



UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN

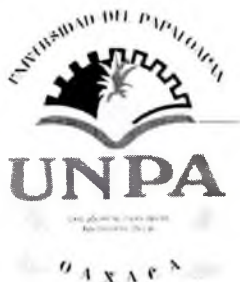
**PLÁSTICO BIODEGRADABLE A BASE DE PLANTA
DE PLÁTANO**

**Tesis Profesional para la obtención del Título de Ingeniero en Diseño
Presenta:**

SAMIRA BELÉN MAYORAL LAGUNES

**Con la dirección
Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez**

LOMA BONITA, OAXACA, 2018.




UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN INGENIERÍA EN DISEÑO

LA PRESENTE TESIS TITULADA "**PLÁSTICO BIODEGRADABLE A BASE DE PLANTA DE PLÁTANO**", PRESENTADA POR LA PASANTE SAMIRA BELÉN MAYORAL LAGUNES, BAJO LA DIRECCIÓN DE LA DRA. LAURA PATRICIA RIVAS VÁZQUEZ, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO.

JURADO EXAMINADOR

Laura Patricia Rivas Vázquez
DRA. LAURA PATRICIA RIVAS VÁZQUEZ
DIRECTOR


DR. ROBERTO SUÁREZ ORDUÑA

REVISOR


M.C. REY FERNANDO GARCÍA MÉNDEZ

REVISOR

LOMA BONITA, OAXACA, 2018.

Dedicatoria

Esta tesis se la dedico con todo cariño a:

Dios

Que por el estoy aquí y porque ello es que puedo hacer algo para él.

Quien me da fortaleza espiritual y un nuevo camino en mis días perdidos, por darme fuerzas en momentos de debilidad, por las alegrías y las tristezas, que gracias a eso soy quien soy y podré seguir siendo aunque ya no esté.

Mis padres

Con todo mi amor, el sentimiento del que de ellos aprendí, de sus regaños para corregirme y de sus elogios para premiarme y así distinguir el mejor camino de la vida.

Mis hermanos

Con quienes crecí y me formé como persona, que fueron mis confidentes y me dieron distintas visiones de la vida, me dieron emociones y vivencias únicas e inolvidables.

Mis amigos

Que me apoyaron y alentaron a superarme todos los días, de no conformarme, pero sí de continuar creciendo, que en momentos de estrés me dieron un respiro y una distracción momentánea, para después continuar con más ánimos.

Agradecimientos

A la **Universidad del Papaloapan** por brindarme la oportunidad de alcanzar esta meta académica.

A la **Dra. Laura Patricia Rivas Vázquez**, mi directora de tesis, por haberme apoyado, por su guía y asesoramiento para la realización de este proyecto.

Al **Dr. Roberto Suárez Orduña** y al **M.C. Rey Fernando García Méndez**, mis revisores de tesis, por el tiempo dedicado y sus acertados comentarios y observaciones para la mejora de este proyecto.

Al **Instituto de Micro y Nanotecnología de la Universidad Veracruzana**, al **Dr. Julián Hernández Torres** por permitirme realizar las microscopias electrónicas de barrido.

Al **Laboratorio de Mecatrónica**, por apoyarme con la producción del prototipo del diseño de la aplicación del material.

A la **Universidad del Papaloapan campus Tuxtepec**, por permitirme realizar las pruebas de Infrarrojo y rayos X.

A la **Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz campus Cuitláhuac**, por proporcionar asesoría y apoyo para la realización de pruebas de tensión en la fibra de la hoja de plátano.

A mi hermana **Anais Erandi Mayoral Lagunes** y a **José Benjamín Vergara Rodríguez** por ayudarme en sus tiempos libres y no tan libres para la obtención de material.

Al **Ing. Liberio Morales Meza** por compartir sus conocimientos conmigo y contribuir con plátanos para el desarrollo de este proyecto

Al **D.I. Alejandro Antonio Dávila Palmieri** por su amistad, apoyo y paciencia durante toda mi estancia en la universidad, por sus acertados comentarios y observaciones, por su guía y motivación para la realización de esta tesis.

A todos mis profesores, por su formación académica a lo largo de mi vida estudiantil, que me dieron las bases y plantaron en mi la semilla del conocimiento para poco a poco seguir creciendo académicamente y para poder realizar este importante proyecto.

Resumen

El objetivo general de esta tesis fue el generar un material plástico creado de la planta de plátano, el cual al ser desechado pueda ser biodegradado sin dejar desechos tóxicos que perjudique el ambiente.

Se estudió la fibra de la hoja de plátano extraída de forma manual y el almidón obtenido deshidratado en horno de convección eléctrica a una temperatura de 70°C por 72 horas para de ahí ser molido y obtener la harina para su análisis y caracterización.

El estudio del almidón con ácido acético y glicerina, se llevó a cabo a 7 tiempos y 5 temperaturas para determinar las condiciones óptimas para la polimerización del almidón.

Los resultados de la prueba de infrarrojo demostraron que efectivamente se encuentra el almidón en su estructura y se sigue conservando en los distintos tratamientos realizados.

La prueba de tensión de la fibra dio como resultado una carga promedio de 0.815 N

Por observación se determinó que el compuesto de almidón con y sin fibra tiene mejores condiciones cuando por cada gramo de almidón es agregado 3ml de agua, 0.5 ml de ácido acético, 0.5 ml de glicerina y de 2 - 3% de fibra de hoja de plátano a 120°C por 24 horas para su procesamiento y a 170°C por 60 minutos para su conformación final.

Abstract

The general objective of this thesis is to generate a plastic material created from the banana plant, which when discarded is biodegraded without causing toxic waste that is harmful to the environment.

In this research, the fiber of the banana leaf was extracted manually and the starch obtained was dehydrated in a convection oven at a temperature of 70 °C for 72 hours, then the resulting product was ground to powder for further analysis and characterization

A study on starch was carried out using a mixture of acetic acid and glycerin which was carried out in 7 different times and at 5 several temperatures to determine the optimum conditions for polymerization of the starch

An infrared analysis and a fiber tension test were performed. The results of the infrared test showed that the starch was correct in structure and no change was found after being subjected to different treatments. The results of the fiber tension test resulted in an average load of 0.815 Newton.

Observations show that the starch compound with or without fiber has better results when 3ml. of water, 0.5ml of acetic acid, 0.5ml of glycerin and 2 - 3% of banana leaf fiber were added to the starch for processing and dried at 120° C for 24 hours and at a 170° Celsius for 60 minutes as the final conformation.

ÍNDICE

Dedicatoria	
Agradecimientos	
Resumen	
Abstract	
Índice de figuras	IV
Índice de tablas	VII
CAPÍTULO 1	1
1.1 INTRODUCCIÓN	1
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.3 HIPOTESIS	4
1.4 OBJETIVOS	4
1.4.1 Objetivo general	4
1.4.2 Objetivos específicos	5
CAPÍTULO 2	6
2.1 ANTECEDENTES	6
2.1.1 Descripción botánica	7
2.2. PRODUCCIÓN MUNDIAL	8
2.3. PRODUCCIÓN NACIONAL	8
2.3.1 Producción en toneladas	9
2.4. PRODUCCIÓN EN LA CUENCA DEL PAPALOAPAN	10
2.5. PRODUCCIÓN EN SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA.	11
2.6 BIOPLÁSTICO	12

2.6.1	Clasificación de los polímeros en formas primarias.	15
2.6.2	Fabricación de plásticos	16
2.6.3	Técnicas de conformado	16
CAPÍTULO 3		21
3.1	DESARROLLO EXPERIMENTAL	21
3.1.1	Recolección de material.	21
3.1.2	Deshidratación para obtención de almidón	21
3.1.3	Obtención de fibra de hoja planta de plátano.	23
3.2	CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA	25
3.2.1	Microscopía electrónica de barrido	25
3.2.2	Análisis de Infrarrojo por Transformada de Fourier	26
3.2.3	Análisis Térmico.	27
3.2.4	Pruebas de tension en la fibra de la hoja de plátano.	28
3.2.5	Difracción de rayos X (DRX).	29
3.3	PROCESAMIENTO DEL BIOPLÁSTICO	30
3.3.1	Polimerizacion del almidón	30
CAPÍTULO 4		32
4.1	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA	32
4.1.1	Deshidratación de la Pulpa de plátano	32
4.1.2	Análisis de Infrarrojo por Transformada de Furier	34
4.1.3	Análisis térmico (ATD y ATG)	36
4.1.4	Microscopía electrónica de barrido (MEB)	38
4.1.5	Difracción de Rayos X	40
4.1.6	Prueba de Tension en la fibra	41
4.1.7	Análisis de infrarrojo por transformada de Fourier al almidón tratado	42

4.2	RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO	45
4.2.1	Viscosidad	47
4.2.2	Estereoscopías de pellets sometidos a diferentes temperaturas.	48
4.2.3	Estereoscopías de pellets con fibra sometidos a diferentes temperaturas.	50
4.2.4	Porcentaje de absorción de agua	52
CAPÍTULO 5		53
5.1	ALTERNATIVAS DE APLICACIÓN DEL BIOPLÁSTICO	53
5.1.1	Cultivos en viveros e invernaderos	53
5.1.2	Definiendo el problema de diseño	55
5.1.3	Análisis de datos para el diseño.	62
5.1.4	Enfoque del diseño	62
5.1.5	Medidas requeridas	62
5.1.6	Bocetaje	55
5.1.7	Modelado digital	57
5.1.8	Modelo a escala real	57
5.1.9	Molde	58
5.1.10	Elaboración del prototipo de maceta con el material desarrollado	61
CONCLUSIONES		63
Recomendaciones		65
Referencias bibliográficas		66
Anexo		69

Índice de figuras

Figura 1. Muestras deshidratadas a) pulpa interna del plátano, b) cascara de plátano. Fuente propia.	21
Figura 2. Pruebas puestas en solución de ácido cítrico en diferentes concentraciones molares por 30 minutos antes de colocarlas en el horno y termo balanza. Fuente propia.	22
Figura 3. Raspado de hoja de planta de plátano macho. Fuente propia.	23
Figura 4. Fibra de hoja de plátano macho: a) Fibra extraída de la hoja, b) fibra extraída de la costilla de la hoja y c) fibra de la hoja. Fuente Propia.	24
Figura 5. a) y b) limpieza de fibra en el equipo de ultrasonido Branson. Fuente propia.	24
Figura 6. Equipo de microscopia electrónica de barrido JEOL JSM-7600F en el MICRONA. Fuente propia.	25
Figura 7. a) Colocación de muestra en el equipo. b) Aplicación de presión sobre la muestra para realizar la medición. Fuente Propia.	27
Figura 8. Equipo de Análisis térmico. a) Colocación de la muestra en el crisol. b) Colocación del crisol en el equipo. Fuente propia.	28
Figura 9. Prueba de tensión al hilo de fibra de hoja de plátano. a) fibra tensada. b) fibra segmentada después de la prueba. Fuente propia.	29
Figura 10. Porcentaje de humedad de la pulpa extraída de la cascara, tratado a diferentes molaridades de ácido cítrico. Fuente propia.	33
Figura 11. Almidón obtenido de la deshidratación de la pulpa de plátano a diferentes molaridades de ácido cítrico, a) 0.1 M, b) 0.05 M, c) 0 M. Fuente propia.	33
Figura 12. Resultados obtenidos de la prueba de infrarrojo de las diferentes muestras	34
Figura 13. Resultados obtenidos de la prueba de infrarrojo para la fibra de hoja de plátano. Fuente Propia.	35
Figura 14. Resultados obtenidos de la prueba de ATD y ATG del almidón. Fuente propia.	37

Figura 15. MEB de almidón de planta de plátano macho (musa balbisiana), o M. Fuente propia.....	38
Figura 16. MEB de muestra tratada con solución de ácido cítrico al 0.05M. Fuente propia.....	39
Figura 17. MEB de fibra de la hoja de la planta de plátano macho (musa balbisiana). Fuente propia.	40
Figura 18. DRX del almidón sin tratar y tratado con ácido cítrico al 0.05 M. Fuente propia.....	41
Figura 19. Polimerización del almidón. 1) prueba con 0.0960g de almidón, 2) prueba con 0.2000g de almidón. Fuente propia	42
Figura 20. Muestras de polimerización 3) muestra 3, 4) muestra 4, 5) muestra 5, 6) muestra 6. Fuente propia.	42
Figura 21. Prueba de infrarrojo por transformada de Fourier del almidón de plátano con ácido acético y glicerina sometido a 140°C por diferentes tiempos. Fuente propia.	43
Figura 22. Prueba de infrarrojo por transformada de Fourier del almidón de plátano con ácido acético y glicerina sometido a 170°C por diferentes tiempos. Fuente propia.	44
Figura 23. Prueba de infrarrojo por transformada de Fourier del almidón de plátano con ácido acético y glicerina sometido a 200°C por diferentes tiempos. Fuente propia.	45
Figura 24. a) Muestras I a 3, 6,9,15 y 24 horas, b) Muestras II a 3, 6, 9, 15 y 24 horas, c) Muestras III a 3, 6, 9, 5 y 24 horas. Fuente propia.....	46
Figura 25. Elaboración de pellets en prensa hidráulica. Fuente propia.....	46
Figura 26. Viscosímetro Brookfield. Fuente propia.	47
Figura 27. Mezclas antes de ser dispuestas en el horno. Fuente propia.	48
Figura 28. Pellets sometidos a 140°C por 30, 60 y 120 minutos. Fuente propia.	49
Figura 29. Pellets sometidos a 170°C por 30, 60 y 120 minutos. Fuente propia.	49
Figura 30. Pellets sometidos a 200°C por 30, 60 y 120 minutos. Fuente propia.....	50
Figura 31. Pellets con fibra de hoja a 170 °C por 30, 60 y 120 minutos. Fuente propia.....	51
Figura 32. Pellets con fibra de hoja a 200 °C por 30, 60 y 120 minutos. Fuente propia.....	51

Figura 33. Charolas germinadora. Fuente: hydroenv.com	59
Figura 34. Bolsas para cultivo de polietileno. Fuente: hydroenv.com.....	59
Figura 35. Maceta de plástico flexible de polipropileno. Fuente: hydroenv.com	60
Figura 36. Charola forestal, termoformada de poliestireno. Fuente: hydroenv.com	60
Figura 37. Medidas comerciales de las cavidades individuales de charolas germinadoras. Fuente: hydroenv.com.....	63
Figura 38. Charola germinadora forestal. Fuente: hydroenv.com.	63
Figura 39. Bocetos diferentes de una retícula geométrica. Fuente propia.....	55
Figura 40. Boceto con retícula geométrica con espacios libres. Fuente propia.	56
Figura 41. Boceto de maceta en vista superior. Fuente propia.....	56
Figura 42. Bocetos finales. Fuente propia.....	56
Figura 43. Impresión 3D. Fuente propia.	57
Figura 44. Modelo de maceta. Fuente propia.....	58
Figura 45. Caja de madera. Fuente propia.	59
Figura 46. Modelo colocado y preparado para vaciar el yeso. Fuente propia.	59
Figura 47. Elaboración de molde de yeso. Fuente propia.	60
Figura 48. Molde de yeso. Fuente propia.....	60
Figura 49. Modelado de prototipo en prensa hidráulica. Fuente propia.	61
Figura 50. Prototipo prensado. Fuente propia.	62
Figura 51. Maceta de bioplástico obtenido. Fuente propia.	62

Índice de tablas

Tabla 1. Producción de plátano en el país por estado	9
Tabla 2. Tabla de porciones utilizadas para las soluciones de ácido cítrico.	22
Tabla 3. Proporciones de material para la polimerización del almidón.	30
Tabla 4. Proporciones de material para la polimerización del almidón.	31
Tabla 5. Tabla de peso inicial y final de las muestras obtenidas con ácido cítrico puestas a deshidratar en el horno.	32
Tabla 6. Peso inicial y final de las muestras con solución de ácido cítrico deshidratado en el termo balanza hasta una temperatura de 120° C.	32
Tabla 7. Resultados de la medición en el equipo de tensión.	41
Tabla 8. Viscosidad medida.	48
Tabla 9. Resultados de la pruebas a diferentes tiempos y temperaturas.	48
Tabla 10. Pellets con 3% de fibra de hoja de plátano sometidos a diferentes temperaturas.	50
Tabla 11. Absorción de humedad.	52
Tabla 12. Materiales comunes de sustratos para viveros y semilleros.	56
Tabla 13. Cantidades de material utilizado para el prototipo.	61

CAPÍTULO 1

1.1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad la población se ha incrementado y con ello los residuos sólidos orgánicos como inorgánicos, de los cuales el plástico es uno de los contaminantes que se encuentran en gran cantidad y puesto que son creados a base de petróleo se calculan tardan en degradarse entre 100 y 1,000 años en el ambiente y lo cual provoca que distintas especies animales y vegetales perezcan en el entorno donde estos son desechados.

Entonces con base en lo anterior se propone una alternativa para reducir estos contaminantes y a partir de la planta de plátano, producir plástico biodegradable para la creación de productos aprovechando los residuos orgánicos de los cultivos, dándoles un valor agregado y disminuyendo el impacto negativo al medio ambiente.

Proteger el medio ambiente se ha convertido en una tarea importante, por lo cual se ha implementado el desarrollo sustentable, surgiendo diversos temas de investigación en áreas de reciclaje, el uso moderado de la materia prima de origen orgánico, materiales renovables y biodegradables, trayendo consigo una tendencia ecológica el cual en muchos países ya están tomando partidas favorables apoyando en el desarrollo de diversos productos ecológicos, sistemas de producción limpios y reducción de desechos.

En años anteriores se fue implementando la creación de plásticos base cartón, los cuales para cumplir con las condiciones no deben estar recubiertos por plástico, quedando en desventaja con la mayoría de los plásticos existentes a base de petróleo.

El plátano posee almidón en su composición química, por lo cual este ha sido utilizado de diversas formas, sin embargo, un porcentaje de este almidón se queda impregnado en la cascara del mismo, el cual no es aprovechado. Además, por sus características químicas y físicas nos pueden ser de utilidad para la generación de bioplástico. La ventaja de utilizar este recurso natural sobre otros compuestos plásticos es que este material es biodegradable y a la vez biocompostable, por lo que su descomposición no afecta al medio ambiente (Idris et. all, 2015).

Los plásticos biodegradables son fabricados a partir de recursos renovables, tanto de origen animal como vegetal, y recursos fósiles. La diferencia entre un polímero convencional y uno biodegradable es su estructura química. Este último puede ser destruido por microorganismos, como hongos y bacterias en un lapso de tiempo menor, esto los hace una alternativa ecológica por sus múltiples ventajas para las personas y el medio ambiente. Por lo anterior, caracterizar este compuesto permitirá identificar sus posibles campos de aplicación.

El tema de investigación se seleccionó con base en la tendencia ecológica que ha surgido en los últimos años, pues la mayoría de los campos de investigación se han centrado en la producción de materiales y productos que no sean dañinos para el ambiente, además para el aprovechamiento del desecho de las fibras de la planta de plátano, como

alternativa que pueda ser implementado y utilizado en distintos sectores industriales y artesanales.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De los residuos de la planta del plátano y de la cascara de plátano es posible obtener productos que pueden impactar positivamente en diversas áreas, aproximadamente cerca del 95% de los residuos que se generan no son aprovechados de manera eficiente por los productores, ya que su producción se enfoca principalmente al sector alimenticio, por lo cual después de usar el fruto, lo restante es desechado como abono para la misma cosecha (Mantilla & Pedraza, 2011).

Los residuos del plátano se han usado para la generación de etanol y butanol, fibras para empaques y embalajes, artesanías, pectinas, abono, papel, jarabes y algunas otras opciones alimenticias y tintes naturales, los cuales se presentan en poca cantidad pues las personas que cultivan estas plantas en vez de destinar sus residuos para seguir sacando provecho de estos, simplemente los desechan y lo único que producen, de entre tantas opciones, es composta.

Por lo anterior es importante dar alternativas para el aprovechamiento del desecho de las fibras de la planta y de los desechos del plátano para generar materia productiva, que además de cumplir con características bioamigables, determinar si es factible dar alternativas que impliquen productos de alto valor agregado para los agricultores.

En la investigación que se realizó, se puso a prueba la generación de un plástico a base de materia orgánica (con la fibra de la planta y otros residuos orgánicos) sin la utilización

de resinas u otros que puedan hacer toxico el material extrayendo de la misma los componentes necesarios para darle características de resistencia, térmicas y propiedades mecánicas requeridas, permitiendo que sea biodegradable y no tóxico, que sirva como compostaje al ser desechada; una vez lograda la creación del bioplástico se pretende realizar un producto en donde esté presente el diseño en cuanto a forma y ergonomía.

El producto a crear con el plástico desarrollado intenta tomar ventaja tanto en innovación de diseño como en la implementación de material biodegradable, procurando sea de fácil producción y pueda servir para la creación de diversos artículos, intentando sustituir de manera total o parcial el uso del plástico contaminante.

1.3 HIPOTESIS

A partir de la planta del plátano generar plástico biodegradable y con esto producir productos de uso desechable que al paso de poco tiempo pueda servir como alimento para plantas y/o animales.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Generar un material a base de plástico creado a partir de la planta de plátano el cual al ser desechado pueda ser biodegradado sin dejar desechos tóxicos que perjudique el ambiente.

1.4.2 Objetivos específicos

- Establecer parámetros sobre los cuales se trabajarán para la creación y el mejoramiento del material que se desarrollara y crear un producto óptimo y con las características necesarias para cumplir su función.
- Determinar las propiedades del biopolímero
 - Densidad.
 - Porcentaje de absorción de agua.
- Diseñar un objeto funcional con el plástico biodegradable que tendrá características para ser desechable.

CAPÍTULO 2

2.1 ANTECEDENTES

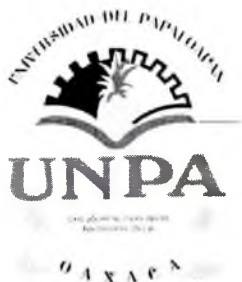
En México se siembran diferentes variedades de plátanos y según algunos investigadores estos pueden dividirse o clasificarse en 2 grupos, los de postre y los de cocción. Los primeros, son los que son consumidos cuando alcanza cierto punto de madurez, generalmente cuando su sabor ya es dulce y sus colores van entre el amarillo y manchas marrón claro. Los de cocción son los que cuando alcanzan cierto grado de madures pueden ser cocinados en diversas formas para ser consumidos.

En la región del Bajo Cuenca del Papaloapan, más en específico en San Bartolo, Tuxtepec, Oaxaca se producen las siguientes variedades:

1. Macho
2. Valery o Roatán
3. Manzano
4. Dominicó
5. Hembra
6. Bolsa

Este último es el más resistente en diversos aspectos, pues soporta periodos más largos sin lluvias, vientos más fuertes, esta especie logra su ciclo vegetativo con menos porcentaje de agua en comparación con las otras especies.

