	GESTIÓN DE SERVICIOS ACADÉMICOS Y BIBLIOTECARIOS		CÓDIGO	FO-GS-15
			VERSIÓN	02
	HOJA DE RESUMEN		FECHA	03/04/2017
			PÁGINA	1 de 1
ELABORÓ		REVISÓ		APROBÓ
Jefe División de Biblioteca		Equipo Operativo de Calidad		Líder de Calidad

RESUMEN TRABAJO DE GRADO

AUTOR(ES):

NOMBRE(S): ANGIE TAILY

APELLIDOS: FLOREZ GUTIERREZ

NOMBRE(S): LILIAM JULIETH

APELLIDOS: GUTIERREZ LIZARAZO

FACULTAD: INGENIERIA

PLAN DE ESTUDIOS: TECNOLOGIA EN PROCESOS INDUSTRIALES

DIRECTOR:

NOMBRE(S): CESAR ORLANDO APELLIDOS: VARGAS MANTILLA

TÍTULO DEL TRABAJO (TESIS): EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA SEMILLA DEL MANGO.

RESUMEN

En este proyecto de investigación, se desarrolló un bioplástico a partir de la semilla del mango; este proceso inició desde la recolección de las semillas, luego se realizó un proceso de obtención de cotiledones para posteriormente generar el almidón, seguidamente se elaboraron dos formulaciones del bioplástico, una formulación con solo almidón que presento flexibilidad y una textura rugosa; una segunda formulación con agente de refuerzo, obteniendo un bioplástico con mayor resistencia. Se realizaron ensayos físicos, como la densidad, la primera formulación 0,925 g/ml y la segunda formulación 0,946 g/ml, siendo densidades que se encuentran en los rangos del polietileno. En el ensayo de solubilidad, la primera formulación tuvo un porcentaje de 41,74% y la segunda formulación 30,82%. En cuanto al ensayo de inflamabilidad, las dos formulaciones no presentaron un cambio de color de llama y todas las muestras se ablandaron. Acerca de la técnica de espectroscopia infrarroja, los dos espectros fueron muy similares. Seguidamente se compararon los resultados de las dos formulaciones con algunos plásticos convencionales, planteando posibles usos o aplicaciones, deduciendo que serían materiales biodegradables, sostenibles, que ayudarían a reducir la contaminación.

PALABRAS CLAVES: BIODEGRADABLE, BIOPLASTICO, ALMIDON

CARACTERÍSTICAS:

PÁGINAS: 91 TABLAS: 11 FIGURAS: 38 CD ROOM: _____

EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA SEMILLA DEL MANGO

ANGIE TAILY FLÓREZ GUTIÉRREZ

LILIAM JULIETH GUTIÉRREZ LIZARAZO

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIO DE TECNOLOGIA EN PROCESOS

INDUSTRIALES

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA SEMILLA DEL MANGO

ANGIE TAILY FLÓREZ GUTIÉRREZ

LILIAM JULIETH GUTIÉRREZ LIZARAZO

Director

CESAR ORLANDO VARGAS MANTILLA

Licenciado Maestrante

Proyecto de Grado para Optar el Título de Tecnólogo en Procesos Industriales

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER

FACULTAD DE INGENIERÍA

PLAN DE ESTUDIO DE TECNOLOGIA EN PROCESOS

INDUSTRIALES

SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2022

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE UN TRABAJO DE GRADO

FECHA: Cúcuta, 19 de octubre de 2022
HORA: 10:00 a.m.
LUGAR: UFPS – LABORATORIO EMPRESARIAL SALON LE-203
PLAN DE ESTUDIOS: TECNOLOGÍA EN PROCESOS INDUSTRIALES


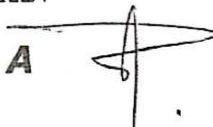
Título de la Tesis: "EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA SEMILLA DEL MANGO"

Nombre de los estudiantes	Código	Calificación	
		Letra	Número
ANGIE TAILY FLOREZ GUTIERREZ	1980966	Cuatro, dos	4.2
LILIAM JULIETH GUTIERREZ LIZARAZO	1980987	Cuatro, dos	4.2

Jurados: PEDRO ANTONIO GARZÓN AGUDELO
 CARLOS ALBERTO ARARAT BERMUDEZ
 RUTH CASTELLANOS CAIPA

Director: CESAR ORLANDO VARGAS MANTILLA

APROBADA

PEDRO A. GARZÓN AGUDELO. CARLOS ALBERTO ARARAT BERMUDEZ


 RUTH ADRIANA CASTELLANOS CAIPA

Vo.Bo. PEDRO GARZON AGUDELO
 Coordinador Comité Curricular
 Tecnología en Procesos Industriales

Contenido

	Pág.
Introducción	13
1. El Problema	15
1.1 Título	15
1.2 Planteamiento del Problema	15
1.3 Formulación del Problema	16
1.4 Justificación	16
1.4.1 A nivel de la empresa.	16
1.4.2 A nivel estudiante.	16
1.5 Objetivos	17
1.5.1 Objetivo general.	17
1.5.2 Objetivos específicos.	17
1.6 Alcances y Limitaciones	17
1.6.1 Alcances	17
1.6.2 Limitaciones.	18
2. Marco Referencial	19
2.1 Antecedentes	19
2.1.1 Antecedentes Bibliográficos Regionales.	19
2.1.2 Antecedentes Bibliográficos Nacionales.	20

2.1.3 Antecedentes Bibliográficos Internacionales	26
2.2 Marco Teórico	28
2.3 Marco Conceptual	32
2.4 Marco Contextual.	34
2.5 Marco Legal	35
2.5.1 Resolución 683 del 2012	35
3. Diseño Metodológico	37
3.1 Tipo de Investigación	37
3.2 Población y Muestra	38
3.2.1 Población	38
3.2.2 Muestra	38
3.2.3 Fuentes primarias	38
3.2.4 Fuentes secundarias	38
3.2.5 Análisis de la Información	38
4. Desarrollo del Proyecto	39
4.1 Bioplástico a Partir del Almidón de Semillas de Mango (Mangifera Indica)	39
4.1.1 Desarrollo del Bioplástico	39
4.1.1.1 Recolección de las Semillas del Mango	39
4.1.2 Proceso de Obtención de Cotiledones de Mango	40
4.1.3 Proceso de Obtención del Almidón	43

4.1.4 Obtención del Bioplástico	46
4.1.4.1 Moldes	46
4.1.4.2 Preparación de la Primera Formulación del Bioplástico	46
4.1.4.3 Preparación de la Segunda Formulación del Bioplástico	49
4.2 Ensayos de Propiedades Físicas y Técnica Espectroscópica	52
4.2.1 Ensayos de Propiedades Físicas	52
4.2.1.1 Ensayo de Densidad	52
4.2.1.1.1 Densidad de la Primera Formulación del Bioplástico	52
4.2.1.1.2 Densidad de la Segunda Formulación del Bioplástico.	54
4.2.1.2 Ensayo de Solubilidad	55
4.2.1.2.1 Solubilidad de la Primera Formulación del Bioplástico.	55
4.2.1.2.2 Solubilidad de la Segunda Formulación del Bioplástico.	58
4.2.1.3 Ensayo de Inflamabilidad	61
4.2.1.3.1 Inflamabilidad de la Primera Formulación del Bioplástico.	61
4.2.1.3.2 Inflamabilidad de la Segunda Formulación del Bioplástico.	63
4.2.2 Técnica Espectroscópica	64
4.2.2.1 Espectroscopia Infrarroja	64
4.2.2.1.1 Espectroscopia Infrarroja de las dos Formulaciones del Bioplástico.	64
4.3 Comparación del Bioplástico Obtenido con Otros Materiales Plásticos.	67
4.4 Planteamiento de Posibles Usos del Bioplástico Obtenido	69

4.4.1 Posibles usos de la Primera Formulación del Bioplástico.	68
4.4.2 Posibles usos de la Segunda Formulación del Bioplástico	69
Conclusiones	71
Recomendaciones	73
Bibliografía	74
Anexos	84

Lista de Figuras

	Pág.
Figura 1. Partes de la semilla del mango.	40
Figura 2. Lavado de las semillas del mango.	41
Figura 3. Secado de las semillas.	41
Figura 4. Obtención de los cotiledones del mango.	42
Figura 5. Selección de los cotiledones de mango.	42
Figura 6. Cotiledones de mango triturados.	43
Figura 7. Molienda de los cotiledones del mango.	43
Figura 8. Filtración de la solución obtenida.	44
Figura 9. Proceso de decantación.	44
Figura 10. Almidón húmedo.	45
Figura 11. Secado del almidón obtenido.	45
Figura 12. Almidón seco pulverizado.	45
Figura 13. Tamizado del almidón.	46
Figura 14. Proceso de agitación y homogenización.	47
Figura 15. Mezcla de la primera formulación del bioplástico.	48
Figura 16. Primera formulación del bioplástico.	48
Figura 17. Muestras de la primera formulación del bioplástico	49
Figura 18. Mezcla de la segunda formulación del bioplástico.	50
Figura 19. Segunda formulación del bioplástico.	50
Figura 20. Muestras de la segunda formulación del bioplástico.	51
Figura 21. Desarrollo del ensayo de densidad de la primera formulación del bioplástico.	52

	10
Figura 22. Densidades de la primera formulación del bioplástico.	53
Figura 23. Desarrollo del ensayo de densidad de la segunda formulación del bioplástico.	54
Figura 24. Densidades de la segunda formulación del bioplástico.	55
Figura 25. Desarrollo del ensayo solubilidad de la primera formulación del bioplástico.	56
Figura 26. Muestras de la primera formulación húmedas.	56
Figura 27. Muestras de la primera formulación al estar secas - ensayo de solubilidad.	57
Figura 28. Porcentajes de solubilidad de la primera formulación del bioplástico.	57
Figura 29. Desarrollo del ensayo solubilidad de la segunda formulación del bioplástico.	58
Figura 30. Muestras de la segunda formulación húmedas	59
Figura 31. Muestras de la segunda formulación al estar secas - ensayo de solubilidad.	59
Figura 32. Porcentajes solubilidad de la segunda formulación del bioplástico.	60
Figura 33. Mechero de bunsen.	61
Figura 34. Desarrollo del ensayo inflamabilidad de la primera formulación del bioplástico.	62
Figura 35. Desarrollo ensayo inflamabilidad de la segunda formulación del bioplástico.	63
Figura 36. Software IRsolution.	64
Figura 37 Espectroscopia infrarroja de la primera formulación del bioplástico.	65
Figura 38. Espectroscopia infrarroja segunda formulación del bioplástico.	66

Lista de Tablas

	Pág.
Tabla 1. Componentes de la primera formulación	46
Tabla 2. Componentes de la segunda formulación	49
Tabla 3. Resultados de densidad de la primera formulación del bioplástico	53
Tabla 4. Resultados de densidad de la segunda formulación del bioplástico	54
Tabla 5. Resultados porcentaje solubilidad de la primera formulación del bioplástico.	57
Tabla 6. Resultados porcentaje de solubilidad de la segunda formulación del bioplástico	59
Tabla 7. Resultados ensayo inflamabilidad de la primera formulación del bioplástico	62
Tabla 8. Resultados ensayo inflamabilidad de la segunda formulación del bioplástico	63
Tabla 9. Espectroscopia infrarroja de las dos formulaciones bioplástico obtenido	65
Tabla 10. Comparación de resultados de densidad de las dos formulaciones del bioplástico con algunos plásticos convencionales.	67
Tabla 11. Comparación de porcentajes de solubilidad de las dos formulaciones del bioplástico con algunos plásticos convencionales.	67

Lista de Anexos

	Pág.
Anexo 1. Diagrama de flujo del proceso de obtención de cotiledones de mango	85
Anexo 2. Diagrama de flujo del proceso de obtención de almidón de la semilla del mango	86
Anexo 3. <i>Moldes</i>	87
Anexo 4. Control de laboratorio para ensayo de densidad de las dos formulaciones del bioplástico obtenido	88
Anexo 5. Control de laboratorio para ensayo de solubilidad de las dos formulaciones del bioplástico obtenido	89
Anexo 6. Control de laboratorio para ensayo de inflamabilidad de las dos formulaciones del bioplástico obtenido	90

Introducción

Uno de los grandes problemas que está pasando el planeta, es la inmensa contaminación que se observa a diario por causa de los plásticos; “mil millones de objetos plástico llegaron al océano, si no lo evitamos al día de hoy el ritmo asciende a 9 millones de toneladas de plásticos arrojados al océano cada año” (Crespo, 2019, p.1), dando a conocer la gran contaminación en el ecosistema marino, sin hablar de las cantidades inimaginables depositadas en los vertederos de las diferentes ciudades.

Ante esta situación preocupante, está en contra cara el continuo desarrollo de los plásticos en las últimas décadas y se ha convertido en pieza fundamental para muchas de las aplicaciones de nuestra vida cotidiana, lo cual ha llevado a investigadores de todo el mundo a buscar nuevas alternativas que sean renovables para su producción.

Es claro que la realidad regional y nacional no es muy distinta a la situaciones que se ven a nivel mundial con respecto a la problemática de los plásticos; pero además de la industria del plástico, existen otros desarrollos industriales que generan desperdicios y emisiones de toda índole, de manera particular las empresas que utilizan como materias primas de proceso los diferentes frutos ya sea para pulpas, conservas o venta de estos frutos, de manera natural, como acompañamiento de bebidas o cualquier otro alimento.

Ahora bien, cuando se habla de la industria basada en el fruto del mango se debe tener en cuenta que los residuos originados por el procesamiento de este, en algunos casos son utilizados para la alimentación de los animales, pero la mayoría de veces son desechados; además, en las ciudades se generan cantidades de estos residuos, el cual la mayoría quedan en vertederos de basuras o en extensiones de agua, ocasionando problemas ambientales y también en la salud.

Ante esta situación, se consideró como una de las alternativas para dar solución a esta problemática, la utilización de los residuos del mango específicamente su semilla, los cuales son desechados diariamente; teniendo como objetivo de este proyecto de investigación, la elaboración de un bioplástico que se constituya como un “material sustituto de los plásticos convencionales derivados del petróleo, que presente las mismas propiedades pero que tengan un periodo de degradación más corto” (Ortiz, 2019, p.8); ahora bien, con las semillas del mango recolectadas, se les extrae su cotiledón y se realiza una etapa de calidad de los mismos, para luego generar el almidón como materia prima para la obtención del bioplástico, así pudiendo desarrollar un plástico biodegradable, permitiendo evaluar sus características a través de ensayos físicos (solubilidad, densidad, inflamabilidad) y la técnica espectroscópica (espectroscopia infrarroja), pudiendo plantear posibles aplicaciones que tenga la finalidad de contribuir en la reducción de la contaminación, ayudando al medio ambiente y a la perspectiva del desarrollo sostenible.

1. El Problema

1.1 Título

Evaluación de bioplástico a partir de la semilla del mango.

