indican el lugar donde estaban unidas las brácteas, también se conocen como nódulos (Abril, 2019)

1.7.1. Composición química del raquis.

La realización de los análisis para determinar la composición química del raquis, se lo realizó en el laboratorio de análisis de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Matriz Manta que se encuentra dentro de la facultad de Ingeniería Agropecuaria y en el laboratorio químico CESSECA (Centro de servicios para el control de la calidad), que se encuentra ubicado dentro de la ULEAM.

Se determinó: Humedad (%H), ceniza (%CEN), fibra cruda (%FC). Para el análisis de humedad se utilizó 1g de muestra, 3g de muestra para el análisis de ceniza, y 2g para el análisis de fibra cruda. Todos los análisis se hicieron por triplicado.

De los análisis realizados se obtuvieron los resultados que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2: Composición química del raquis de plátano barraganete (*Musa Paradisiaca*)

Nutrientes	Porcentajes
Humedad (H)	5,22%
Ceniza (CEN)	12,81%
Fibra cruda (FC)	20,43%

Elaborada por: Consuelo Marcillo (2022)

1.8. Problema ambiental causado por los residuos agroindustriales de la cosecha del plátano

Cuando se cosecha el racimo, solo se está utilizando del 20 al 30% de su biomasa (Belalcázar C. et al., 1991), quedando de un 70 a 80% por utilizar, lo que ha generado una de las principales problemáticas ambientales, puesto que en la mayoría de los casos son incinerados o vertidos a los causes receptores sin tratamiento previo, contribuyendo a la degradación del ecosistema (Mazzeo, León, Mejía, Guerrero, & Botero, 2010).

El racimo de plátanos representa cerca del 20 al 30% de la planta, en la cosecha y postcosecha la planta completa se corta y se generan diversos residuos que se desperdician, estos residuos son fruto en malas condiciones (cáscara y pulpa), tallo, raquis y hojas, su disposición incorrecta o quema al aire libre pueden provocar aparición de fauna nociva, generación de gases de efecto invernadero y problemas de salud (Ramírez, 2019).

1.9. Utilización de los residuos agrícolas (raquis)

Los raquis del plátano son partes de la planta con gran densidad de fibra, que es posible utilizarlos como materia prima para la obtención de biopolímeros, mismo que se utilizará para producir empaques biodegradables.

Estos residuos son fuentes potenciales de celulosa y almidón que pueden convertirse en productos con valor agregado, siendo una alternativa el aprovechamiento de estos residuos en su utilización como materia prima para la producción de plástico biodegradable (Haro, Borja, & Triviño, 2017).

1.10. El plástico

Un plástico es un polímero, es decir, un material formado por la unión repetitiva de miles de átomos hasta formar moléculas de gran tamaño, conocidas como macromoléculas. Son compuestos orgánicos integrados principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, cloro, azufre, silicio y fósforo.

Existen distintos tipos de polímeros: aquellos que están formados por un mismo monómero unido de manera repetitiva y los que están constituidos por dos o tres monómeros diferentes (Santillán, 2018).

La palabra plástico se refiere a ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómenos de polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos. En general, son derivados del petróleo, aunque algunos se pueden obtener a partir de otras sustancias naturales (Segura, Noguez, & Espín, 2011).

1.11. Contaminación ambiental por plásticos a base de hidrocarburos

Los plásticos se han convertido en el material de fabricación principal en nuestros tiempos. Resulta muy fácil y barato producir, pero eso mismo está provocando que nuestro planeta azul se esté convirtiendo en un planeta de plástico. Según organizaciones ecologistas como Greenpeace, han calculado que desde 1950 se han generado 8.000 millones de toneladas de plásticos. Los plásticos pueden contaminar el medio por diversos medios y vías. En primer lugar, los desechos plásticos que genera la sociedad pueden ser reciclados, almacenados en vertederos, quemados o vertidos directamente al medio. Aquellos que permanecen en vertederos o en el medio natural poco a poco se van degradando y transformando en microplásticos que pueden quedar retenidos en el suelo, ser dispersados por el viento o bien llegar a ríos, lagos y mares por la escorrentía superficial o riadas tras fuertes lluvias (García Astillero, 2019).

1.12. Microplásticos definición

Actualmente no existe una definición global de microplásticos, pero fue acuñado por THOMPSON Et al. (2004), varios autores concuerdan que son partículas de plásticos de tamaño menor a 5 mm denominado microplásticos , sin embargo, para un monitoreo constante de la contaminación y evaluación de las medidas políticas, es preferible una definición inequívoca el cual proporcione seguridad jurídica e igualdad de condiciones entre gobierno e industrias, conteniendo criterios de límites de tamaño, características, etc (Lino Tolentino, 2022).

1.13. Impacto de los microplásticos en la salud humana

El cuerpo humano también es vulnerable a la contaminación que generan los residuos plásticos en las fuentes de agua, lo cual podría causar cambios hormonales, trastornos del desarrollo, anomalías reproductivas y cáncer. Los plásticos son ingeridos a través de los productos del mar, bebidas e incluso la sal común, pero también penetran en la piel y pueden ser inhalados cuando están suspendidos en el aire (ONU, 2021).

1.14. Biopolímeros

Los biopolímeros, al igual que los polímeros, son macromoléculas formadas por la unión covalente de pequeñas unidades moleculares llamadas meros, que han sido obtenidos mediante un proceso de polimerización a partir de moléculas más pequeñas denominadas monómeros (Santo Rosa, 2013).

Los biopolímeros son macromoléculas sintetizadas por procesos biológicos o por vía química a partir de monómeros naturales o idénticos a los naturales. Se obtienen así los denominados plásticos biodegradables, una línea de innovación muy prometedora en materiales para envases. Mientras los plásticos son polímeros que proceden del petróleo, los biopolímeros tienen un origen natural, ya sea agrícola, de síntesis química o de microorganismos. Lo importante, es que son biodegradables (Hernández Silva & Guzmán Martínez, 2009).

Tabla 3: Clasificación de los biopolímeros por su funcionalidad

Función	Biopolímero	Referencia
Gelificante	Agar, agarosa, alginato, schizofilano, gelatina, quitosano, pectinas, curdlano	(Ahmad, Mustafa, & Man, 2015; Bilal & Iqbal, 2019; Zhan, Lin, & Zhang, 2012; Zhang et al., 2013).
Espesante	Gomas guar, arábica, xantana, tragacanto, guar, algarrobo, alginato, dextrano	(Ahmad, Mustafa, & Man, 2015; Zhu et al., 2019).
Emulsificador	Alginato, goma xantana, pectinas	(Belitz, Grosch, & Schieberle, 2009).
Estabilizador	Gomas arábicas, algarrobo, xantana, carragenina, alginato	(Belitz, Grosch, & Schieberle, 2009, Zhu et al., 2019).

Fuente: (Rodríguez Gómez, López Ramírez, Alpizar Negrete, & Calixto Olalde, 2020).

1.15. Elaboración de biopolímeros

Para hacer posible la fabricación de un polímero a partir de almidón, es necesario aportar diferentes reactivos a la mezcla y garantizar ciertas condiciones que permitan su obtención. Los biopolímeros requieren componentes que aporten características de humectación, plasticidad, lubricación, extensión y resistencia (Rosales, 2016).

1.16. Empaques

El empaque hace relación al objeto físico que contiene un producto o alimento; se dice que es un empaque primario cuando está en contacto directo con el mismo y es un empaque secundario cuando contiene varios empaques primarios en su interior. Los empaques en general tienen cuatro funciones principales: contención, protección, comodidad y comunicación. En el caso de los alimentos, la protección ofrecida por el empaque primario evita que factores externos como:

humedad, suciedad, olores, microorganismos, fuerzas de compresión, entre otros; tengan efecto directo sobre el producto (Ríos, Álvarez López, Cruz Riaño, & Restrepo Osorio, 2017).

1.17. Empaques biodegradables

Un empaque biodegradable es aquel que cumple con la función básica de un empaque convencional y a su vez cumple con la definición de desarrollo sustentable, la cual fue expresada por primera vez en el informe Nuestro Futuro Común o Informe Brundtland publicado en 1987, que dice que se deben “satisfacer las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades” (Gómez, s.f.). (Rivera, Contreras, Ariza, Bonilla, & Cruz, 2019).