La producción del plátano se da en ciclo vegetativo, el cual dura de 11 a 12 meses en donde la planta nace, se desarrolla y da fruto, el fruto desde que se produce demora de 2 a 3




UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN INGENIERÍA EN DISEÑO

LA PRESENTE TESIS TITULADA "**PLÁSTICO BIODEGRADABLE A BASE DE PLANTA DE PLÁTANO**", PRESENTADA POR LA PASANTE SAMIRA BELÉN MAYORAL LAGUNES, BAJO LA DIRECCIÓN DE LA DRA. LAURA PATRICIA RIVAS VÁZQUEZ, HA SIDO REVISADA Y ACEPTADA POR EL JURADO EXAMINADOR PARA SER DEFENDIDA EN EL EXAMEN PROFESIONAL Y OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN INGENIERÍA EN DISEÑO.

JURADO EXAMINADOR

Laura Patricia Rivas Vázquez
DRA. LAURA PATRICIA RIVAS VÁZQUEZ
DIRECTOR


DR. ROBERTO SUÁREZ ORDUÑA

REVISOR


M.C. REY FERNANDO GARCÍA MÉNDEZ

REVISOR

LOMA BONITA, OAXACA, 2018.

meses para desarrollarse y estar en condiciones óptimas para ser cortado y vendido. La planta da en promedio 46 hojas de las cuales, la última es la que protege al racimo del fruto.

El plátano tiene como característica importante que se puede encontrar en el mercado durante todo el año pues los ciclos de siembra y cultivo son planeados para que así sea. Hay dos tipos de ciclos, el anual y el perene; el primero es el ciclo en donde se cosecha una vez al año, en este, a la planta se le matan o tiran los hijos para solo enfocarse en la planta madre que será la que del fruto, en este ciclo se cuida y se procura un fruto más robusto y grande. En el segundo, el ciclo perene, se dejan los hijos, solo los más óptimos para desarrollarse y dar un mejor fruto, este ciclo permite al agricultor cosechar frutos cada 2 o 3 meses.

2.1.1 Descripción botánica

La planta del plátano está formada por el sistema radicular; sus raíces logran extenderse hasta 5 metros a la redonda, por lo general están entre los 20 y 60 cm de la superficie del suelo. También esta planta está constituida por el cormo que es el inicio del tallo y parte de este que se encuentra bajo tierra de donde parten las raíces, es ahí donde nacen y se desarrollan los hijos de la planta. Y por último la parte visible que es la planta, esta es en realidad el conjunto de hojas que van desarrollándose en forma envolvente, lo que nosotros conocemos normalmente como el tallo es la vaina que se extiende hasta la punta o ápice de la hoja.

2.2. PRODUCCIÓN MUNDIAL

Los bananos y plátanos son cultivos perennes que crecen con rapidez y pueden cosecharse durante todo el año. En el año 2000, se cultivó una superficie de alrededor de 9 millones de hectáreas. El promedio de la producción mundial en 1998-2000 fue de 92 millones de toneladas anuales y en 2001 se estimó en 99 millones de toneladas. Estas cifras son una aproximación, ya que la mayor parte de la producción mundial de banano, casi el 85 por ciento, procede de parcelas relativamente pequeñas y huertos familiares en donde no hay estadísticas. En muchos países en desarrollo, la mayoría de la producción de banano se destina al autoconsumo o se comercia localmente, desempeñando así una función esencial en la seguridad alimentaria (FAO, 2004).

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), en el 2014 la producción mundial de plátano fue de 106 millones de toneladas, siendo los principales países productores India (25.8%) y China (11.3%), que en conjunto aportan 37.2% de la producción mundial (El Economista, 2015).

2.3. PRODUCCIÓN NACIONAL

México, por su parte, se ubica en el 12° lugar con 2.1 millones de toneladas (2% del total mundial), que se producen en las 77,000 hectáreas que actualmente se encuentran en producción.

El cultivo de plátano se desarrolla en 16 estados del país, de los cuales los principales son: Chiapas (34%), Tabasco (25%), Veracruz (13%) y Colima (8%), que en conjunto aportan 80%

del volumen que se produce a nivel nacional. En el caso de Chiapas, en la región del Soconusco existen 14,000 hectáreas, de las cuales se producen 516,000 toneladas, mismas que representan 74% del volumen estatal, lo cual la convierte en la principal zona productora del estado.

En el 2014, México exportó 407,000 toneladas, de las cuales, 200,000 toneladas se produjeron en el Soconusco, lo que reviste de mayor importancia a esta zona, pues además de ser la principal región productora del estado de Chiapas es la principal zona exportadora del país (El Economista, 2015).

2.3.1 Producción en toneladas

Oaxaca aporta el 2.5% de la producción total de plátano del país con el 4.4% de la superficie cultivada, ver Tabla 1.

Tabla 1. Producción de plátano en el país por estado

Estado	Producción (Toneladas)
<i>Chiapas</i>	743 mil 292
<i>Tabasco</i>	467 mil 576
<i>Veracruz</i>	238 mil 566
<i>Michoacán</i>	148 mil 781
<i>Colima</i>	146 mil 958
<i>Jalisco</i>	124 mil 146
<i>Guerrero</i>	74mil 237
<i>Nayarit</i>	65 mil 240
OAXACA	53 mil 618

Fuente: (Ascencio, 2012)

El estado de Oaxaca ocupa el décimo lugar por rendimiento por hectárea en el país con 16.22 toneladas; la tercera parte de lo obtenido en Jalisco o la mitad de Chiapas o Morelos.

- 4.3% de toda la superficie dedicada a platanos en el país
- 7 lugar por superficie sembrada, 3 mil 369 hectáreas
- 7 posición por área cosechada, 3 mil 306 hectáreas
- 9 lugar nacional por producción 53 mil 618 toneladas
- 10 puesto por precio por tonelada 2 mil 481 pesos
- 9 por valor de la producción 133 millones 52 mil pesos

(Ascencio, 2012)

2.4. PRODUCCIÓN EN LA CUENCA DEL PAPALOAPAN

Con una producción superior a 280 mil toneladas anuales, Veracruz se ha consolidado como el tercer productor de plátano en el país durante los últimos años, destacó el titular de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesca (SEDARPA), Manuel Martínez de Leo.

San Rafael, Nautla y Misantla son las zonas con mayor producción de plátano roatán; en la Cuenca del Papaloapan, Chacaltianguis, Tlacojalpan y Otatitlán, de la variedad de plátano macho, y los municipios de Atzalan y Tlapacoyan de dominico (La Jornada Veracruz, 2014)

2.5. PRODUCCIÓN EN SAN JUAN BAUTISTA TUXTEPEC, OAXACA

El cultivo del plátano se ha convertido nuevamente en el oro verde en la Cuenca del Papaloapan porque su producción se destina preferentemente a los mercados de Estados Unidos y Canadá, por su alta calidad.

En esta región el plátano, tipo banano de las variedades gran enano y valery, así como macho, se está produciendo en aproximadamente dos mil hectáreas.

El 90 por ciento de la superficie cultivable se dedica a la producción de plátano macho, por ser quizá el de mejor calidad en México y de más rendimientos en el mercado nacional y extranjero. “(El plátano macho) se puede decir que es menos productivo en kilos, pero vale más en el mercado”.

Los productores, principalmente de la Cuenca del Papaloapan, alcanzan anualmente tres mil toneladas de banano y 35 mil toneladas de plátano macho.

Con 61 millones 738 mil pesos en 2010, Tuxtepec percibe el 46% del monto total de ventas de plátano de Oaxaca. Tututepec ocupa un lejano segundo lugar pues facturó 17 millones 130 mil pesos en el mismo periodo.

1. San Juan Bautista Tuxtepec con 1 mil 680 has
2. San Juan Bautista Valle Nacional con 220 has
3. Villa de Tututepec de Melchor Ocampo con 220 has
4. San José Chiltepec con 200 has
5. Santa María Jacatepec con 110 has

6. Santa María Huazolotitlán con 100 has
7. San Lorenzo Texmelucan con 94 has
8. Santa María Huatulco con 85 has
9. Santo Domingo Teojomulco con 85 has
10. Putla Villa de Guerrero con 70 has

(Ascencio, 2012).

2.6 BIOPLÁSTICO

En la actualidad es difícil descartar el uso de los plásticos, no solo porque nos resulta muy útil, sino también por su importancia a nivel económico que presentan, y su practicidad.

En los últimos años, la contaminación ha aumentado de manera considerable por lo cual algunos investigadores se han dado la tarea de innovar en materiales para reducir la contaminación.

Se han desarrollado investigaciones importantes en la generación de plástico a partir de productos orgánicos, como la fibra celulosa de algunas especies vegetales entre las cuales sobresalen el plátano, el nopal y la piña. También se ha creado a partir de las enzimas del ácido láctico.

Los plásticos biodegradables o bioplásticos se han ido consolidando en los últimos años lo cual ha provocado un crecimiento en producción en distintas áreas como lo son productos envasados, transporte, edificios, equipamientos tecnológicos y deportivos, medicina, entre muchas otras áreas más.

Los biopolímeros son todos aquellos polímeros producidos por la naturaleza como lo son el almidón y la celulosa. Pueden ser asimilados por varias especies (biodegradables) y no tienen efecto tóxico en el hospedero (biocompatibles) dándoles una gran ventaja con respecto a los polímeros tradicionales. De ellos se derivan los bioplásticos que en ocasiones provienen de la misma materia prima pero al sufrir un procesamiento distinto se originan bioplásticos diferentes (Pacheco, Flores, & Rodríguez Sanoja, 2014).

Existen distintos tipos de plásticos biodegradables, uno de los cuales pueden ser los plásticos desarrollados a partir de polímeros naturales como el almidón, el cual es un hidrato de carbono constituido por grandes moléculas que la planta sintetiza durante la fotosíntesis y que funge como reserva de energía; este puede ser procesado y convertido en plástico. También están los plásticos creados a partir de bacterias, las cuales son las que almacenan compuestos que utilizan como fuente de carbón y energía llamados PHA (polihidroxialcanoatos). Estos polímeros son los que se procesan para convertirse en plásticos biodegradables, los cuales al degradarse en el ambiente sirven de alimento para hongos y bacterias.

Otra forma de producir plástico es a partir de las plantas genéticamente modificadas, sin embargo, el producir este, tiene costos elevados debido a los procesos, equipos e ingredientes para producir las bacterias necesarias para elaborar el plástico.

Para la creación de bioplástico a base de la cascara de plátano, en la investigación realizada por Ingenieros Industriales del Centro Regional de Veraguas de la Universidad Tecnológica de Panamá, extrajeron el almidón contenido en las cascara de plátano, las

cuales son consideradas como residuos agrícolas, para utilizarlo como materia prima para la producción de bioplásticos con características y propiedades similares al plástico creado a base del petróleo con la ventajosa diferencia de que es completamente biodegradable y no tóxico y una vez degradado puede usarse incluso como material de compostaje (Castillo, y otros, 2015).

Así como la anterior en varias universidades se han realizado proyectos similares con la misma base. En la Universidad Nacional de Colombia en la facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial utilizaron la fibra del seudotallo del plátano tratada y sin tratar para la fabricación de materiales biocompuestos haciendo pruebas para intentar reducir la afinidad de estas fibras por el agua, que se precisó importante pues es la parte que define la resistencia y que sea fácilmente atacada por agentes químicos y biológicos y reduzca sus propiedades mecánicas y su vida útil (Rodríguez Sepúlveda, 2014).

El almidón y la celulosa, polímeros de glucosa elaborados por las plantas, son la materia prima para la obtención de bioplásticos vegetales, que se fabrican mayormente de desechos de papa, maíz, trigo, tapioca, caña de azúcar o yuca para producir cubiertos, envases o bolsas. El celofán fue el primer bioplástico, inventado a principios del siglo XX, fabricado a partir de celulosa vegetal, pero debido a la producción de plásticos sintéticos más baratos y versátiles, la elaboración de plásticos vegetales dejó de realizarse (Castillo, y otros, 2015).

Pero entonces, como es que un bioplástico es degradable, para esto, es necesaria la presencia de microorganismos y enzimas.

Los microorganismos y enzimas como las bacterias de los hongos pueden metabolizar bioplásticos biodegradables: el polímero se transforma en su fuente de comida y energía, los microorganismos luego transforman el plástico biodegradable en dióxido de carbón, agua y biomasa. A cierto nivel de temperatura caliente, el agua y el oxígeno son requeridos por activos microorganismos y bacterias de hongos para una eficiente y efectiva biodegradación (Interempresas, 2008).

Para poder generar un plástico es necesario conocer las características principales de estos materiales y de los productos de estos transformados o acabados, sus composiciones químicas y su proceso de fabricación.

2.6.1 Clasificación de los polímeros en formas primarias

De acuerdo a Díaz, (2012), los polímeros se clasifican de la siguiente manera:

- Líquidos y pastas, incluidas las dispersiones (emulsiones y suspensiones) y las disoluciones
- Bloques irregulares, trozos, grumos, polvo (incluido el polvo para moldear), gránulos, copos y masas no coherentes similares.

Clasificación de los polímeros en función del comportamiento.

- Termoplásticas que pueden reprocesarse algunas veces sin ocasionar un cambio en su composición química.

- Termofijas las que no se pueden reprocesar debido a que se ocasionaría un cambio en su composición química.
- Elastómeros, pueden ser termoplásticos o termofijos, y tienen la capacidad de experimentar una gran cantidad de deformación elástica a temperatura ambiente.

2.6.2 Fabricación de plásticos

- Por adición: es un proceso de unión de monómeros, formando largas cadenas o fibras poliméricas que darán origen al plástico.
- Por condensación es una reacción química mediante la cual varias moléculas se combinan para formar una sustancia polimérica.

2.6.3 Técnicas de conformado

- Moldeo por inyección se utiliza para formar plástico en perfiles huecos como botellas y recipientes, juguetes o depósitos de combustible.
- Moldeo por compresión se utiliza para conseguir formas específicas mediante un molde, como mandos y asas para sartenes, planchas, ollas o accesorios eléctricos, como clavijas, enchufes o accesorios para lámparas.
- Extrusión crea formas haciendo pasar el material a través de un molde de formación metálico; por ejemplo películas, láminas, varillas, perfiles, tubos o tuberías (European Commission, 2015).
- Termoformado se emplea para dar forma a láminas de plástico mediante la aplicación de calor y presión hasta adaptarlas a un molde. Se emplean, básicamente, dos procedimientos:

1) Efectuar el vacío absorbiendo el aire que hay entre la lámina y el molde, de manera que ésta se adapte a la forma del molde.

2) Aplicar aire a presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde.

- Compresión (Cauchos), El material es introducido en un molde abierto al que luego se le aplica presión para que el material adopte la forma del molde, y calor para que el material reticule y adopte definitivamente la forma deseada.

- Moldeo por transferencia el molde está cerrado y restringido completamente; todo el material para la inyección de las piezas se carga en el pote. Este material es usualmente en forma de pastillas comprimidas y precalentadas llamada las preformas.

- Espumado, Gracias a la adecuada formulación del polímero con los aditivos necesarios se logra la formación de burbujas de aire (con mayor o menor densidad) dentro de la masa en proceso. Por este procedimiento se obtiene la espuma de poliestireno, la espuma de poliuretano (PUR), etc. (ECI, 2007).

- Colada o Vaciado, aquí los materiales poliméricos, al igual que los metales y las cerámicas pueden ser fundidos y colocados dentro de un molde y se deja solidificar, tanto los termo estables como los termoestables se pueden colar (Callister, 2003).

- Rotomoldeo, o el moldeo rotacional es una técnica de procesamiento de polímeros que permite obtener piezas huecas de tamaño mediano a muy grande con relativamente poco material y buena estabilidad.

La conformación de materiales poliméricos emplea diversas técnicas, todo depende de diversos factores como:

- Si el material es termoplástico o termoestable.

- Si es termoplástico, de la temperatura de ablandamiento.
- La estabilidad atmosférica del material a conformar.
- La geometría y el tamaño del producto acabado.

La fabricación de materiales poliméricos normalmente se lleva a cabo a elevada temperatura y con aplicación de presión (Tecnología de los plásticos, 2011).

Los bioplásticos constituyen en la actualidad un campo de interés creciente en sectores industriales diversos (envase, automoción, alimentación, sector eléctrico-electrónico, construcción, medicinas, textil, etc.). Este interés está íntimamente relacionado con la tendencia globalmente extendida, de sustitución de los materiales procedentes de fuentes fósiles por otros procedentes de fuentes renovables y sostenibles. Sin embargo, son precisamente las aplicaciones lo que motiva las definiciones y tipologías de bioplásticos que se conocen. Los bioplásticos no constituyen una única clase de polímero sino una familia de materiales con distintas propiedades y rango de aplicaciones. De forma general, la Asociación Europea de Bioplásticos (European Bioplastics), clasifica estos materiales en dos categorías principales:

- Los denominados plásticos procedentes de biomasa (de recursos renovables).
- Los polímeros biodegradables que cumplen con los criterios científicos recogidos en las normas de biodegradabilidad y compostabilidad que a nivel europeo son la EN 13432 y EN 14995, ISO 17088 o americano, el ASTM D-6400.

En ambas tipologías de materiales existe un alto porcentaje de recursos renovables en su fabricación. Sin embargo, los plásticos del primer grupo no son necesariamente biodegradables, mientras que materiales que cumplen las normativas de

biodegradabilidad y compostabilidad pueden ser obtenidos mediante procesos bioquímicos a partir de fuentes fósiles (Modern navarra, s.f.).

Existen otros bioplásticos como lo son los polihidroxiclcanoatos (PHA) que son sintetizados por muchas especies de distintos géneros bacterianos en condiciones de crecimiento caracterizadas por exceso en la fuente carbonada y limitación de otros nutrientes como nitrógeno o fósforo. Los PHA han cobrado una gran importancia durante los últimos años siendo estos los que se vean más cercanos en el campo de la industria y comercio debido a sus propiedades termoplásticas. Por este motivo, han sido considerados como posibles sustitutos de los plásticos derivados del petróleo. Su producción fermentativa utiliza productos derivados de la agricultura como fuente de carbono, solo que existe un gran problema en la producción de este bioplástico, es un producto caro, aunque si vemos su costo a largo plazo, va a ser beneficioso para el planeta, ya que no se tendrá la contaminación normal de los plásticos, lo cual será de gran beneficio para la humanidad.

Estos biopolímeros cuentan con características similares a las de un plástico convencional:

- Son flexibles
- Se moldean con facilidad a cualquier superficie
- Resistentes
- Capacidad de barrera a la humedad

Otra diferencia que podemos encontrar entre el plástico convencional y el bioplástico es que el bioplástico es biodegradable y compostable, mientras que el plástico convencional no (Bernal, y otros, 2016).

CAPÍTULO 3

3.1 DESARROLLO EXPERIMENTAL

3.1.1 Recolección de material

El plátano y las hojas de la planta de plátano fueron recolectados de los sembradíos de plátanos que se encuentra en la carretera Tuxtepec – Agua Fría pertenecientes al Ing. Liberio Morales Meza.

En la termobalanza, las muestras se deshidrataron a temperatura gradual desde 34°C hasta 122°C por 24 minutos hasta perder su contenido de agua (Figura 1).

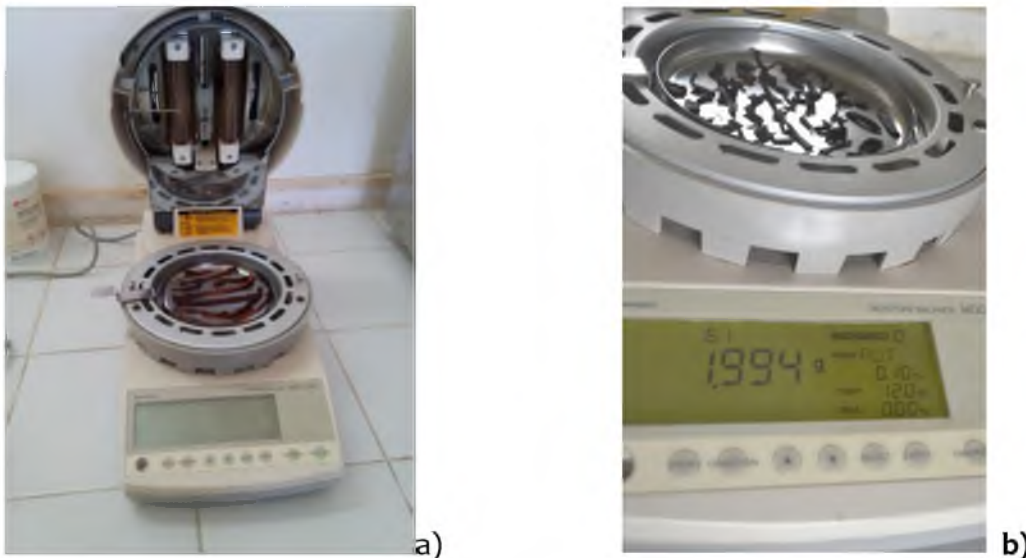


Figura 1. Muestras deshidratadas a) pulpa interna del plátano, b) cascara de plátano. Fuente propia.

3.1.2 Deshidratación para obtención de almidón

Después de pesar la penca del plátano se seleccionaron los 12 plátanos más maduros, para hacer pruebas deshidratando la pulpa adherida a la parte interna de la cascara. Se

colocaron en recipientes separados y se dejaron en el horno a 50°C por aproximadamente 72 horas.

En las pruebas realizadas anteriormente se observó oxidación en el extracto separado del plátano, por lo que se optó por realizar pruebas en soluciones con ácido cítrico a diferentes concentraciones molares para evitar esta oxidación. Se prepararon las soluciones molares como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2. Tabla de porciones utilizadas para las soluciones de ácido cítrico.

Gramos de ácido cítrico en agua destilada para pruebas de oxidación		
Solución	g/L	g/250 ml
Testigo	0	0
0.05 M	10.507	2.6267
0.1 M	21.014	5.2535
0.2 M	42.028	10.507

Fuente propia.

Una vez hechas las soluciones se procedió a extraer el material adherido a la cascara la cual se colocó en vasos de precipitado en 50 ml de cada solución durante 30 minutos para prevenir la oxidación (ver Figura 2).