1.2 Planteamiento del Problema

El procesamiento de las grandes cantidades de plástico actualmente cada vez es mayor, según BC Noticias (2019) el Procurador General de la Nación, Fernando Carrillo señala que “cada colombiano usa dos kilos de plástico al mes, 24 kilos al año, lo que equivale a un millón de toneladas de año de plásticos del que solo se recicla un 7%, mientras el 93% restante termina acumulado en los rellenos sanitarios o se arroja a las montañas, los valles, y los ríos”; el cual estas cifras pueden incrementar, ya que los plásticos cada vez son más utilizados en la vida cotidiana. Por tanto, si no se hace nada para revertir esta situación, como reutilizar el plástico o encontrar otras alternativas que puedan ayudar a esta situación, como una de ellas que son los bioplásticos, el cual ayudarían a disminuir la contaminación; ya que, si no hacemos nada, se podría decir que habrá más plásticos que peces en los océanos.

Por otro lado, teniendo en cuenta los desarrollos comerciales enfocados en las ventas de jugos y demás derivados de la fruta del mango en diferentes puntos de la ciudad y según lo expuesto por (Ospina, Hernández, y Lozano, 2012,p.28) que “La obtención de residuos que se genera a menudo de los mangos es cada vez mayor y con el consumo de esta fruta se obtienen toneladas de estos residuos, como semillas, endocarpios y cáscaras, el cual están representadas entre el 15% y el 36% del total de la fruta, dependiendo de la variedad” y siendo consecuentes con la realidad se podría asegurar que gran parte de estos residuos terminan en rellenos sanitarios.

No obstante, es evidente que las empresas o emprendimientos que usan el mango como materia prima, utilizan es la pulpa para sus productos, demostrando que no utilizan la totalidad de la fruta; ahora bien, con la elaboración del bioplástico obtenido del almidón de la semilla del mango, este logro ser un prototipo similar a los plásticos convencionales, así pudiendo contribuir a la ayuda del medio ambiente con la gran contaminación que se genera a diario.

1.3 Formulación del Problema

¿Qué criterios se deben tener en cuenta para llevar a cabo la evaluación de las características físicas de un bioplástico obtenido a partir de la semilla del mango?

1.4 Justificación

1.4.1 A nivel de la empresa.

Según Rivera (2020, p.1) “en la actualidad los plásticos son derivados de materiales orgánicos, naturales, como la celulosa, el carbón, el gas natural, la sal y por supuesto el petróleo”, estos han generado problemas ambientales que se han convertido en complejos escenarios de los cuales se despliega un sinnúmero de reflexiones en torno a las circunstancias que enfrenta la sociedad moderna.

Es importante recalcar con el desarrollo de este proyecto, el estudiante contribuyo a la disminución de la contaminación ambiental generada por la diversidad de plásticos.

1.4.2 A nivel estudiante.

El estudiante aprovecho los residuos del proceso productivo elaborado a partir del mango, específicamente su semilla, el cual señalan (Ruiloba, Quintero y Correa , 2018, p.2) “existen ligeras diferencias en las propiedades de los almidones de las distintas variedades de mango, pero la calidad de los almidones es buena, con buen potencial para el desarrollo de aplicaciones industriales; recientemente, se han realizado nuevos estudios que realzan el potencial de la

semilla de mango para el desarrollo de procesos industriales”. Ahora bien, el almidón de la semilla de mango fue utilizado para la elaboración de un bioplástico, el cual es una buena elección para mejorar el impacto ambiental que generan los plásticos comunes, así permitiendo disminuir la problemática de la contaminación por la acumulación de desechos plásticos que se ha venido generando en los últimos años; así pues, estos procesos hacen parte de la formación profesional de un Tecnólogo en procesos industriales, que le aporte experiencia práctica en este tipo de desempeño.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general.

Evaluar el bioplástico obtenido a partir de la semilla del mango.

1.5.2 Objetivos específicos.

Obtener un bioplástico a partir del almidón de semillas de mango (*Mangifera Indica*).

Evaluar las propiedades físicas (solubilidad, densidad, inflamabilidad) y la técnica espectroscópica (espectroscopia infrarroja).

Comparar el bioplástico obtenido con otros materiales plásticos comunes.

Plantear los posibles usos que puede tener el bioplástico obtenido.

1.6 Alcances y Limitaciones

1.6.1 Alcances

En primer lugar, se recolectaron semillas de mango para la elaboración del almidón, seguidamente se desarrolló el bioplástico y se evaluaron a nivel de laboratorio las propiedades físicas (solubilidad, densidad, inflamabilidad) y la técnica espectroscópica (espectroscopia infrarroja), luego se comparó el bioplástico obtenido con otros materiales plásticos comunes de la industria y por último, se plantearon sus posibles usos o aplicaciones.

1.6.2 Limitaciones.

Una de las principales limitaciones que se presentó para llevar a cabo el desarrollo del prototipo en escenarios adecuados y los análisis de las muestras en los laboratorios de la UFPS, fue la emergencia sanitaria que está pasando el país debido a la propagación del virus COVID19; el cual se realizó este proyecto con sus debidos análisis, asumiendo con las medidas sanitarias de bioseguridad que fueron necesarias para el cuidado de la salud.

2. Marco Referencial

2.1 Antecedentes

2.1.1 Antecedentes Bibliográficos Regionales.

Naranjo, M., Rojas, S., Mora, J., Cardona, F. y Pabón, C. (2016). Efecto del secado de charolas y natural en la extracción de aceite a partir de la semilla de mango manzano (*Mangifera indica* L.). Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Norte de Santander.

Se evaluó el efecto del secado por charolas y el secado al sol, comparando el rendimiento de extracción del aceite vegetal obtenido de la semilla del mango. Para el estudio se empleó mango variedad manzano o mariquita. La almendra obtenida fue triturada y secada por dos métodos. La muestra 1, se secó en un secador de charolas a pequeña escala modelo ps-se-001/ pe, serie gen-0412-237, durante cuatro horas a 50 °C; y para la muestra 2, el secado fue natural, por exposición directa al sol durante un periodo de cinco días a temperatura ambiente (34±2 °C). Después del proceso de secado, las muestras fueron sometidas a extracción sólido-líquido usando hexano como disolvente. Al extracto obtenido (aceite-disolvente), le fue retirado el solvente mediante una rota evaporadora. La cantidad de aceite final fue medida en cada una de las muestras y se determinó el índice de refracción, acidez, yodo, pH y grados Brix por duplicado. Los datos obtenidos fueron evaluados por la prueba de comparación de medias por anova de un factor, con un nivel de confianza del 95%. Los resultados arrojaron que en el secado por charolas y el secado natural, el rendimiento fue de 10,6±0,438% y 8,8±0,566%, respectivamente, y no presentaron diferencia significativa ($p>0,05$). La obtención de aceite de semilla de mango se puede realizar por los dos métodos de secado, ya que no influye en el rendimiento de extracción.

Aporte al Proyecto: Este documento apporto conocimientos acerca de las alternativas y métodos que se pueden realizar para el aprovechamiento de la semilla del mango, el cual según el estudio realizado, evaluaron dos métodos de secado uno por charolas y otro natural, así obteniendo un resultado muy bueno que fue la obtención de aceite de semilla de mango con un nivel de confianza del 95% , arrojando buenos resultados por cualquiera de los dos métodos, ya que los dos tienen un buen rendimiento de extracción, dando a entender los grandes beneficios que esta semilla puede tener en diferentes ámbitos.

2.1.2 Antecedentes Bibliográficos Nacionales.

Ortiz, A. (2019). Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (*Mangifera Indica*) con aplicación potencial en envases. Universidad El Bosque, Bogotá.

El objetivo principal del presente estudio fue proponer la evaluación de un bioplástico hecho a partir del almidón residual de las semillas de mango (*Mangifera Indica*), para esto, se llevó a cabo una visita técnica a la empresa Terracota pulpas y frutas, en la cual se hizo un diagnóstico, para determinar la cantidad total de residuo que se genera, este valor obtuvo un valor de 20,9%, lo que coincide con la teoría, en la que se propone un rango de 15% a 36%, paralelamente a esto, se recolectó aproximadamente 1 kg de semillas. Posteriormente se procedió a extraer el almidón de dichas semillas, y se obtuvo un porcentaje promedio de extracción del 28,1%. Una vez obtenido el almidón, se realizó el proceso de obtención de bioplástico, para la cual se elaboraron cuatro formulaciones diferentes, en donde el parámetro que variaba era el contenido de fibra de celulosa con concentraciones de 4%, 4,5% y 5%. Se llevaron a cabo seis pruebas físicas y químicas, para caracterizar las formulaciones obtenidas. El porcentaje de rendimiento de obtención de los bioplásticos fue de 21,40% para el bioplástico de almidón, y 21,82% en el caso de los bioplásticos almidón y celulosa, la caracterización, de los espectros infrarrojos corroboró

la presencia de los grupos funcionales presentes en las muestras de celulosa, glicerol, y almidón. El contenido de amilosa y amilopectina fue del 14,09% y del 85,91%. Los valores promedio del espesor y de la densidad, estuvieron en un rango de 0,04mm y 0,16 mm y 1,09 g/ml y 1,00 g/ml, respectivamente. El porcentaje de absorción de agua alcanzó un valor promedio del 71,9% para el bioplástico de almidón, y valores de 53,9 %, 71,5 % y 39,8 % para las otras formulaciones. En cuanto a las solubilidades obtenidas, los porcentajes fueron de 64,9%, 63,5%, 63,0% y 56,9%. La evaluación de los procesos involucrados en el proceso de obtención del bioplástico se llevó a cabo, mediante la metodología Green Star, en la cual se determinó que el nivel de cumplimiento de diez principios de la química verde para el proceso de extracción del almidón fue del 87%, mientras que para el de obtención del bioplástico fue de 88%.

Aporte al Proyecto: Este documento aporta conocimiento con respecto a las estrategias de aprovechamiento de la semilla del mango, como a su vez la determinación y el análisis de las propiedades físicas y químicas que se le pueden realizar al bioplástico obtenido.

Rodríguez, Y. y Báez, P. (2018). Aprovechamiento integral de la semilla de *Mangifera indica* L. de cuatro variedades cultivadas en el Departamento del Tolima.

Durante la etapa de pos cosecha del cultivo de mango, se generan diferentes residuos que no se aprovechan, entre ellos la semilla. Una de las alternativas para darle valor agregado, es la identificación de compuestos que puedan ser usados en diferentes áreas tales como la alimentaria y farmacéutica. Por lo tanto, esta investigación determinó las propiedades fisicoquímicas, contenido de ácidos grasos, de compuestos fenólicos, flavonoides, actividad antimicrobiana y antioxidante de los extractos hexánicos y etanólicos provenientes de la almendra de la semilla de cuatro variedades de mango (Mariquiteño, Manzano, Común y Yulima). Se estableció la importancia de la biomasa residual como sustrato para el crecimiento de las cepas de los hongos

comestibles *Lentinus crinitus* y *Pleurotus tubarius*. Los resultados indicaron que las variedades estudiadas presentaron en su perfil de ácidos de grasos una mayor proporción de ácido oleico; contenido de fenoles de 103 a 125 mg EAG/g de peso seco (EQG: equivalentes de Acido gálico) destacándose por primera vez la presencia de procianidina B1, así como un contenido de flavonoides entre 0.72 a 0.8 mg EQ/g de peso seco (EQ: equivalentes de quercetina). La actividad antioxidante de los extractos frente a los radicales ABTS y DPPH, mostraron valores de CI50 entre 3.09 y 3.42 $\mu\text{g/ml}$ para el ABTS y 12.17 a 13.93 $\mu\text{g/ml}$ para el DPPH. Los datos obtenidos muestran el potencial que tienen la almendra de las cuatro variedades, compuestos con bioactividades importantes, plantean una alternativa para su aprovechamiento en varios sectores de la industria y el uso integral de este residuo agrícola.

Aporte al Proyecto: Este documento proporciono conocimiento acerca de las propiedades fisicoquímicas, contenido de ácidos grasos, de compuestos fenólicos, flavonoides, actividad antimicrobiana y antioxidante de los extractos hexánicos y etanólicos provenientes de la almendra de la semilla de cuatro variedades de mango (Mariquiteño, Manzano, Común y Yulima); los resultados de esta investigación, dan a entender el potencial que tiene la almendra de las cuatro variedades de mango y que pueden ser aprovechadas en la industria farmacéutica y de alimentos, dándole importancia y uso a este tipo de residuos.

Gómez, G. y Guzmán, O. (2019). Alternativas de valorización para el residuo de mango (*Mangifera Indica* L.) mediante el uso de biotecnología tradicional en el Departamento del Atlántico. Universidad Libre seccional Barranquilla.

Este proyecto trató de sustentar conceptual y metodológicamente, a través de la presentación de tres capítulos, la importancia del aprovechamiento de los desechos de mango mediante biotecnología tradicional para la obtención de un suplemento dirigido a alimentación bovina.

Para esto se hizo uso de tres metodologías diferentes que dieran respuesta a cada uno de los objetivos. Las unidades de análisis consideradas fueron las siguientes: i) el estado del arte de la futura innovación, a través de una revisión documental en bases de datos científicas, ii) las características de la nueva innovación, donde se caracterizaron los componentes de una pasta que incluyó cáscara, pulpa y semilla de mango y iii) potencial de uso de la innovación formulada, empleando una encuesta a los productores de la zona de estudio (Tubará, Piojó, Usiacurí y Juan de Acosta). Se encontró internacionalmente que los desechos del mango son empleados principalmente en alimentación animal, compuestos bioactivos, industria de alimentos y biocombustibles. Por su parte, en Colombia, las investigaciones se centraron en encontrar soluciones alternativas en cuanto a la nutrición animal, aprovechamiento energético, biocombustibles, productos farmacéuticos y cosméticos. A nivel nutricional, la pasta de mango tuvo valores muy superiores a la melaza de caña (7,19 de proteína, 11,85 de fibra cruda y 3,11 de extracto etéreo). De otra parte, al analizar los resultados de la encuesta se determinó que la variedad de mango predominante era la denominada hilacha, además se verificó que ningún productor hacía control de plagas o enfermedades en sus predios y tampoco aprovechaban los residuos de mango de sus fincas para la alimentación a través de la transformación del residuo. En conclusión, hoy en día existen variedades de posibilidades para desarrollar aplicaciones tecnológicas, como, por ejemplo, el ensilado de los residuos de mango, con ello se fortalecería la competitividad de este sector y su inserción en el mercado internacional. La cadena agroalimentaria del mango es muy importante a nivel regional y pensar en su desarrollo, en el que la biotecnología es una de las tecnologías recurrentes permitiría encarar un proceso de desarrollo de este territorio, tanto social como económico.

Aporte al Proyecto: Este documento proporciono conocimiento sobre la importancia de aprovechar los desechos producidos por los mangos, como las opciones para hacer un uso de este desperdicio y generar valor agregado, alternativas tanto técnicas tradicionales, como biotecnológicas, dando a entender que se puede transformar estos residuos ayudando hacia el desarrollo del territorio.

2.1.3 Antecedentes Bibliográficos Internacionales

Medina, A., Paredes, A., Rodríguez, M., Moreno, M., Camacho, D., García, D. y Ojeda, C. (2010). Evaluación de dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango. Universidad Centro occidental Lisandro Alvarado Venezuela.