Los biopolímeros tienen un origen natural, ya sea agrícola, de síntesis química o de microorganismos. Lo importante, es que son biodegradables. Es así como se ha generado un crecimiento enorme de las industrias dedicadas a la fabricación de envases, embalajes y empaques para alimentos, mediante la utilización de polímeros naturales y polímeros sintéticos biodegradables (Hernández Silva & Guzmán Martínez, 2009).

El uso de materiales bioplásticos es una de las opciones para aumentar la sostenibilidad en aplicaciones de envase y embalaje, de ahí que en los últimos años esté creciendo en interés y volumen. Sin embargo, el uso de materiales bioplásticos aún presenta desventajas que provienen tanto del procesado como de las propiedades finales de estos bioplásticos, haciendo que en determinadas aplicaciones no puedan ser utilizados al mismo nivel que se utilizan los termoplásticos convencionales (Gallura, Devisa, Carbonella, Peñab, & Aucejoa, 2012).

Tabla 4: Ventajas y limitaciones de los empaques basados en biopolímeros

Ventajas	Limitaciones
Biodegradable y favorable al medio ambiente	Baja propiedad de barrera
Puede hacerse comestible	Menos resistencia a la tracción
Sin liberación de sustancias tóxicas	Frágil
Sin alteración en las propiedades inherentes de los alimentos	Baja temperatura de distorsión de calor
Se puede agregar con componentes activos	Alta permeabilidad al gas y al vapor
Utilización de desechos	Baja resistencia a las condiciones de procesamiento pesado

Fuente: (Fernández Gamboa, 2019).

CAPITULO II

2. Antecedentes

Los residuos agroindustriales se encuentran conformados tanto por frutas de rechazo o que no alcanzan los estándares requeridos para su exportación (este último aspecto en el caso de las frutas de banano) como de residuos de la planta. Cerca de un 60% de estos residuos se encuentran conformados por hebras, haces fibrosos o fibras naturales que pueden ser empleados para múltiples tipos de aplicaciones, y justo a partir de ellos también es posible obtener otras estructuras de la celulosa. Los cuerpos vegetales de los cuales es posible obtener haces fibrosos corresponden a los falsos tallos o pseudotallos, los vástagos o raquis y las hojas, en particular su vena central (Robin, y otros, 2019).

Como sabemos en el proceso de la cosecha de plátano se generan una gran cantidad de residuos agroindustriales ya que las partes de la planta que no son utilizadas se convierten en un excedente y al no darles una adecuada distribución pueden causar contaminación y representar un efecto negativo a la naturaleza.

Según lo investigado en varias fuentes bibliográficas, los residuos agroindustriales derivados de la cosecha del plátano al darles un valor agregado son una fuente potencial para la realización de bioplásticos.

Trivedi, V. (2013) señala que “Se ha reportado, el uso de la fibra de banano para la creación de bolsas y maletas biodegradables, dando una solución óptima a la industria textil, debido a que, las bolsas de fibra de banano son 100% biodegradable y después de 7 semanas de integradas con la tierra quedan disueltas en la misma, no afectando al ecosistema” (López, Pabon, Kempe, & Ochoa, 2022).

Los empaques biodegradables se obtienen de recursos naturales renovables. Pueden ser mezclados con plastificantes para mejorar las propiedades mecánicas, de barrera y transmisión de luz. Además, son amigables al medio ambiente, ventaja comparativa con respecto a los polímeros sintéticos usados en el empaqueo de alimentos dada su biodegradabilidad (Villada, Acosta, & Velasco, 2007).

Para poder suavizar los biopolímeros se recomienda el uso de plastificantes.

El agua se recomienda como mejor plastificante, aunque no debe encontrarse en proporciones altas con relación al almidón, ya que, para extraerla de la mezcla, una vez ésta se encuentre lista, se necesita elevar la temperatura a la de ebullición del agua, esto puede degradar la estructura del almidón (Rosales, 2016).

La industria de los materiales biodegradables o bioplásticos es bastante dinámica. Su crecimiento se presenta exponencial en los últimos cinco años, alcanzando cerca de un 40% de su uso en el rubro alimentario (Asociación Europea de Bioplásticos). En el mercado actual existen empresas que ofrecen materiales para realizar bioenvasado, como por ejemplo NatureWorks, que se ha especializado en el uso de PLA, destacando los contenedores utilizados para comercializar zanahorias en condiciones de atmósfera regular. Por otro lado, se ha desarrollado más de una formulación con el PLA en esta misma empresa, obteniéndose el BIO PLA 121, utilizado principalmente para queso y para alimentos procesados como ensaladas con carne (Zoffoli, Evseev, Naranjo, & Rodríguez, 2015).

Debido a la enorme generación de residuos, en la última década ha aumentado el uso de bioplásticos en la industria de empaques alimentarios; éstos provienen de recursos renovables, biodegradables, compostables y no tóxicos (amigables con el ambiente), lo que los hace una excelente alternativa para esta industria (Mena, y otros, 2019).

CAPÍTULO III

3.1. Localización de la unidad experimental

La obtención de la harina de raquis y la elaboración del biopolímero se lo realizó en los laboratorios de agroindustria de la facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías de la ULEAM, ubicado en Manta, el mismo que se encuentra ubicado a 0°57'05"S de latitud, 80°44'44"W de longitud y 54 m.s.n.m de altitud.

La fase de los análisis se llevó a cabo en el laboratorio de investigación de alimentos de la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la ULEAM y en el laboratorio CESECCA adscrito a la Facultad de Ingeniería Industria y Producción, Matriz Manta.

Caracterización agroecológica de la zona

Tabla 5: Características agroecológicas de la localidad

<i>Características</i>	<i>El Carmen</i>
Clima	Trópico Húmedo
Temperatura (°C)	24
Humedad Relativa (%)	86%
Heliofanía (Horas luz año ⁻¹)	1026,2
Precipitación media anual (mm)	2659
Altitud (msnm)	249

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI, 2017)

3.2. Obtención de la materia prima

La materia prima utilizada fue raquis de plátano de la variedad barraganete, la cual se obtuvo de una finca ubicada en El Porvenir, cantón El Carmen, Manabí, Ecuador, la misma que se ubica a los 0°21'14"S de latitud, 79°32'15"W de longitud y 197 m.s.n.m de altitud.

Para la investigación se usaron 2Kg de raquis, los cuáles previamente fueron seleccionados, clasificados y lavados, para obtener la harina, se realizó a través del método tradicional de cortado, secado, triturado y tamizado.

3.3. Variables o factores en estudio

3.3.1. Variables independientes

Factor

- CMC + 150 μm raquis
- Carragenina + 150 μm raquis

3.3.2. Variables dependientes

- Permeabilidad
- Resistencia a la tensión
- Dureza
- Elongación

3.4.Unidad experimental

Se desea determinar las características mecánicas del biopolímero, para la elaboración de empaques biodegradables utilizando 1 tamaño de partícula del pulverizado de raquis (150 μm), en concentraciones de 1,2 g por cada tratamiento y repetición.

3.5.Características de las unidades experimentales

Se consideró la variedad del plátano barraganete *Musa paradisiaca AAB*, una vez que ha cumplido con su edad productiva, la parte vegetativa utilizada fue el raquis el cual para obtener la harina fue sometido a una serie de procesos tales como: cortado, secado, triturado y tamizado.

Tabla 6: Características de las unidades experimentales

Características de las unidades experimentales	
Superficie del ensayo	2 kg
Numero de tratamientos	2
Repeticiones por tratamiento	3
Población del ensayo	6

Elaborada por: Consuelo Marcillo (2022)

3.6.Tratamientos

En la tabla 7 se describen los tratamientos que fueron evaluados en la presente investigación.

Tabla 7: Tratamientos evaluados

Tratamientos	Aditivos (0,75%)	Tamaño de partícula (µm)	Glicerina (%)	Sorbato de potasio (%)
T1	CMC	150	0,3	0,3
T2	Carragenina	150	0,3	0,3

3.7.Diseño experimental

Los tratamientos evaluados se implementaron en un Diseño Completamente al Azar (D.C.A) unifactorial con dos tratamientos y tres repeticiones.

Tabla 8: Esquema de ADEVA empleado

Total	5
Tratamientos	1
Repeticiones	2
Error	3

Elaborada por: Consuelo Marcillo (2022).

3.8. Análisis estadístico

Los resultados fueron analizados por medio de análisis de varianza (Anova) y una prueba de TUKEY (5%), utilizando el paquete estadístico Infostat 2018.