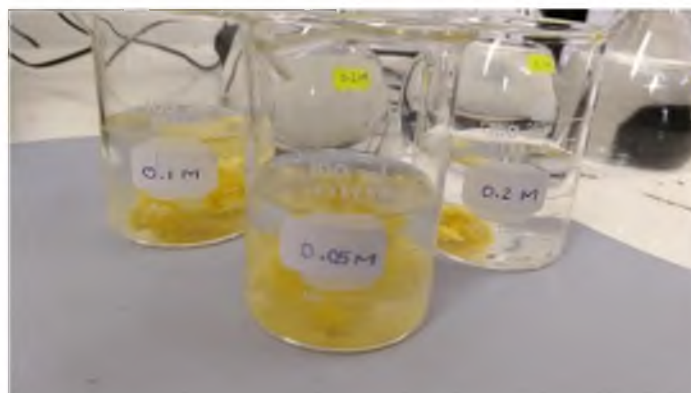


Figura 2. Pruebas puestas en solución de ácido cítrico en diferentes concentraciones molares por 30 minutos antes de colocarlas en el horno y termo balanza. Fuente propia.

Las muestras que se encontraban en las soluciones fueron filtradas empleando embudos y papel filtro y posterior a este paso se procedió a eliminar el exceso de humedad.

Una parte de las muestras fueron puestas a secar en horno de convección (Fisher) a 70°C por 24 horas. Los resultados de los pesos inicial y final se muestran en la Tabla 10. La otra parte de las muestras se pusieron a deshidratar en la termobalanza. Los resultados del peso inicial y final de cada muestra se reportan en la Tabla 11 en la sección de resultados.

3.1.3 Obtención de fibra de hoja planta de plátano

La obtención de fibra de hoja de planta de plátano se obtuvo al raspar la hoja de planta de plátano con una espátula como se muestra en la Figura 3. Se extrajo fibra de la hoja de la parte central así como de la costilla de la hoja.



Figura 3. Raspado de hoja de planta de plátano macho. Fuente propia.

La fibra resultante se fue recolectando en un vaso de precipitados con agua destilada (como se observa en la Figura 4) para posteriormente pasar a limpiarla.

La fibra se limpió en un equipo de ultrasonido Branson por un tiempo de 10 minutos (Figura 5).

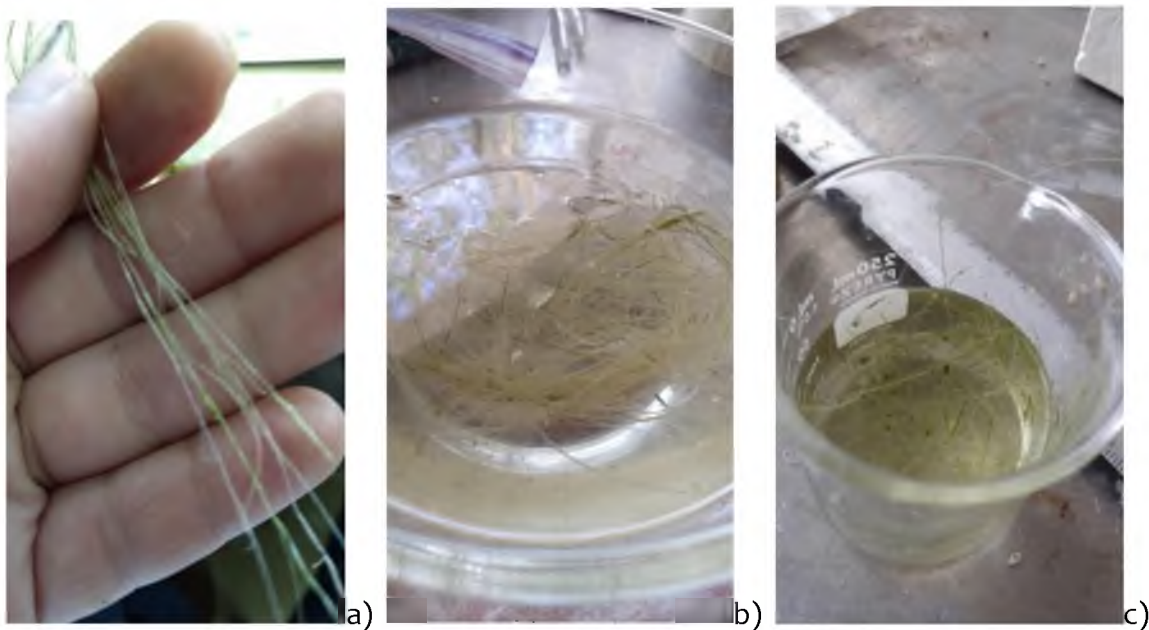


Figura 4. Fibra de hoja de plátano macho: a) Fibra extraída de la hoja, b) fibra extraída de la costilla de la hoja y c) fibra de la hoja. Fuente Propia.

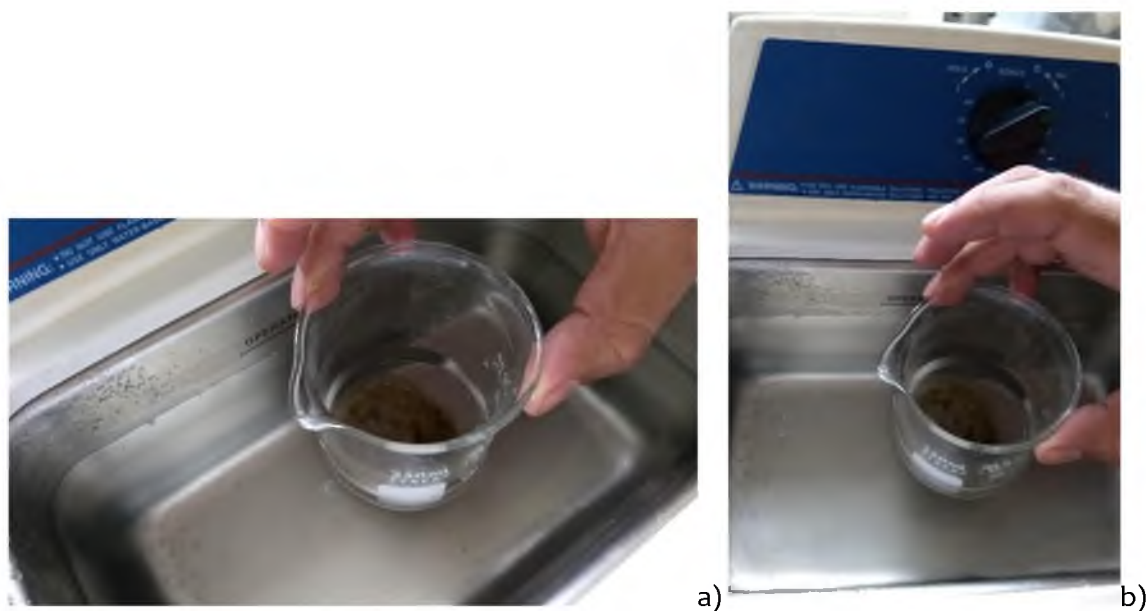


Figura 5. a) y b) limpieza de fibra en el equipo de ultrasonido Branson. Fuente propia.

3.2 CARACTERIZACIÓN DE MATERIA PRIMA

3.2.1 Microscopía electrónica de barrido

Se realizaron observaciones mediante microscopía electrónica de barrido a la fibra de planta de plátano para determinar diámetro de la fibra y la morfología del almidón.

Adicionalmente, se determinaron las fases presentes en la materia (bioplástico) y los componentes, el cual consta de fotografías a micras la cual es una unidad de medida para visualizar algo extremadamente pequeño, lo cual nos permitió ver los cambios morfológicos del almidón y sus cambios con el tratamiento químico además se determinó el diámetro aproximado de la fibra de la hoja de la planta de plátano.

En el análisis micrográfico, se utilizó un equipo JEOL JSM-7600F (ver Figura 6), se alcanzó un aumento de hasta 5000X y se empleó un voltaje de 25.0 kv para cada observación.



Figura 6. Equipo de microscopía electrónica de barrido JEOL JSM-7600F en el MICRONA. Fuente propia.

3.2.2 Análisis de Infrarrojo por Transformada de Fourier

La espectroscopia infrarroja es una de las técnicas analíticas más ampliamente utilizada por los científicos en nuestros días. Una de las más grandes ventajas de este tipo de espectroscopia es que con la técnica de muestro adecuada virtualmente cualquier muestra en cualquier estado puede ser estudiada; líquidos, soluciones, pastas, polvos, películas, fibras, gases y superficies.

Esta técnica se basa en las vibraciones de los enlaces entre los átomos de una molécula. Un espectro de infrarrojo se obtiene por el paso de esta radiación a través de una muestra, determinando así que la fracción de la radiación incidente es absorbida a una energía particular. La energía a la cual un pico aparece en un espectro de absorción corresponde a la frecuencia de vibración de una parte de alguna molécula bajo estudio.

Para la obtención de las muestras la pulpa obtenida fueron dispuestas en el horno de 48 a 72 h. para deshidratarse y así obtener el polvo, cada muestra sometida a las soluciones de ácido cítrico a las diferente molaridades.

Estas pruebas fueron realizadas en la Universidad del Papaloapan Campus Tuxtepec, en el equipo Pelkin Elmer Spectrum 100 de infrarrojo por transformada de Fourier, Figura 7, la cual hace mediciones a longitudes de onda de 400 a 4000 cm^{-1} .

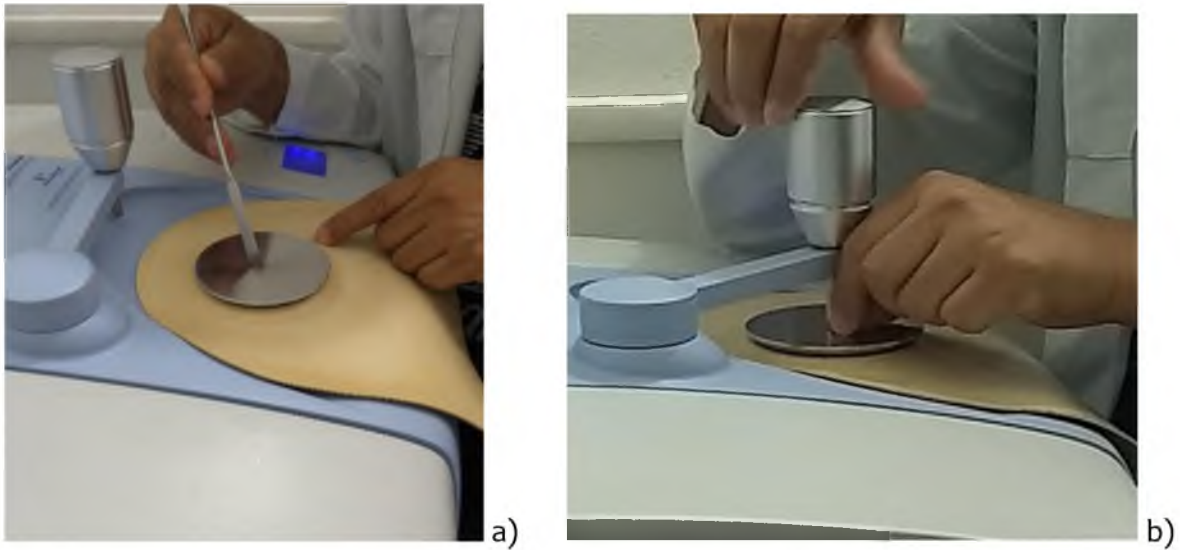


Figura 7. a) Colocación de muestra en el equipo. b) Aplicación de presión sobre la muestra para realizar la medición. Fuente Propia.

3.2.3 Análisis Térmico. (Análisis Térmico diferencial y Termogravimétrico)

Análisis Termogravimétrico (ATG)

Se realizó Análisis Termogravimétrico (ATG) por la cual se evaluaron los cambios durante la descomposición térmica de los componentes y del biopolímero, para así determinar su comportamiento a la estabilidad térmica. Para llevar a cabo el método el material fue sometido a un calentamiento gradual desde temperatura ambiente aproximada de 25°C hasta una temperatura de 700°C.

Análisis térmico diferencial (ATD)

Se realizó con el propósito de determinar el cambio de fases en los componentes y en el biopolímero.

Pruebas fueron realizadas en la Universidad del Papaloapan campus Tuxtepec, Oaxaca, en el equipo Spectra DIR (Figura 8), las muestras fueron llevadas hasta una temperatura

de 700°C en la que se apreciaron los siguientes resultados con una rampa de calentamiento de 10°C por minuto.

Para estas pruebas las muestras fueron preparadas con antelación en el laboratorio donde se obtuvo aproximadamente 2g de cada molaridad.

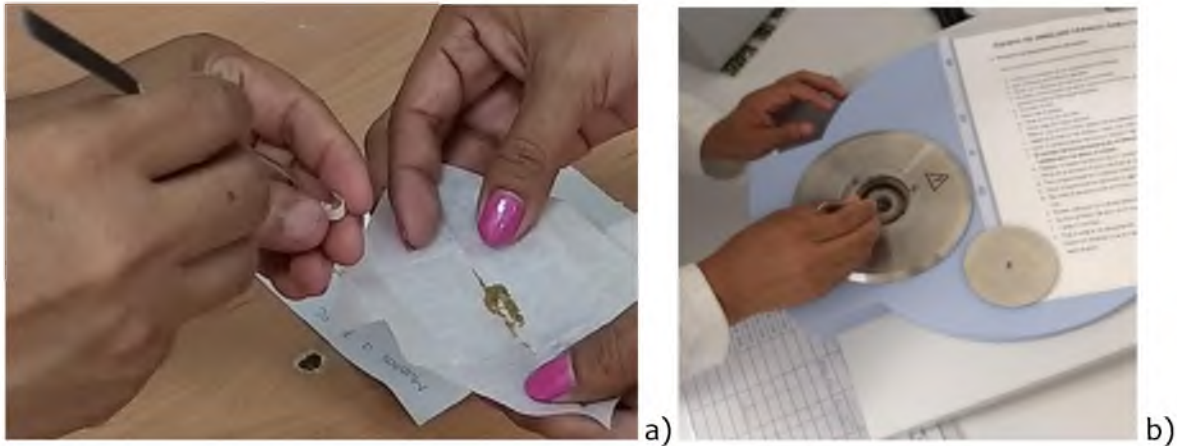


Figura 8. Equipo de Análisis térmico. a) Colocación de la muestra en el crisol. b) Colocación del crisol en el equipo. Fuente propia.

3.2.4 Pruebas de tensión en la fibra de la hoja de plátano

Estas pruebas fueron realizadas en el equipo de Ensayo Universal Shimadzu de la Universidad Tecnológica del Centro de Veracruz en Cuitlahuac, Veracruz (Figura 9).

Para estas pruebas se prepararon los hilos con fibras enlazadas y recubiertos con almidón de yuca, con una longitud aproximada de 100 mm y el diámetro de los hilos fue aproximadamente de entre 0.01 a 0.02 mm, las cuales fueron medidos con micrometro.

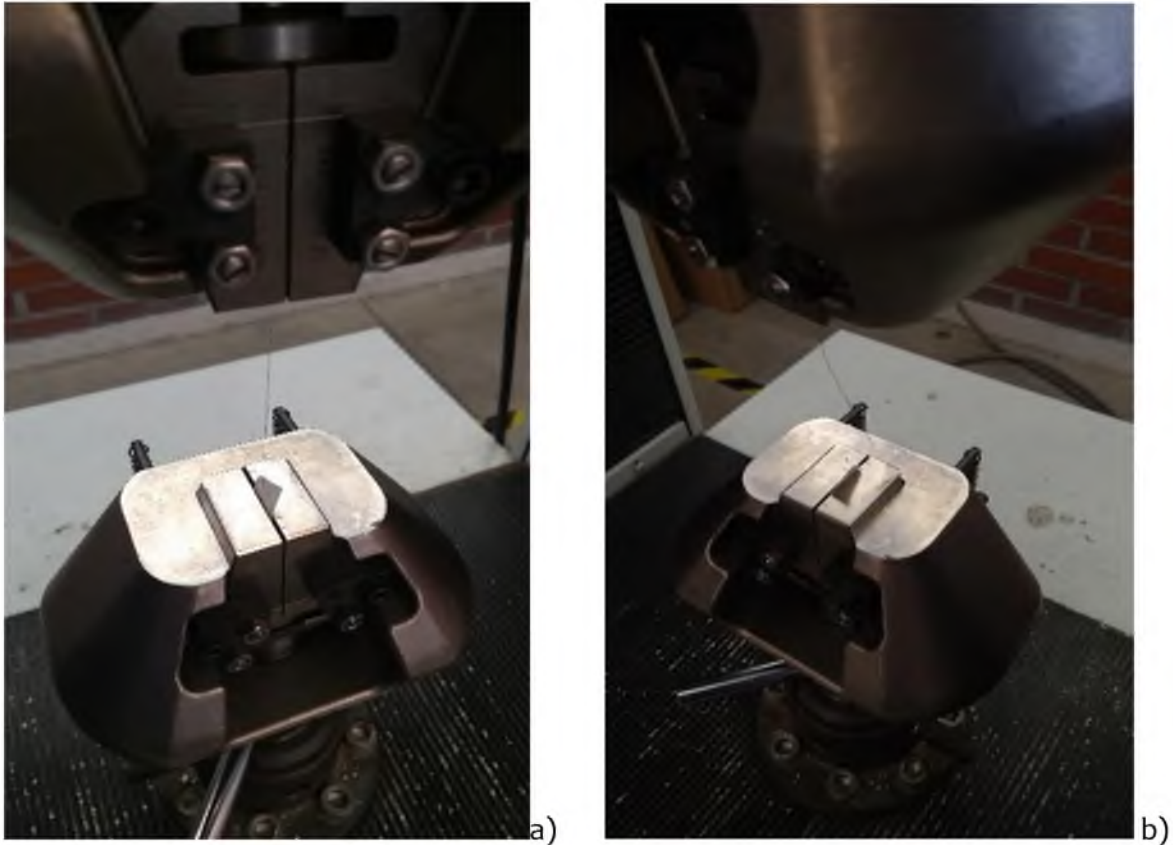


Figura 9. Prueba de tensión al hilo de fibra de hoja de plátano. a) fibra tensada. b) fibra segmentada después de la prueba. Fuente propia.

3.2.5 Difracción de rayos X (DRX)

Se realizó en los componentes y el biopolímero para determinar el grado de cristalinidad.

Se utilizó un equipo Bruker AXS, D8 Advance, con una línea de radiación $\text{Cu K}\alpha$, con una diferencia de potencial de 40 Kv y una densidad de corriente de 30 mA. Las muestras fueron colocadas en un portamuestra de aluminio y se realizó el barrido entre 5 y 70 grados (2θ) con una velocidad de $4^\circ/\text{minuto}$.

3.3 PROCESAMIENTO DEL BIOPLÁSTICO

3.3.1 Polimerización del almidón

Después de haber deshidratado la pulpa de plátano extraída de la cascara, esta fue triturada en un mortero hasta formar un polvo fino para poder comenzar a ser tratado.

Para este procedimiento se ocupó: agua destilada, Glicerina ($C_3H_5(OH)_3$) y ácido acético (CH_3COOH) en las proporciones mostradas en la tabla 3.

Tabla 3. Proporciones de material para la polimerización del almidón.

No. de muestra	Almidón de plátano (g).	Agua destilada (ml).	Glicerina (ml).	Ácido acético (ml).	Temperatura °C	Tiempo h.
A	0.096	1	0.5	0.5	60	96
B	0.200	1	0.5	0.5	60	96
1	1.000	3	0.5	0.5	65	120
2	1.000	2	1.3	1.3	65	120
3	1.000	0.4	0.8	0	65	120
4	1.000	0.4	0.8	0.8	65	110
5	1.000	6	0.5	0.5	75	78
6*	1.000	3	0.5	0.5	100 *	24
7	1.000	3	0.5	0.5	120	22
8*	1.000	3	0.5	0.5	120*	20*

Fuente propia.

De las anteriores pruebas se seleccionó la número 8 ya que esta mostró mejor apariencia, por lo cual se procedió a realizar más muestras con diferentes relaciones entre la glicerina (Plastificante) y el ácido acético (catalizador), a diferentes tiempos como se muestra en la tabla 4, para de estas observar la diferencias y seleccionar la mas adecuada para su procesamiento final.

Tabla 4. Proporciones de material para la polimerización del almidón.

Muestra	Almidón (g)	Agua (ml)	Glicerina (ml)	Ácido acético (ml)	Temperatura (°C)	Tiempo (h)
I	1	3	0.5	0.5	120	3,6,9,15,24
II	1	3	0.75	0.5	120	3,6,9,15,24
III	1	3	1	0.5	120	3,6,9,15,24

Fuente propia.

CAPÍTULO 4

4.1 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

4.1.1 Deshidratación de la Pulpa de plátano

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la deshidratación en el horno y en la termobalanza Moisture Balance MOC-120H (Figura 10) la cual va de temperatura ambiente a 120°C.

Tabla 5. Tabla de peso inicial y final de las muestras obtenidas con ácido cítrico puestas a deshidratar en el horno.

Pruebas de deshidratación por 24 hrs en el horno a 70°C		
Solución	Peso inicial (g)	Peso final (g)
0 M	1.9091	0.1245
0.05 M	1.16	0.103
0.1 M	2.3405	0.325
0.2 M	1.0273	0.1656

Fuente propia.

Tabla 6. Peso inicial y final de las muestras con solución de ácido cítrico deshidratado en el termo balanza hasta una temperatura de 120° C.

Pruebas de porcentaje de humedad en termo balanza		
Solución	peso inicial (g)	peso final (g)
0 M	2.205	0.335
0.05 M	1.099	0.128
0.1 M	1.955	0.286
0.2 M	0.764	0.124

Fuente propia.