El mango (*Mangifera indica* L.) es un fruto muy difundido en Venezuela que puede ser considerado como una fuente alternativa no convencional para la producción de almidón. El objetivo de esta investigación fue evaluar dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones del mango tipo Hilacha. Los cotiledones fueron molidos hasta harina, la cual fue sometida a dos tratamientos independientes de inmersión: (I) agua destilada, y (II) solución acuosa de NaOH 0,25 N. A los productos obtenidos se les determinó la composición química proximal (humedad, almidón, azúcares totales, grasa, cenizas, taninos y fibra cruda), las propiedades funcionales (índice de absorción de agua IAA e índice de solubilidad IS), color Hunter y perfil viscoamilográfico. La composición proximal de los productos presentó diferencias significativas ($P \leq 0,05$), a excepción del contenido de azúcares totales, amilosa y amilopectina ($P > 0,05$). El tratamiento con agua fue más eficiente en la extracción de los almidones, pero éstos tuvieron menor pureza. El perfil viscoamilográfico registró 78,5 °C como temperatura de gelatinización en ambos tratamientos. La baja resistencia reflejada en los valores amilosa sugieren que los almidones presentaron bajo poder de gelatinización.

Aporte al Proyecto Este documento apporto conocimiento acerca de dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango, que se realizaron por dos tratamientos independientes de inmersión, que fueron el agua destilada y la solución acuosa de NaOH; dando a comprender que el tratamiento con agua fue más eficiente en la extracción de los almidones pero que tuvo menor pureza y resaltando que los importantes valores de proteína cruda de los almidones limitan la utilización de estos productos en la industria de jarabes, por lo que no se recomienda su uso en esas áreas.

Ruiloba, I., Meilyn, L., Quintero, R. y Correa, J. (2018). Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango. Universidad Tecnológica de Panamá.

El uso desmedido del plástico y su negativo impacto ambiental ha causado una creciente demanda de alternativas sostenibles, impulsando la investigación y desarrollo de nuevos materiales amigables con el medio ambiente. En este estudio, se aisló el almidón presente en las semillas de mango verde, el cual presenta características comparables a la de otras fuentes de almidón; posteriormente, fue utilizado en la elaboración de plástico biodegradable adicionando glicerina como agente plastificante.

Aporte al Proyecto: Este documento proporciono conocimiento con respecto al análisis que realizaron en la semilla del mango, pudiendo deducir que se puede generar almidón cuyas características son comparables a aquellas de almidones de uso común, el cual puede ser utilizado para la elaboración de materiales amigables con el medio ambiente y biomateriales.

Gutierrez, C., Rivera, Y., Gómez, R., Bastidas, V. y Izaguirre, C. (2015). Extracción y caracterización de grasa y almidón de la almendra de mango variedad de Alphonso (*Mangifera indica* L.). Universidad de los Andes. Mérida, Venezuela.

El mango es una de las frutas de mayor abundancia en Venezuela y es producida durante un periodo estacional del año. La mayor parte de la producción se comercializa como fruta fresca y una pequeña parte es procesada en la obtención de alimentos industrializados. Entre un 40 a 60 % de la fruta es descartada como desecho. El objetivo del presente trabajo fue la utilización y el aprovechamiento de los desechos orgánicos proveniente del mango variedad Alphonso, mediante la extracción y caracterización de la grasa y el almidón de la almendra. Normas Covenin y métodos de análisis AOAC inherentes a la identidad y calidad de aceites y grasas fueron aplicadas para la caracterización de la grasa, mientras que al almidón extraído se le determinaron propiedades tales como: solubilidad, poder de hinchamiento, contenido de amilosa, morfología del almidón y propiedades reológicas, mediante procedimientos expuestos en trabajos de investigación previos. Los resultados obtenidos mostraron un rendimiento de extracción de grasa de 7,57 %, con un valor de índice de saponificación de 209,1 g KOH/kg, un índice de yodo de 40,6 %, una temperatura de fusión de 38,3 °C y de solidificación de 20,6 °C. El rendimiento de extracción del almidón fue de 14,6 % y mostró un contenido significativo de amilosa (32 %) con una temperatura de gelatinización de 65 °C. La grasa obtenida cumplió con características adecuadas para aplicaciones de consumo alimenticio. La temperatura de gelatinización favorece la formación de geles con bajos requerimientos energéticos y con múltiples usos en la industria de los alimentos.

Aporte al Proyecto: Este documento aporta conocimiento acerca del aprovechamiento de los desechos orgánicos proveniente del mango, mediante la extracción y caracterización de la grasa y el almidón de la almendra, dando a conocer que el almidón obtenido luego de ser analizado por reología, favorece la formación de geles y a su vez, con posibles aplicaciones en la industria de alimentos.

Reyes Arteaga, K. (2020). Elaboración de bioplástico a partir de almidón durante el período 2011- 2019. Universidad Cesar Vallejo. Perú.

La presente investigación es desarrollada mediante un análisis documental y tiene como objetivo elaborar bioplástico a partir de almidón durante el período 2011- 2019 aprovechando los residuos orgánicos, con el fin de reducir la contaminación ambiental. Para el desarrollo de la investigación, se analizó la materia prima, los equipos y las metodologías empleadas. La elaboración de bioplástico se desarrolla a partir de tubérculos y de residuos como las cáscaras o semillas de verduras e incluso frutas; los equipos manuales se utilizan en el laboratorio y los industriales se emplean en fábricas, y las metodologías generalmente se dividen en dos procesos: la extracción del almidón y elaboración del bioplástico variando según el tipo de materia prima a emplear. La población de estudio abarcó todos los trabajos de investigación según el tema, siendo la muestra catorce estudios. Actualmente los plásticos fabricados con polietileno generan miles de toneladas de residuos, provocando daños al ambiente. Ante este problema, hay países, incluido el Perú que intentan minimizar la cantidad de plásticos, reemplazando los por bioplástico, los cuales son capaces de descomponerse en un tiempo menor y de forma natural, así mismo se presenta la factibilidad económica de la elaboración de bioplástico a partir de almidón a nivel industrial.

Aporte al Proyecto: Este documento proporciono conocimiento y da a entender la importancia acerca de los almidones que se pueden obtener con diferente materia prima y el buen plástico que se puede lograr a través de estos procesos; asimismo, la disminución de la contaminación que se puede alcanzar aprovechando los residuos orgánicos.

2.2 Marco Teórico

Mango.

Suele ser un árbol leñoso, que alcanza un gran tamaño y altura (puede superar los 30 m de altura, sobre todo, si tiene que competir por los rayos solares con árboles más grandes). El mango es una fruta de la Zona Intertropical de pulpa carnosas y dulce. Destaca entre sus principales características su buen sabor. Es una fruta normalmente de color verde en un principio, y amarillo, naranja e incluso rojo-granate cuando está madura, de sabor medianamente ácido cuando no ha madurado completamente. De origen asiático India y Birmania, comprende numerosas variedades, muchas de ellas obtenidas por injerto (Gutierrez, 2014, p.1).

Desechos del Procesamiento del Mango.

En el país los desechos o subproductos agrícolas (cáscaras, huesos, bagazo, frutas y vegetales dañados o con problemas de madurez y calidad) representan un problema ambiental ya que no se cuenta con políticas adecuadas para su manejo y la mayoría de las veces son arrojadas a los basureros. Dichos subproductos son generados en grandes volúmenes y sólo una mínima parte es reutilizada en la producción de alimento animal de bajo valor agregado (Martínez, Herrera, García y Paredes, 2012, p.4).

Clases de Mango.

Según FEDEMANGO (2019), actualmente en Colombia se encuentra algunos tipos de mango. Los más conocidos son los siguientes:

Mango Yulima: Poca fibra, color rojizo y tiene un aroma exquisito, peso entre 400 a 700 gramos, sabor agridulce, su mayor producción se da en la zona del Tolima, florece con facilidad hasta dos veces al año, tiene entre 15 y 16 grados brix, un árbol en edad adulta puede producir hasta 300 kilos.

Mango Keitt: Es un mango tardío de más o menos 140 días de periodo vegetativo de excelente comportamiento en post cosecha de larga duración produce una vez por año más de 400 kilos por árbol. Produce mangos grandes de más de 800 gramos su aspecto es de colores suaves rosados amarillos y verdes se conoce que el mango está óptimo para consumir cuando su pulpa es suave al tacto.

Mango de Azúcar: El mango de azúcar presenta una alta demanda como fruta fresca en el exterior por su tamaño pequeño, escasa fibra, buen aroma y sabor. En Colombia se produce principalmente en la Costa Atlántica, tiene dos cosechas al año, la principal se produce de mayo hasta aproximadamente hasta agosto y la segunda cosecha desde diciembre hasta enero.

Mango Tommy: Tiene un peso promedio de aproximadamente 450 a 600 gramos, la pulpa es naranja de textura fina, dulce y jugosa. Este mango es más resistente a la manipulación y transporte, mayor resistencia a la degradación. Se destaca por poseer una pulpa bastante firme debido a su alta presencia de fibras.

Mango Común: Su pulpa es fibrosa, siendo la variedad llamada mango de hilacha la que mayor cantidad de fibra contiene. Es una fruta normalmente de color amarillo, de sabor medianamente ácido cuando no ha madurado completamente.

Mango Manzano: Es una de las principales variedades obtenidas en Colombia, con atractivo color externo y llamativo aroma, la convierten en una de las variedades de mayor comercialización. Los frutos son de porte medio, logrando en promedio 300 g. con alto contenido de sólidos solubles, superando fácilmente el 12,3%.

Propiedades Nutricionales y Funcionales del Mango.

Desde el punto de vista del valor nutritivo, el mango es una fuente importante de fibra y vitaminas. La pulpa del mango presenta una concentración significativa de compuestos

bioactivos tales vitamina A (esencial para el mantenimiento de los tejidos epiteliales piel y mucosas), así como de compuestos con una gran actividad antioxidante entre ellos la vitamina C, vitamina E, polifenoles, carotenos, entre otros (Martínez, Herrera, García y Paredes, 2012, p.2).

Plásticos.

Los plásticos son aquellos materiales que, compuestos por resinas, proteínas y otras sustancias, son fáciles de moldear y pueden modificar su forma de manera permanente a partir de una cierta compresión y temperatura. Por lo general, los plásticos son polímeros que se moldean a partir de la presión y el calor (Pérez y Gardey, 2015, p.1).

Fabricación del plástico.

Según Sánchez (2020, p.2), en función de la naturaleza de los materiales de origen, existen distintas maneras de fabricación. La más usual es la fabricación de plásticos de procedencia petroquímica, en la que se utiliza el petróleo. Este proceso comienza en una refinería, donde se destila el petróleo crudo, separando sus componentes. Cuando se quiere formar un plástico hay que conseguir enlazar monómeros para formar un polímero. Partiendo del componente nafta obtenido del petróleo, se puede hacer mediante dos procesos: la polimerización y la policondensación.

En el proceso químico de polimerización: Los reactivos monómeros, es decir, los que tienen bajo peso, se agrupan entre sí. Así forman una molécula de mayor peso llamada polímero.

En el proceso de policondensación: En este intervienen distintas sustancias para obtener uno o más monómeros que se unen mediante reacción formando polímeros (Sánchez, 2020, p.2).

Problemática Ambiental.

Los plásticos son materiales versátiles, dado que presentan varias posibilidades de uso. Sin embargo, representan un problema ambiental global creciente. Los impactos ambientales

generados por los plásticos son acumulativos y de largo plazo. El uso de los plásticos genera acumulación por residuos, los cuales resultan difíciles de manejar. La problemática ambiental de los plásticos se basa en cuatro aspectos fundamentales: la materia prima es no renovable, el petróleo; algunos de los productos químicos utilizados en la síntesis de los plásticos son tóxicos; la degradación es lenta y la producción de plásticos y acumulación de residuos es creciente, la cual incrementa año tras año (Villalta, 2018, p.27).

Plásticos Biodegradables.

Los plásticos biodegradables son fabricados con materia prima orgánica, algunos de ellos con: maíz, papa, trigo, entre otros; los cuales hacen que su proceso de biodegradación sea mediante los microorganismos, recalcando que su periodo de degradación es mucho más corto al de los plásticos convencionales y deduciendo que se aprovechan como abono orgánico para el suelo, como a su vez, como fuente de carbono donde los microorganismos como tal consumen el material plástico biodegradable.

Según la página web RAJA (2019) Los plásticos biodegradables se clasifican en:

Por su Origen: Plásticos biodegradables de origen fósil y plásticos biodegradables de origen biológico o bioplásticos.

Por su Compostabilidad: Plásticos biodegradables no compostables y plásticos biocompostables.

Bioplásticos.

En la actualidad se ha generado una mayor utilización de las materias orgánicas para generar bioplásticos, estos según Ballesteros (2014, p.14) “se presentan como una oportunidad en el conjunto de estrategias ambientales demandadas por la sociedad para mitigar el problema de la contaminación ambiental y sin lugar a dudas son una alternativa mucho más ecológica y

limpia con el medio ambiente que los plásticos tradicionales”. Los bioplásticos son plásticos derivados de productos vegetales, como a su vez, de almidones como el de la papa, yuca, maíz, mango y el que se encuentra en algunas semillas, su principal característica es ser biodegradables.

Según la página web RAJA (2019), algunos bioplásticos que se pueden encontrar son:

Bioplásticos Basados en Almidón. Frágiles, su gran ventaja es que se degradarán con mayor celeridad. Pero hay que tener en cuenta que son hidrosolubles.

Bioplásticos Basados en Celulosa. Rígidos y de una resistencia apreciable, por lo general son utilizados en productos como etiquetas y tapones.

2.3 Marco Conceptual

En el desarrollo del proyecto se consideró importante definir algunos conceptos de palabras para permitirle aclarar su significado a los lectores.

Almidón. El almidón es un componente con un amplio campo de aplicaciones que van desde la impartición de textura y consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables. Estructuralmente, el almidón consiste en dos polisacáridos químicamente distinguibles: Amilosa y la amilopectina (Rosales, 2016. p.14).

Biodegradable. Se dice que un material, objeto o producto es biodegradable cuando puede descomponerse en los elementos químicos que lo conforman, debido a la acción de agentes biológicos y condiciones ambientales de distinto tipo. Es decir, cuando se habla de biodegradabilidad nos referimos a la capacidad de descomposición de algo (Envaselia, 2020, Interempresas.net).

Bioplástico. Se denomina bioplástico a un tipo de plásticos derivados de productos vegetales, tales como el aceite de soja, el maíz o la fécula de patata, a diferencia de los plásticos convencionales, derivados del petróleo (González y Téllez, 2017, p.61).

Degradación Ambiental. Se define como cualquier cambio o alteración del medio ambiente que se percibe como perjudicial o indeseable. Asimismo, puede definirse como el conjunto de procesos que deterioran o impiden la utilización de un determinado recurso, por parte de la humanidad. El deterioro ambiental está directamente relacionado con la forma en que un país desarrolla sus actividades económicas y con los procedimientos que emplea para explotar sus recursos naturales (Zurrita, Badii, Guillen y Garnica, 2015, p.1).

Plásticos. Material constituido por compuestos orgánicos, sintéticos o semisintéticos que poseen propiedades como la maleabilidad y, por ende, consiguen ser moldeados en objetos sólidos de distintas formas (Ortega, 2021, p.30).

Polímeros. La palabra polímero proviene del griego Polys y Meros, que significa muchos y partes respectivamente; y estos se definen como macromoléculas compuestas por una o varias unidades químicas que se repiten a lo largo de toda una cadena (Rosales, 2016. p.8).