3.9. Materiales y métodos

Luego de haber recolectado la materia prima, se procedió a realizar una serie de procesos que son detallados más adelante, hasta obtener la harina de raquis. Se llevó a cabo distintos análisis de laboratorio de la harina y de las láminas biodegradables.

Determinación de humedad

Para la realización de este análisis, se procedió a determinar el contenido de humedad (%H) mediante pérdida por desecación empleando una Termo balanza (Sartorius MA-45) a 105°C (Estrada et al., 2018).

Ceniza

Cenizas (%) por método gravimétrico. Se ubicaron los crisoles con las muestras dentro de la mufla para proceder a incinerarlos a 550°C durante 3 horas. Esperar que la temperatura sea reducida a la mitad. Se retiraron los crisoles y se los colocó en el desecador durante 1 hora y se realizaron los pesajes.

Fibra cruda

Fibra cruda (%FC) por método gravimétrico (digestión ácido - base), utilizando un Digestor (Kjeldah). Se determinó de acuerdo con el método estándar oficial (AOAC, 2003). El %FC se calculó mediante la siguiente ecuación:

$$\%FC = \frac{(W_1 - W_2) - W_3}{W} \times 100$$

Dónde:

W_1 = Peso de la muestra con el papel filtro lavada y seca

W_2 = Peso del papel filtro

W_3 = Peso de la muestra calcinada

W = Peso de la muestra original

Permeabilidad

Permeabilidad al vapor de agua (PVA), la determinación de la PVA se realizó de acuerdo con la norma E96-80ASTM (30) y Debeaufort et al., (31). Las muestras de película se utilizaron para sellar un agujero en la parte superior de una celda de plástico que contenía agua destilada. La celda se colocó en un desecador ubicado en el interior de una cámara de almacenamiento con condiciones controladas de 25° C. (Anchundia, Santacruz, & Coloma, 2016). Tomando los pesos cada celda cada 2 horas. La PVA se calculó mediante la ecuación 6:

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

Dónde:

$\Delta m / \Delta t$ = Pérdida de humedad por unidad de tiempo ($g s^{-1}$).

A = Área de la película expuesta a la transferencia de humedad (m^2).

l = Espesor de película (m).

Δp = Diferencia de presión de vapor de agua entre los dos lados de la película (Pa).

Ecuación 7:

$$\Delta p = \frac{\Delta RH}{100} * PVAP SAT$$

Dónde:

ΔRH = Es el gradiente de humedad relativa entre la celda y el entorno.

PVAP SAT = Es la presión de vapor saturado de agua pura y es igual a 3160 Pa a 25 °C (Santacruz, 2016)

Resistencia a la tensión (RT), dureza y elongación

La RT, resistencia a la tensión (RT), dureza y elongación, se determinaron mediante un ensayo de tracción con un texturómetro (Shimadzu, Japón). Se elaboraron películas con dimensiones de 5 x 2 cm las cuales fueron cargadas al equipo. La velocidad de la cruceta se ajustó a 10 mm / s. Los resultados se obtuvieron directamente mediante el uso del software Trapecio X (Santacruz, 2016).

3.10. Manejo del ensayo

3.10.1. Preparación de la muestra

La obtención de la harina se lo realizó a nivel de laboratorio, para lo cual se empleó el método seco, según lo expresado por Carrasco & Molocho (2018), “Consiste básicamente en la molienda del fruto después de secado, obteniendo de este proceso harina, para su posterior tamizado.

Tomando en cuenta las operaciones pequeñas que se llevan a cabo de manera intermedia de los procesos anteriores para facilitar el desarrollo del método y obtener un producto final de calidad y con características que sean deseables en el almidón” (Carrasco & Molocho, 2018).

Aplicando este método para la obtención de la harina, se realizó el siguiente proceso:

En primer lugar, se seleccionó el raquis de plátano (*Musa Paradisiaca*) de acuerdo con la variedad que se utilizó (Barraganete), luego se procedió a clasificarlos según el estado físico en el que se encontraban, los que estaban a punto de descomponerse fueron desechados, posterior a esto se procedió a lavar con agua a temperatura ambiente para eliminar todo tipo de impurezas que se encontraban en este. Después de lavado se cortó en pedazos pequeños para luego hacer tiras pequeñas de aproximadamente 5cm de altos y 0,5 cm de anchos para facilitar el secado. Luego se procede a realizar el secado en una estufa a 40 °C por un tiempo de 24 horas. Posteriormente se realizó el pulverizado con la ayuda de un molino desintegrador (BIOBASE-MD120) para reducir de tamaño y obtener la harina. Por último, se pesa la harina que se obtuvo del triturado y de esta manera poder analizar el rendimiento adquirido del secado, y posteriormente ser tamizado.

Se realizó el tamizado de la muestra de harina que se obtuvo para separar por tamaño de partícula, con la ayuda de 1 tamiz N° 100 y obtener partículas de tamaño 150 µm. Luego de haber realizado el tamizado se procede a pesar el material que se obtuvo para lograr establecer la cantidad de harina y productividad del proceso. Las muestras obtenidas se procedió a empacarlas en fundas zipper, etiquetándolas con el respectivo tamaño de partícula. Finalmente se debe almacenar la muestra empacada en un lugar seguro y libre de humedad.

3.10.2. Preparación de las películas

Las películas fueron procesadas por el método seco: Según Rin & Ng (2007), este proceso se basa en las propiedades termoplásticas de algunos biopolímeros. En este método, los biopolímeros termoplásticos en condiciones de bajo contenido de humedad se calientan por encima de su temperatura de transición vítrea mediante extrusión o métodos de termocompresión formándose las películas después del enfriamiento. Las películas que usan proteína y almidón han sido procesadas por este método (Vizuite, López, Delgado, & Sánchez, 2021).

Las películas se elaboraron mediante la disolución de los aditivos (CMC y Carragenina) y harina de raquis de plátano en agua destilada, dependiendo a lo que correspondía cada tratamiento, calentando hasta 90 °C y agitación constante, utilizando un agitador magnético (Isotemp y Ovan). Las muestras que se obtuvieron de cada tratamiento se colocaron en cajas Petri de 90 x 15 mm.

Luego se procede a realizar el secado, introduciendo las cajas Petri a la estufa (BINDER), a una temperatura de 40 °C durante 24 horas.

Gráfico 2: Diagrama de flujo de obtención de harina de raquis.