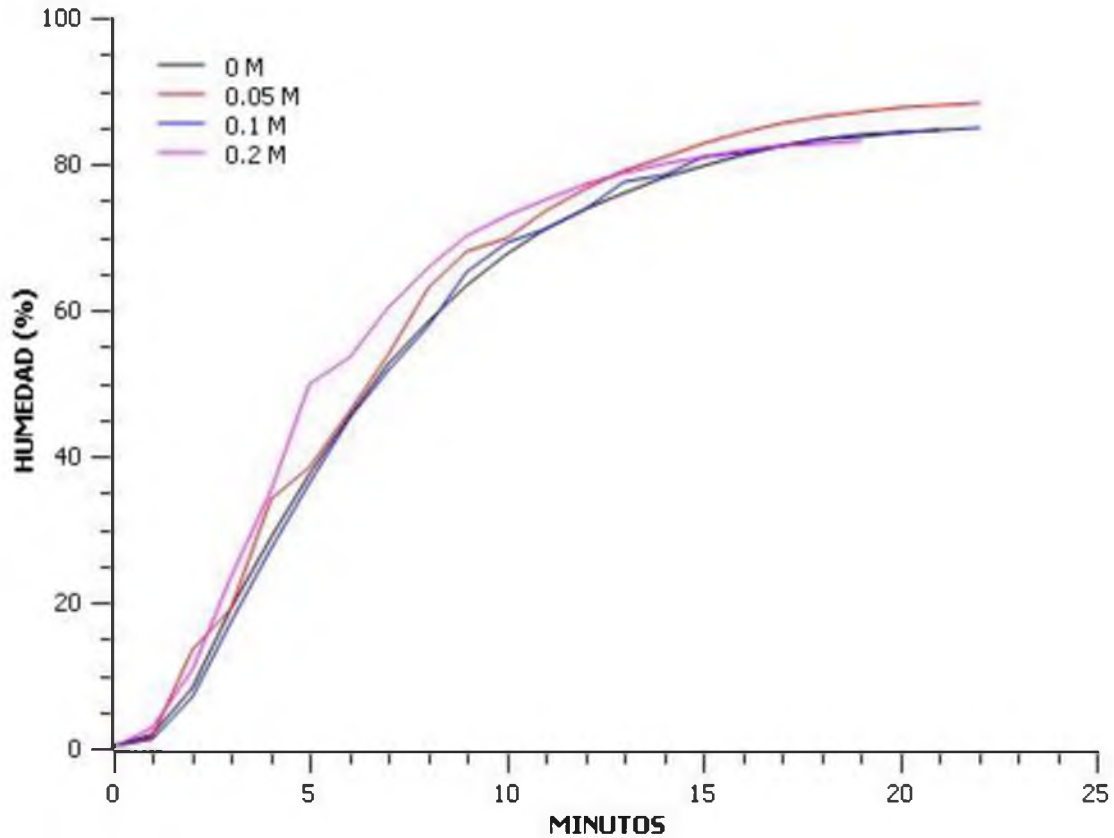


Figura 10. Porcentaje de humedad de la pulpa extraída de la cascara, tratado a diferentes molaridades de ácido cítrico. Fuente propia.

Al término de la deshidratación de cada muestra de material empleado se procedió a observar la coloración (grado de oxidación) de cada una de estas, previo a su caracterización. Ver Figura 11.

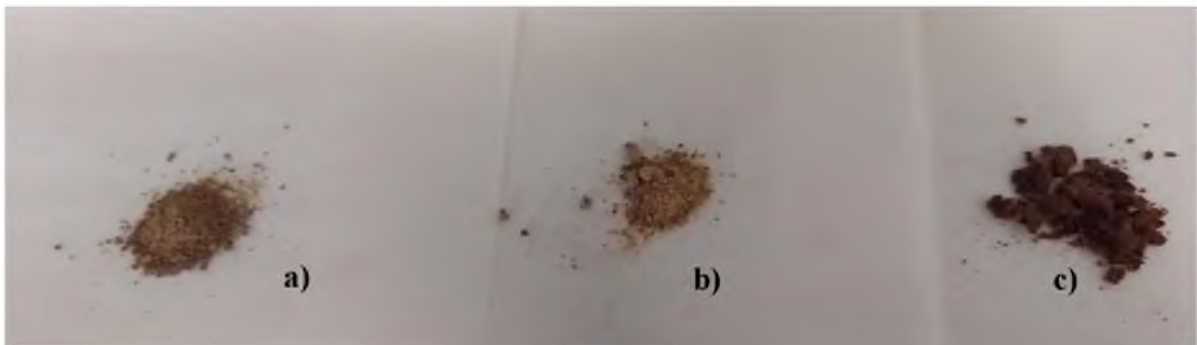


Figura 11. Almidón obtenido de la deshidratación de la pulpa de plátano a diferentes molaridades de ácido cítrico, a) 0.1 M, b) 0.05 M, c) 0 M. Fuente propia

4.1.2 Análisis de Infrarrojo por Transformada de Fourier

En la Figura 12 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a la pulpa tratada para la oxidación con ácido cítrico en las diferentes molaridades. Se puede apreciar que la utilización del ácido cítrico influye en la estructura en relación con el almidón del plátano, esto se puede apreciar en las diferentes intensidades de los resultados.

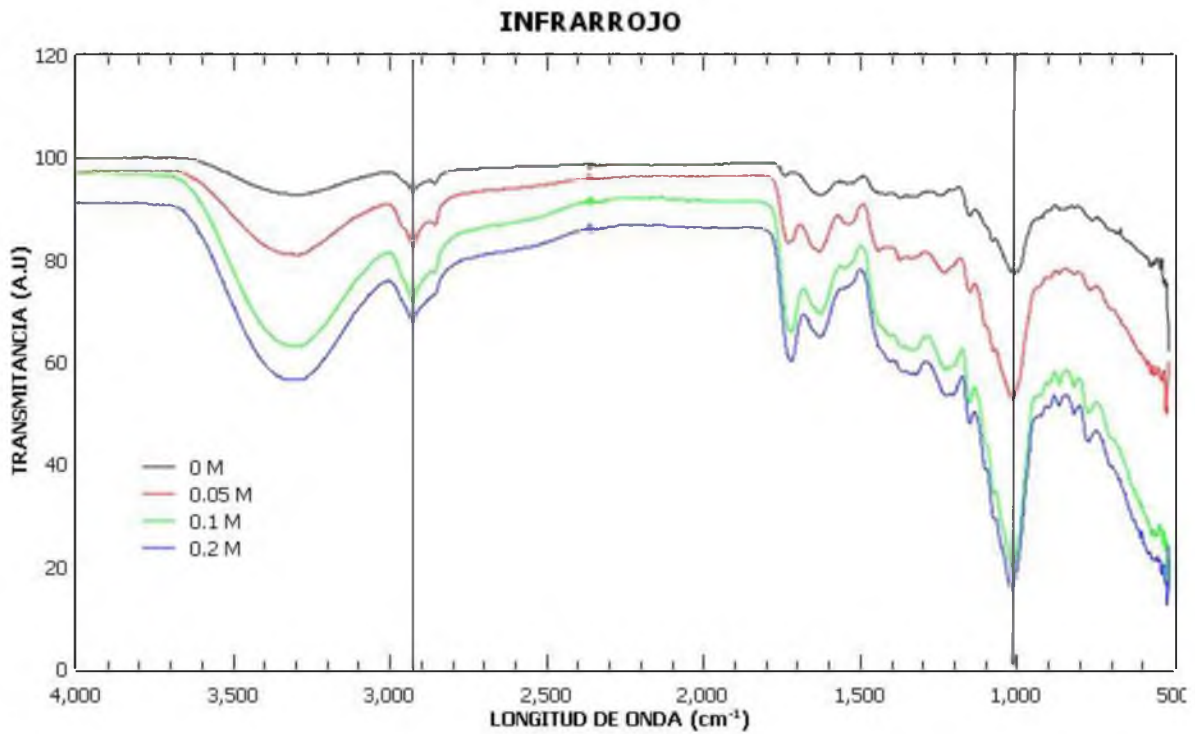


Figura 12. Resultados obtenidos de la prueba de infrarrojo de las diferentes muestras de la pulpa. Fuente propia.

El pico que se encuentra entre los 3 000 y 3 500 cm^{-1} es el agua presente en la muestra, el marcado en 2 800 cm^{-1} corresponde al grupo CH con expansión simétrica, 1700 cm^{-1} corresponde al grupo CO, 1 500 cm^{-1} del grupo C=C, 1623 cm^{-1} grupo OH correspondiente al agua interna, 1 018- 1 046 cm^{-1} es de los carburos C-C, Carburos oxidrilos C-OH y

carbuos hidroxilos C-H en $1\,200\text{ cm}^{-1}$ el grupo COC en plano deformado y de $662\text{-}663\text{ cm}^{-1}$ C-OH fuera de plano (Dep. FQuímica UNAM)

En el infrarrojo realizado a la fibra de la hoja de plátano (Figura 13) se puede apreciar los enlaces OH en una longitud de onda de $3500\text{-}3390\text{ cm}^{-1}$ con formación de puentes de hidrógeno y de doblaje en las señales entre 1000 y 1200 cm^{-1} y que están presentes en la lignina, la hemicelulosa y los picos formados entre $1\,457\text{ - }1\,236\text{ cm}^{-1}$ son características de la celulosa; estas últimas se traslapan con señales de vibraciones de valencia de enlaces glicosídicos C-O-C en la zona de- 1050 a 1200 cm^{-1} .

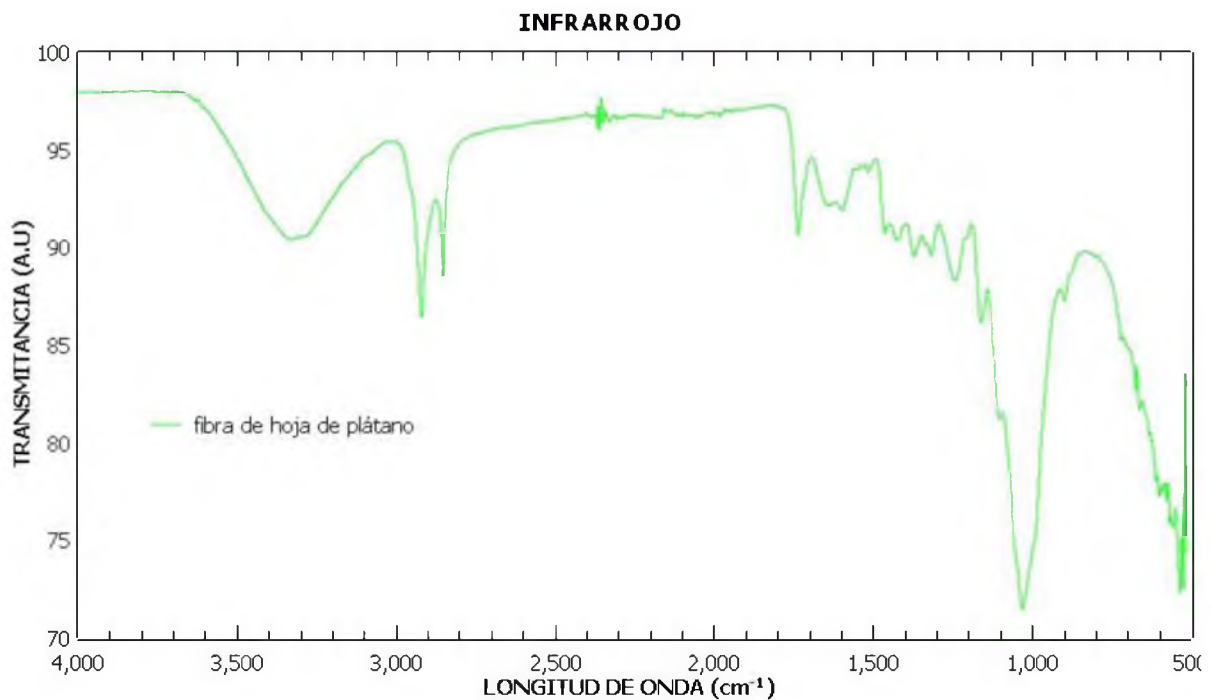


Figura 13. Resultados obtenidos de la prueba de infrarrojo para la fibra de hoja de plátano. Fuente Propia.

Las bandas de vibración entre $2915-2920\text{ cm}^{-1}$ corresponde al grupo C-H (simétrica) y $2848-2850\text{ cm}^{-1}$ (asimétrica), así como las bandas en $1420-1425\text{ cm}^{-1}$ y $1315-1320\text{ cm}^{-1}$ correspondientes al enlace H-C-H y a los grupos CH_2 o CH_3 se corresponden con lo reportado para la celulosa.

4.1.3 Análisis térmico (ATD y ATG)

Los análisis térmico diferencial y análisis termogravimétrico, de cada muestra de almidón se representaron en una sola gráfica para poder realizar el comparativo.

En la Figura 14, se aprecia que cerca de los 300°C para 0 M, la pérdida de peso esta relacionada con la pérdida de agua enlazada químicamente y para 0.05 M de ácido cítrico es a partir de los 260°C , esta prueba también nos permitió ver la descomposición térmica de las harinas y almidones realizando los experimentos en presencia de una atmósfera de nitrógeno para un rango de temperaturas desde ambiente hasta 700°C , en esta se puede apreciar que el ácido cítrico influye considerablemente en la temperatura de la degradación del agua interna del material y que existe mayor pérdida de peso por menor cambio de temperatura, esto quiere decir que el procesamiento del bioplástico debe ser a temperaturas menores de 260°C .

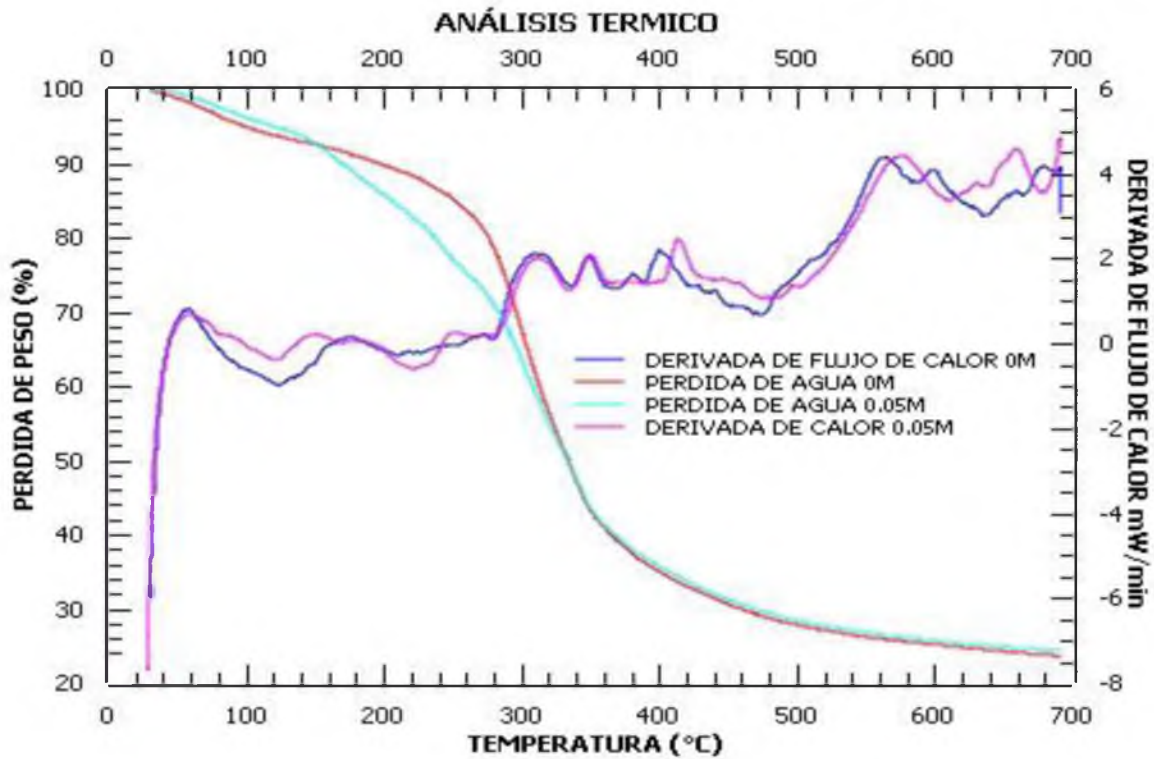


Figura 14. Resultados obtenidos de la prueba de ATD y ATG del almidón. Fuente propia.

Entonces con esto se resume que al disminuir la oxidación del almidón también disminuye su capacidad térmica.

El almidón es un polímero cuya estructura molecular se basa en la unión de moléculas de glucosa, que forman sus dos macromoléculas principales: la amilosa, polímero lineal con grado de polimerización de 100 a 1000 unidades de glucosa y la amilopectina, un polímero ramificado con grado de polimerización de aproximadamente 40.000 unidades de glucosa. El almidón es único entre los carbohidratos que ocurren en la naturaleza en forma de gránulos constituidos por regiones amorfas y semicristalinas (Hernández Medina, Torruco Uco, Chel Guerrero, & Betancur Acona, 2008).

4.1.4 Microscopía electrónica de barrido (MEB)

Las observaciones realizadas al almidón deshidratado sin ácido cítrico y con ácido cítrico a una concentración de 0.05M se muestran a continuación en la Figura 15 y Figura 16. También se puede apreciar la microscopía realizada a la fibra de hoja de plátano en la Figura 17, las anteriores vistas en un aumento de 5000x.

En la Figura 15 se puede observar la microscopia realizada al almidón de plátano sin el tratamiento con ácido cítrico, donde podemos observar aglomerados de partículas de forma irregular con bordes y secciones rectas.

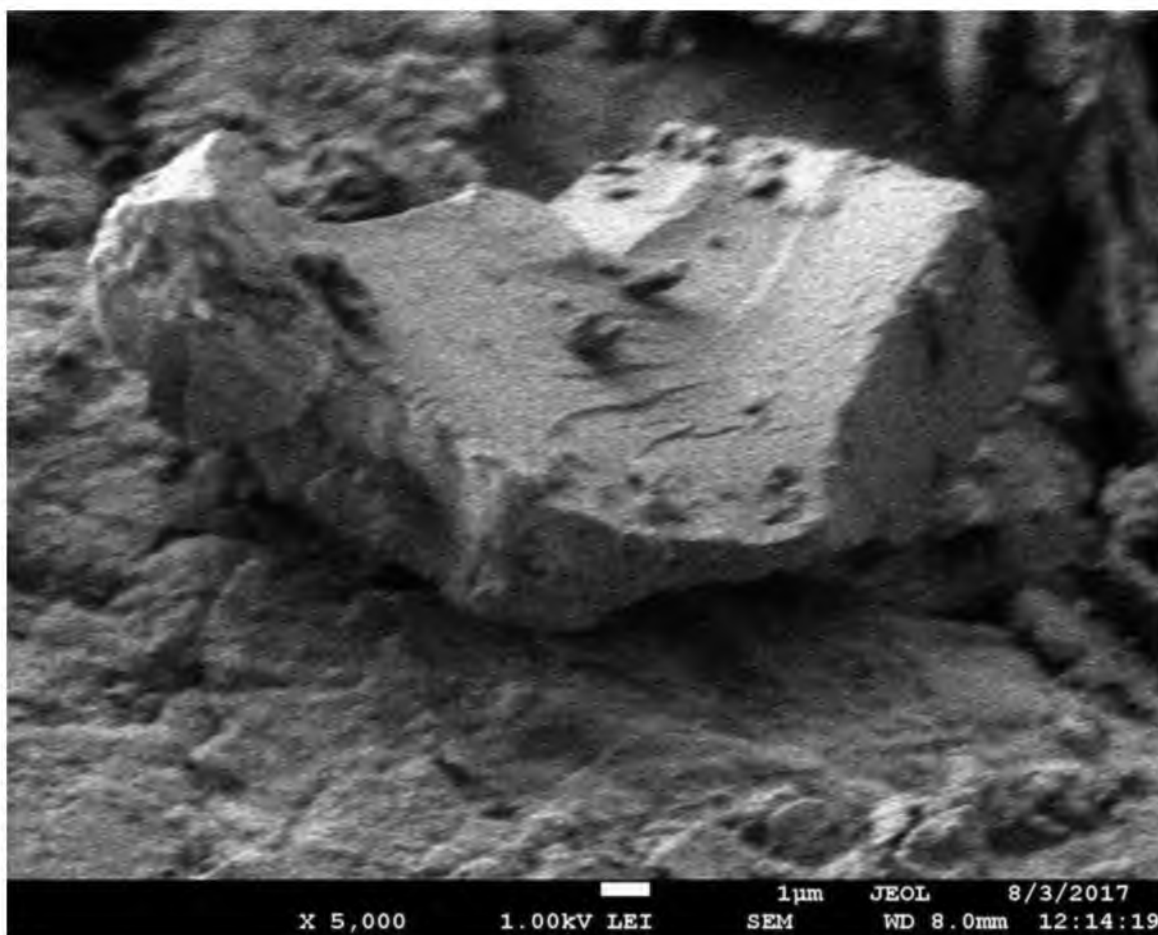


Figura 15. MEB de almidón de planta de plátano macho (*musa balbisiana*), o M. Fuente propia.

En la Figura 16, se muestra la microscopía electrónica de barrido realizada a la muestra de almidón de plátano macho (*musa balbisiana*) tratada con ácido cítrico al 0.05M, en donde se observan aglomerados de partículas con morfología y tamaño irregular.

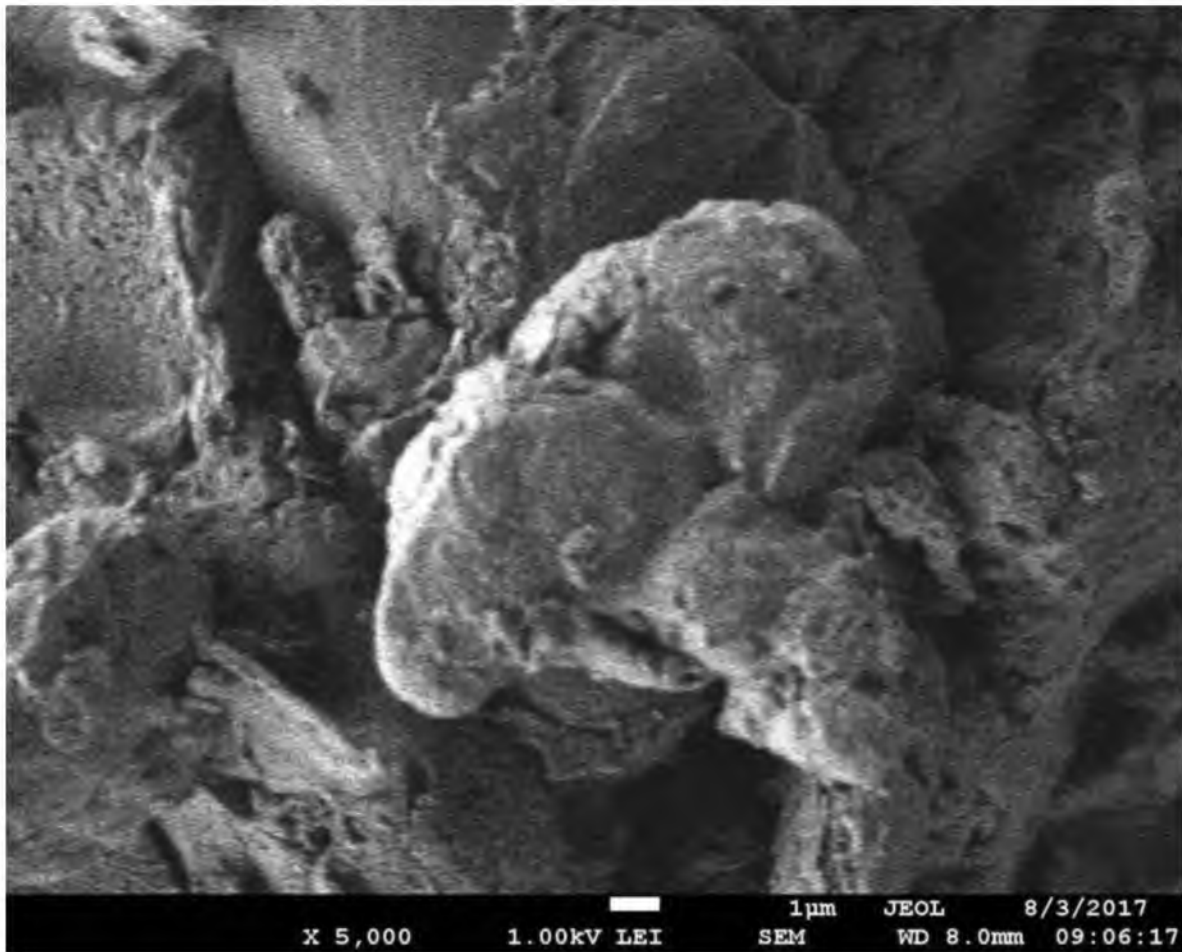


Figura 16. MEB de muestra tratada con solución de ácido cítrico al 0.05M. Fuente propia.