2.4 Marco Contextual.

En Colombia se cultivan diversos tipos de mangos entre ellos se pueden encontrar: mango Yulima, mango de azúcar, mango Tommy, mango Común, mango Keitt; los cuales cada uno de ellos tienen diferentes características tanto en su forma, color, textura, sabor, como en la temporada en que este se da y según lo expuesto por (Pinzón, Manzano, y Rodríguez, 2016-2019, p.62), en la gobernación de Norte de Santander- Secretaria de Desarrollo Económico basado en cultivos, según los análisis, “se encuentran variedad de mango criollo en zonas de San Cayetano y a su vez en Abrego, también se halla el mango manzano en Villa del Rosario y el mango Tommy Atkins en los Patios; teniendo mayor producción de cosecha en la región, el mango criollo y de menor cosecha el mango Tommy Atkins”.

Por otro lado, los bioplásticos ayudan a reducir la problemática de la contaminación causada por los plásticos convencionales que afectan al medio ambiente, como al resto del planeta; además, de las ventajas de los bioplásticos se pueden resaltar algunas de ellas, las cuales son: materia prima utilizada de las fuentes renovables, no contienen aditivos perjudiciales para la salud y reducen los residuos no biodegradables que contaminan el medio ambiente.

2.5 Marco Legal

2.5.1 Resolución 683 del 2012

Desarrollada por la Resolución 834 del 2013, Resolución 4143 del 2012 y por la Resolución 4142 del 2012.

Mediante la Ley 170 de 1994, Colombia se adhirió a los “Acuerdos de la Organización Mundial del Comercio”, el cual contiene, entre otros, el “Acuerdo sobre Obstáculos Técnicos al Comercio” y el “Acuerdo sobre Medidas Sanitarias y Fitosanitarias”, que reconoce la importancia de que los países miembros adopten medidas necesarias para la protección de los intereses esenciales en materia de seguridad de todos los productos, comprendidos, los industriales y agropecuarios.

Por su Clasificación

Artículo 4°. Clasificación. Teniendo en cuenta los grupos de materiales, objetos, envases y equipamientos, como los materiales plásticos, elastómeros, celulósicos y demás.

Artículo 5°. Requisitos de los materiales y objetos activos e inteligentes destinados a entrar en contacto con alimentos o bebidas para consumo humano.

Reciclado y Reutilización

Artículo 7°. Materiales reciclados y reutilizados. Para el uso de materiales reciclados y reutilizados deben cumplir con algunos requisitos propuestos en el artículo 7.

Autorización de Sustancias

Artículo 8°. Autorización de sustancias. Las materias primas, sustancias, insumos y aditivos empleados en la fabricación de objetos, envases, destinados a entrar en contacto con los alimentos y bebidas, que no se encuentren en las listas positivas establecidas en el subnumeral 1.1 del artículo 13 del presente reglamento técnico y las nuevas combinaciones de los grupos de

materiales y objetos que trata el artículo 4° del presente reglamento técnico y materiales reciclados utilizados en la fabricación de objetos, envases, materiales y equipamientos, serán autorizadas por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima), de conformidad con el procedimiento que establezca esa entidad.

3. Diseño Metodológico

3.1 Tipo de Investigación

De acuerdo con Vázquez (2005, p.3) afirma la investigación o el estudio experimental como “el investigador desea comprobar los efectos de una intervención específica, en este caso el investigador tiene un papel activo, pues lleva a cabo una intervención. En los estudios experimentales el investigador manipula las condiciones de la investigación”. Teniendo en cuenta esto, se puede definir la investigación de este proyecto de tipo empírico-analítico, experimental y de investigación mixta, es decir, los investigadores hicieron una serie de ensayos para obtener un producto derivado de una materia prima poco tradicional, de igual manera clasificaron el tipo de plástico que se analizó y a su vez, se realizaron de manera descriptiva para que fuera n términos claros.

Siguiendo el tipo de investigación y de acuerdo con Vázquez (2005, p.1) los estudios descriptivos “Sirven para analizar cómo es y cómo se manifiesta un fenómeno y sus componentes. Permiten detallar el fenómeno estudiado básicamente a través de la medición de uno o más de sus atributos” esto permite identificar elementos y características del problema de investigación y a su vez, se describe la frecuencia con la que se realiza los ensayos que son necesarios para definir claramente los resultados obtenidos de lo experimentado; es por ello que el tipo de investigación que se utilizó para este proyecto es de tipo mixto, de esta forma hubo más claridad en las propiedades físicas que se pudieron evaluar en el material, permitiendo clasificar el tipo plástico que corresponde y planteando posibles usos.

3.2 Población y Muestra

3.2.1 Población

La población del presente trabajo se basó en las semillas del mango Tommy que fueran desechadas en el Municipio de Villa del Rosario.

3.2.2 Muestra

Se utilizaron los desechos del mango Tommy, específicamente la semilla, de una actividad comercial que genera desechos de esta fruta, ubicado en el Municipio de Villa del Rosario.

Instrumentos para la Recolección de Información

Para el desarrollo del proyecto se utilizaron fuentes de información primaria y secundaria; además de los ensayos que se realizaron (propiedades físicas y técnica espectroscópica).

3.2.3 Fuentes primarias

Las fuentes primarias que se utilizaron para la realización del proyecto fueron: hoja de control de laboratorio para ensayos de densidad (Anexo 4), hoja de control de laboratorio para ensayos de solubilidad (Anexo 5) y hoja control de laboratorio para ensayos de inflamabilidad (Anexo 6), los cuales se realizaron en los laboratorios de la UFPS.

3.2.4 Fuentes secundarias

Las fuentes secundarias que se utilizaron como ayuda para la realización del proyecto fueron: proyecto o tesis de grado, artículos, revistas e información de internet relacionada con las temáticas que se tratan en este proyecto.

3.2.5 Análisis de la Información

Para el análisis de la información del proyecto se utilizaron las herramientas ofimáticas (Word, Excel) para el análisis de variables. Además, del Software IRsolution para el equipo de espectroscopia infrarroja.

4. Desarrollo del Proyecto

4.1 Bioplástico a Partir del Almidón de Semillas de Mango (*Mangifera Indica*)

Para el desarrollo del presente proyecto se parte del concepto de obtener un polímero que posea ciertas características biodegradables, sostenibles y responsables con el medio ambiente, que, desde la concepción del mismo, se pueda desarrollar con materias primas de fácil acceso y por ende con costos módicos que puedan ser utilizados en futuros inmediatos. Por lo cual, se optó por la recolección de las semillas de mango, que son un producto que por lo general son desechados, y que no tiene un fin diferente al de ser recolectado y enviado a las basuras de la ciudad. Las semillas recolectadas se les extrae su cotiledón y se seleccionan aquellos que estén en buen estado para luego, por medio de algunos procesos físicos obtener un almidón pulverizado que se convierte en la materia prima principal para la preparación de la mezcla del potencial bioplástico; asimismo, pudiendo lograr su desarrollo y permitiendo evaluar sus características.

4.1.1 Desarrollo del Bioplástico

4.1.1.1 Recolección de las Semillas del Mango

La primera parte del proyecto en su etapa operacional era la recolección de semillas del mango que fueran generadas como algún tipo de desecho de una actividad comercial. Por tanto, se procedió a reconocer algunos entornos para obtener la materia prima necesaria (semillas de mango), las cual se recolectaron en una actividad comercial ubicada en el Municipio de Villa del Rosario.

4.1.2 Proceso de Obtención de Cotiledones de Mango

Es importante tener claro que la semilla del mango está constituida por cuatro partes, la cual se pueden observar en la figura 1; (1) el endocarpio, color roble blanco, la cual es gruesa y dura que se caracteriza por presentar fibras longitudinales que se extienden hacia la pulpa, (2) la testa, un tejido delgado de color blanco que se encuentra unido a la parte interna del endocarpio, (3) el tegumento, es de color marrón es más grueso que la testa y es la estructura que envuelve los cotiledones, (4) cotiledones, que son la parte de la semilla dividida en secciones donde se localiza el embrión sexual y los embriones nucleares.



Figura 1. Partes de la semilla del mango.
Fuente: Ortiz, (2019).

Para llevar a cabo la obtención de los cotiledones se siguió con el diagrama de flujo que se observa en el (Anexo 1), como primera medida se inició con una limpieza exhaustiva de las semillas con el fin de poder quitar los sobrantes de la pulpa de mango aun presentes en las diferentes semillas y posteriormente realizando lavados con agua, con el fin de retirar la pulpa de mango no fibrosa y líquida que está adherida a las semillas, luego se llevaron a un sitio amplio donde se dejaron secar a temperatura ambiente, con la ayuda del sol y de las corrientes de aire, hasta que estuvieran totalmente secas, como se puede observar en la figura 3.



Figura 2. Lavado de las semillas del mango.



Figura 3. Secado de las semillas.

Seguidamente, al estar secas las semillas (endocarpio) se procedió a desarrollar de manera manual y rudimentaria específicamente como una actividad casera; extirpando la semilla y posteriormente realizando una continua limpieza del cotiledón separando de este la testa y el tegumento. Además, se realizó una etapa de selección de calidad de los cotiledones, es decir, verificando el estado de ellos, como su coloración y que no presentara afectaciones visibles tales como manchas negras o marrones.



Figura 4. Obtención de los cotiledones del mango.



Figura 5. Selección de los cotiledones de mango.

Como etapa final del proceso de obtención de los cotiledones se procede a reducir su tamaño, por medio de aplicación de fuerza, se fragmentan y posteriormente se trituran, para que queden pequeños trozos de cotiledón como se puede visualizar en la figura 6; esto con el fin de facilitar luego el molido en vía húmeda de los cotiledones para la obtención del almidón.



Figura 6. Cotiledones de mango triturados.

4.1.3 Proceso de Obtención del Almidón

Para obtener el almidón de la semilla del mango se siguió con el diagrama de flujo que se encuentra en el (Anexo 2), donde se puede observar el paso a paso a seguir para obtener el almidón. Los pequeños trozos de cotiledones figura 6 que se obtuvieron anteriormente, fueron molidos por vía húmeda en 500 ml de agua, esta molienda se desarrolló en una licuadora casera durante 6 minutos, la solución se filtró con un colador de tela, permitiendo el paso del líquido y reteniendo el material sólido.



Figura 7. Molienda de los cotiledones del mango.



Figura 8. Filtración de la solución obtenida.

El líquido resultante de la filtración se dejó reposar aproximadamente 4 horas estando en proceso de decantación, donde el líquido de menor densidad quedó en la parte superior de la mezcla y el de mayor densidad descendió a la parte inferior; este proceso se puede observar en la figura 9.



Figura 9. Proceso de decantación.

Se descartó el sobrenadante, por consiguiente, se pudo obtener el almidón húmedo que se observa en la figura 10, el cual se dejó secar aproximadamente 5 horas en los recipientes a temperatura ambiente y luego el almidón seco obtenido de la semilla de mango se pulverizó en un mortero, reduciendo a partículas muy pequeñas el almidón como se visualiza en la figura 12.



Figura 10. Almidón húmedo.



Figura 11. Secado del almidón obtenido.



Figura 12. Almidón seco pulverizado.

Por último, se tamizo el almidón que anteriormente se había pulverizado en un tamiz N° 30, con el fin de que las partículas más finas de almidón pasaran por el tamiz y las partículas más gruesas quedaran retenidas, como se puede observar en la figura 13.



Figura 13. Tamizado del almidón.

4.1.4 Obtención del Bioplástico

4.1.4.1 Moldes

Dos moldes de madera rectangular con divisiones de 2x2cm (Anexo 3), fueron empleados para la obtención de las muestras del bioplástico; es importante recalcar, que antes de colocar la mezcla en los moldes estos se limpiaron, con la finalidad de no tener residuos. Además, se forraron con envoplast los moldes para que la mezcla del bioplástico a lo último fuera fácil de retirar y no se quedara adherida a ellos.

4.1.4.2 Preparación de la Primera Formulación del Bioplástico

Para la preparación de la primera formulación del bioplástico, se utilizó la siguiente formulación que se observan en la tabla 1, propuesta por (Ortiz, 2019, p.44) con algunas modificaciones.

Tabla 1. Componentes de la primera formulación

Primera Formulación	Almidón	Agua Destilada (H ₂ O)	Agente Plastificante	Agente Formador
	33,6 gr	180ml	20ml	20ml

En primer lugar, se agregó en un vaso el almidón de la semilla de mango con agua destilada, se colocó en un agitador magnético para lograr una óptima homogenización que se pudiera dar por las bondades de mezclar por medio de la agitación controlada, además, se le agregó el agente plastificante y el agente formador, se dejaron 5 minutos en el agitador para que se obtuviera una mezcla.



Figura 14. Proceso de agitación y homogenización.

Luego esta mezcla fue agregada a un recipiente metálico, el cual fue expuesto al calor, haciendo uso de una estufa eléctrica, desde la temperatura ambiente hasta que alcanzo aproximadamente 75°C , teniendo en cuenta que los almidones se activan entre los 70 y 90°C . Esta operación, se extendió por aproximadamente 8 minutos; después de esto se pudo observar organolépticamente que se veía bastante espesa y viscosa la mezcla, lista ya para poderla agregar al molde, como se puede visualizar en la figura 15.



Figura 15. Mezcla de la primera formulación del bioplástico.

Seguidamente, la mezcla del bioplástico fue inmediatamente agregada al molde (Anexo 3), teniendo precaución ya que la mezcla se presentaba caliente y realizándolo rápido ya que al estar la mezcla fría esta se pega al recipiente metálico; fue agregada al molde con la finalidad de obtener fracciones con dimensiones cuadradas de 2x2 cm del bioplástico, para así poder evaluar el bioplástico obtenido.



Figura 16. Primera formulación del bioplástico.

Por último, se dejó secar el bioplástico en el molde en un secador a 40°C en el laboratorio por 24 horas, luego de estar seco se pudo retirar fácilmente y obtener las fracciones del

bioplástico que se pueden observar en la figura 17, estas fracciones de bioplástico al estar secas, se notaron con una coloración marrón oscuro, se percibió flexibilidad en las muestras y una textura rugosa.



Figura 17. Muestras de la primera formulación del bioplástico

4.1.4.3 Preparación de la Segunda Formulación del Bioplástico

Para la preparación de la segunda formulación del bioplástico (bioplástico con refuerzo), se utilizó la siguiente formulación que se observan en la tabla 2, propuesta por (Ortiz, 2019, p.44) con algunas modificaciones.

Tabla 2. Componentes de la segunda formulación

Segunda Formulación	Almidón	Agua Destilada (H₂O)	Agente Plastificante	Agente Formador	Agente de Refuerzo
	33,6 gr	180ml	20ml	20ml	12gr

Se realizó el mismo procedimiento del bioplástico anterior, agregando además el agente de refuerzo (cuarzo en polvo), este mineral que es compuesto de sílice, se destaca por su dureza y resistencia, asimismo, este mineral por lo general tiene una alta pureza y puede ser utilizado sin moler, es muy utilizado en la industria, como la industria cerámica, de pinturas, construcción, entre otras. Con ayuda del agitador magnético se pudo mezclar bien los componentes (almidón, agua destilada, agente plastificante, agente formador y agente de refuerzo), para así poderla agregarla al recipiente metálico y seguidamente a la estufa eléctrica; 10 minutos después se pudo observar una mezcla bastante espesa y viscosa, como se puede visualizar en la figura 18.