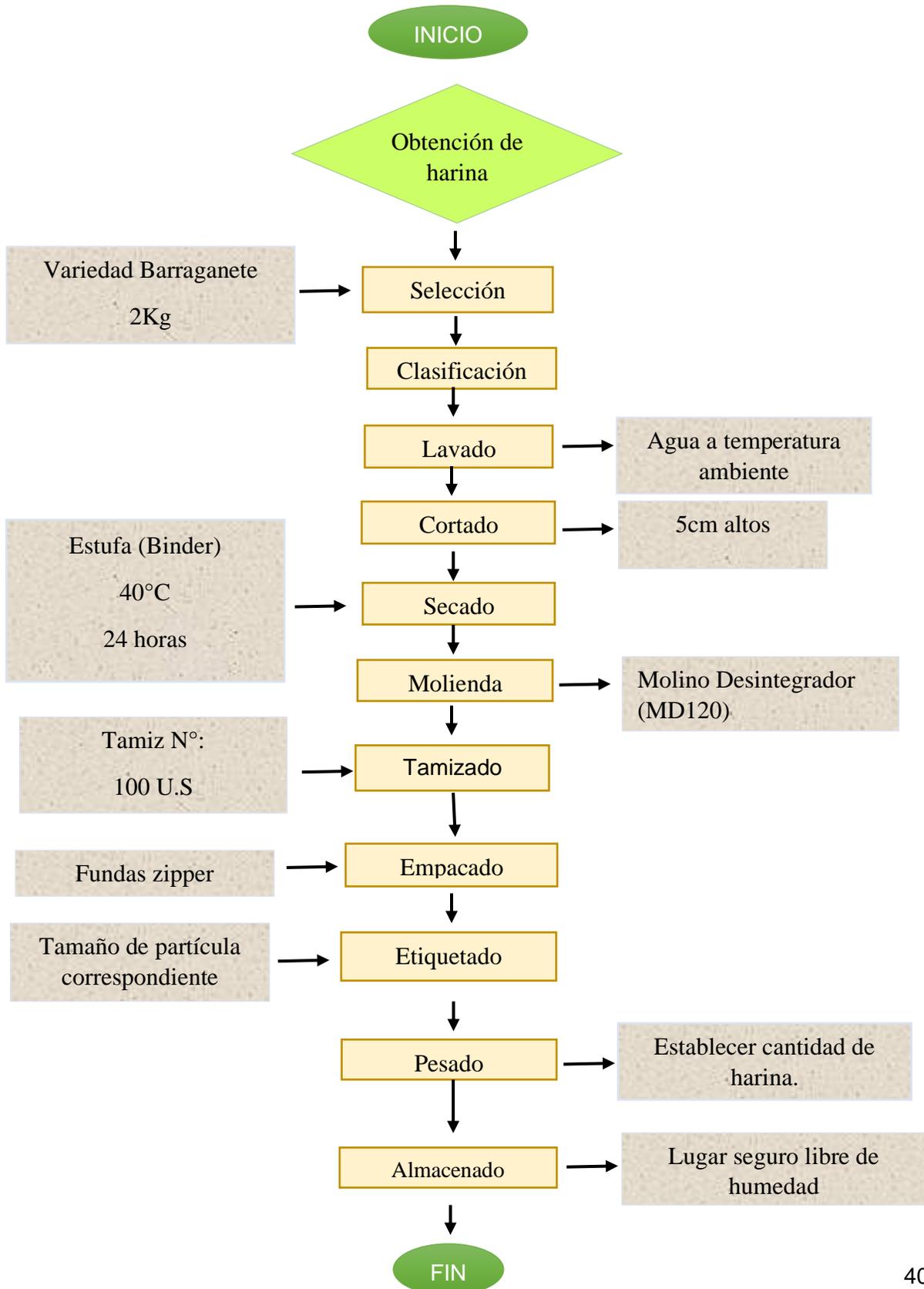
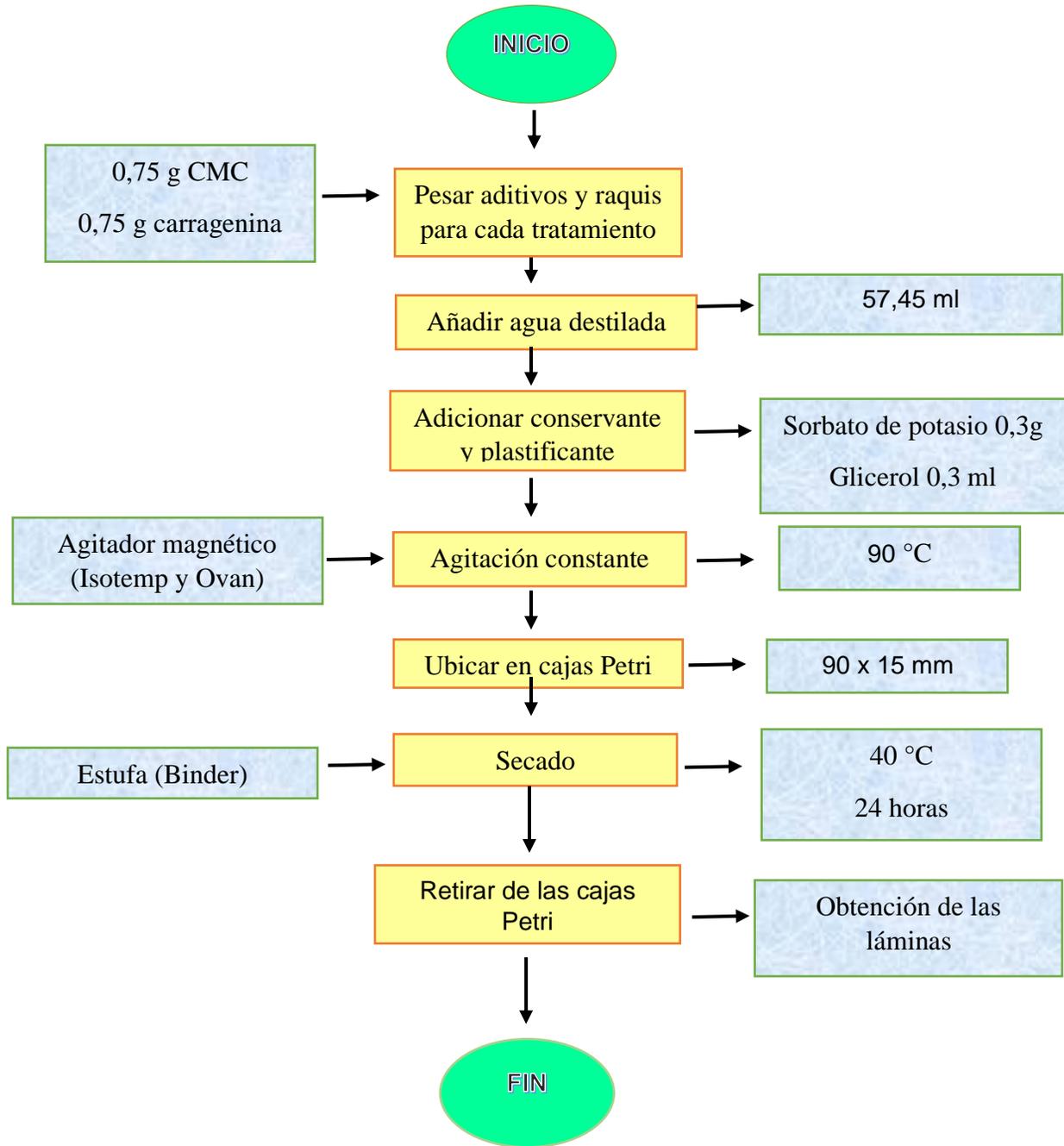


Gráfico 3: Diagrama de flujo de preparación de las películas



3.11. Pruebas de biodegradabilidad

A las películas del biopolímero plástico que se obtuvo se le ejecutaron tres pruebas para comprobar que tiempo tardaban en degradarse, las pruebas de biodegradabilidad realizadas fueron las siguientes: La primera consistió en enterrar en el suelo una pequeña muestra del biopolímero, la segunda prueba se lo dejó expuesto a la luz solar y la última se colocó la muestra en agua.

En la primera prueba enterrándolo bajo el suelo húmedo tardó de 1 a 2 meses en descomponerse, y controlando que el suelo siempre esté húmedo su degradación es rápida, ya que este no resiste a la humedad. El primero en descomponerse fue la película elaborada con CMC.

Dejándolo expuesto a la luz solar el biopolímero tomó una consistencia muy rígida y delicada que se quebraba con facilidad, hasta que se desintegró completamente en un tiempo de 2-3 meses.

La última prueba es la que tiene mayor facilidad de degradación, ya que el aditivo con el que está formado, como lo es la carragenina tiene poca resistencia al agua, y por esta razón el tiempo que tardó en degradarse fue de un mes.

CAPITULO IV

4. Resultados y discusiones

4.1. Composición química del raquis

Se realizaron análisis de humedad, cenizas, y fibra cruda, dando los siguientes resultados:

El contenido de humedad en el raquis de plátano deshidratado fue de 5,22% L, la humedad en un alimento determina la estabilidad que presentará el mismo, para asegurar la calidad en los procesos que se le vayan a dar al mismo.

Posee 12,81 % de cenizas, esto corresponde a la cantidad de materia orgánica y minerales que contiene este producto, el valor obtenido está por encima al que reportó (Saavedra *et al.*, 2015), con 9,6%, estos valores de ceniza indican que estos residuos pueden ser utilizados en la alimentación de los animales por el contenido de minerales.

El contenido de fibra cruda es de 20,43%, este valor se obtuvo después de haber realizado la digestión con soluciones acido base, y hace referencia a la parte no digerible de este producto.