En la Figura 17 se muestra la fotomicrografía de la muestra de fibra extraída de la hoja de la planta del plátano macho (*musa balbisiana*). El tamaño promedio de diámetro de la fibra obtenida por microscopía electrónica de barrido resultó un valor de 44.5 μm.

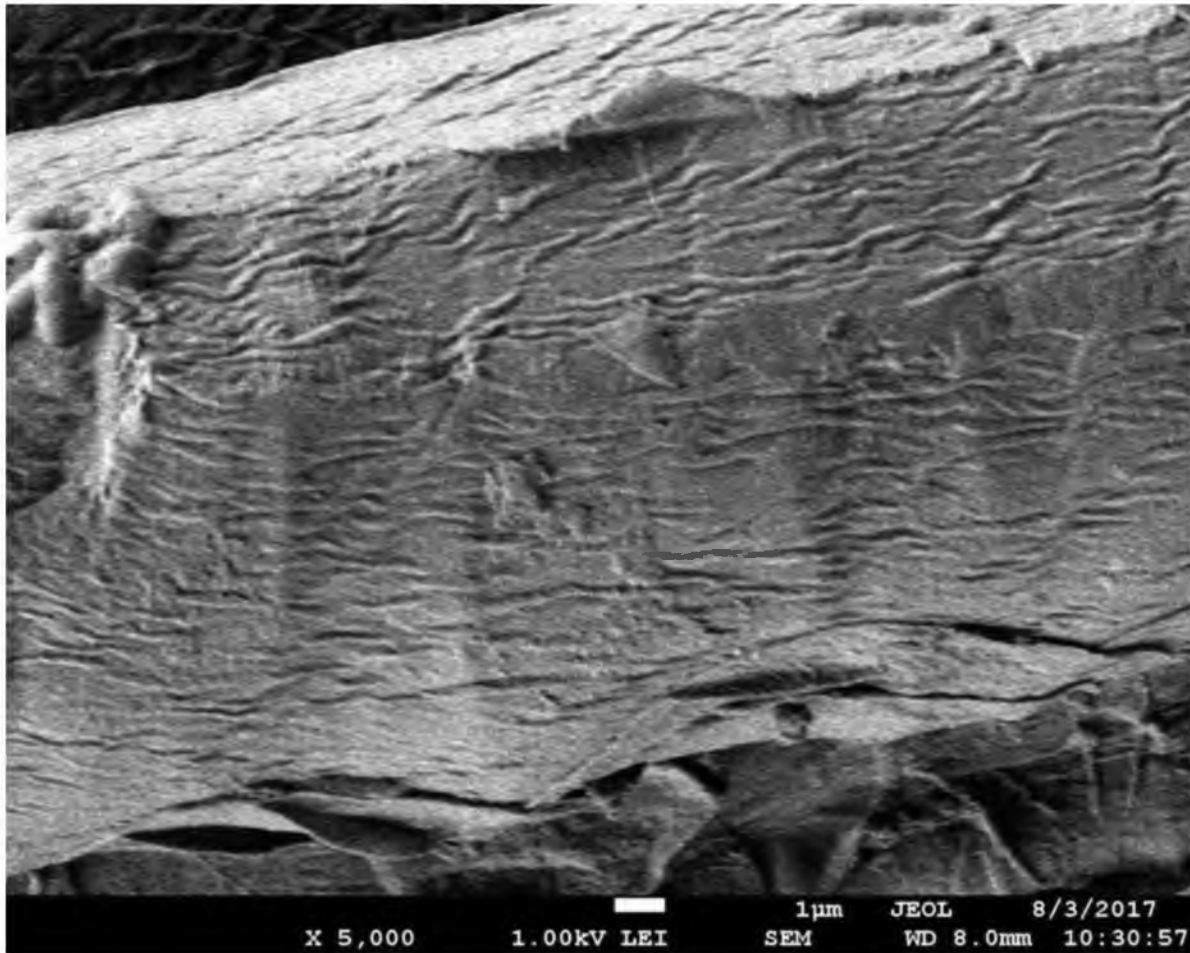


Figura 17. MEB de fibra de la hoja de la planta de plátano macho (*musa balbisiana*). Fuente propia.

4.1.5 Difracción de Rayos X

Los patrones de rayos X del almidón sin tratar y tratado con 0.05 M presentan una estructura amorfa como se ve a continuación en la Figura 18. Se puede ver que la adición del ácido cítrico genera más intensidad en los picos lo que indica un tipo de cristalización, lo que supone es lo que ayuda al retraso de la oxidación, el ancho de los picos formados indica el aglomeramiento de la muestra debido a la presencia de humedad.

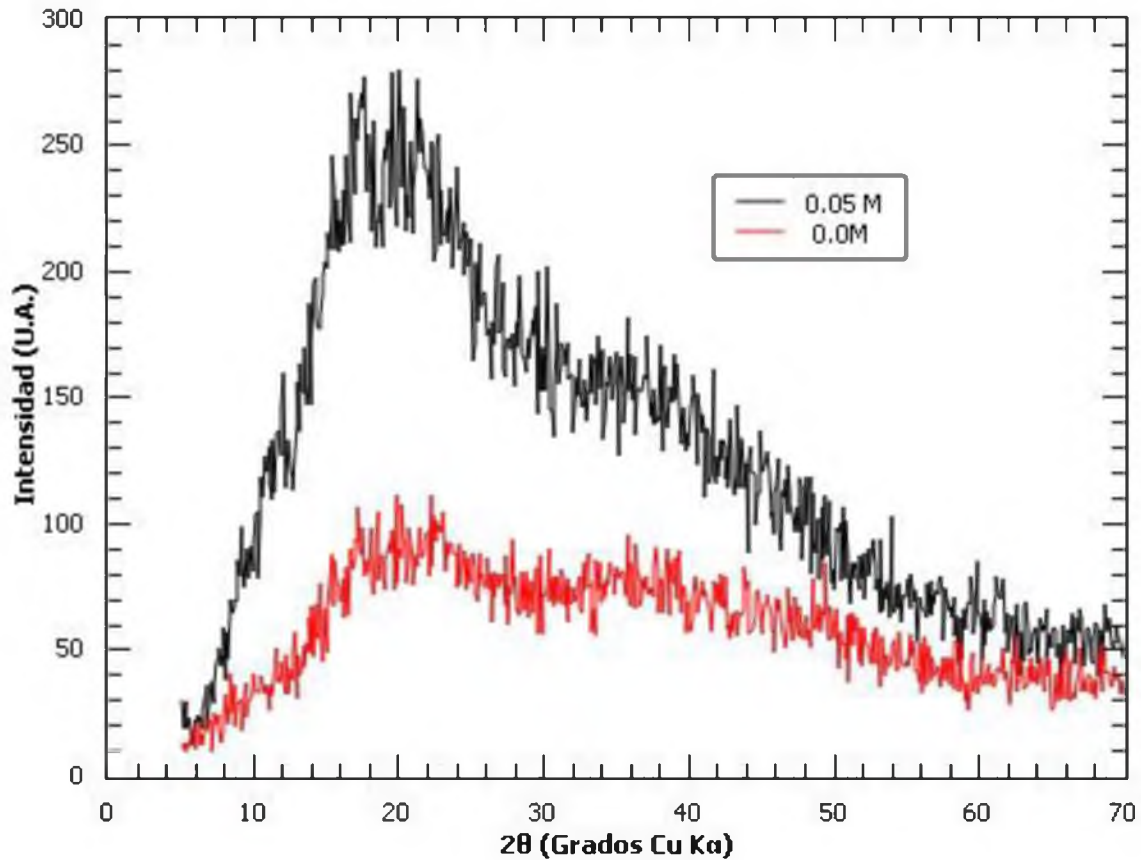


Figura 18. DRX del almidón sin tratar y tratado con ácido cítrico al 0.05 M. Fuente propia.

4.1.6 Prueba de Tension en la fibra

Las mediciones de la tensión en la fibra fueron realizadas a una velocidad de 0.1 N/m, la longitud calibrada para la medición fue de 100 mm, programada la medición con sección circular como polímero en donde los resultados son los mostrados en la tabla 7.

Tabla 7. Resultados de la medición en el equipo de tensión.

Esfuerzo maximo	Carga maxima	Deformacion
7736.7 MPa	0.815 N	0.442%

Fuente propia.

4.1.7 Polimerización del almidón

De la experimentación realizada se obtuvieron polímeros con diferentes consistencias como se aprecian en la Figura 19 y Figura 20.

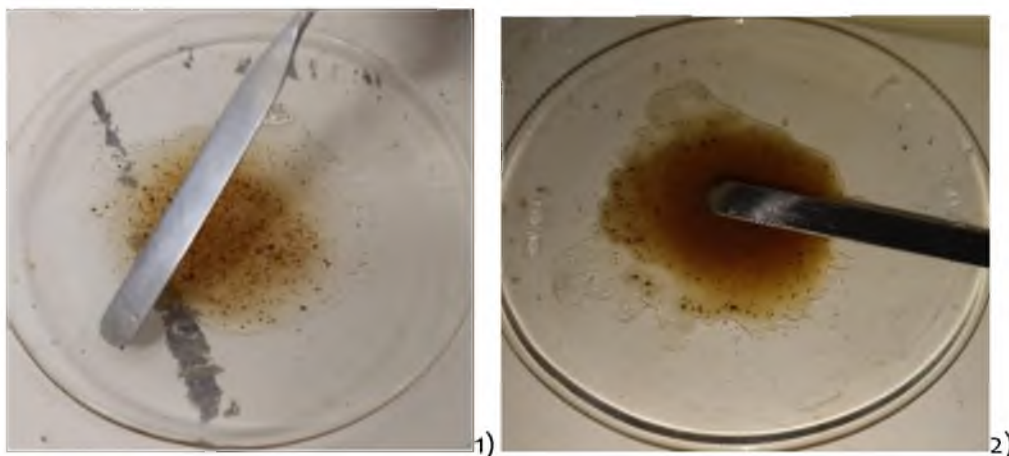


Figura 19. Polimerización del almidón. 1) prueba con 0.0960g de almidón, 2) prueba con 0.2000g de almidón. Fuente propia

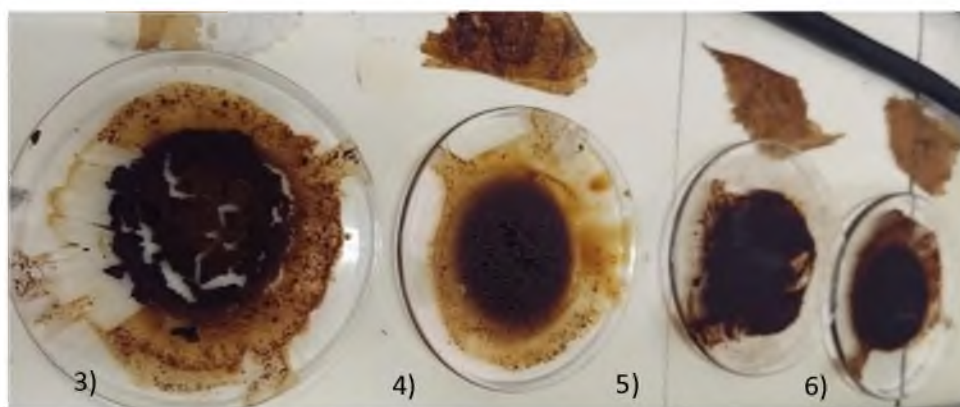


Figura 20. Muestras de polimerización 3) muestra 3, 4) muestra 4, 5) muestra 5, 6) muestra 6. Fuente propia.

4.1.8 Análisis de infrarrojo por transformada de Fourier al almidón tratado

En la Figura 21 se puede apreciar que la estructura del polímero no presenta cambios considerables a diferentes tiempos de secado a 140°C, por la intensidad de la curva a longitudes de onda de 3400 a 2400 cm^{-1} y su anchura corresponde a la formación de

puentes de hidrogeno presente en el almidón y de igual manera en el ácido acético, se presentan también tensión de C=O en 1730-1700 cm^{-1} , tensión en C-O en 1320-1200 cm^{-1} , flexión de grupos C-O-H la cual forma una banda sutil en forma de campana a 900 cm^{-1} , todas estas características del ácido acético presente en el polímero, además de apreciarse de igual manera la estructura del almidón.

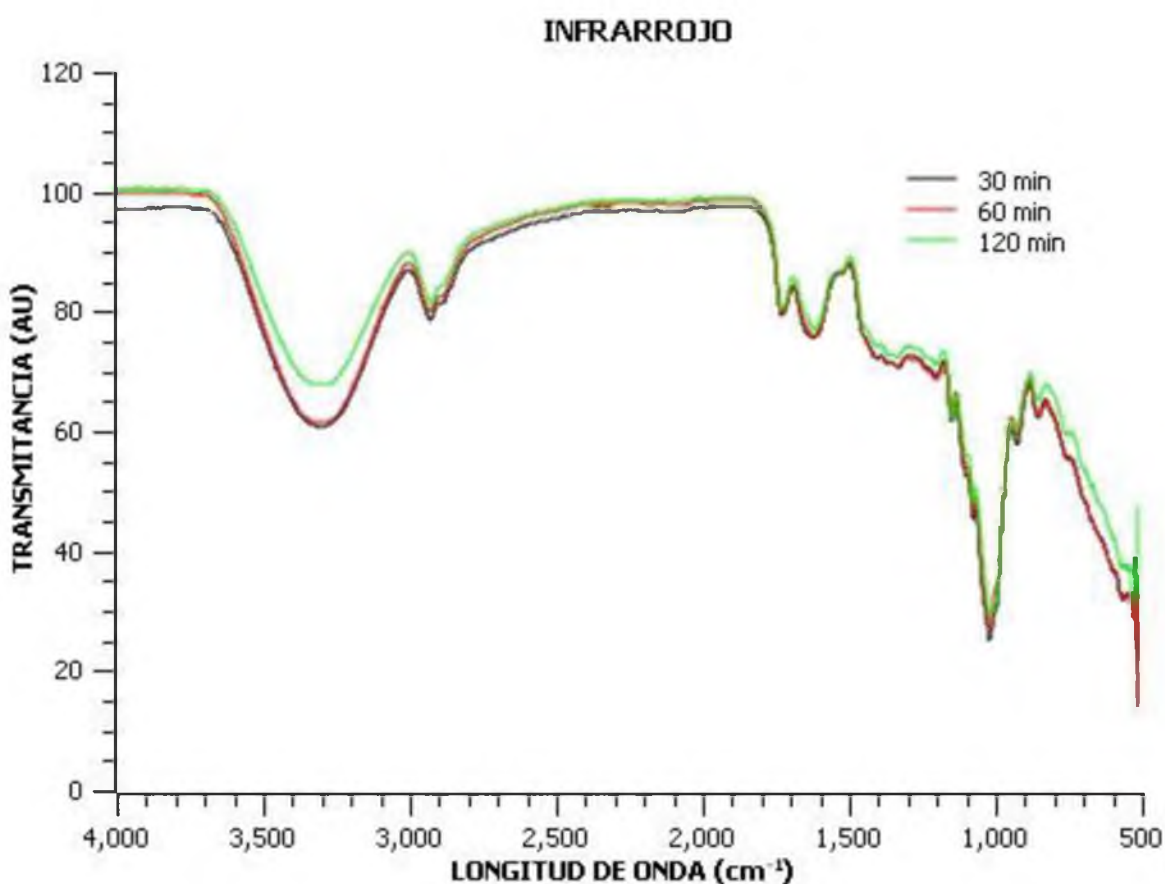


Figura 21. Prueba de infrarrojo por transformada de Fourier del almidón de plátano con ácido acético y glicerina sometido a 140°C por diferentes tiempos. Fuente propia.

En la Figura 22 se puede ver cambios más notables en las intensidades de las longitudes de onda medidas, lo que nos indica pérdida de compuestos orgánicos a mayores tiempos de secado a 170°C.

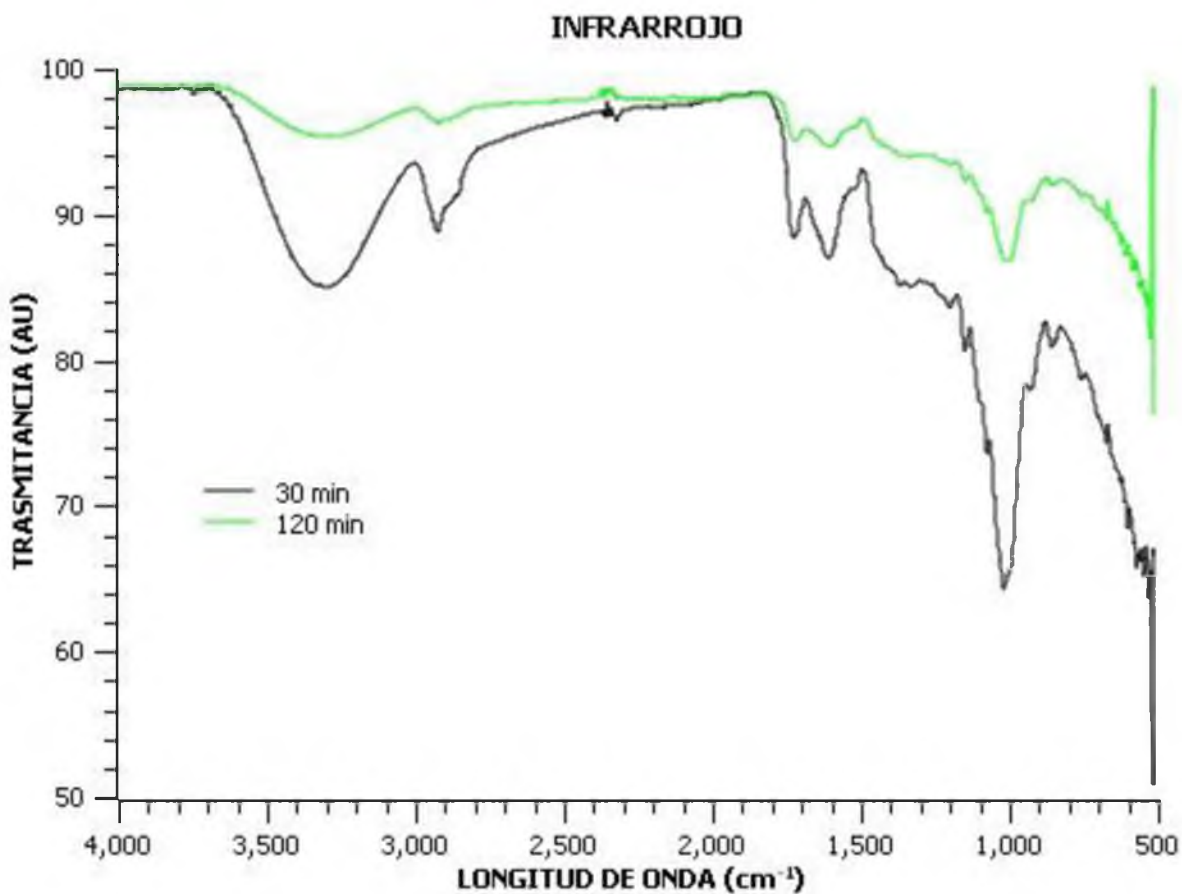


Figura 22. Prueba de infrarrojo por transformada de Fourier del almidón de plátano con ácido acético y glicerina sometido a 170°C por diferentes tiempos. Fuente propia.

De igual manera en la Figura 23 se aprecian cambios en las intensidades de curvas, siendo más notable la disminución de materia en los distintos lapsos de tiempos a la que fue sometido el polímero a 200°C.

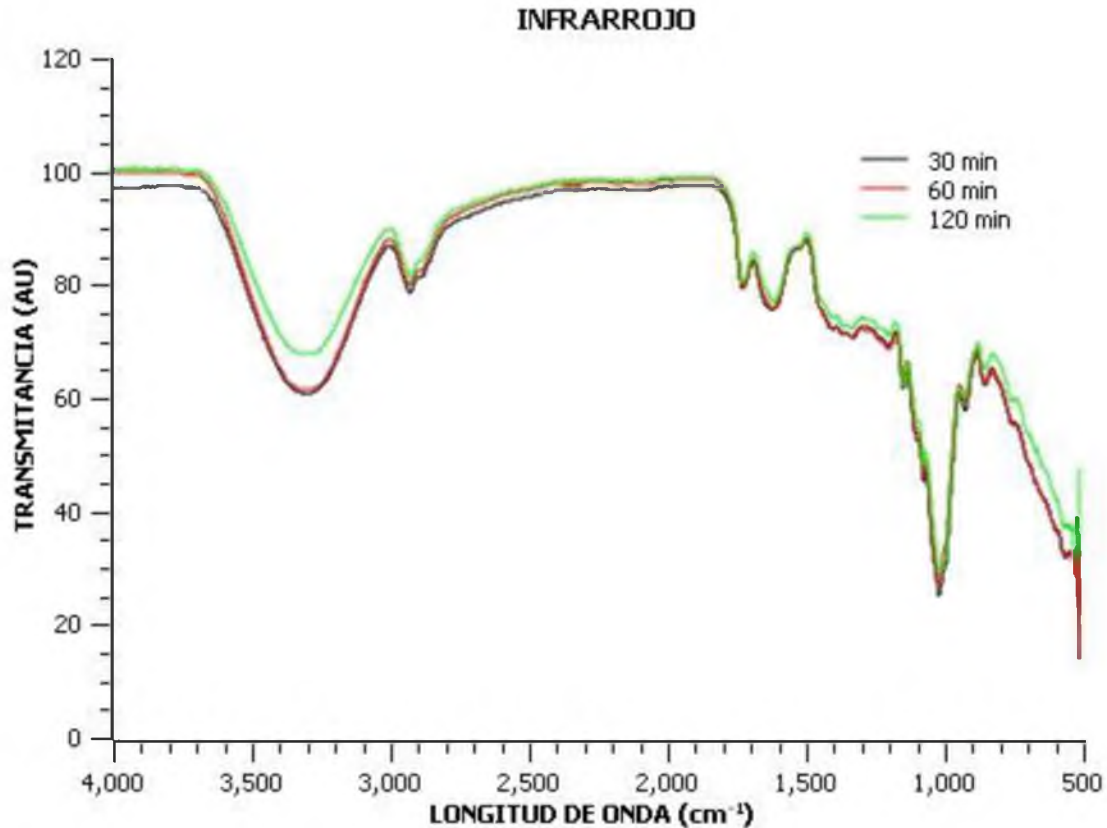


Figura 23. Prueba de infrarrojo por transformada de Fourier del almidón de plátano con ácido acético y glicerina sometido a 200°C por diferentes tiempos. Fuente propia.