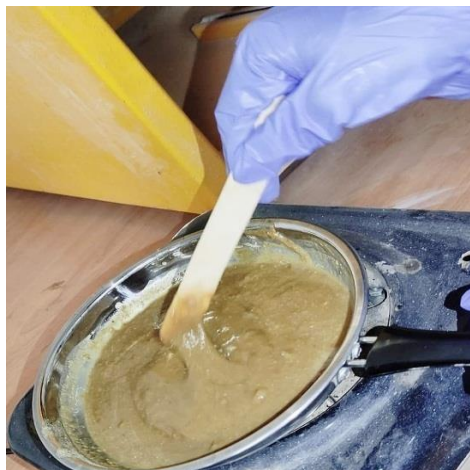


Figura 18. Mezcla de la segunda formulación del bioplástico.

Luego la mezcla del bioplástico con refuerzo fue inmediatamente agregada al molde, teniendo precaución por que se encontraba bastante caliente, en la figura 19 se puede observar como quedo aplicada la mezcla en el molde, con la finalidad de obtener las fracciones cuadradas de 2x2cm del bioplástico.



Figura 19. Segunda formulación del bioplástico.

Por último, se dejó secar el bioplástico en el molde en un secador a 40°C en el laboratorio por 24 horas, luego de estar seco se pudo retirar fácilmente y obtener las fracciones del bioplástico que se pueden observar en la figura 20, estas fracciones de bioplástico con refuerzo al

estar secas, se notaron con una coloración marrón pero más clara que la primera formulación del bioplástico, se percibió en las muestras una alta resistencia, poca flexibilidad y una textura rugosa.



Figura 20. Muestras de la segunda formulación del bioplástico.

4.2 Ensayos de Propiedades Físicas y Técnica Espectroscópica

4.2.1 Ensayos de Propiedades Físicas

4.2.1.1 Ensayo de Densidad

Para determinar la densidad del bioplástico, se desarrolló de manera indirecta, donde se mide la densidad y el volumen por separado y posteriormente se calcula la densidad con la ecuación 1, propuesta por (Mariano, 2011).

$$\text{Densidad} = \left(\frac{\text{Masa de la muestra (g)}}{\text{Volumen de desplazamiento (ml)}} \right) \text{ (Ecuación 1)}$$

4.2.1.1.1 Densidad de la Primera Formulación del Bioplástico

Se determinó la densidad de la primera formulación del bioplástico de almidón de la semilla del mango, siguiendo la norma ASTM D-1505, con 5 muestras de 2x2cm que anteriormente se obtuvieron de esta formulación, primeramente estas muestras fueron pesadas en una balanza analítica y luego fueron sumergidas en agua destilada en una probeta a 10 ml, seguidamente se registró el volumen de desplazamiento de la muestras, calculando el volumen del bioplástico y asimismo, hallando la densidad de las 5 muestras de la primera formulación del bioplástico con la ecuación 1.



Figura 21. Desarrollo del ensayo de densidad de la primera formulación del bioplástico.

Tabla 3. Resultados de densidad de la primera formulación del bioplástico

Densidades de la primera formulación del bioplástico				
N° de Muestra	Masa (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)	Promedio de Densidad (g/ml)
1	1,6	1,7	0,94	0,925 g/ml
2	1,8	2,0	0,90	
3	1,8	2,0	0,90	
4	1,6	1,7	0,94	
5	1,6	1,7	0,94	

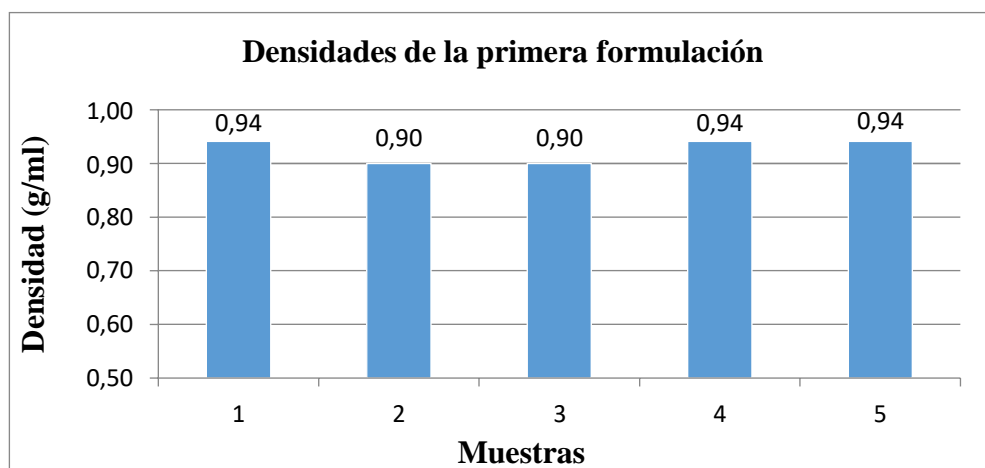


Figura 22. Densidades de la primera formulación del bioplástico.

De acuerdo con las densidades obtenidas de las 5 muestras de la primera formulación del bioplástico, se pudo visualizar en la figura 22, que no varían mucho sus valores, sin embargo, la muestra 2 y 3 tuvieron una baja densidad de 0,90g/ml y el resto de las muestras tuvieron una densidad de 0,94 g/ml, dando como promedio de densidad de esta primera formulación 0,925 g/ml, siendo esta una densidad baja en comparación con algunos plásticos convencionales, sin embargo, se encuentran plásticos con densidades similares a la obtenida, como el polietileno.

4.2.1.1.2 Densidad de la Segunda Formulación del Bioplástico.

Se determinó la densidad de la segunda formulación del bioplástico (bioplástico reforzado), siguiendo la norma ASTM D-1505, con 5 muestras de 2x2cm que anteriormente se obtuvieron de esta formulación; primeramente estas muestras fueron pesadas en una balanza analítica y luego fueron sumergidas en agua destilada en una probeta a 10 ml, seguidamente se registró el volumen de desplazamiento de la muestras, calculando el volumen del bioplástico y asimismo, hallando la densidad de las 5 muestras de la formulación del bioplástico con refuerzo con la ecuación 1.

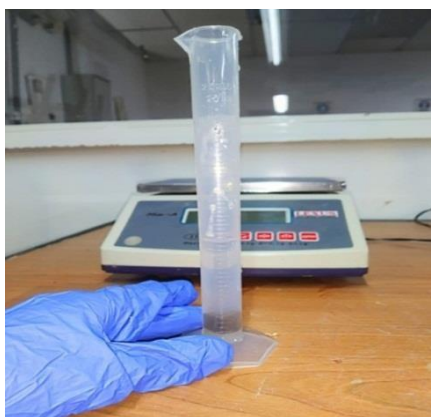


Figura 23. Desarrollo del ensayo de densidad de la segunda formulación del bioplástico.

Tabla 4. Resultados de densidad de la segunda formulación del bioplástico

N° de Muestra	Densidades de la segunda formulación del bioplástico			Promedio de Densidad (g/ml)
	Masa (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)	
1	1,6	1,7	0,94	0,946 g/ml
2	1,6	1,7	0,94	
3	1,9	2,0	0,95	
4	1,9	2,0	0,95	
5	1,9	2,0	0,95	

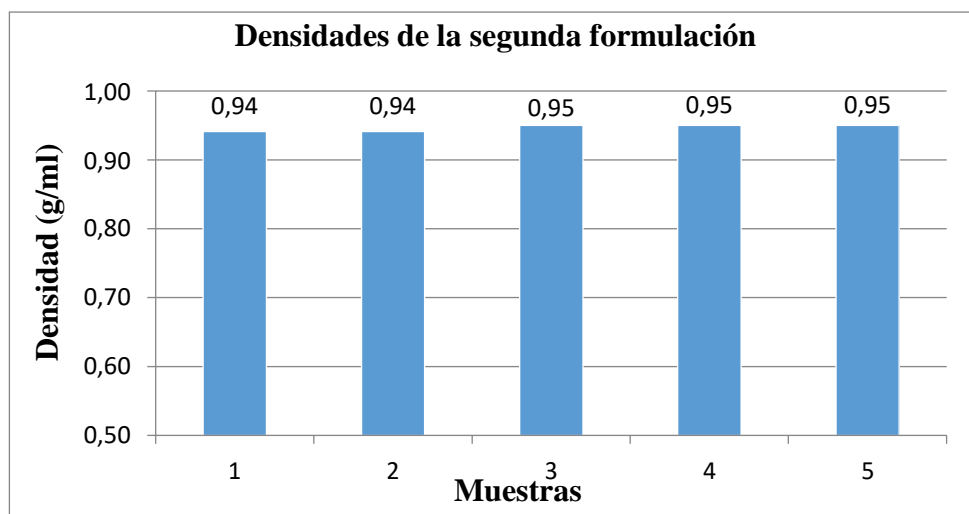


Figura 24. Densidades de la segunda formulación del bioplástico.

Según las densidades obtenidas de las 5 muestras de la segunda formulación del bioplástico, se pudo observar en la figura 24 que las muestras tuvieron resultados muy similares, no tuvieron una variación en sus valores, dando como promedio de densidad de esta segunda formulación 0,946 g/ml, siendo esta una densidad baja, sin embargo, hay plásticos convencionales con densidades similares a la obtenida, como el polietileno.

4.2.1.2 Ensayo de Solubilidad

Para determinar la solubilidad del bioplástico, se realizó de acuerdo con el método propuesto por (Ortiz, 2019, p.27) con la siguiente ecuación:

$$\text{Porcentaje de Solubilidad (\%)} = \left(\frac{p_i - p_f}{p_i} \right) * 100 \quad (\text{Ecuación 2})$$

Donde P_i es el peso inicial de la muestra y P_f corresponde al peso final.

4.2.1.2.1 Solubilidad de la Primera Formulación del Bioplástico.

Se determinó el porcentaje de solubilidad, con 5 muestras de 2x2cm obtenidas de la primera formulación del bioplástico; en primer lugar, cada muestra se pesó en una balanza analítica en el

laboratorio, seguidamente cada una fue sumergida en agua en vasos a 60ml, luego se cubrieron los vasos con papel envoplast, con el fin de que las muestras no tuvieran contacto con el ambiente, por un tiempo de 24 horas a temperatura ambiente.



Figura 25. Desarrollo del ensayo solubilidad de la primera formulación del bioplástico.

Se pudo visualizar organolépticamente en el desarrollo del ensayo que las muestras al sacarlas del agua se presentaban bastante frágiles, con una coloración más clara, las muestras aumentaron su peso, como se observan los resultados de la tabla 5. Además, la estructura se grieto ya que estas absorbieron agua, como se visualiza en la figura 26.



Figura 26. Muestras de la primera formulación húmedas.

Luego de pasar 24 horas a temperatura ambiente se secaron totalmente, se registró el peso final de las muestras, esta vez disminuyo el peso como se observan los resultados en la tabla 5, su coloración volvió a ser la misma (marrón oscuro), además aumento su resistencia y algunas muestras presentaban grietas en su estructura como se visualiza en la figura 27; por último se calculó el porcentaje de solubilidad con la ecuación 2.



Figura 27. Muestras de la primera formulación al estar secas - ensayo de solubilidad.

Tabla 5. Resultados porcentaje solubilidad de la primera formulación del bioplástico.

Porcentaje de solubilidad de la primera formulación del bioplástico					
N° de Muestra	Peso Inicial (g)	Peso al absorber agua (g)	Peso Final (g)	Porcentaje de Solubilidad (%)	Promedio de Solubilidad (%)
1	1,5	2,1	0,9	40,00	41,74
2	1,5	2,1	0,9	40,00	
3	1,7	2,3	1,0	41,18	
4	1,6	2,1	0,9	43,75	
5	1,6	2,1	0,9	43,75	

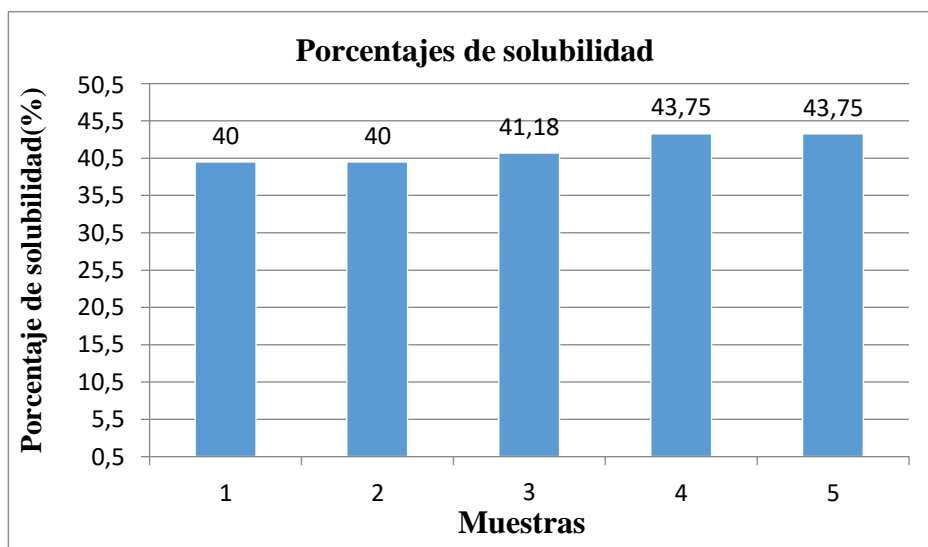


Figura 28. Porcentajes de solubilidad de la primera formulación del bioplástico.

Al analizar la figura 28, se pudo observar que los porcentajes de solubilidad de las muestras de la primera formulación variaron un poco sus valores, deduciendo que la muestra 4 y 5 fueron más solubles; dando como promedio de solubilidad de la primera formulación 41,74%, siendo

este un porcentaje alto, que se esperaba ya que los bioplásticos basados en almidón por lo general son hidrosolubles, el cual es favorable ya que se pueden obtener materiales que se degraden en menor tiempo y que contribuyan al ambiente.

4.2.1.2.2 Solubilidad de la Segunda Formulación del Bioplástico.

Se determinó el porcentaje de solubilidad con 5 muestras de 2x2cm obtenidas de la segunda formulación del bioplástico (bioplástico reforzado), en primer lugar, cada muestra se pesó en una balanza analítica en el laboratorio, seguidamente cada una fue sumergida en agua en vasos a 60ml, se cubrieron los vasos con papel envoplast, con el fin de que las muestras no tuvieran contacto con el ambiente, por un tiempo de 24 horas a temperatura ambiente.



Figura 29. Desarrollo del ensayo solubilidad de la segunda formulación del bioplástico.

Se pudo visualizar organolépticamente en el desarrollo del ensayo que las muestras al sacarlas del agua se presentaban bastante frágiles, con una coloración más clara, las muestras de esta segunda formulación también aumentaron su peso, como se observan los resultados de la tabla 6. Además, la estructura se grieto ya que también absorbieron agua como ocurrió con la primera formulación, como se visualiza en la figura 30.



Figura 30. Muestras de la segunda formulación húmedas

Luego de pasar 24 horas a temperatura ambiente se secaron totalmente, se registró el peso final de las muestras, el cual disminuyó como se observan los resultados de la tabla 6, su coloración volvió a ser la misma (marrón oscuro), además aumento su resistencia y algunas muestras presentaban grietas en su estructura como se visualiza en la figura 31; por último se calculó el porcentaje de solubilidad con la ecuación 2.



Figura 31. Muestras de la segunda formulación al estar secas - ensayo de solubilidad.