Tabla 9: Composición química del raquis de plátano barraganete (*Musa Paradisiaca*)

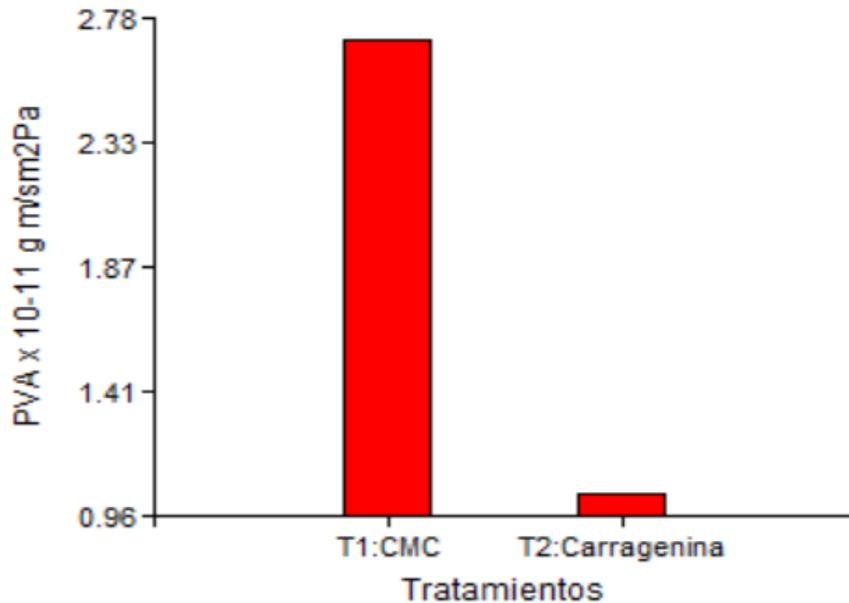
Nutrientes	Porcentajes
Humedad (H)	5,22%
Ceniza (CEN)	12,81%
Fibra cruda (FC)	20,43%

4.2. Permeabilidad

El resultado obtenido en el análisis de varianza (ANOVA), de la variable permeabilidad (Anexo 1), demostró que existe varianza significativa entre tratamientos ($p > 0.05$). El coeficiente

de variación fue de 4.89% y de acuerdo con la prueba de Tukey (0.05), se puede observar que el T2 que corresponde a la película elaborada con carragenina, presenta menor PVA con $1.04 \times 10^{-11} \text{ g m/sm}^2\text{Pa}$, mientras que el T1 que pertenece a la película preparada con CMC, presentó un PVA mayor con $2,70 \times 10^{-11} \text{ g m/sm}^2\text{Pa}$. Gráfico 4

Gráfico 4: Permeabilidad al vapor de agua (PVA)



Los valores de T1 son similares a los obtenidos por Coloma (2016) en su investigación de “Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*)”, en la cual la película elaborada con 0.5 % de cáscara de plátano y 2.5 mmol/L de ácido salicílico reportó permeabilidades al vapor de agua con $2.41 \times 10^{-11} \text{ g m/sm}^2\text{Pa}$.

La velocidad de transmisión de vapor de agua o permeabilidad al vapor de agua se mide como la masa de agua que atraviesa una superficie determinada de un material en un tiempo determinado. Ésta es una propiedad importante para los materiales destinados al sector del packaging ya que puede estar directamente relacionada con la vida útil y estabilidad del producto envasado (AIMPLAS, 2016).

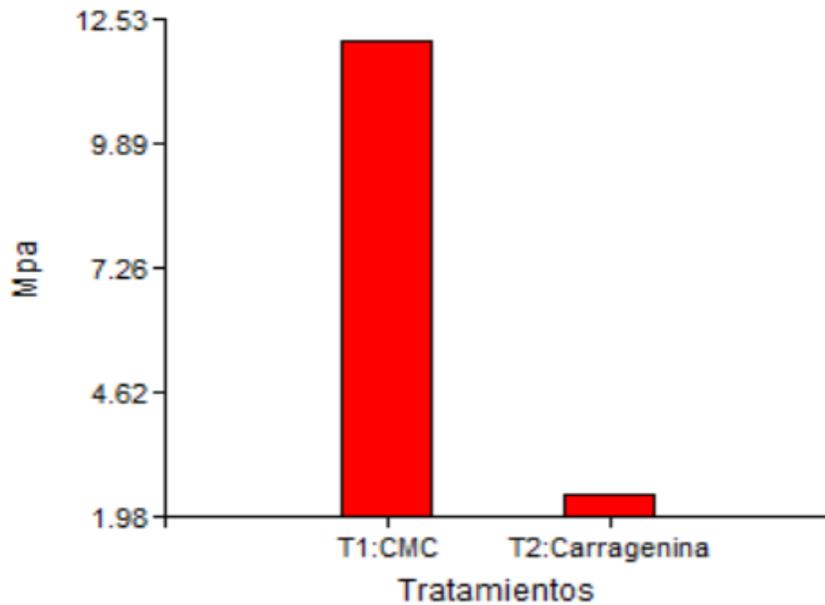
4.3. Resistencia a la tensión (RT), dureza y elongación

- **Resistencia a la tensión**

En el anexo 2 se observa el análisis de varianza de la variable resistencia a la tensión, en el cual se pudo establecer una varianza significativa entre los tratamientos ($p > 0.05$). El coeficiente de variación fue de 2.69%.

Al analizar los datos de resistencia a la tensión MPa, con la prueba de Tukey (0.05) presentados en el gráfico 5, se estableció que el T1 es más eficiente ya que presenta una resistencia (RT) de 12.05 MPa, mientras que el T2 con un valor de RT de 2.46 MPa fue inferior al otro tratamiento.

Gráfico 5: Resistencia a la tensión (RT)



Los valores de T1 son similares a los que evaluaron Anchundia, Santacruz & Coloma (2016), en películas comestibles elaboradas a base de cáscara de plátano, reportando valores que van desde 4.43 MPa hasta 12.28 MPa.

La diferencia significativa obtenida entre tratamientos se debe a los aditivos que se utilizaron en la preparación de las películas.

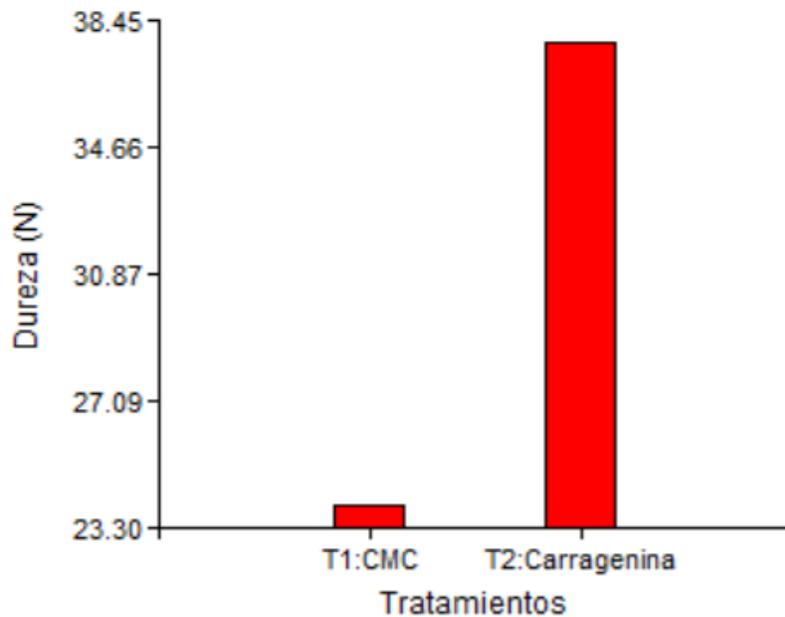
Estos valores corresponden a la capacidad que tuvieron las películas al ser colocadas en el texturómetro, consistiendo en la máxima fuerza en la que fue sometida la muestra antes de llegar a romperse.

- **Dureza**

De los resultados obtenidos en la variable dureza, con el análisis de varianza, se puede observar que existe una varianza significativa entre ambos tratamientos. (Anexo 3). El coeficiente de variación obtenido fue de 2.02 %.

Utilizando la prueba de Tukey se pudo observar que el T1 presenta un valor bajo de dureza (N) con respecto al T2 con un valor de 23.99 N, mientras que el T2 reportó valores de 37.76 N. Gráfico 6.

Gráfico 6: Dureza N



Este análisis de dureza es para determinar la resistencia a la compresión que presenta la película.

La prueba de dureza, como se aplica a la mayoría de los materiales, ha sido una prueba mecánica valiosa y comúnmente empleada durante más de 250 años.