4.2 RESULTADOS DE LA CARACTERIZACIÓN DEL BIOPLÁSTICO

Por observación (figura 24) se seleccionó la muestra I a 24 h. con la cual posteriormente se procedió a la realización de pellets de 10 mm de diámetro prensados uniaxialmente en una prensa hidráulica MEGA KCK-30 con capacidad de 30 toneladas.

Con los resultados obtenidos se procedió a la realización de pellets en la prensa hidráulica, como se muestra en la figura 25 a 1 tonelada de presión, cada pellet fue realizado con un peso de muestra de 0.8 g. Del compuesto obtenido, con 13.2 mm de diámetro y 9.2 mm de alto como sus medidas iniciales y una densidad de 0.640 g/cm³ antes de entrar al horno a 140, 170 y 200°C.

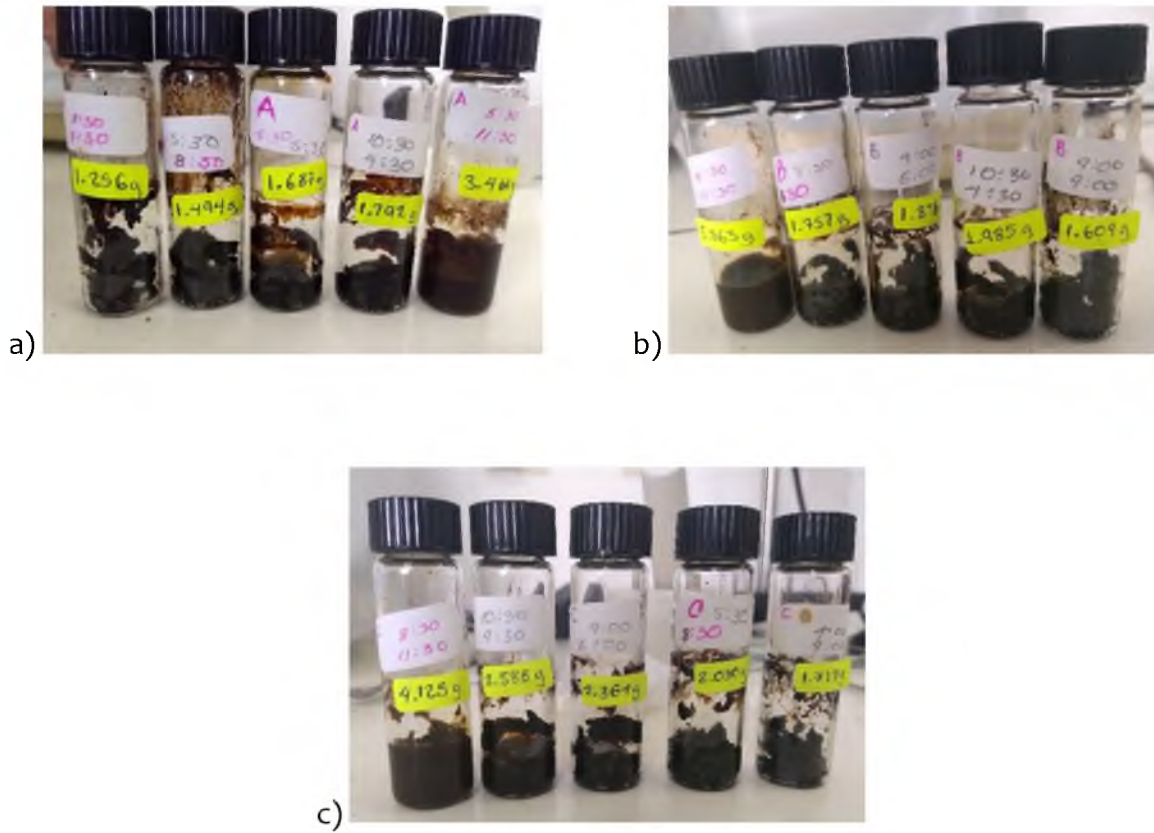


Figura 24. a) Muestras I a 3, 6, 9, 15 y 24 horas, b) Muestras II a 3, 6, 9, 15 y 24 horas, c) Muestras III a 3, 6, 9, 5 y 24 horas. Fuente propia.



Figura 25. Elaboración de pellets en prensa hidráulica. Fuente propia.

4.2.1 Viscosidad

La viscosidad es la medida de la fricción interna de un fluido. Su unidad fundamental es el Poise (P).

La viscosidad es uno de los factores que están fuertemente relacionados con la formación de la película, en particular con su microestructura.

De la muestra seleccionada se procedió a la preparación de mas material para la realización de la prueba de viscosidad en viscosímetro Brookfield DV-II +Pro con aguja numero 64 a 21.8°C a 30 rpm (Figura 26). Las mezclas fueron preparadas en tubos, las cuales cada una contenia 3 gr de almidón, 9 ml de agua, 1.5 ml de glicerina y 1.5 de ácido acético (Figura 27) las cuales se metieron al horno hasta una temperatura de 120°C, las cuales fueron medidas a diferentes tiempos como se muestra en la *Tabla 8*.



Figura 26. Viscosímetro Brookfield. Fuente propia.

Tabla 8. Viscosidad medida.

No. de muestra	Tiempo (h)	Viscosidad (Cp)
1	2	3819
2	3	14517
3	4	13537

Fuente propia.

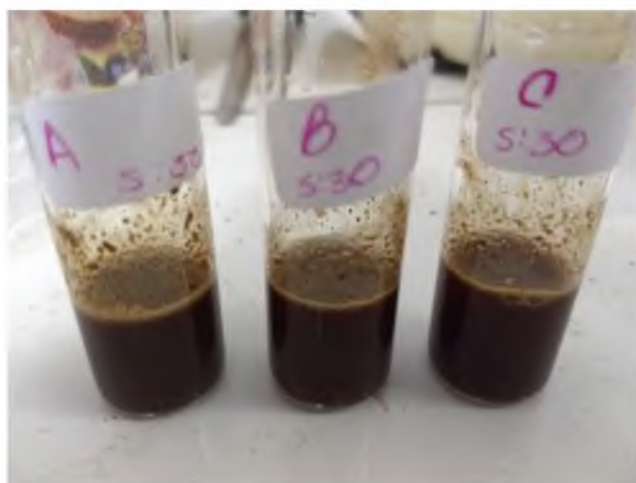


Figura 27. Mezclas antes de ser dispuestas en el horno. Fuente propia.

4.2.2 Estereoscopías de pellets sometidos a diferentes temperaturas

Se prepararon 9 pellets del biopolímero de almidón los cuales se probaron bajo diferentes condiciones como se muestra en la tabla 9 para hacer comparativos y analizar los resultados.

Tabla 9. Resultados de la pruebas a diferentes tiempos y temperaturas.

Temp.	Tiempo (min)	D _f (mm)	h _f (mm)	Peso final (g)	% Contracción	% Pérdida de peso	Densidad final (g/cm ³)
140 °C	30	12.7	8.3	0.723	3.78 %	9.60 %	0.688
	60	12.5	8.3	0.710	5.30 %	11.25 %	0.702
	120	12.5	8.6	0.704	5.30 %	12.00 %	0.670

Temp.	Tiempo (min)	D _f (mm)	h _f (mm)	Peso final (g)	% Contracción	% Pérdida de peso	Densidad final (g/cm ³)
170 °C	30	12.6	8.4	0.704	4.50 %	12.00 %	0.676
	60	12.1	7.8	0.645	8.30 %	19.37 %	0.724
	120	11.8	8.1	0.630	10.60 %	21.25 %	0.715

Temp.	Tiempo (min)	D _f (mm)	h _f (mm)	Peso final (g)	% Contracción	% Pérdida de peso	Densidad final (g/cm ³)
200 °C	30	11.3	8.0	0.705	14.39 %	11.87 %	0.881
	60	11.3	8.3	0.542	14.39 %	32.25 %	0.653
	120	11.8	8.0	0.529	14.00 %	33.87 %	0.608

Fuente propia.

Inmediatamente al salir del horno cada pellet fue observado superficialmente en Estereoscopio Fisher a un aumento de 60x para hacer un comparativo como se muestra a continuación en la Figura 28, Figura 29 y Figura 30.

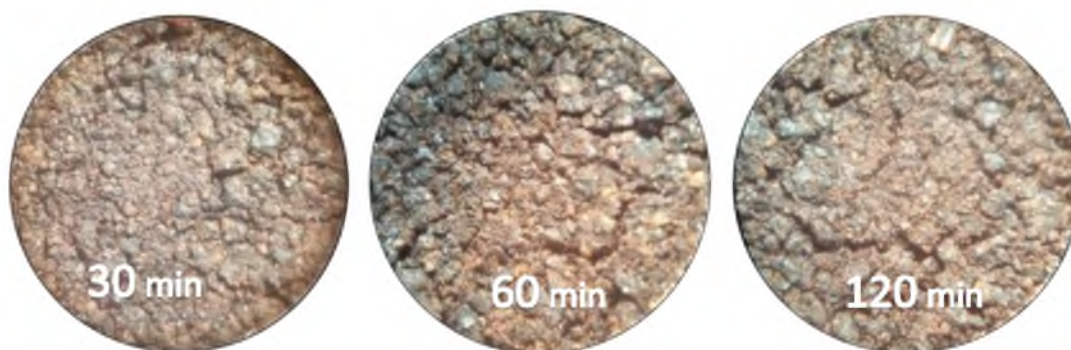


Figura 28. Pellets sometidos a 140°C por 30, 60 y 120 minutos. Fuente propia.

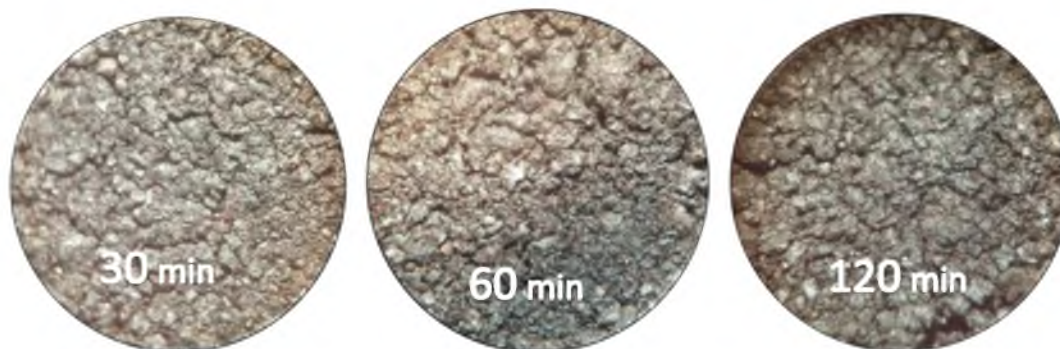


Figura 29. Pellets sometidos a 170°C por 30, 60 y 120 minutos. Fuente propia.

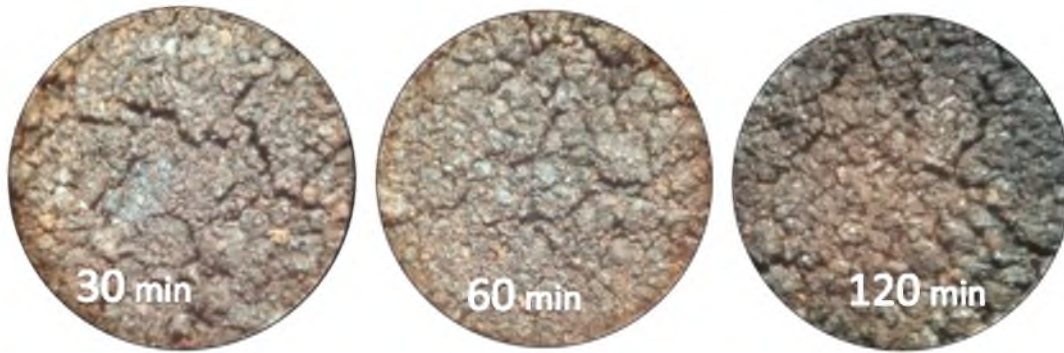


Figura 30. Pellets sometidos a 200°C por 30, 60 y 120 minutos. Fuente propia

De lo anterior se puede observar que entre más rápida es la pérdida de agua, se presenta una rápida contracción y por lo tanto más agrietamientos, además de una coloración más oscura.

4.2.3 Estereoscopías de pellets con fibra sometidos a diferentes temperaturas

Después de las observaciones anteriores se procedió a realizar nuevamente pellets, pero ahora adicionándole fibra de la hoja de plátano con relación a 3% con respecto al biopolímero, quedando pellets de 1 gramo cada uno, con diámetros y alturas iniciales de 12.5mm y 7.5mm respectivamente, los cuales fueron nuevamente sometidos a temperaturas de 140, 170 y 200 °C a tres tiempos, observando así los cambios provocados como se muestra en la *Tabla 10*.

Tabla 10. Pellets con 3% de fibra de hoja de plátano sometidos a diferentes temperaturas.

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Peso final (g)	% contracción	Densidad (g/cm ³)
140°C	30	6.2	12.6	0.7698	-0.8%	0.9958
	60	8.7	13.1	0.7256	-4.8%	0.6201
	120	8.4	12.6	0.7127	-0.8%	0.6807

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Peso final (g)	% contracción	Densidad (g/cm ³)
170°C	30	7.7	12.5	0.7475	0%	0.7910
	60	7.4	12.5	0.7292	0%	0.8029
	120	6.7	12.3	0.6866	1.6%	0.8624

Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Altura (mm)	Diámetro (mm)	Peso final (g)	% contracción	Densidad (g/cm ³)
200°C	30	8.8	12.4	0.6000	0.8%	0.5645
	60	8.7	12.2	0.5834	2.4%	0.5736
	120	8.6	11.9	0.5630	4.8%	0.5886

Fuente propia.

Por observación (Figura 31 y Figura 32), se seleccionó el que resultó a 170°C por 30 minutos, pues presenta menor agrietamiento y la fibra aún se observa sin cambios considerables, que afecten sus características originales.



Figura 31. Pellets con fibra de hoja a 170 °C por 30, 60 y 120 minutos. Fuente propia.

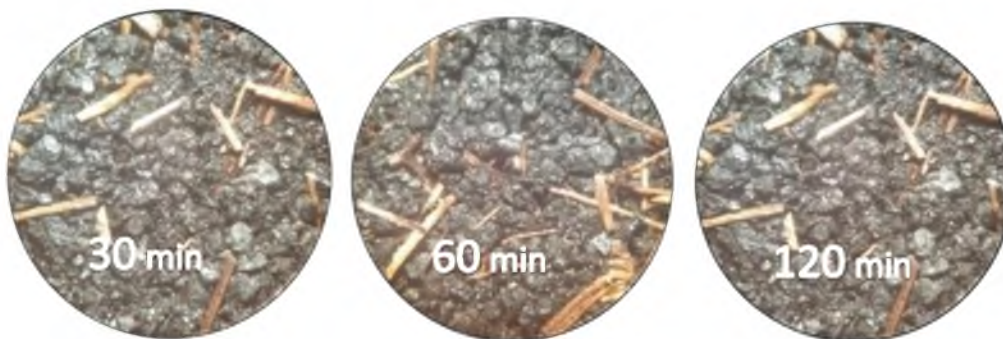


Figura 32. Pellets con fibra de hoja a 200 °C por 30, 60 y 120 minutos. Fuente propia.

Después de 48 hrs, los pellets que fueron sometidos a una temperatura de 140°C presentaron hinchamiento debido a la rápida absorción de humedad del ambiente, y los sometidos a 200°C se debilitaron por la pérdida considerable de materia orgánica, lo que se puede corroborar con la pruebas de infrarrojo realizadas, sin embargo, la que presenta mejor apariencia, sigue siendo la sometida a 170°C, la cual se compacto y solidificó de manera adecuada sin presentar aumento de volumen, lo que se puede reafirmar observando las gráficas resultantes de la prueba de infrarrojo de esta prueba.

4.2.4 Porcentaje de absorción de agua

La absorción de la humedad es la capacidad del material a absorber humedad del entorno (aire, agua). El grado de absorción de humedad depende del tipo de plástico y de las condiciones del entorno como son la temperatura, humedad y el tiempo de contacto.

Con el producto desarrollado con fibra al 3% a 170°C se le realizó la prueba de absorción de humedad, la cual consistió en sumergir en agua ejemplares del material por 24 horas. Comparando así el peso inicial y el peso final (*Tabla 11*), lo que representa la cantidad de agua absorbida por este, dando como resultado un porcentaje promedio de 43.17%

Tabla 11. Absorción de humedad.

No. prueba	Peso inicial (g)	Peso final (g)
1	0.9797	1.7602
2	0.8589	1.4815

Fuente propia.

CAPÍTULO 5

5.1 ALTERNATIVAS DE APLICACIÓN DEL BIOPLÁSTICO

En el desarrollo de la presente tesis se obtuvo un material bioplástico con características adecuadas y potencial para ser utilizado en el desarrollo de macetas y como alternativa se propuso la elaboración de una germinadora lo cual se justifica en este capítulo.

5.1.1 Cultivos en viveros e invernaderos

Con todas las nuevas tendencias en la horticultura, las plantas ornamentales cultivadas en recipientes siguen siendo un cultivo importante en la industria, la cantidad de especies de plantas cultivadas en recipientes ha aumentado, desde árboles hasta arbustos y desde plantas ornamentales hasta plantas perennes. Todos estos cultivos tienen ciclos de producción prolongados y algunos pueden durar hasta dos años. Comparado con las plantas anuales de invernadero, estos largos tiempos de producción requieren de prácticas de cultivo y necesidades diferentes durante el ciclo de producción (www.pthorticulture.com).

Por otro lado, el cultivo en invernaderos permite como los viveros establecer las condiciones óptimas para el buen desarrollo de la producción, pero este dando un buen aislamiento con el exterior con instalaciones que dan la posibilidad de un control climático que mejoran notablemente el cultivo.

La producción bajo invernadero, consigue un rendimiento por unidad de superficie hasta 3 veces mayor comparado con campo abierto (grupomsc.com).

En ambos tipos de cultivos, para la germinación de plantas son ocupadas macetas y bolsas de plástico para la germinación de diferentes especies vegetales, los cuales al cumplir su propósito en los ciclos de las plantas, son desechados sin la posibilidad de reutilización por la condición en las que quedan.

Las plantas se pueden multiplicar siguiendo la vía sexual o asexual. La multiplicación sexual está representada por las semillas y la multiplicación asexual por otras partes de las plantas (raíz, tallo, hojas). Las cuales para estos tipos de cultivos en invernadero o vivero, son utilizadas las macetas, bolsas o charolas germinadoras.

Por lo anterior y con base en los resultados de la investigación y de las características obtenidas del material se presentan la siguiente propuesta de aplicación: Germinadoras.

En la naturaleza, las semillas germinan espontáneamente cuando se hidratan con la humedad del suelo y las condiciones de luz y calor son las adecuadas, sin embargo, las condiciones naturales no garantizan la germinación de las semillas y el desarrollo de la planta.

Las macetas germinadoras, son recipientes que favorecen el proceso de germinación al mantener las semillas en las condiciones adecuadas de humedad, su objetivo es conseguir mayor hidratación para que se produzca antes la germinación.

Estas suelen ser macetas o bolsas fabricadas de polietileno y/o polipropileno, los cuales por sus características de peso y resistencia son adecuadas para su uso en esta área, sin embargo su carácter desechable lo convierte en un producto contaminante por su largo tiempo de degradación.

Esto sustenta que el material elaborado sea una alternativa ecológica para este tipo de productos, pues al ser biodegradable, se espera que al cumplirse el ciclo de la planta esta maceta sirva como abono y se desintegre sin generar residuos contaminantes.

Con lo anterior se busca solucionar la problemática de la generación de residuos plásticos contaminantes y favorecer en un proceso limpio de forestación de distintas especies de plantas y hacerlo un proceso sustentable.

5.1.2 Definiendo el problema de diseño

Para complementar lo anterior se investigó algunos tipos de plantas que se utilizan para esta etapa de germinación, los cuidados y requerimientos de este contenedor para que favorezca este proceso.

El objetivo de este contenedor, es que, al igual que los productos ya existentes, cumpla con las funciones requeridas para la germinación y trasplante de plantas y que además aporte valor adicional que los existentes no poseen, que en este caso serán sus características biodegradable y que también sirva como nutriente para la especie sembrada.

Una maceta deberá cumplir con los elementos requeridos, que nos permitirán producir plantas sanas y vigorosas. Ellos son:

1. El sustrato (Contenerlo y soportar su peso y volumen).
2. El agua (Contener la humedad suficiente y permitir el drenado).
3. Los nutrientes: abonos y fertilizantes.
4. Aeración.

Tabla 12. Materiales comunes de sustratos para viveros y semilleros.

Sustratos comunes para semilleros	Tierra de bosque (Mantillo vegetal/ Humus)	<ul style="list-style-type: none"> • Es materia vegetal de color oscuro descompuesta producto del barrido de bosques. • Es una mezcla de ramitas, corteza y hojas, que al encontrarse por debajo de la superficie y con años de acumulación, presenta un principio de humificación. • La composición del humus depende en parte del tipo de suelo, ya que éste puede favorecer el desarrollo de sustancias orgánicas, facilitando la aireación o, por el contrario, puede paralizarla, originando condiciones anaeróbicas. • Sobre suelos pesados actúa esponjando el terreno, promueve la agregación del suelo (formación de terrones) y el almacenamiento de agua. • Sobre suelos livianos, sueltos, mejora la retención de nutrientes disminuyendo su pérdida por lixiviación (lavado).
	Compost	<ul style="list-style-type: none"> • Es un producto de la descomposición biológica aeróbica y anaeróbica de residuos orgánicos en condiciones controladas. • Sirve para mejorar las propiedades físicas del suelo, dándole una consistencia grumosa. • Puede ser usado en cualquier proporción sin causar efectos dañinos al suelo.
	Carbón Prensado	<ul style="list-style-type: none"> • Se utiliza para mejorar la porosidad del suelo. • Nivelado el pH del suelo haciéndolo más alcalino.
	Kuntan	<ul style="list-style-type: none"> • Es cascarilla de arroz, cáscara de frijoles o broza del café carbonizado. • Se utiliza para mejorar la porosidad del suelo. • Nivelado el pH del suelo haciéndolo más alcalino.