Tabla 6. Resultados porcentaje de solubilidad de la segunda formulación del bioplástico

Porcentaje de solubilidad de la segunda formulación del bioplástico					
N° de Muestra	Peso Inicial (g)	Peso al absorber agua (g)	Peso Final (g)	Porcentaje de Solubilidad (%)	Promedio de Solubilidad (%)
1	1,6	2,0	1,1	31,25	30,82
2	2,0	2,4	1,4	30,00	
3	2,0	2,4	1,4	30,00	
4	1,6	2,1	1,1	31,25	
5	1,9	2,4	1,3	31,58	

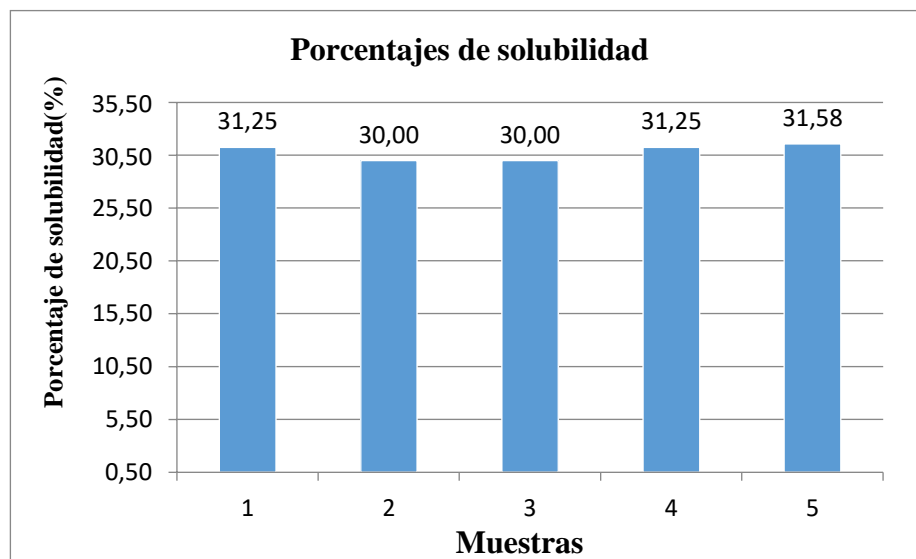


Figura 32. Porcentajes solubilidad de la segunda formulación del bioplástico.

Al analizar la figura 32, se pudo observar que los porcentajes de solubilidad de las muestras de la segunda formulación, variaron un poco sus valores, deduciendo que la muestra 5 fue más soluble. Dando como promedio de solubilidad de la segunda formulación 30,82%, fue menor en comparación con la primera formulación, sin embargo, tuvo un porcentaje alto de solubilidad, que se esperaba porque en su composición también contenía almidón que según la investigación que se realizó los bioplásticos basados en almidón son hidrosolubles, siendo una característica favorable con el medio ambiente.

4.2.1.3 Ensayo de Inflamabilidad

En esta técnica analítica dependiendo de su composición, se puede comportar de forma distinta al aplicarles una fuente de calor, pudiendo identificar el color de la llama, la naturaleza del humo, el olor que produce, la combustibilidad, el tipo de fusión, entre otras; es recomendable repetir la prueba de llama una o dos veces para confirmar los resultados y tener claras las características presentadas. Para desarrollar el ensayo de inflamabilidad, se elaboró un mechero de bunsen, que consta de un frasco de compota lleno de alcohol con una mecha de algodón, como se puede visualizar en la figura 33.



Figura 33. Mechero de bunsen.

4.2.1.3.1 Inflamabilidad de la Primera Formulación del Bioplástico.

Se realizó el ensayo de inflamabilidad, de acuerdo a la norma ASTM D-635, con 5 muestras de 2x2 cm obtenidas de la primera formulación del bioplástico; para llevar a cabo la prueba se elaboró un mechero de bunsen que se observa en la figura 33, seguidamente, cada muestra se tomó con una pinza y se acercó al borde de la llama del mechero, de modo que se quemara directamente cada muestra, se dejó aproximadamente 10 segundos en la llama observando sus características y detallando sus resultados, los cuales se muestran en la tabla 7.



Figura 34. Desarrollo del ensayo inflamabilidad de la primera formulación del bioplástico.

Tabla 7. Resultados ensayo inflamabilidad de la primera formulación del bioplástico

Ensayo de inflamabilidad de la primera formulación del bioplástico					
Nº de Muestra	Color de llama	Color de humo	Olor	<u>Combustibilidad</u>	<u>Tipo de fusión</u>
1	naranja	blanco	agradable	Continua ardiendo tras retirar de la llama	Gotea y se ablanda
2	naranja	gris	agradable No tiene olor	Continua ardiendo tras retirar de la llama	Gotea y se ablanda
3	naranja	blanco	No tiene olor	auto extinguable	No gotea, pero se ablanda
4	naranja	gris	No tiene olor	Continua ardiendo tras retirar de la llama	No gotea, pero se ablanda
5	naranja	gris	agradable	auto extinguable	Burbujea y se ablanda

Al analizar la tabla 7, se pudo observar en primer lugar, que el color de la llama de esta primera formulación de bioplástico no tuvo un cambio de color en ninguna de las pruebas siempre permaneció una llama de color naranja, además los colores de humo variaron entre blanco y gris; por lo general tuvieron un olor agradable la mayoría de muestras y todas las muestras se ablandaron, algunas goteando y otras no.

4.2.1.3.2 Inflamabilidad de la Segunda Formulación del Bioplástico.

Se realizó el ensayo de inflamabilidad con 5 muestras de 2x2 cm obtenidas de la segunda formulación del bioplástico (bioplástico con refuerzo); cada muestra se tomó con una pinza y se acercó al borde de la llama del mechero de bunsen, de modo que se quemara directamente cada muestra, se dejó aproximadamente 10 segundos en la llama observando sus características y detallando sus resultados, los cuales se muestran en la tabla 8.



Figura 35. Desarrollo ensayo inflamabilidad de la segunda formulación del bioplástico.

Tabla 8. Resultados ensayo inflamabilidad de la segunda formulación del bioplástico

Ensayo de inflamabilidad de la segunda formulación del bioplástico					
Nº de Muestra	Color de llama	Color de humo	Olor	<u>Combustibilidad</u>	<u>Tipo de fusión</u>
1	naranja	blanco	Intenso desagradable	Continua ardiendo tras retirar de la llama	Gotea y se ablanda
2	naranja	sin humo	agradable	Continua ardiendo tras retirar de la llama	se ablanda
3	naranja	gris	Intenso desagradable	Continua ardiendo tras retirar de la llama	burbujea y se ablanda
4	naranja	gris	Vela recién apagada	Continua ardiendo tras retirar de la llama	burbujea y se ablanda
5	naranja	gris	Intenso desagradable	auto extinguiible	se ablanda

Al analizar la tabla 8, se pudo observar que el color de la llama de esta segunda formulación de bioplástico no cambio de color se mantuvo un color naranja; además, el olor que se presentó en la mayoría de las muestras fue desagradable y por lo general, la mayoría continuaban ardiendo tras retirar de la llama; por otro lado, todas las muestras se ablandaron.

4.2.2 Técnica Espectroscópica

4.2.2.1 Espectroscopia Infrarroja

Para el desarrollo de este ensayo, se realizó a través del Software IRsolution, dispositivo de marca Shimadzu, encargado del análisis integrado de los datos de FTIR (infrarrojos por transformada de Fourier) que es el método para la espectroscopia de infrarrojos; éste se puede observar en la figura 36.



Figura 36. Software IRsolution.

4.2.2.1.1 Espectroscopia Infrarroja de las dos Formulaciones del Bioplástico.

Se determinó la espectroscopia infrarroja de las dos formulaciones del bioplástico; una muestra de cada formulación se analizó a través del Software IRsolution del espectrofotómetro infrarrojo por transformadas de Fourier, dispositivo que se puede visualizar en la figura 36; este ensayo tuvo las siguientes condiciones operativas: resolución de 4.0, 10 N° de corridos, el rango de longitud de onda estuvo desde 400 a 4500 cm^{-1} y el resultado en % transmitancia.

Tabla 9. Espectroscopia infrarroja de las dos formulaciones bioplástico obtenido

Espectroscopia Infrarroja de las dos Formulaciones del Bioplástico							
Ensayo	Pico	Frecuencia (cm ⁻¹)	Enlace	Ensayo	Pico	Frecuencia (cm ⁻¹)	Enlace
Espectroscopia infrarroja de la Primera formulación	a	3307,92	N-H	Espectroscopia infrarroja de la segunda formulación	a	3313,71	N-H
	b	2927,94	C-H		b	2927,94	C-H
	c	1647,21	N-H		c	1647,21	N-H
	d	1022,27	C-N		d	1026,13	C-N

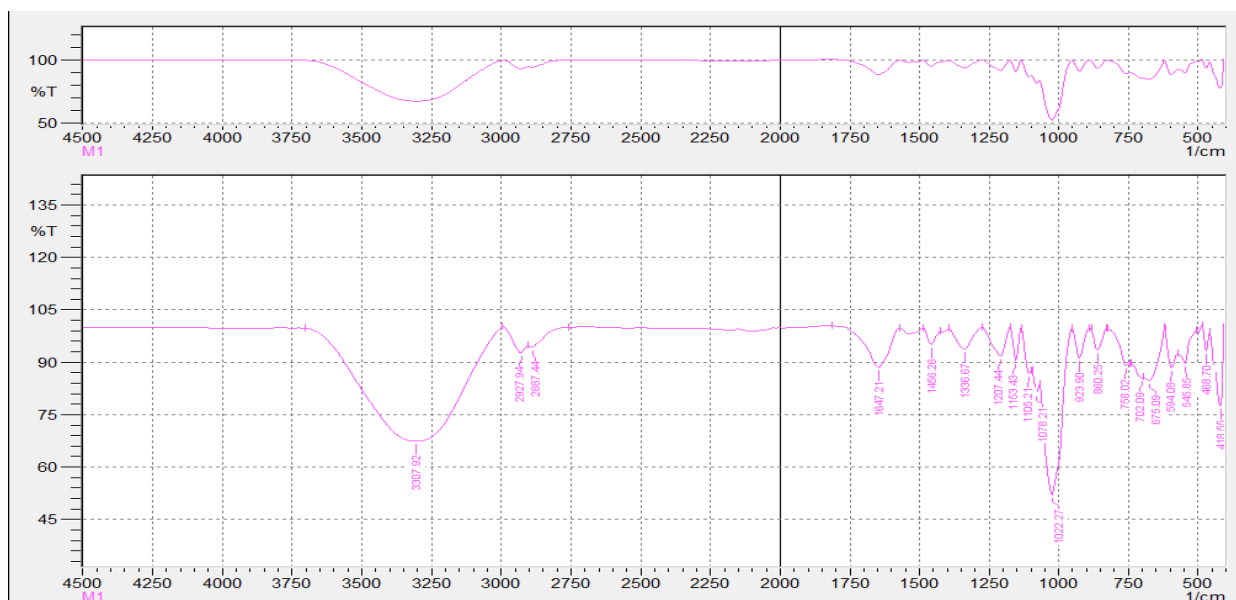


Figura 37. Espectroscopia infrarroja de la primera formulación del bioplástico.

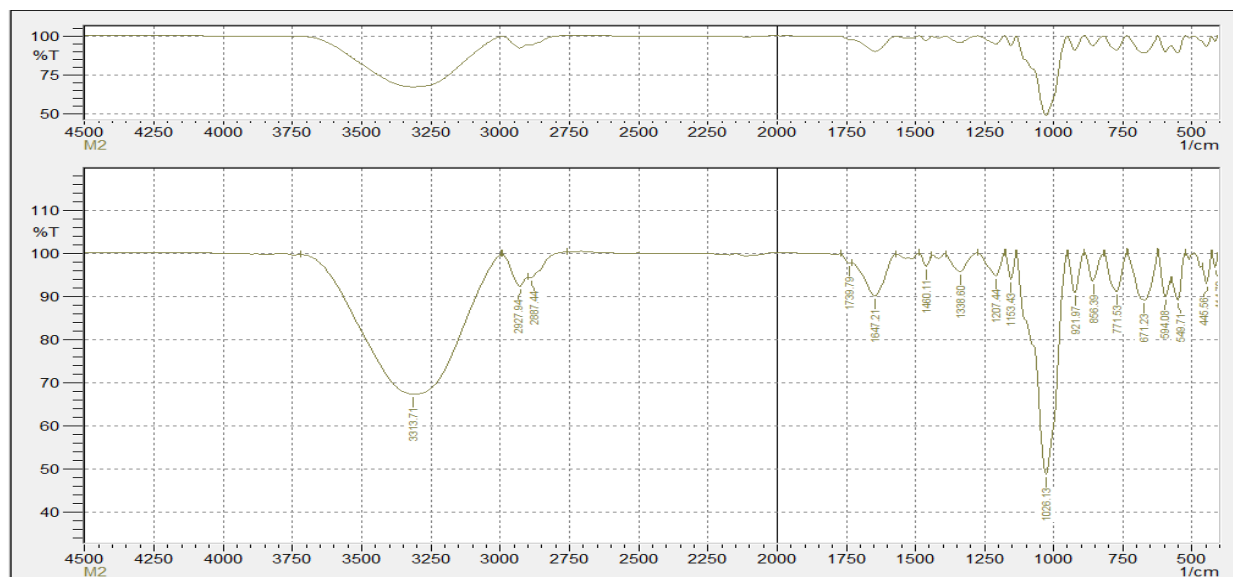


Figura 38. Espectroscopia infrarroja segunda formulación del bioplástico.

Al observar la figura 37 y 38, se puede deducir que los dos espectros obtenidos de las dos formulaciones del bioplástico, no tienen una diferencia relevante, se visualiza similitud en los dos espectros. Los picos (a) tienen una banda ancha, con picos de $3307,92 \text{ cm}^{-1}$ y $3313,71 \text{ cm}^{-1}$, que corresponden ambos a los enlaces N-H. Los picos (b) ambas formulaciones tienen una frecuencia de $2927,94 \text{ cm}^{-1}$, los cuales se encuentran en los enlaces de C-H. En los picos (c) también ambas formulaciones tienen una frecuencia de $1647,21 \text{ cm}^{-1}$ correspondiendo a enlaces de N-H. Por último los picos (d) $1022,27 \text{ cm}^{-1}$ y $1026,13 \text{ cm}^{-1}$ se encuentran en los enlaces C-N. Observando que los picos de (b) y (c) fueron totalmente iguales, sin embargo el espectro de la segunda formulación tuvo algunos picos con frecuencias más altas, resaltando que en esta formulación contenía agente de refuerzo en su composición.

4.3 Comparación del Bioplástico Obtenido con Otros Materiales Plásticos.

Se compararon los resultados obtenidos de los ensayos de densidad y solubilidad de la primera y segunda formulación del bioplástico de almidón de la semilla de mango, con otros plásticos convencionales de la industria, con la finalidad de diferenciar sus valores y deducir a que plástico se asemeja según su resultado.

Tabla 10. Comparación de resultados de densidad de las dos formulaciones del bioplástico con algunos plásticos convencionales.