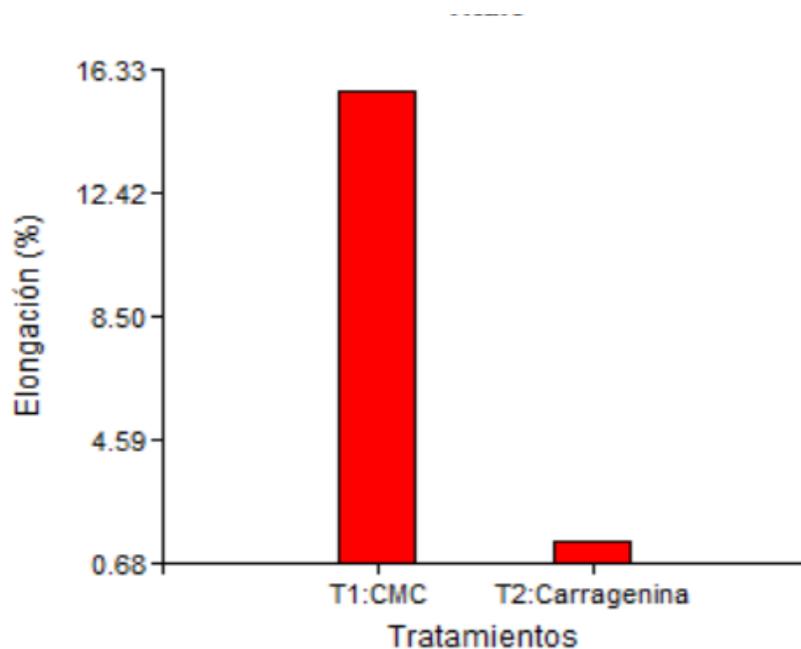
Se utilizan varias pruebas mecánicas y ópticas para determinar las características de un material y su idoneidad para una aplicación determinada, pero la prueba de dureza es sin duda una de las más críticas.

- **Elongación**

Al analizar los resultados de la variable elongación a nivel estadístico con respecto al ANOVA presentado en el anexo 4, se pudo observar que existe una varianza altamente significativa entre el T1 y T2, y el coeficiente de variación presentado fue de 14.12%.

En el gráfico 6 se puede observar los valores obtenidos mediante la prueba de Tukey, presentando valores tales como 1.39% de elongación para el T2 siendo un porcentaje muy bajo comparado con el T1 el cual reportó 15.62%. Gráfico 7.

Gráfico 7: Elongación



El ensayo de elongación mide el aumento de longitud del material cuando se somete a un esfuerzo de tracción antes de su rotura y como se puede observar en el gráfico el T2 se rompió más rápido.

Estos valores son bajos si los comparamos con los presentado por (Katiushka, 2019) con valores que van desde los 52,22% hasta 90,88 %, en plásticos biodegradables a partir de polisacáridos.

CONCLUSIONES

El raquis de plátano demostró ser un material a considerar para la elaboración de biopolímeros.

Presentó un valor bajo de permeabilidad al vapor de agua, este es un parámetro que debe ser considerado al realizar películas biodegradables, debido a la importante función del agua en las reacciones de deterioro de los alimentos, sin embargo, puede ser utilizado para la conservación de frutas y hortalizas, cuanto menor sea la tasa de permeabilidad al vapor de agua de los recubrimientos, mejor será el empaque para este tipo de alimentos.

Las características físicas de las películas del T1 tales como resistencia a la tensión, demostraron resultados similares a los reportados en investigaciones anteriores en películas elaboradas a base de cáscara de plátano.

El T2 mostró una mayor dureza con respecto al T1, esta variable es necesaria medirla en las películas biodegradables ya que indica la medida de resistencia que tendrá el material a la compresión, y de acuerdo con esto determinar el destino final del empaque.

Las películas elaboradas con CMC presentan una mejor elongación, esto quiere decir la capacidad de la película que tiene para estirarse sin romperse.

RECOMENDACIONES

Deben ser estudiada con mayor profundidad en pruebas de conservación de diversos alimentos.

Se recomienda seguir probando con otros aditivos y otros tamaños de partícula del raquis de plátano para la elaboración de empaques biodegradables.

Realizar otras pruebas para la caracterización de las películas, tales como espesor, solubilidad entre otras.

Seguir estudiando la creación de estos biopolímeros para lograr reducir la contaminación ambiental, ya que los bioplásticos son una alternativa muy prometedora que día a día van ganando más aceptación. Cuidar el ambiente es responsabilidad de todos.

El presente trabajo tiene la característica de ser pionero en utilizar el raquis de plátano para la elaboración de biopolímeros y da la pauta para futuras investigaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Abril, C. G. (06 de 2019). *UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA*. Obtenido de https://repositorio.uptc.edu.co/bitstream/001/2768/1/TGT_1401.pdf
- AIMPLAS. (01 de 12 de 2016). *AIMPLAS*. Obtenido de <https://www.aimplas.es/blog/ensayos-de-permeabilidad-al-vapor-de-agua-para-envases/>
- Álvarez, E., Pantoja, A., Ceballos, G., & Gañán, L. (Agosto de 2013). *FAO*. Obtenido de Producción de lixiviado de raquis de plátano en el Eje Cafetero de Colombia: <https://www.fao.org/3/as091s/as091s.pdf>
- Álvarez, E., Sandra, L., Sánchez, M., & Cusme, B. (2020). Evaluación socioeconómica de la producción de plátano en la zona norte de la Provincia de los Ríos. *Journal of business and entrepreneurial studies*, 86-95.
- Anchundia, K., Santacruz, S., & Coloma, J. (2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (*Musa Paradisiaca*)R. *Revista Chilena Nutrición*, 394-399.
- Arteaga, F. (2015). ORIGEN Y EVOLUCIÓN DEL BANANO. *Academia Accelerating the world's research.*, 3.
- Caicedo, W., Viáfara, D., Pérez, M., Alves, F., Rubio, G., Yanza, R., . . . Motta, W. (2020). Características químicas del ensilado de raquis de plátano (*Musa paradisiaca*) y banano orito (*Musa acuminata* AA) tratado con suero de leche y urea. *Scielo*, 1-9.
- Carrasco, L., & Molocho, R. (Junio de 2018). *Calameo*. Obtenido de <https://es.calameo.com/read/005193087c8fe3b2314cf>
- Cedeño, G. (2020). *INIAP*. Obtenido de Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias: <https://www.iniap.gob.ec/banano-platano-y-otras-musaceas/>
- Comercio, E. (02 de abril de 2011). Tres tipos de plátano se cosechan. *El Comercio*.
- Delgadillo, D. (25 de Septiembre de 2014). *Repositorio Universidad Católica de Santiago de Guayaquil*. Obtenido de <http://201.159.223.180/bitstream/3317/2505/1/T-UCSG-PRE-TEC-AGRO-55.pdf>
- Estrada, H. H., Restrepo, C. E., Saumett, H. G., & Pérez, L. (2018). Deshidratación osmótica y secado por aire caliente en mango, guayaba y limón para la obtención de ingredientes funcionales. *Información tecnológica*, 29(3), 197-204.
- Fernández Gamboa, A. A. (marzo de 2019). *Repositorio de Universidad de América Facultad De Educación Permanente Y Avanzada Especialización en Gestión Ambiental*. Obtenido de IDENTIFICACIÓN DE NUEVAS TECNOLOGÍAS DE EMPAQUES BIODEGRADABLES EN LA INDUSTRIA DE ALIMENTOS CON MAYOR POTENCIAL DE DESARROLLO EN COLOMBIA: <http://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7252/1/405828-2019-I-GA.pdf>

- Gallura, M., Devisa, A., Carbonella, I., Peñab, C., & Aucejoa, S. (2012). Últimas novedades en el campo de los biopolímeros como material de envase biocomposites. *Revista de plásticos modernos. Ciencia y tecnología de polímeros*, 196-205.
- García Astillero, A. (10 de julio de 2019). *Ecología verde*. Obtenido de <https://www.ecologiaverde.com/contaminacion-por-plasticos-causas-consecuencias-y-soluciones-2114.html>
- García, I. (2017). *Repositorio UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI*. Obtenido de <http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/3626/000003196T.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Haro, A., Borja, A., & Triviño, S. (2017). Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Dominio de las ciencias*, 506-525.
- Hernández Silva, M. L., & Guzmán Martínez, B. (2009). BIOPOLÍMEROS EMPLEADOS EN LA FABRICACIÓN DE ENVASES PARA ALIMENTOS. *Revista especializada en ingeniería de procesos en alimentos y biomateriales UNAD*, 103-129.
- Katiushka, A. (2019). ELABORACION DE PLASTICOS BIODEGRADABLES A PARTIR DE POLI SACA R11) O S Y SI ESTUDIO DE BIODEGRADACION A NIVEL DE LABORATORIO Y CAMPO.
- Lino Tolentino, L. J. (2022). *Repositorio de la Universidad Nacional Agraria de la Selva*. Obtenido de http://repositorio.unas.edu.pe/bitstream/handle/UNAS/2180/TS_LJLT_2022.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- López, N., Pabon, J. R., Kempe, M. F., & Ochoa, C. (04 de julio de 2022). *Repositorio Universidad Javeriana*. Obtenido de Diseño de un biomaterial derivado de los residuos del cultivo del banano como alternativa de economía circular en el sector bananero: <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/61528>
- Macias, J. (2016). *Repositorio Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Obtenido de "Producción, comercialización y rentabilidad del plátano (Musa Paradisiaca) y su incidencia en la economía de pequeños productores del recinto Corotú Central, parroquia Guayas, cantón el Empalme, 2016": <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3339/1/T-UTEQ-0017.pdf>
- Mazzeo, M., León, L., Mejía, L., Guerrero, L., & Botero, J. (2010). APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL DE RESIDUOS DE COSECHA Y POSCOSECHA DEL PLÁTANO EN EL DEPARTAMENTO DE CALDAS. *Revista Educación en ingeniería*, 129-139.
- Mena, M., Hernández, A., León, E., Cruz, R., Rayas, A., Díaz, M., . . . López, C. (2019). Biopolímeros de celulosa en empaques alimenticios: Retos y aplicaciones. *Revista Agroproductividad* , 83-88.
- Mérida, C. (2019). *Tecnológico nacional de México*. Obtenido de http://www.crodemerida.edu.mx/index.php?option=com_k2&view=item&id=11:termobalanza-para-cin%C3%A9tica-de-secado&Itemid=6