	Lombrihumus	<ul style="list-style-type: none"> • Es un abono orgánico obtenido de la descomposición de materia orgánica: estiércol, desechos vegetales, entre otros., realizada por las lombrices. • Este abono ofrece una alimentación equilibrada a las plantas; ya que aporta Nitrógeno, Calcio, Magnesio, Fósforo, Potasio y micronutrientes esenciales. • Contribuye a mejorar las condiciones físicas del suelo como: porosidad, infiltración, aireación, etc.
	Bokashi	<ul style="list-style-type: none"> • Es un abono orgánico fermentado y semi descompuesto. • Los materiales orgánicos a utilizar son accesibles, baratos y se encuentran en la finca. • Se usa tierra que contenga microorganismo (tierra sin trabajar) ya que contiene muchos microorganismos benéficos.
Sustratos comunes para viveros	Arena	<ul style="list-style-type: none"> • Las arenas sirven como mezcla para mantener el sustrato drenado, suelto y ventilado y algunas aportan ligera acidez a la tierra. • Las que proporcionan los mejores resultados son las arenas de río. Su granulometría más adecuada oscila entre 0,5 y 2 mm de diámetro. Su densidad aparente es similar a la grava. • Algunos tipos de arena deben lavarse previamente, por ello es recomendable usar la arena comercial de acuarios. Su pH varía entre 4 y 8.
	Tierra volcánica	<ul style="list-style-type: none"> • La tierra volcánica sirve también como mezcla para mantener el sustrato drenado, suelto y ventilado, su fama como mezcla proviene por su alta capacidad de drenaje. • Se utilizan sin someterlos a ningún tipo de tratamiento, proceso o manipulación. Las granulometrías son muy variables al igual que sus propiedades físicas. • El pH de las tierras volcánicas es ligeramente ácido con tendencias a la neutralidad.

		<p>Gravas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las gravas sirven como mezcla para mantener el sustrato drenado, suelto y ventilado. • Suelen utilizarse las que poseen un diámetro entre 5 y 15 mm. • Destacan las gravas de cuarzo, la piedra pómez y las que contienen menos de un 10% en carbonato cálcico. Poseen una buena estabilidad estructural. • Existen algunas gravas sintéticas, como la herculita, obtenida por tratamiento térmico de pizarras.
	<p>Turba</p>	<p>Es materia de origen vegetal, prensada y deshidratada, y se produce por procesos anaeróbicos (bajo agua).</p> <p>Las turberas se dan en zonas de depresión de costas o ríos donde las condiciones climáticas son de alta humedad, frío y anaerobiosis.</p> <p>Tipos de turbas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Turba de río: proviene de zonas de esteros principalmente de ríos. • Turba rubia: puede retener hasta 9 veces su peso en agua, y también proporciona gran cantidad de poros de aire, se suele emplear en árboles acidófilos debido a su bajo valor de pH, ayudan a retener y mantener húmedo el sustrato y por lo tanto almacenan los nutrientes disueltos en las sales minerales del agua. • Turba negra: provienen de zonas donde reciben aguas de escurrimiento de zonas más altas ricas en limos y arcillas, que le proveen nutrientes y están más mineralizadas. <p>Las especies vegetales son Carex spp, Salix spp, Alnus spp. Provee pocos poros de aire por lo que requiere mezclarla con sustancias que aumenten su aireación. Se deben usar con moderación, porque el exceso puede modificar la acidez del suelo, provocando inconvenientes en la absorción de los nutrientes.</p>

	Fibra de Coco	<ul style="list-style-type: none"> • Tiene una capacidad de retención de agua de hasta 3 o 4 veces su peso. • Tiene un pH ligeramente ácido y su porosidad es bastante buena. • Debe ser lavada antes de su uso debido al alto contenido de sales que posee.
--	---------------	---

Fuente: INATEC 2016.

A continuación se presentan algunos ejemplos ya existentes de macetas, y charolas germinadoras de semillas (Figura 33, Figura 34, Figura 35 y Figura 36).

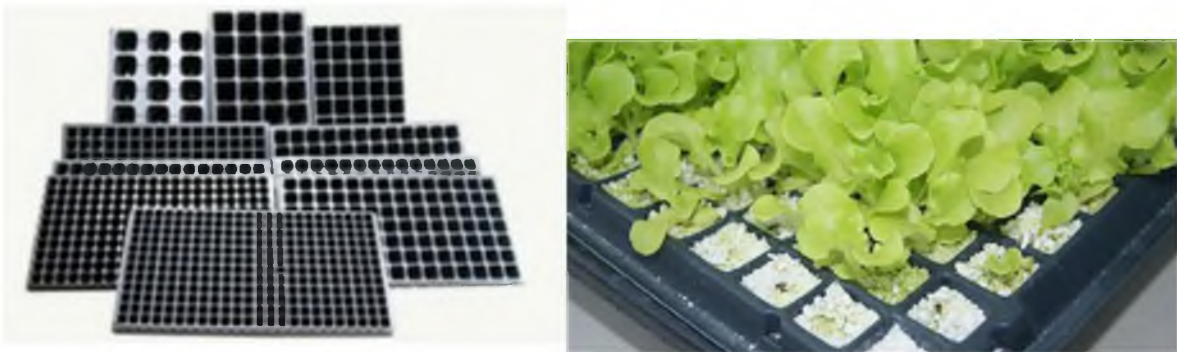


Figura 33. Charolas germinadora. Fuente: hydroenv.com

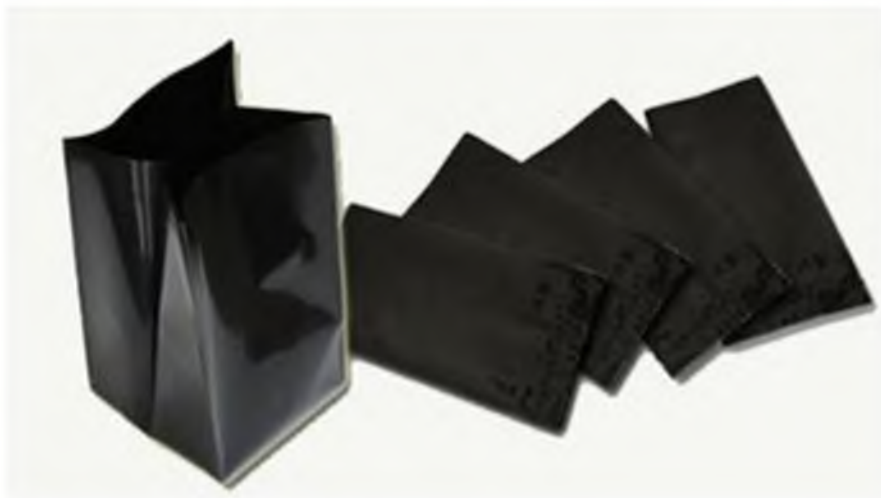


Figura 34. Bolsas para cultivo de polietileno. Fuente: hydroenv.com



Figura 35. Maceta de plástico flexible de polipropileno. Fuente: hydroenv.com



Figura 36. Charola forestal, termoformada de poliestireno. Fuente: hydroenv.com

Los productos más utilizados para la germinación de semillas son las bolsas de polietileno y las charolas de poliestireno, en caso de las bolsas es recomendable que sean de polietileno y de color negro. De éstas hay varios tamaños: 4 x 8", 5 x 8", 6 x 8" y para frutales 10 x15".

Las propiedades del contenedor ideal para la producción de plantas forestales han sido cuestión de debate durante muchos años. Aunque los contenedores pueden ser comparados en muchas formas distintas, la más apropiada es en relación a su funcionalidad. La función primaria de cualquier contenedor es la de contener una

pequeña cantidad de sustrato, que a su vez abastece a las raíces con agua, aire, nutrientes minerales, y además provee soporte físico mientras la planta está aún en el vivero.

Sin embargo, los contenedores para especies forestales deben cumplir con otras funciones que reflejan los requerimientos especiales para plantaciones forestales de conservación o comerciales. Algunas de tales características dan forma al crecimiento de la planta en el vivero, como es el caso del diseño de propiedades para evitar un crecimiento radical en espiral. Otras características operativas de los contenedores están relacionadas con consideraciones económicas y de manejo, tanto en el vivero como en el lugar de plantación.

Las especies forestales difieren de muchos cultivos ornamentales producidos en contenedor porque aquéllas implican esencialmente un cultivo de raíces. Muchas especies ornamentales que son producidas en contenedor, son cultivadas por sus flores o follaje, pero la calidad de una planta forestal está determinada por su aptitud una vez que está plantada, en función de su sobrevivencia inicial y de su desarrollo subsecuente.

La mayor restricción en relación al volumen del contenedor es económica, no biológica, porque:

- a) los contenedores grandes proveen más espacio de crecimiento.
- b) las plantas que crecen en contenedores grandes requieren de mayores periodos de tiempo para que su sistema radical ocupe el espacio del contenedor completamente.

- c) los contenedores grandes son más difíciles de cargar durante el embarque y la plantación.

5.1.3 Análisis de datos para el diseño.

Por lo investigado anteriormente se optó por la realización de un contenedor individual de una charola germinadora forestal, pues los tiempos de desarrollo de este tipo de plantas facilitan la observación y el análisis del material en un periodo de tiempo definido.

El material desarrollado, es óptimo para la creación del producto, que da como ventaja en comparación a los convencionales, que este se biodegradara y al mismo tiempo funcionara como compostaje para la planta, facilitando así la manipulación y el trasplante sin la necesidad de sacarla del contenedor, acción que en ocasiones provoca estrés en las raíces de las plantas.

5.1.4 Enfoque del diseño

Para la realización de pruebas y el diseño del contenedor, con la asesoría de profesores – investigadores de la Universidad del Papaloapan, campus Loma Bonita, especialistas en el área de ingeniería agrícola tropical se determinó utilizar la melina como planta para el objeto de estudio y análisis de la funcionalidad del contenedor diseñado.

5.1.5 Medidas requeridas

Para este tipo de macetas germinadoras, las medidas comerciales varían como se muestra en la Figura 37.



Figura 37. Medidas comerciales de las cavidades individuales de charolas germinadoras. Fuente: hydroenv.com.

Así como las anteriores, existe una gran variación de medidas para este tipo de elementos, dependiendo del fabricante.

Por lo anterior se decidió tomar como referencia las medidas que están orientadas para este tipo de contenedores forestales (Figura 38).



Figura 38. Charola germinadora forestal. Fuente: hydroenv.com.

Las medidas de la charola:

Largo: 50 centímetros

Ancho: 30 centímetros

Altura: 12 centímetros

Medidas de la cavidad:

5 centímetros de diámetro

12 centímetros de altura

5.1.6 Bocetaje

Tomando en cuenta las medidas y la investigación anterior, se avanzó a la etapa de bocetos a mano alzada y digitalizándolo en Autocad, tomando como base figuras geométricas se realizaron retículas para obtener formas apilables., (Figura 39, Figura 40, Figura 41 y Figura 42) característica importante de una maceta al momento de su traslado para la comercialización y para su fácil manipulación.

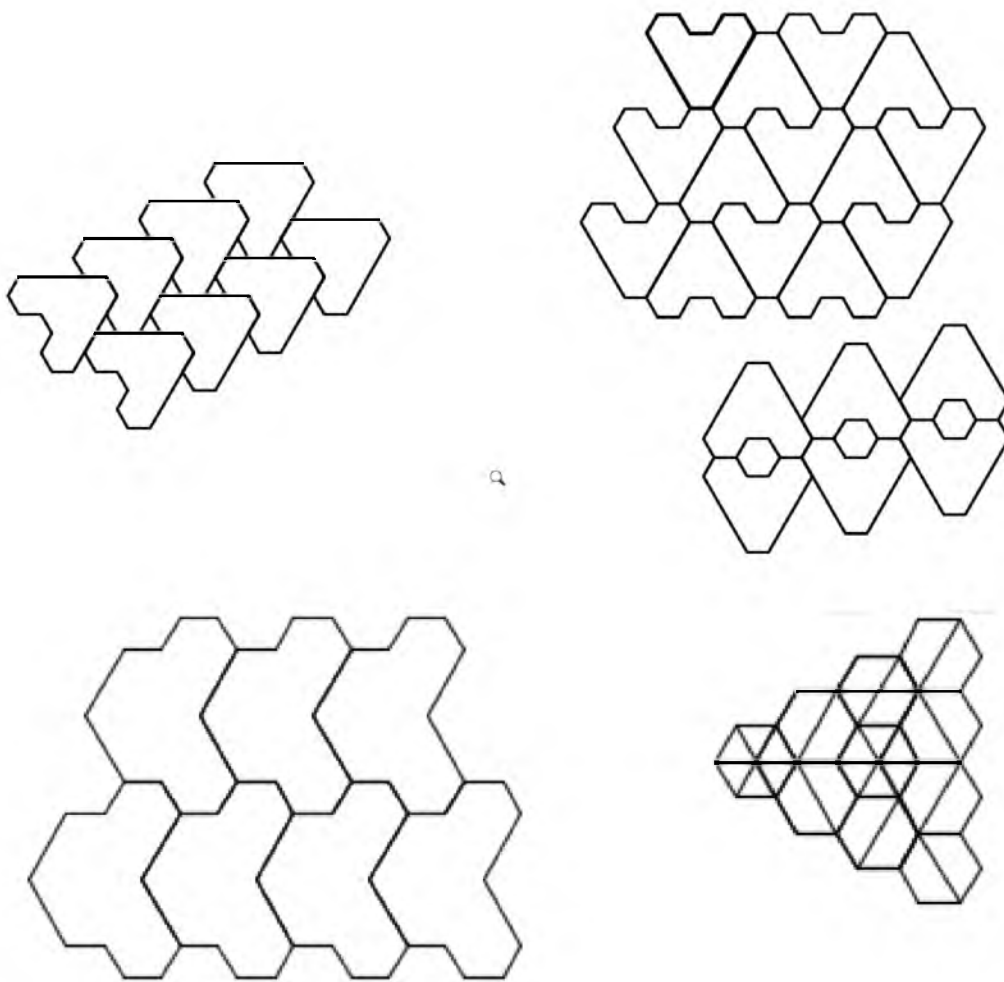


Figura 39. Bocetos diferentes de una retícula geométrica. Fuente propia.

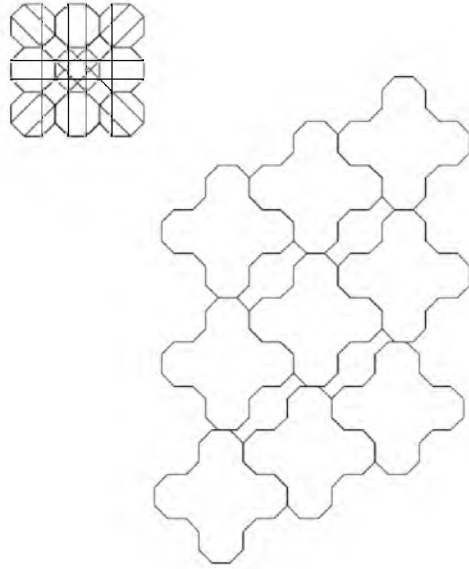


Figura 40. Boceto con retícula geométrica con espacios libres. Fuente propia.

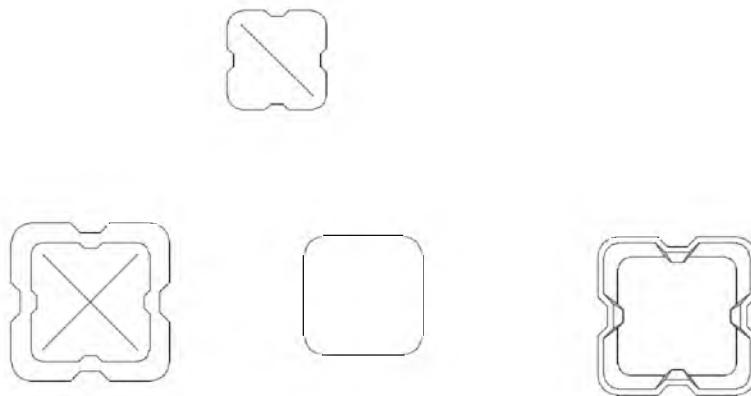


Figura 41. Boceto de maceta en vista superior. Fuente propia.



Figura 42. Bocetos finales. Fuente propia.

5.1.7 Modelado digital

Del objeto resultante de los bocetos se procedió a la realización de planos (anexo, planos 1, 2, 3 y 4) y modelado digital para así facilitar el proceso de fabricación.

5.1.8 Modelo a escala real

El modelo de la germinadora se realizó en una impresora 3D, para la obtención de la pieza, con la ayuda del modelo 3D digital, se realizó una impresión con Poliacido láctico (PLA) color blanco (Figura 43) La impresora se encuentra en las instalaciones de la Universidad del Papaloapan, campus Loma Bonita en el Laboratorio de Mecatrónica, y así, a partir de este se realizó de un molde para la elaboración del producto con el material desarrollado.



Figura 43. Impresión 3D. Fuente propia.

El modelo fue dividido en 3 partes, por los tiempos largos de impresión, cada parte tuvo un tiempo de impresión promedio de 7 horas, las cuales al final se unieron con cianoacrilato (Kola loka) y se lijaron para eliminar las texturas que deja este tipo de impresión (Figura 44).



Figura 44. Modelo de maceta. Fuente propia.

5.1.9 Molde

Para la elaboración del molde se dio inicio con la elaboración de una caja de madera (Figura 45) en donde se colocó el modelo y se preparó sellando posibles fugas de yeso con plastilina y con desmoldante (Figura 46), posteriormente se procedió a agregar yeso piedra tipo III de alta resistencia el cual fue preparado con 24ml de agua por cada 100 gr de yeso (Figura 47) y esperar el fraguado de la primera pieza del molde para de igual manera hacer la segunda pieza (Figura 48).



Figura 45. Caja de madera. Fuente propia.



Figura 46. Modelo colocado y preparado para vaciar el yeso. Fuente propia.



Figura 47. Elaboración de molde de yeso. Fuente propia.



Figura 48. Molde de yeso. Fuente propia.

5.1.10 Elaboración del prototipo de maceta con el material desarrollado

Después de la elaboración del molde de yeso se procedió a la preparación del material, de la forma determinada anteriormente en el proceso de experimentación, por lo cual se preparó el material en las siguientes proporciones como se muestra en la *Tabla 13*, la cual se dispuso en el horno de convección eléctrica a 120°C por 24 hrs. para obtener el biopolímero en una consistencia suave, el cual fue colocado en trozos irregulares de mediano tamaño en el molde de yeso realiza realizado, utilizando papel aluminio como desmoldante y posteriormente fue moldeado en la prensa hidráulica MEGA KCK-30A hasta sellar el molde como se muestra en la *Figura 49*.

Tabla 13. Cantidades de material utilizado para el prototipo.

Almidón (g)	Agua (ml)	Ácido acético (ml)	Glicerina (ml)	Fibra (g)
130	390	65	65	3.25

Fuente propia.



Figura 49. Modelado de prototipo en prensa hidráulica. Fuente propia.

Después del prensado, se procedió a desmoldar la pieza (Figura 50) y a retirar el aluminio y el exceso de material, para posteriormente, someterlo a temperatura finalmente, en el horno de convección a 170°C por 3 horas para darle la rigidez final al material (Figura 51).



Figura 50. Prototipo prensado. Fuente propia.



Figura 51. Maceta de bioplástico obtenido. Fuente propia.

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la tesis se buscó cumplir con cada uno de los objetivos planteados, de lo cual podemos concluir lo siguiente:

Es posible obtener un biopolímero de la pulpa adherida a la cascara de plátano, el almidón obtenido puede ser reforzado con fibra de la hoja de la planta para obtener mejores resultados.

Con las pruebas y los ensayos realizados se puede resolver que es posible la obtención de un producto derivado como la maceta germinadora presentada.

Los factores que afectan directamente el procesamiento de este bioplástico es la temperatura, que como se pudo observar en las pruebas realizadas, este material pierde sus propiedades a temperaturas arriba de los 260°C, por lo cual su procesamiento debe ser a temperaturas menores. También se aprecia que al procesar el material con glicerina y ácido acético a diferentes tiempos y temperaturas, varía el contenido de grupos de carburo presente en el compuesto.

El procesamiento con mejores resultados, fue el desarrollado con 3 ml de agua, 0.5 ml de ácido acético, 0.5 ml de glicerina, por gramo de almidón a 120°C por 24 horas, reforzado con fibra de hoja de plátano al 2% en peso del compuesto procesado.

Se realizaron pellets a presión, de los cuales se pudo analizar y observar el comportamiento del material bajo presión, la apariencia superficial y su comportamiento a altas temperaturas la cual presento una contracción promedio de 7.8% sin fibra y de 3.2% con fibra y a la humedad (expansión), en donde se observa que es un material hidrófilo con una absorción de humedad del 43.17%.

Recomendaciones

El material todavía se encuentra en una fase óptima para su desarrollo y su perfeccionamiento, es posible mejorar la extracción y el procesamiento del material, por lo cual es recomendado que se continúe con la investigación y se desarrolle el material con el equipo especializado para este tipo de procesos.

Es conveniente la realización de pruebas físicas como tensión, compresión y flexión.

De acuerdo a investigaciones similares se espera que el comportamiento del biocompuesto sea como un material termoplástico, sin embargo, se recomienda realizar análisis térmico para demostrarlo.

Realizar estudios de envejecimiento acelerado para comprobar que el material tendrá la vida necesaria para cumplir la función por la cual fue creada.