Material	Densidad (g/ml)
Primera Formulación del Bioplástico	0,925
Segunda Formulación del Bioplástico	0,946
Acetal	1,42
Copolímero estireno butadieno	1,03
Polietileno	0,94
Polietileno de baja densidad	0,91-0,94
Polietileno de alta densidad	0.940 - 0.970
Polipropileno	0,90
Poliestireno	1,06
Polimetacrilato de metilo	1,18
Polimetacrilato de etilo	1,11
Poliuretano	1,17/1,20
Poliacetato de vinilo	1,18
Resina epoxi	1,10/2,40
Resina de silicona	1,25/1,90

Fuente. Mariano, (2011).

Al analizar los resultados de densidad de las dos formulaciones del bioplástico, la primera formulación tuvo menor densidad que la segunda formulación, además, fueron densidades bajas en comparación con algunos plásticos mencionados en la tabla 10, deduciendo que la primera formulación está dentro de los rangos de densidad del Polietileno de baja densidad y la segunda formulación está dentro de los rangos de densidad del Polietileno de alta densidad.

Tabla 11. Comparación de porcentajes de solubilidad de las dos formulaciones del bioplástico con algunos plásticos convencionales.

Material	Solubilidad (%)
Primera Formulación del Bioplástico	41,74
Segunda Formulación del Bioplástico	30,82
Tereftalato de polietileno(PET)	0,10
Polipropileno (PP)	> 0,10
Polietileno de baja densidad (PELD)	0,10

En la tabla 11, se puede observar que los porcentajes de solubilidad de las dos formulaciones del bioplástico obtenido de la semilla de mango, son bastante mayores en comparación con los plásticos mencionados en la tabla; deduciendo que estos altos resultados se deben a que las dos formulaciones del bioplástico fueron obtenidos de materia prima orgánica (almidón), que por lo general los bioplásticos basados en almidón son hidrosolubles, en comparación con los plásticos convencionales que por lo general son fabricados a partir del petróleo y la mayoría son insolubles, ya que esta característica hace ver a estos plásticos más resistentes, inquebrantables y duraderos.

4.4 Planteamiento de Posibles Usos del Bioplástico Obtenido

4.4.1 Posibles usos de la Primera Formulación del Bioplástico.

El primer uso que podría tener esta primera formulación del bioplástico, es la fabricación de bolsas, ya que la densidad de esta formulación se encuentra en los rangos de densidad del polietileno de baja densidad, el cual es uno de los principales plásticos para la fabricación de bolsas; las bolsas que se fabriquen con esta formulación serán bolsas solubles en agua, ya que esta formulación tuvo un alto porcentaje de solubilidad en agua, esta aplicación sería innovadora y una alternativa ecológica. Estas bolsas solubles en agua, según la página web Rovi Packaging (2019) pueden ser utilizadas en bolsas de lavanderías, además, de poderse imprimir y personalizar; son biodegradables y no contienen sustancias tóxicas, si por cualquier motivo la bolsa acabara en el mar, su impacto en el medio ambiente sería mínimo.

Otro posible uso es la fabricación de películas plásticas o films, ya que estas por lo general son fabricadas en su mayoría de polietileno de baja densidad, estas películas son utilizadas en embalajes y para empaques de productos. El film que se fabrique con esta formulación también sería soluble en agua, teniendo similitud a un film utilizado en el sector del packaging industrial que es el (film hidrosoluble Hidropack®) un material biodegradable en agua.

Estos dos posibles usos que se podrían emplear en la primera formulación tienen relación en aplicaciones que se encuentran en el alcohol de polivinilo o polietenol, que por lo general es el polímero que utilizan para fabricación de materiales solubles en agua.

4.4.2 Posibles usos de la Segunda Formulación del Bioplástico

Uno de los posibles usos que puede tener esta segunda formulación del bioplástico, es la fabricación de envases, ya que la densidad de esta formulación se encuentra en los rangos de densidad del polietileno de alta densidad, el cual se destaca este plástico por la fabricación de

envases; estos envases que se fabriquen con esta formulación serían solubles en agua, ya que esta formulación también tuvo un alto porcentaje de solubilidad en agua. Según la página web Rovi Packaging (2019) los envases solubles en agua, sirven para contener los aditivos de cemento, estos aditivos tienen un alto contenido de álcali y acidez; además, una amplia gama de materiales domésticos e industriales se puede embalar y dispensar de forma segura utilizando envases solubles en agua.

Otra posible aplicación para esta formulación sería la fabricación de empaques o envases para cepillos de dientes, que se disuelvan en agua, el cual es una alternativa nueva y ecológica que presenta la página web ambientum (2018).

Estos dos posibles usos que se podrían emplear en la segunda formulación tienen también relación en aplicaciones que se encuentran en el alcohol de polivinilo o polietenol.

Conclusiones

Se logró desarrollar no solo un bioplástico, si no que se elaboraron dos formulaciones de bioplástico de almidón de semilla de mango, una formulación con solo almidón que presento flexibilidad y una textura rugosa; una segunda formulación la cual se le agrego agente de refuerzo, pudiendo obtener un bioplástico con mayor resistencia.

Referente a los ensayos físicos que se desarrollaron, la densidad obtenida de la primera formulación fue de 0,925 g/ml y la segunda formulación fue de 0,946 g/ml, siendo densidades bajas que se encuentran en los rangos del polietileno. Respecto al ensayo de solubilidad, la primera formulación tuvo un porcentaje de 41,74% y la segunda formulación un porcentaje de 30,82%, siendo altos resultados de solubilidad, que se esperaban ya que los bioplásticos basados en almidón por lo general son hidrosolubles. En cuanto al ensayo de inflamabilidad, las dos formulaciones no presentaron un cambio de color de llama, siempre se mantuvo un color naranja, además, todas las muestras al retirarlas de la llama se ablandaron, algunas continuaban ardiendo y otras no. Acerca de la técnica de espectroscopia infrarroja, los dos espectros obtenidos fueron muy similares, sin embargo, el espectro de la segunda formulación tuvo algunos picos con frecuencias más altas.

Con respecto a las comparaciones que se realizaron se pudo deducir que la primera formulación del bioplástico se encuentra rangos de densidad del polietileno de baja densidad (0,91-0,94) gr/ml y la segunda formulación en los rangos de densidad del polietileno de alta densidad (0,94- 0,97) gr/ml; además, las dos formulaciones tuvieron altos porcentajes de solubilidad en comparación con algunos plásticos convencionales.

De acuerdo a los resultados de densidad y solubilidad que se obtuvieron de las dos formulaciones, se plantearon posibles usos o aplicaciones para este bioplástico; materiales que tuvieran relación a las aplicaciones del polietileno, pero agregando que fueran solubles en agua, deduciendo que serían materiales biodegradables, sostenibles, ya que serían de materia prima vegetal, el cual ayudaría a reducir la contaminación.

Recomendaciones

En cuanto a los cotiledones que se extraigan del mango, se deben verificar que no se encuentren dañados, que no tengan manchas negras, marrones o verdes; pues se recomienda utilizar los cotiledones blancos que estén en buen estado para la obtención del almidón.

Tener precaución al desarrollar la mezcla de bioplástico ya que está estará en estado caliente, para así evitar alguna lesión; asimismo, al estar lista la mezcla es recomendable que se distribuya rápido y homogéneamente en los moldes o que se extienda dónde se pretende secar el bioplástico, ya que está al enfriarse se adhiere bastante.

Para ampliar la caracterización de los bioplásticos, es recomendable seguir con la continuidad de los ensayos tanto físicos como mecánicos; como desarrollar el ensayo (TGA) ya que es importante porque ayuda a evaluar cambios en relación a la temperatura. Asimismo, al realizar más ensayos se analiza con más detalle las características, teniendo más claridad en el tipo de bioplástico que se desarrolle, ya que en el desarrollo del proyecto se limitaron desarrollarlos algunos por falta de equipos en buen estado.

Seguir con la investigación del bioplástico de semilla de mango, incluyendo nuevos materiales de refuerzo, para analizar nuevas características presentadas y que campo de aplicaciones innovadoras resulta.

Bibliografía

- Agrícola Varahonda. (2022). MANGO TOMMY (*Mangifera indica* L.). Recuperado de:
https://varahonda.com/mango_tommy.php
- ALPA POWDER. (2021). Procesamiento y aplicación de cuarzo en polvo. Recuperado de:
<https://www.alpapowder.com/es/114041/>
- Ambientum. (2018). Envases que se disuelven en el agua. Recuperado de:
<https://www.ambientum.com/ambientum/residuos/envases-que-se-disuelven-en-el-agua.asp>
- Ballesteros, L. (2014). Los bioplásticos como alternativa verde y sostenible de los plásticos basados en petróleo. Universidad de San Buenaventura; Cartagena. Recuperado de:
http://bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/2247/1/Los%20Biopl%C3%A1sticos_Laura%20Ballestero_USBCTG_2014.pdf
- Bejarano, N. (2018). Estudio de las propiedades mecánicas de un biopolímero a partir del contenido de almidón de cascara de plátano. Universidad nacional de san Agustín de Arequipa; Perú. Recuperado de:
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/7578/MTbemanl.pdf?sequence=3>
- Chaparro, S., Sandoval, A., Amador, A., Suarique, S., Martínez, J. y González, J. (2015). Caracterización funcional de la almendra de las semillas de mango (*Mangifera indica* L.). *Revista Ciencia en Desarrollo*. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/profile/Adriana-Lara-8/publication/293014335_Caracterizacion_funcional_de_la_almendra_de_las_semillas_d

e_mango_Mangifera_indica_L/links/57b3aa3108ae030fe246da0b/Caracterizacion-funcional-de-la-almendra-de-las-semillas-de-mango-Mangifera-indica-L.pdf

Coello, A. Fernández, D. Galán, V. (2019). Guía Descriptiva Guía Descriptiva de Cultivares de Mango. Departamento de Fruticultura Tropical. Instituto Canario de Investigaciones Agrarias Instituto Canario de Investigaciones Agrarias. Recuperado de: https://www.doc-developpementdurable.org/file/Culture/ArbresFruitiers/FICHES_ARBRES/manguier/Gu%C3%ADa%20Descriptiva%20de%20Cultivares%20de%20Mango.pdf

Colombia entierra anualmente 2 billones de pesos en plásticos que se pueden reciclar.

(2019).BCNoticias. Recuperado de: <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Comunicacion-Grafica/Noticias/2019/Julio-2019/Colombia-entierra-anualmente-2-billones-de-pesos-en-plasticos-que-se-pueden-reciclar>

Condor, L., Choque, H. y Miranda, N. (2017). Reutilización del desperdicio de frutas para el aprovechamiento en nuevas fibras. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Perú. Recuperado de: <http://revistas.uni.edu.pe/index.php/tecnia/article/view/131/95>

Crespo, C. (2019).Mil millones de objetos plásticos en el océano para el 2020.NATIONAL GEOGRAPHIC. Recuperado de: <https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2019/06/mil-millones-de-objetos-plasticos-en-el-oceano-para-2020>

Envaselia. (2020).Que es Biodegradable. Interempresas.net. Recuperado de: <https://www.interempresas.net/Envase/Articulos/263319-Que-es-biodegradable.html>

Espinosa, M. (2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. Universidad central del Ecuador. Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3788/1/T-UCE-0017-97.pdf>

Guerrero, A. y Campos, M. (2014). Estimación teórica del proceso de transformación del mango (*Mangifera indica*) y aprovechamiento de sus subproductos en los municipios de Chicoral, Espinal y Gualanday, departamento del Tolima. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. Recuperado de:
<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2483/65771806.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gutiérrez, C., Rivera, Y., Gómez R., Bastidas V. y Izaguirre C. (2015). Extracción y caracterización de grasa y almidón de la almendra de mango variedad Alphonso (*Mangifera indica* L). Universidad de Los Andes, Mérida.
https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Gutierrez-14/publication/304581496_Extraccion_y_caracterizacion_de_grasa_y_almidon_de_la_almendra_de_mango_variedad_Alphonso_Mangifera_indica_L_Extraction_and_characterization_of_fat_and_starch_kernel_mango_variety_Alphonso_Mangifera_i/links/577432ab08aeb9427e24207e/Extraccion-y-caracterizacion-de-grasa-y-almidon-de-la-almendra-de-mango-variedad-Alphonso-Mangifera-indica-L-Extraction-and-characterization-of-fat-and-starch-kernel-mango-variety-Alphonso-Mangifera-i.pdf

Gutiérrez, D., Ramos, Y. y González, J. (2020). Propuesta para el procesamiento industrial de la almendra de la semilla de mango. Universidad de Granma, Cuba.
<file:///C:/Users/usuario/Downloads/746-1751-1-PB.pdf>

Gutierrez, N. (2014). Mango. Jalisco. <https://sader.jalisco.gob.mx/catalogo-plantas/mango>

Gómez, G. y Guzmán, O. (2019). Alternativas de valorización para el residuo de mango (*Mangifera indica* l.) mediante el uso de biotecnología tradicional en el departamento del atlántico. Universidad libre seccional Barranquilla.

<https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/17819/8641709.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, A., y Téllez, J. (2017). Estudio de pre factibilidad para la creación de una nueva unidad de negocios enfocada a la comercialización de productos plásticos biodegradables de la empresa Plásticos de Villavicencio. CORPORACIÓN UNIVERSITARIA

MINUTO DE

DIOS. https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/5598/1/TEPRO_GonzalezFiracativeAlba_2017.pdf

Hincapié, G., Vásquez, D., Galicia, V. y Hincapié, C. (2014). Propiedades técnico-funcionales de la fibra dietaria de cáscaras de mango variedad hilacha (*Mangifera indica* L.): Efecto del secado por convección. Universidad Pontificia Bolivariana.

<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/311/508>

Lara, A., Sosa, S., Martínez, J. y Chaparro, S. (2013). Caracterización funcional de las semillas de mango (*Mangifera unripe*). Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja (Boyacá).

http://www.uptc.edu.co/export/sites/default/eventos/2013/sf/fac_cienc/memorias/doc/memorias_ciencias.pdf#page=114

López, E. (2018). Embrapa desarrolla un plástico a partir de la semilla del mango. Neomundo, Brasil. <https://believe.earth/es/embrapa-desarrolla-un-plastico-a-partir-de-la-semilla-del-mango/>

Lorenzo, S., Villalobos, J., García, E., López, A. y Acevedo, J. (2017). Caracterización de almidón obtenido del mesocarpio y cotiledón de mango (*Mangifera Indica* L).

Universidad Autónoma de Guerrero, México.

<http://ri.uagro.mx/bitstream/handle/uagro/1169/15150149.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Maldonado, Y., Navarrete, H., Ortiz, O., Jiménez, J., Salazar, R., Tejacal, I. y Álvarez, P. (2016).

Propiedades físicas, químicas y antioxidantes de variedades de mango crecidas en la costa de Guerrero. Revista

Scielo.http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S018773802016000300207&script=sci_arttext

Manjon, N. (2019). Plásticos Biodegradables: que son y tipos. Ecología verde.

<https://www.ecologiaverde.com/plasticos-biodegradables-que-son-y-tipos-1986.html>

Mariano. (2011). Propiedades Físicas .Tecnología de los

plásticos.<https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/propiedades-fisicas.html>

Martínez, T., Herrera, L., García, G. y Paredes, D. (2012). Red de valor del mango y sus

desechos con base en las propiedades nutricionales y funcionales. Unidad de Tecnología en Alimentos. México.