- Miranda, J. (2020). *Repositorio Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/5316/1/T-UTEQ-0093.pdf>
- Moreira, K. (Agosto de 2013). *Repositorio Universidad de Guayaquil*. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/3666/1/1113.pdf>
- Neira, O. (2018). *Repositorio Universidad Señor de Sipán*. Obtenido de FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y URBANISMO ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y COMERCIO EXTERIOR: <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/6205/Neyra%20Ojeda%20Odilia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ONU. (21 de octubre de 2021). *ONU programa para el ambiente*. Obtenido de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/informe-de-la-onu-sobre-contaminacion-por-plasticos>
- Paz, R., & Pesantez, Z. (2013). POTENCIALIDAD DEL PLÁTANO VERDE EN LA NUEVA MATRIZ PRODUCTIVA DEL ECUADOR. *YACHANA*, 204.
- Paz, R., & Soila, P. (2013). POTENCIALIDAD DEL PLÁTANO VERDE EN LA NUEVA MATRIZ PRODUCTIVA DEL ECUADOR. *YACHANA*, 204.
- Quiroz, I. (2019). *Repositorio UNESUM*. Obtenido de <http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2233/1/ILIANA-QUIROZ%20ARA%C3%91ITAS%20DE%20PLATANO.pdf>
- Ramírez, K. (2019). *Repositorio Universidad Autónoma del Estado de Morales*. Obtenido de GENERACIÓN DE RESIDUOS DE PLÁTANO Y SU POSIBLE UTILIZACIÓN PARA APOYAR LA SEGURIDAD ALIMENTARIA: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2194/KARASE01T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ríos, A. D., Álvarez López, C., Cruz Riaño, L. J., & Restrepo Osorio, A. (2017). Revisión: fibroína de seda y sus potenciales aplicaciones en empaques biodegradables para alimentos. *Scielo*, 7-15.
- Rivera, C., Contreras, F., Ariza, W., Bonilla, S., & Cruz, A. (2019). Los empaques biodegradables, una respuesta a la consciencia ambiental de los consumidores. *Realidad Empresarial (7)*, 2-8.
- Robin, Z., Marlon, O., Jorge, V., Carlos, M., Carlos, C., Lina, V., . . . Piedad, G. (2019). Compendio de las alternativas para el desarrollo de materiales que brindan las estructuras celulósicas aisladas de residuos de la agroindustria de musáceas. En *Producción y usos de la celulosa nanofibrilada y microfibrilada*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo.
- Rodríguez Gómez, D., López Ramírez, V., Alpizar Negrete, A. G., & Calixto Olalde, M. E. (2020). Capítulo 9 Biopolímeros: de principio a fin. *Ecorfan*, 107-129.
- Rojas, A., Flórez, C., & Diego, L. (2018). Prospectivas de aprovechamiento de algunos residuos agroindustriales. *Scielo Revista Cubana de Qupimica*.

- Rosales, A. d. (Junio de 2016). *Repositorio UNAN Managua* . Obtenido de <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>
- Saldívar, P. (agosto de 2017). *UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO FACULTAD DE CIENCIAS AGRÍCOLAS*. Obtenido de El Cultivo de Plátano y Banano (Musa balbisiana, Musa paradisiaca): <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68163/Cultivo%20de%20%20Banan%20o.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, J., Sánchez, J., & Florez, A. (2020). Caracterización de los residuos de la cosecha del plátano harton para un potencial uso industrial. *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, 13-16.
- Santacruz, S. (2016). Caracterización física de películas comestibles a base de cáscara de plátano (Musa Paradisiaca). *Revista Chilena de Nutrición*, 394-399.
- Santillán, M. L. (27 de julio de 2018). *Ciencia UNAM*. Obtenido de Universidad Nacional Autónoma de México : <https://ciencia.unam.mx/leer/766/una-vida-de-plastico>
- Santo Rosa, A. (Septiembre de 2013). *Departamento Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras. Escuela Técnica Superior de Ingeniería. Universidad de Sevilla*. Obtenido de ANÁLISIS Y SIMULACIÓN NUMÉRICA DEL PROCESO DE BIODEGRADACIÓN POR HIDRÓLISIS DE BIOPOLÍMEROS EN APLICACIONES BIOMÉDICAS: <https://biblus.us.es>
- Sarria Villa, R. A., & Gallo Corredor, J. A. (2016). La gran problemática ambiental de los residuos plásticos: Microplásticos . *Journal de Ciencia e Ingeniería, Vol. 8, No. 1*, 21-27.
- Sedeño, K. R. (14 de Enero de 2019). *Centro de investigación en biotecnología*. Obtenido de <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/2194/KARASE01T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Segura, D., & Noguez, R. (s.f.).
- Segura, D., Noguez, R., & Espín, G. (2011). Contaminación ambiental y bacterias productoras de plásticos biodegradables. *Academia Accelerating the world's research*, 361-372.
- Solano, A., Ponce, W., & Zambrano, F. (2022). BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA DE RESIDUOS DE MUSACEAS: CASO ECUADOR. *Biotempo*, 51-63.
- Vargas, Y., & Liliana, P. (2018). Aprovechamiento de residuos agroindustriales en el mejoramiento de la calidad del ambiente. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*.
- Villada, H., Acosta, H., & Velasco, R. (2007). BIOPOLÍMEROS NATURALES USADOS EN EMPAQUES BIODEGRADABLES. *Dialnet*, 5-13.
- Villón, J. (17 de febrero de 2021). El plátano peninsular de la variedad MP1 se vende en Walmart de Estados Unidos. *El Universo*.
- Vizueté, R., López, I., Delgado, A., & Sánchez, A. (2021). BIOEMPAQUES PARA LA INDUSTRIA ALIMENTARIA A PARTIR DE NANOCOMPUESTOS Y POLÍMEROS NATURALES. *Revista Alimento, Ciencia e Ingeniería*, 34-55.

- Yzarra, W. J., & López, F. M. (2017). *Manual de observaciones fenológicas*. Obtenido de Servicio Nacional de meteorología e hidrología del Perú (SENAMHI): <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-11.pdf>
- Zambrano, N. (2022). *Repositorio Universidad Técnica Estatal de Quevedo*. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6634/1/T-UTEQ-323.pdf>
- Zoffoli, J., Evseev, A., Naranjo, P., & Rodríguez, J. (2015). El futuro de los biopolímeros en el envase de frutas. *Revista agronomía y forestal UC*, 40-43.