Referencias bibliográficas

- Angeles. (17 de Enero de 2018). *Las ventajas y desventajas de los plásticos*. Obtenido de espaciociencia.com Web site: <http://espaciociencia.com/las-ventajas-y-desventajas-de-los-plasticos/>
- Ascencio, O. V. (3 de Diciembre de 2012). *Tuxtepec, Plátano maduro: Noticias Oaxaca NVI*. Recuperado el 30 de Enero de 2017, de Noticias Oaxaca NVI Web site: <http://old.nvinoticias.com/90258-tuxtepec-pl%C3%A1tano-maduro>
- Bello Gil, D. (2 de Diciembre de 2009). *Plásticos Biodegradables: una alternativa verde: Eco-Sitio, Portal de Medio Ambiente y Ecología*. Obtenido de Eco-Sitio, Portal de Medio Ambiente y Ecología Web site: <http://www.eco-sitio.com.ar/node/114>
- Bernal, J., Castillo, P., Estudillo, J., Pérez, M., Ramírez, O., Rodríguez, C., & Solís, O. (2016). *22 Feria de las ciencias UNAM*. Obtenido de feriadelasciencias.unam Web site: http://www.feriadelasciencias.unam.mx/anteriores/feria22/feria326_01_elaboracion_de_un_biopolimero.pdf
- Callister, W. D. (2003). *Introducción a la Ciencia e Ingeniería de los Materiales Tomo II*. REVERTÉ.
- Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcillo, J., Núñez, N., & Peñaloza, S. (2015). Bioplástico a base de la cáscara del plátano. *Journal of Undergraduate Research*, 34-37.
- Dep. FQuímica UNAM. (s.f.). *Tablas IR*. Obtenido de Departamento de Física Química de la UNAM Web site: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TablasIR_15437.pdf
- Departamento de Biología Moleculas y biotecnología. Instituto de Investigaciones Biomédicas. (2014). Bioplásticos. En G. Pacheco, N. C. Flores, & R. Rodriguez - Sanoja, *Bioplasticos* (pág. Vol. 18 No. 2). México, D.F.: Universidad Autónoma de México.
- El Economista. (23 de Noviembre de 2015). *Retos y oportunidades en el mercado de plátano*. Obtenido de El Economista Web site: <http://eleconomista.com.mx/columnas/agro-negocios/2015/11/23/retos-oportunidades-mercado-platano-i>
- European Comission. (2015). *Plásticos 1*. Estados Unidos: European Comission.
- Facultad de Ingeniería Industrial, Escuela Colombiana de Ingeniería. (2007). *Plásticos, Protocolo: Curso de procesos de manufactura*. Colombia.

- Grupo de Síntesis Orgánica. (2011). Determinación de estructuras mediante métodos físicos. En U. Jaume, *Fundamentos de Química Organica* (págs. 175-190). Castellón, España. Obtenido de <http://www.sinorg.uji.es/Docencia/FUNDQO/TEMA9FQO.pdf>
- Hernández Medina, M., Torruco Uco, J. G., Chel Guerrero, L., & Betancur Acona, D. (Julio/ Septiembre de 2008). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México*. Obtenido de SciELO Web site: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612008000300031
- Hydro Enviroment. (s.f.). *Catalogo de productos*. Obtenido de Hydroenv Web site: http://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=346
- Hydro Enviroment. (s.f.). *Charola Forestal de 32 cavidades*. Obtenido de Hydroenv Web site: https://hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=product_info&cPath=57_59&products_id=1027
- INATEC. (2016). *Manual del protagonista. Viveros y semilleros*. Buenos Aires.
- interempresas.net. (29 de Septiembre de 2008). *La importancia de los bioplásticos y la biodegradabilidad: Interempresas.net*. Obtenido de Interempresas.net Web site: <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/24610-La-importancia-de-los-bioplasticos-y-la-biodegradabilidad.html>
- La Jornada Veracruz. (26 de Noviembre de 2014). *Veracruz, tercer productor de plátano en el país; destaca Sedarpa consumo nacional*. Obtenido de La Jornada Veracruz Web site: http://www.jornadaveracruz.com.mx/Post.aspx?id=141126_084449_614
- Mantilla, I., & Pedraza, L. (6 de Febrero de 2011). *Residuos de plátano: ganancia extra para cultivadores: CVNe*. Obtenido de Centro virtual de noticias de educación : <https://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-264928.html>
- Modern navarra. (s.f.). *Bioplásticos*. Obtenido de Modern Navarra Web site: <http://www.modernanavarra.com/wp-content/uploads/Bioplasticos.pdf>
- Montoya Lopez, J., Giraldo Giraldo, G. A., & Lucas Aguirre, J. C. (Enero/ Abril de 2012). *Caracterización física de la harina de trigo y pan mediante determinación de calorimetría diferencial de barrido y análisis termogravimétrico*. Obtenido de Vitae: <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914131.pdf>
- MSC Invernaderos. (Enero de 2017). *6 Ventajas del cultivo en invernadero*. Obtenido de Grupo MSC Web site: grupomsc.com/6-ventajas-del-cultivo-invernadero

- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. (2004). *Economía mundial del banano 1985-2002*. Roma.
- Pineda Gómez, P., Coral, D., Arciniegas, M. L., Rorales Rivera, A., & Rodríguez Gracia, M. E. (2010). Papel del agua en la gelatinización del almidón del maíz: Estudio por calorimetría diferencial de barrido. *SciELO*, 129-141.
- Pro Mix. (6 de Diciembre de 2017). *Cultivos para viveros y sustratos a base de corteza de pino*. Obtenido de Pro Mix Web site: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/cultivos-para-viveros-y-sustratos-a-base-de-corteza-de-pino/>
- Rodríguez Sepúlveda, L. J. (2014). *Elaboración de un material biocompuesto a partir de la fibra de plátano*. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.
- Salgado Garciglia, R. (2012). Bioplásticos, productos biodegradables. *Saber más, Revista de divulgación científica y tecnológica de la Universidad de Michoacán*, 33-34. Obtenido de <https://sabermas.umich.mx/archivo/tecnologia/141-numero-1856/285-bioplasticos-productos-biodegradables.html>
- Tecnología del Plástico. (Enero de 2014). *Aplicaciones novedosas de bioplásticos*. Obtenido de Tecnología del Plástico Web site: <http://www.plastico.com/temas/Bioplastics-Award-2013,-aplicaciones-novedosas-de-bioplasticos+95820?pagina=2>
- Torres Becerril, M., Carmona García, R., & Aguirre Cruz, A. (Mayo/ Junio de 2007). *Obtención y caracterización estructural y funcional de almidón acetilado de malanga (Colocasia esculenta Schott)*. Obtenido de SciELO Cientific Electronic Library Online: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000400019
- UserCom. (2001). *Información TA: Interpretación de curvas TGA*. Obtenido de UserCom Web site: https://www.mt.com/mt_ext_files/Editorial/Generic/3/TA_UserCom13_0240929710242401_files/tausc13s.pdf

Anexo

1

2

3

4

5

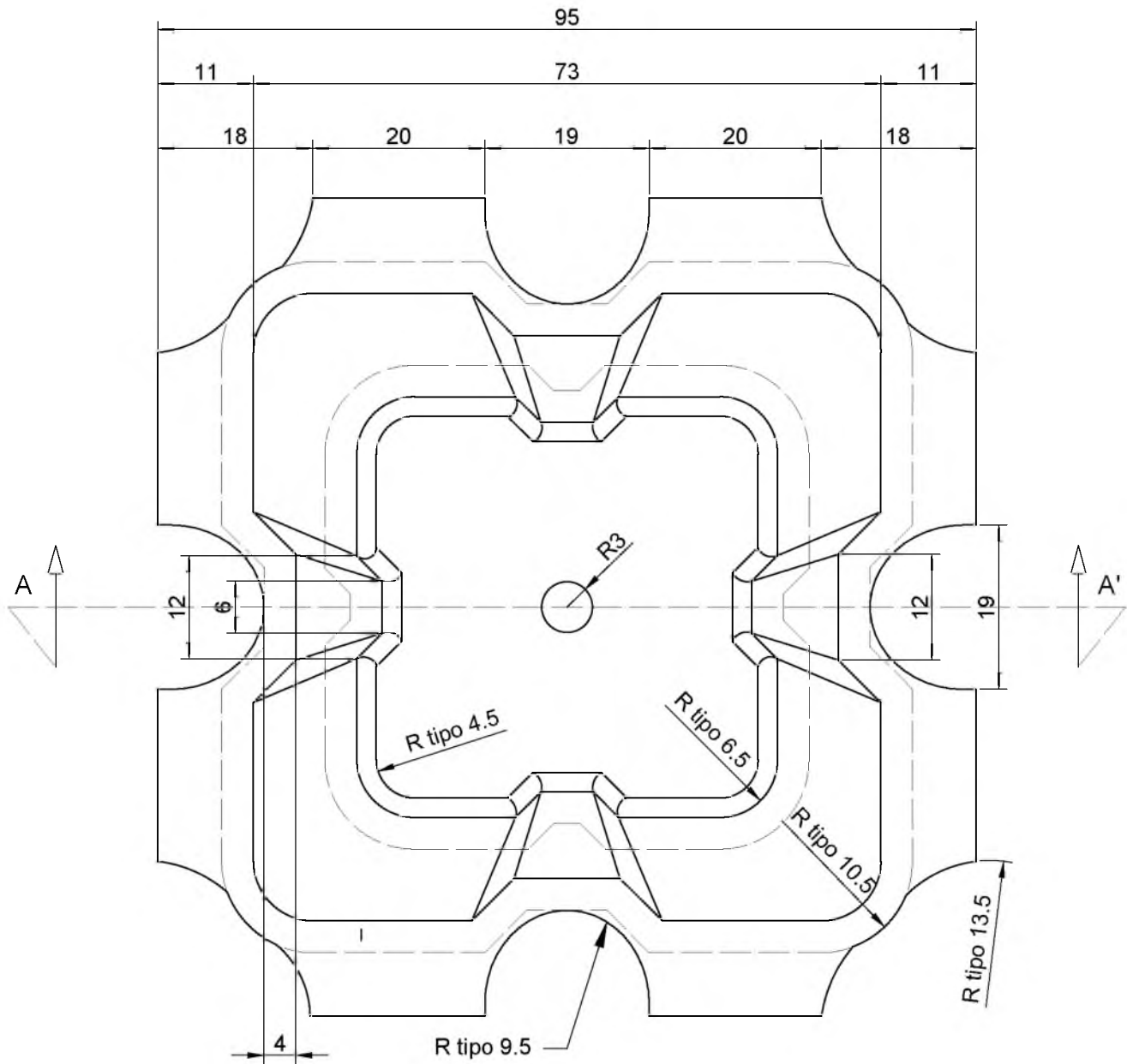
6

A

B

C

D



Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita, Oaxaca.

Fecha:
20/02/18

Esc:
1.3:1

Nombre: C. Samira Belén Mayoral Lagunes.

Plano No.
1

Vista superior de contenedor individual de charola germinadora forestal.

Cotas:
mm



1

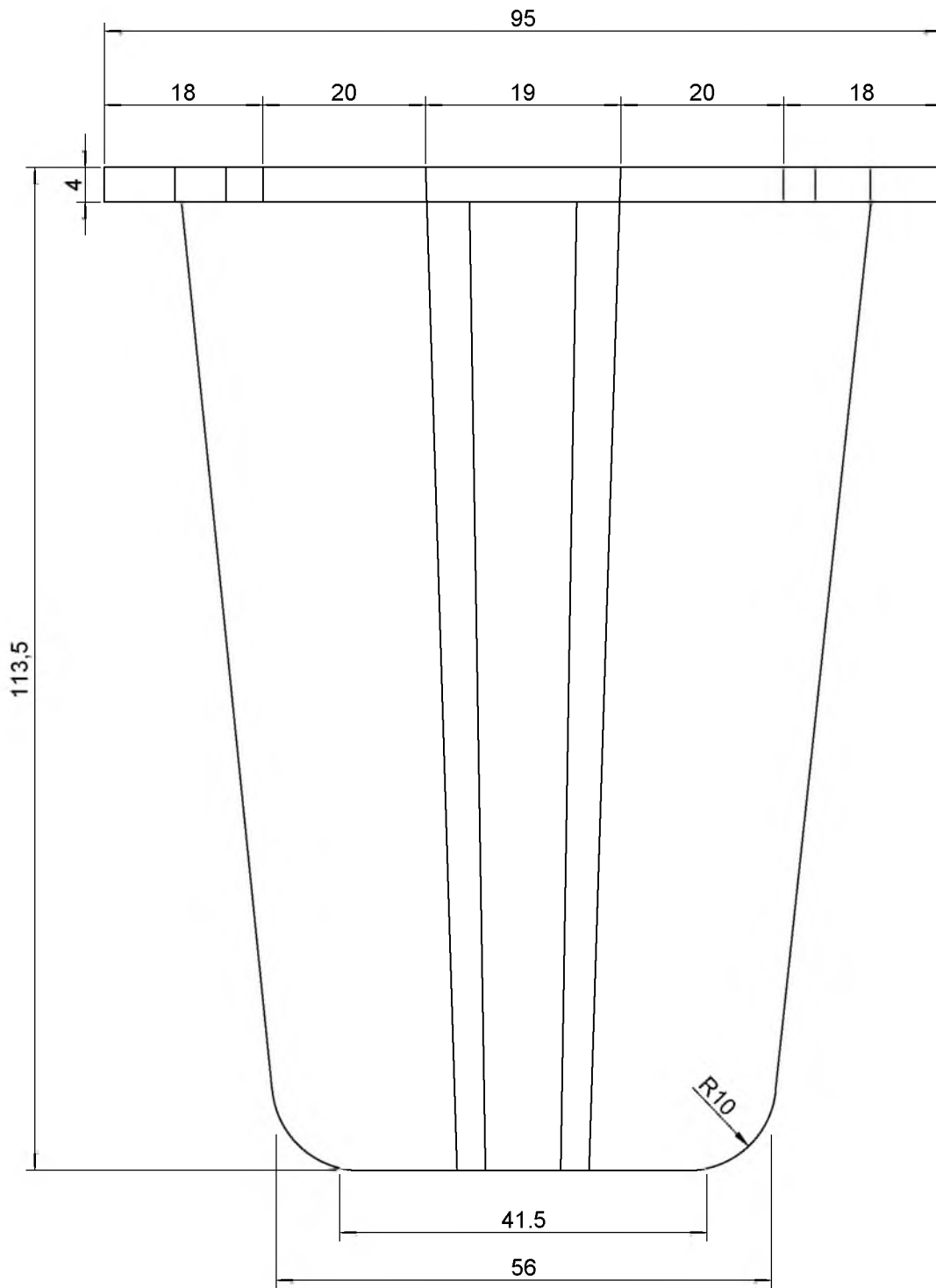
2

3

4

5

6



A

B

C

Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita, Oaxaca.

Fecha:
20/02/18

Esc:
1.3:1

Nombre: C. Samira Belén Mayoral Lagunes.

Plano No.:
2

Vista lateral de contenedor individual de charola germinadora forestal.

Cotas:
mm



D

1

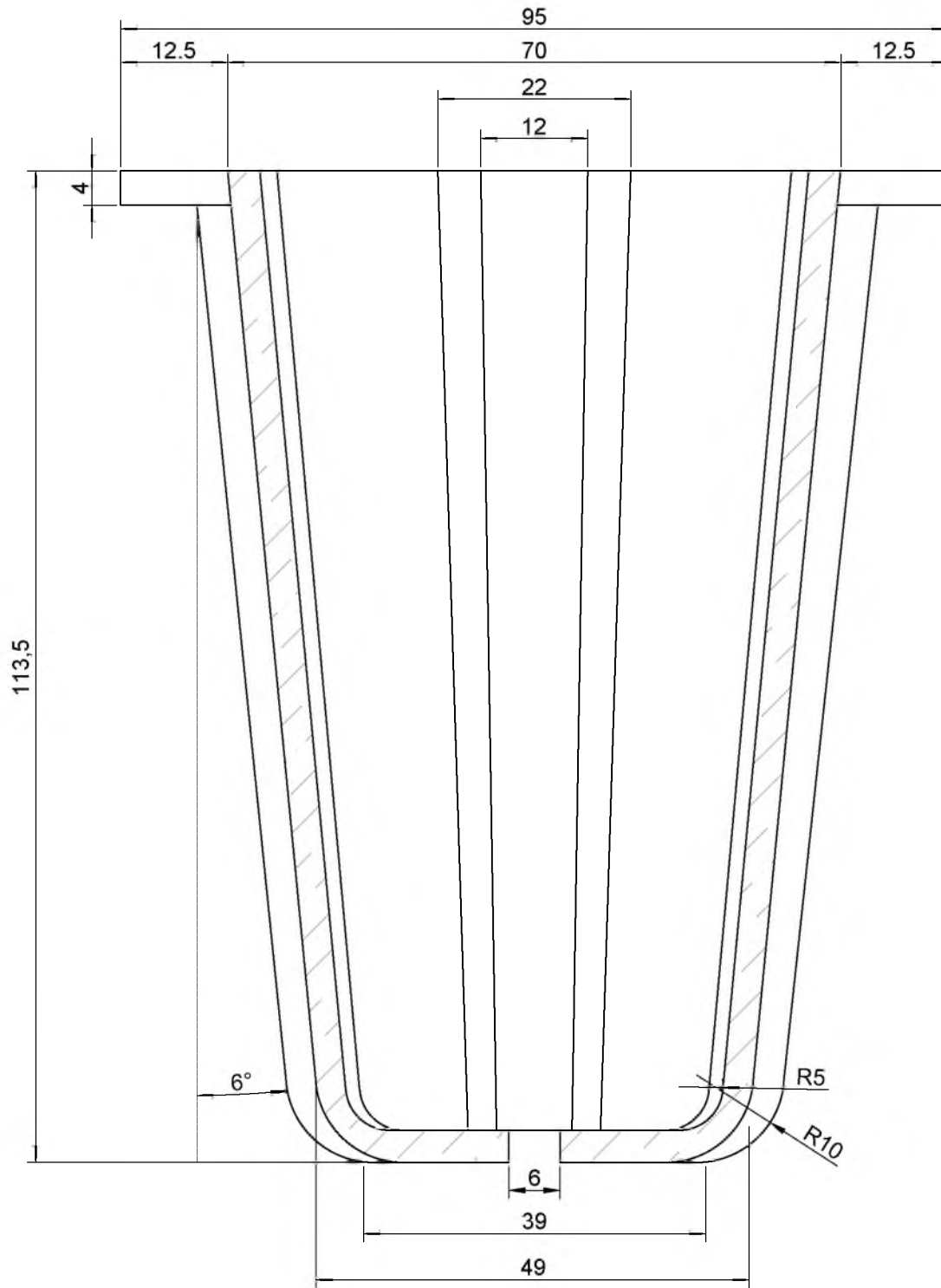
2

3

4

5

6



A

B

C

D

Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita, Oaxaca.

Fecha:
20/02/18

Esc:
1.3:1

Nombre: C. Samira Belén Mayoral Lagunes.

Plano No.:
3

Corte A- A' de contenedor individual de charola germinadora forestal.

Cotas:
mm



1

2

3

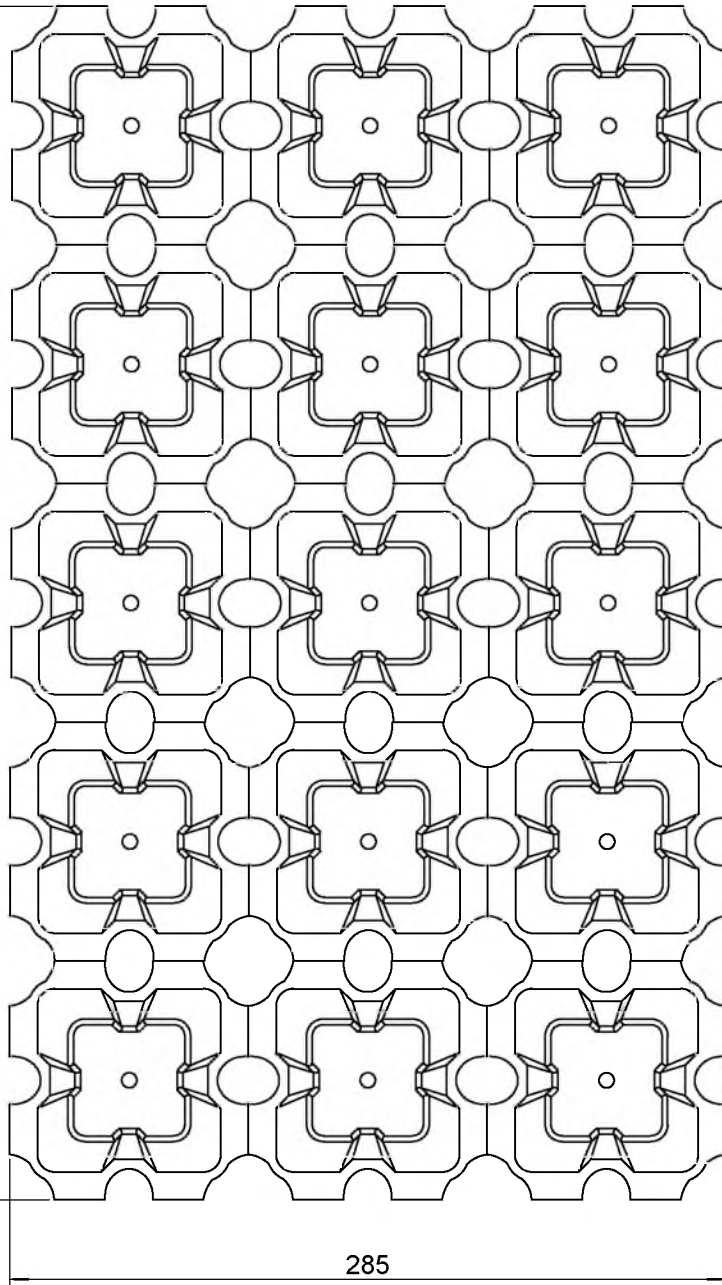
4

5

6

475

285



A

B

C

Notas:

Dimensiones detalladas de contenedor individual en planos 1, 2 y 3.

Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita, Oaxaca.

Fecha:
20/02/18

Esc:
S/E

D

Nombre: C. Samira Belén Mayoral Lagunes.

Plano No.:
4



Vista superior de charola germinadora forestal.

Cotas:
mm

1

2

3

4

5

6

A

B

C



D

Universidad del Papaloapan campus Loma Bonita, Oaxaca.

Fecha:
20/02/18

Esc:
S/E

Nombre: C. Samira Belén Mayoral Lagunes.

Plano No.:
5



Contenedor individual de germinadora forestal.

Cotas:
N/A

El Consejo Oaxaqueño de Ciencia y Tecnología (COCYT),
otorga el presente:

RECONOCIMIENTO

A: SAMIRA BELÉN MAYORAL LAGUNES

Por su destacada participación en el «5° Encuentro de Jóvenes Investigadores» los días 3 y 4 de octubre, en el Hotel Fortín Plaza; Oaxaca de Juárez, Oaxaca.



Octubre 2017.

Lic. Paulo José Luis Tapia Palacios

DIRECTOR GENERAL

2016-2022
CONSEJO OAXAQUEÑO
DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍA





UNIVERSIDAD JUÁREZ
AUTÓNOMA DE TABASCO

"ESTUDIO EN LA DUDA. ACCIÓN EN LA FE"



CONACYT

Otorgan la presente

CONSTANCIA

A: Samira Belén Mayoral Lagunes

Por participar en el **4to. Congreso Interinstitucional de Jóvenes Investigadores (CIIJ) 2017**, que se llevó a cabo del 8 al 10 de noviembre en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.


Mtro. Raúl Guzmán León
Secretario de Investigación, Posgrado y Vinculación

Consortio de
Universidades
Mexicanas
UNA ALIANZA DE CALIDAD POR LA EDUCACIÓN SUPERIOR

4 to. Congreso
Interinstitucional
de **Jóvenes**
Investigadores
2017