ANEXOS

Anexo 1: Anova de la variable permeabilidad

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	4.17	3	1.39	166.46	0.0060
Tratamientos	4.16	1	4.16	498.00	0.0020
Repeticiones	0.01	2	0.01	0.69	0.5933
Error	0.02	2	0.01		
Total	4.18	5			

Anexo 2: Anova de la variable resistencia a la tensión

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	138.61	3	46.20	1211.45	0.0008
Tratamientos	138.04	1	138.04	3619.45	0.0003
Repeticiones	0.57	2	0.28	7.46	0.1182
Error	0.08	2	0.04		
Total	138.68	5			

Anexo 3: Anova de la variable dureza

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	298.86	3	99.62	256.69	0.0039
Tratamientos	284.45	1	284.45	732.92	0.0014
Repeticiones	14.42	2	7.21	18.57	0.0511
Error	0.78	2	0.39		
Total	299.64	5			

Anexo 4: Anova de la variable elongación

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo.	306.62	3	102.21	70.77	0.0140
Tratamientos	303.82	1	303.82	210.38	0.0047
Repeticiones	2.80	2	1.40	0.97	0.5080
Error	2.89	2	1.44		
Total	309.51	5			

Anexo 5: Selección de raquis



Anexo 6: Preparación de la muestra



Cortado



Secado



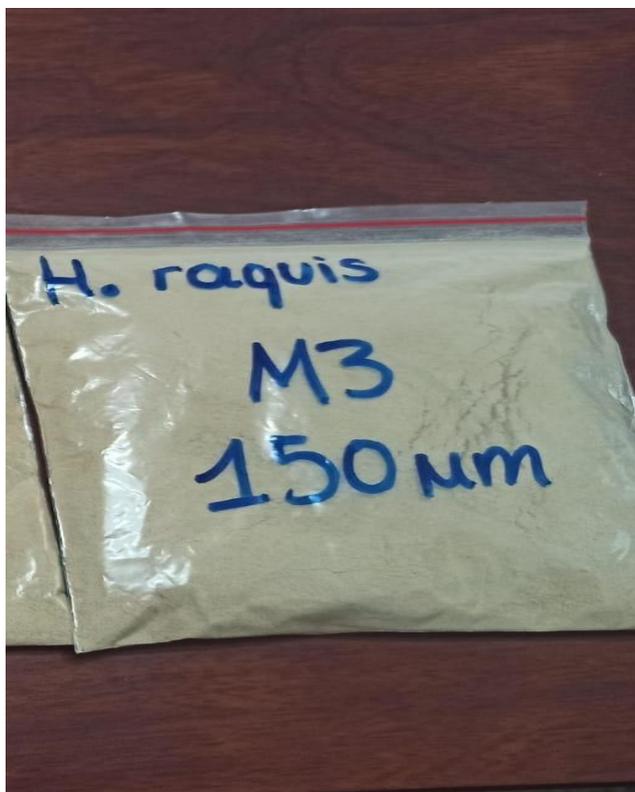
Pulverizado



Tamizado



Pesado de la muestra



Empacado y etiquetado

Anexo 7: Análisis para composición química del raquis



*Determinación de humedad
con termobalanza*



Análisis de cenizas



Digestión ácido base para determinar fibra cruda

Anexo 8: Resultados de los análisis de ceniza, humedad y fibra cruda

 **Uleam**
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

Facultad de Ciencias de la Vida
y Tecnologías

CERTIFICACIÓN

Manta, 13 de diciembre del 2022

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 análisis, se emite este documento con resultados de los siguientes análisis:
Determinación de Cenizas y Humedad en raquis de plátanos, dichos análisis corresponden al trabajo de titulación "**Biopolímero a base de raquis del plátano usados en empaques biodegradables**", de **Marcillo Alcívar María Consuelo C.I. 131410417-3**. Estudiante egresada de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

Ceniza	Humedad
12.53 g	5,66 % L
12.76 g	5,03 % L
13.13 g	4,97 % L

Particular que informamos para fines pertinentes.

Atentamente


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


Ing. Cesar Lopez 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



Manta, 24 de noviembre del 2022

Facultad de Ingeniería Industria y Construcción

CERTIFICO: Que los resultados presentados en la siguiente tabla corresponden a las muestras de **MARIA MARCILLO ALCIVAR C.I. 1314104173**, estudiante de la Facultad de Ciencias de la Vida y Tecnologías, de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí. Los análisis fueron realizados en el laboratorio CESECCA adscrito a la Facultad de Ingeniería Industria y Construcción, siendo estos los siguientes parámetros:

Parámetros Físicoquímicos
Fibra Cruda

Dichos análisis corresponden al trabajo de titulación ““BIOPOLIMERO A BASE DEL RAQUIS DEL PLÁTANO, USADO EN EMPAQUES BIODEGRADABLES””.



Firmado electrónicamente por:
**FERNANDO JOSE
VELOZ PARRAGA**

**Director del Laboratorio CESECCA
Ing. Fernando José Veloz Párraga**



INFORME DE RESULTADOS

ESTUDIANTE:	MARIA MARCILLO	FECHA DE MUESTREO:	21/11/2022
DIRECCIÓN:	N/A	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	23/11/2022
PARROQUIA:	N/A	FECHA DE FINALIZACIÓN RESULTADOS:	23/11/2022
TIPO DE MUESTRA:	RAQUIS DE PLATANO	NORMA DE REFERENCIA:	N/A
TIPO DE ENVASE:	FUNDA PLASTICA		
UNIDADES/PESO:	2/300g		

ANALISIS	LOTE	UNIDADES	RESULTADOS	MÉTODO ANALITICO
Fibra Cruda		%	20.43	AOAC Ed. 21. 2019 apéndice A1.11;941.18

Observaciones: las muestras fueron tomadas por el estudiante con la supervisión del docente tutor.



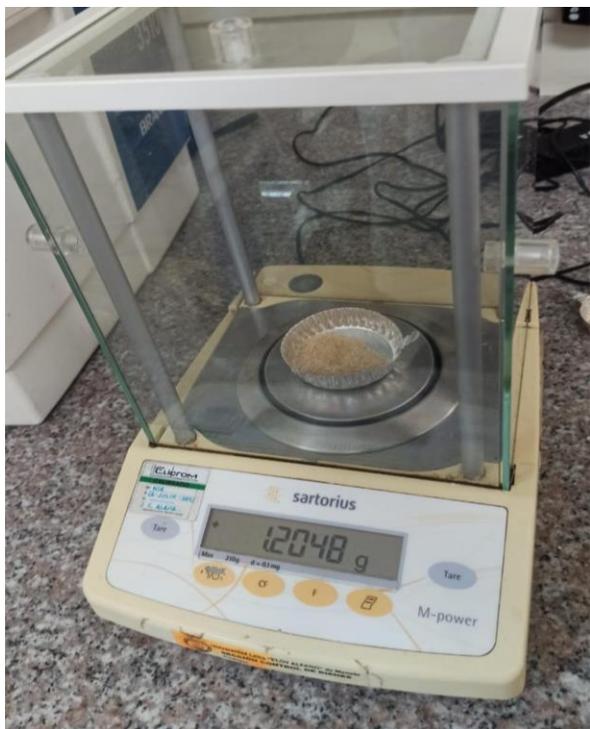
FERNANDO JOSE
VELOZ PARRAGA

Ing. Fernando José Veloz Párraga

Anexo 9: Preparación de las películas



Pesado de aditivos



Pesado de harina de raquis



Pesado de sorbato de potasio



Preparación de las muestras



Medición de agua destilada



Agitación constante



Medir temperatura



Ubicación de las muestras en caja Petri



Secado de las muestras en estufa



Pesado de las muestras para análisis de permeabilidad



Análisis de resistencia, dureza y elongación en el texturómetro

Anexo 10: Resultados de los análisis de permeabilidad, resistencia, dureza y elongación de las películas.



Uleam
UNIVERSIDAD LAICA
ELOY ALFARO DE MANABÍ

Facultad de Ciencias de la Vida
y Tecnologías

CERTIFICACIÓN

Manta, 23 de enero del 2023

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 análisis, se emite este documento con resultados de los siguientes análisis: Determinación de permeabilidad, resistencia a la tensión, dureza y elongación en biopolímero, dichos análisis corresponden al trabajo de titulación "**Biopolímero a base del raquis de plátano usados en empaques biodegradables**", de **María Consuelo Marcillo Alcívar C.11314104173**. Estudiante egresada de la Carrera de Ingeniería Agropecuaria de la extensión el Carmen de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí.

PERMEABILIDAD x 10-11g m/sm2Pa		
	T1	T3
R1	2,5932	1,0240
R2	2,8012	0,9896
R3	2,7126	1,0997

RESISTENCIA A LA TENSION Mpa		
	T1	T3
R1	11,7925	2,2396
R2	12,3608	3,0215
R3	12,0059	2,1187

DUREZA N		
	T1	T3
R1	24,7410	39,5274
R2	22,0881	35,2963
R3	25,1416	38,4596

ELONGACIÓN %		
	T1	T3
R1	17,260	1,109
R2	14,032	1,115
R3	15,582	1,954

Particular que informamos para fines pertinentes.

Atentamente

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



Ing. Cesar Lopez 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