<http://aramara.uan.mx:8080/bitstream/123456789/901/1/RED%20DE%20VALOR%20DEL%20MANGO%20Y%20SUS%20DESECHOS%20CON%20BASE%20EN%20LAS%20PROPIEDADES.pdf>

Medina, A., Paredes, A., Rodríguez, M., Moreno, M., Camacho, D., García, D. y Ojeda, C.

(2010). Evaluación de dos métodos de extracción de almidón a partir de cotiledones de mango. Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado Venezuela.

<file:///C:/Users/usuario/Downloads/85716706009.pdf>

Naranjo, M., Rojas, S., Mora, J., Cardona, F. y Pabón, C. (2016). Efecto del secado de charolas

y natural en la extracción de aceite a partir de la semilla de mango manzano (*Mangifera*

- indica L.). Universidad Francisco de Paula Santander. Cúcuta, Norte de Santander.
https://www.researchgate.net/profile/Fredy-Gomez-Rojas/publication/318654167_Impacto_del_Nuevo_Sistema_General_de_Regalias_en_las_finanzas_publicas_de_las_entidades_territoriales_de_Arauca/links/5975cc64aca2728d02589f42/Impacto-del-Nuevo-Sistema-General-de-Regalias-en-las-finanzas-publicas-de-las-entidades-territoriales-de-Arauca.pdf#page=99
- Nieto, J. (2018). Biotransformación de almidón a etanol por vía enzimática y fermentativa del cotiledón de la pepa del mango (*Mangifera indica*). Universidad Nacional del Callao.
http://repositorio.unac.edu.pe/bitstream/handle/UNAC/4053/Nieto%20Freire_IF_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ortega, P. (2021). INFORME FINAL PRÁCTICA EMPRESARIAL GEORG FISCHER S.A. DE C.V. Universidad Santo Tomás, Bucaramanga.
<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/35015/2021OrtegaPaola.pdf?sequence=8&isAllowed=y>
- Ortiz, A. (2019). Evaluación de un bioplástico de almidón de semillas de mango (*Mangifera Indica*) con aplicación potencial en envases. Universidad El Bosque, Bogotá.
https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/2106/Ortiz_Ramirez_Maria_Alejandra_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ospina, S., Hernández, E. y Lozano, C. (2012). Estudio experimental de residuos agroindustriales de mango (*Mangifera Indica L*) usando *Saccharomyces cerevisiae*. Universidad católica de Manizales.
[file:///C:/Users/usuario/Downloads/Sandra%20Milena%20Ospina%20Henao%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/usuario/Downloads/Sandra%20Milena%20Ospina%20Henao%20(1).pdf)
- Pérez, J., y Gardey, A. (2015). Plástico. <https://definicion.de/plastico/>

- Pinzón, I., Manzano, I. y Rodríguez, L. (2016-2019). Informe de Gestión con Énfasis en la Garantía de los Derechos de la Infancia, Adolescencia y Juventud 2016-2019. Gobernación de Norte De Santander, Secretaria de Desarrollo Económico. <http://www.nortedesantander.gov.co/Portals/0/xBlog/uploads/2019/11/15/CIERRE%202019%20D01%20Dllo%20Econ%C3%B3mico.pdf>
- Plásticos: Propiedades y Ensayos. (2011). Tecnología de los plásticos. <https://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/listado-de-ensayos-normalizados.html>
- RAJA. (2019). Tipos de plásticos biodegradables en el mundo del embalaje. <https://www.rajapack.es/blog-es/tipos-plasticos-biodegradables/>
- Resolución 683 de 2012. (2012). Minsalud. <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/resolucion-0683-de-2012.pdf>
- Reyes Arteaga, K. (2020). Elaboración de bioplástico a partir de almidón durante el período 2011- 2019. Universidad César Vallejo, Perú. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/51799/Reyes_AKL-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ribeiro, S. (2021). El ensayo de color de llama. YuBrain. <https://www.yubrain.com/ciencia/quimica/el-ensayo-de-color-de-llama/>
- Rivera, A. (2020). 2020 y el paradigma del plástico: cuando por fin aumentó su reciclaje. Diari de Tarragona. <https://www.diaridetarragona.com/noticias/2020-y-el-paradigma-del-plastico-cuando-por-fin-aumento-su-reciclaje-20200221-0043.html>

Rodríguez, Y., y Báez, P. (2018). Aprovechamiento integral de la semilla de Mangifera indica l. de cuatro variedades cultivadas en el departamento de Tolima.

<file:///C:/Users/usuario/Downloads/T%200701%20425%20CD5781%20APROBADO%20YALILE%20CONSUELO%20A%CC%81VILA%20RODRIGUEZ.pdf>

Rojas, L., y Sánchez, K. (2019). Efecto de concentración de almidón de semillas de mango variedad Edward y almidón de yuca sobre las propiedades físicas y mecánicas de películas biodegradables. Universidad Nacional de Trujillo.

<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13426/Rojas%20Pashanasi,%20Paola%20Lizbeth.pdf?sequence=1>

Rosales, A. (2016). Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (Colocasia esculenta), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua. Universidad nacional autónoma de Nicaragua.

<https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>

Rovi Packaging. (2019). Ventajas e inconvenientes de las bolsas hidrosolubles.

<https://www.rovipackaging.com/blog/2019/12/03/ventajas-e-inconvenientes-de-las-bolsas-hidrosolubles/>

RuBenplast. (2019). Fabricación de plásticos y tipos.

<https://rubenplast.com/2019/05/14/fabricacion-de-plasticos-y-tipos/>

Ruiloba, I., Meilyn, L., Quintero, R., y Correa J. (2018). Elaboración de bioplástico a partir de almidón de semillas de mango. Universidad Tecnológica de Panamá.

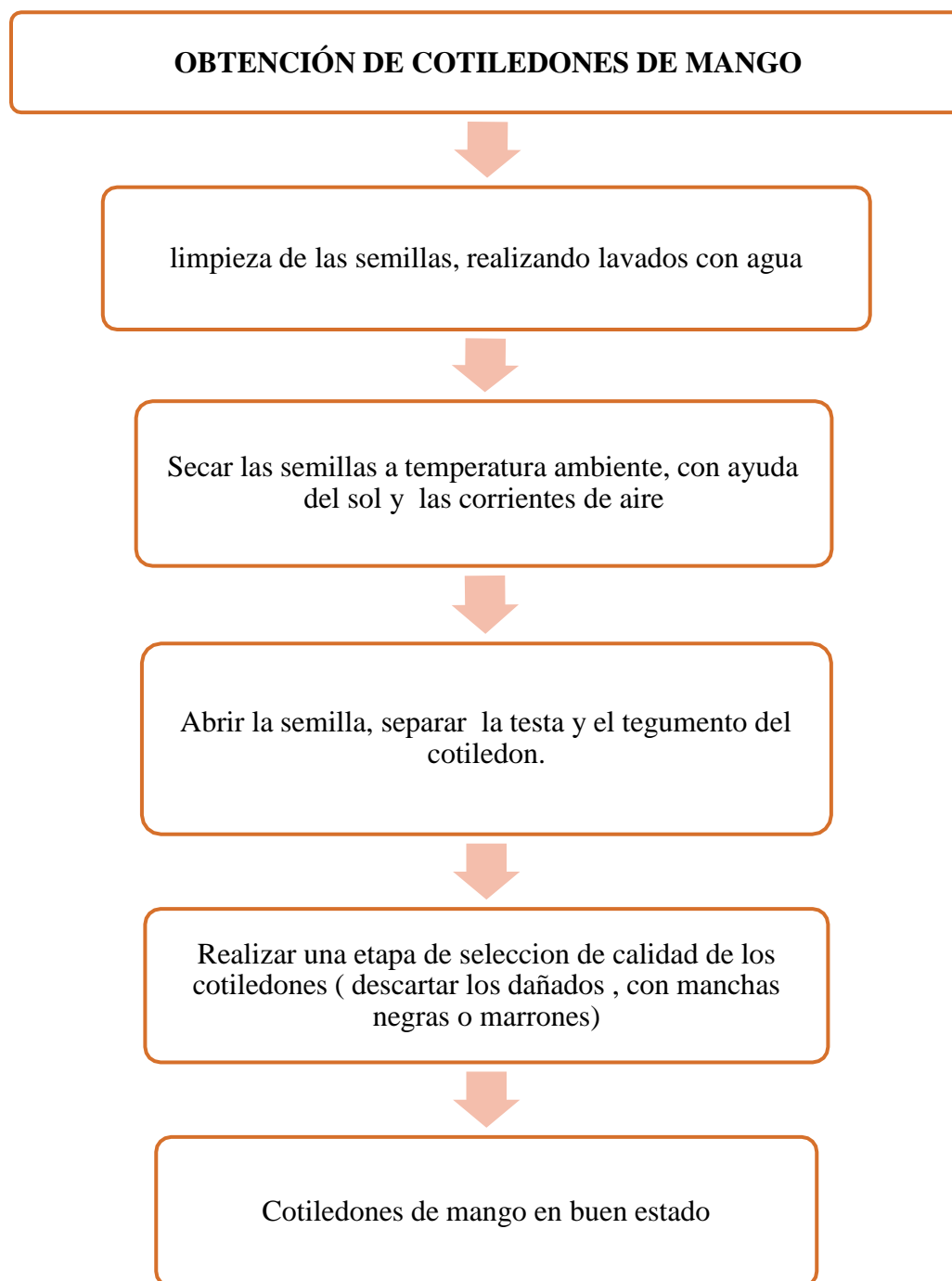
<file:///C:/Users/usuario/Downloads/1815-Texto%20del%20art%C3%ADculo-8742-2-10-20180710.pdf>

- Saavedra, J. (2000). Obtención y caracterización del almidón de la almendra del mango (Mangifera indica l.) variedad criolla. Universidad Nacional de San Martín. Perú.
<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/49/21'2'00045.pdf?sequence=1>
- Sánchez, J. (2020). Plásticos. Scribd. <https://es.scribd.com/document/475755473/Plasticos>
- Santos, M., Pérez, B., Arroyo, J., y Moreno, Y. (2013). Obtención de aceite de semilla de mango manila (Mangifera indica l.) como una alternativa para aprovechar subproductos agroindustriales en regiones tropicales. Revista Mexicana de Agro negocios.
<https://www.redalyc.org/pdf/141/14125584009.pdf>
- Soto, Y., y Pozo, J. (2015). Caracterización física y química de ocho tipos de mango (Mangifera Indica l) en el Municipio Valmore Rodríguez. Unidad de Investigación Agroalimentaria (PIAGROA).
http://150.185.9.18/fondo_editorial/images/PDF/ProgramaInvestigacion/MEMORIAS%201eras.%20JORNADAS%20CDCHT-UNERMB%20Libro%20completo.compressed.pdf#page=824
- UMAT. (2019). Espectroscopia de Infrarrojo. CICY.MX. <https://www.cicy.mx/unidad-de-materiales/servicio/espectroscopia-de-infrarrojo>
- VARIEDADES DE MANGO. (2019). FEDEMANGO. <https://www.fedemango.org/>
- Vásquez, I. (2005). Tipos de estudio y métodos de investigación. Universidad Federico Villarreal.
<https://www.gestiopolis.com/tipos-estudio-metodos-investigacion/>
- Velasco, D. y Cuesta, F. (2019). Aprovechamiento de semilla de mango en el desarrollo de galletas para consumo humano. Centro para la Formación Cafetera, Colombia.
<file:///C:/Users/usuario/Downloads/2945-Texto%20del%20art%C3%ADculo-16690-1-10-20210303.pdf>

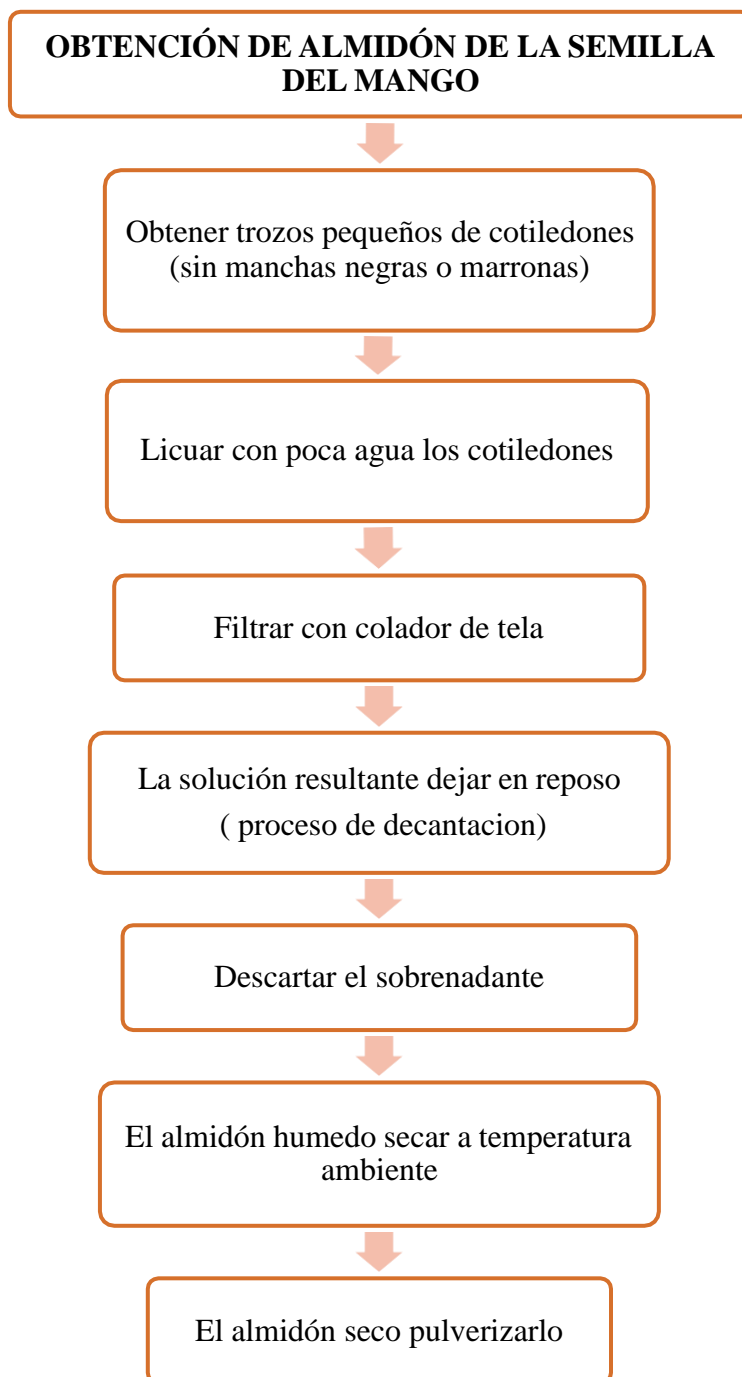
- Villalta, A. (2018). Evaluación de la biodegradabilidad de diferentes formulaciones de un bioplástico sintetizado, a partir del almidón obtenido de la cáscara de mango. Universidad de San Carlos de Guatemala; Guatemala.
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_1763_Q.pdf
- Zelaba, M. (2019). Aislamiento y propiedades de almidón de semilla de frutos. Universidad Nacional de Trujillo.
<https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/14874/Albujar%20Zelada%2c%20Manuel%20Alexander.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Zurrita, A., Badii, A., Guillen, O., y Garnica, A. (2015). Factores Causantes de Degradación Ambiental. Spentamexico. [http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10\(3\)1-9.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n3/A1.10(3)1-9.pdf)

Anexos

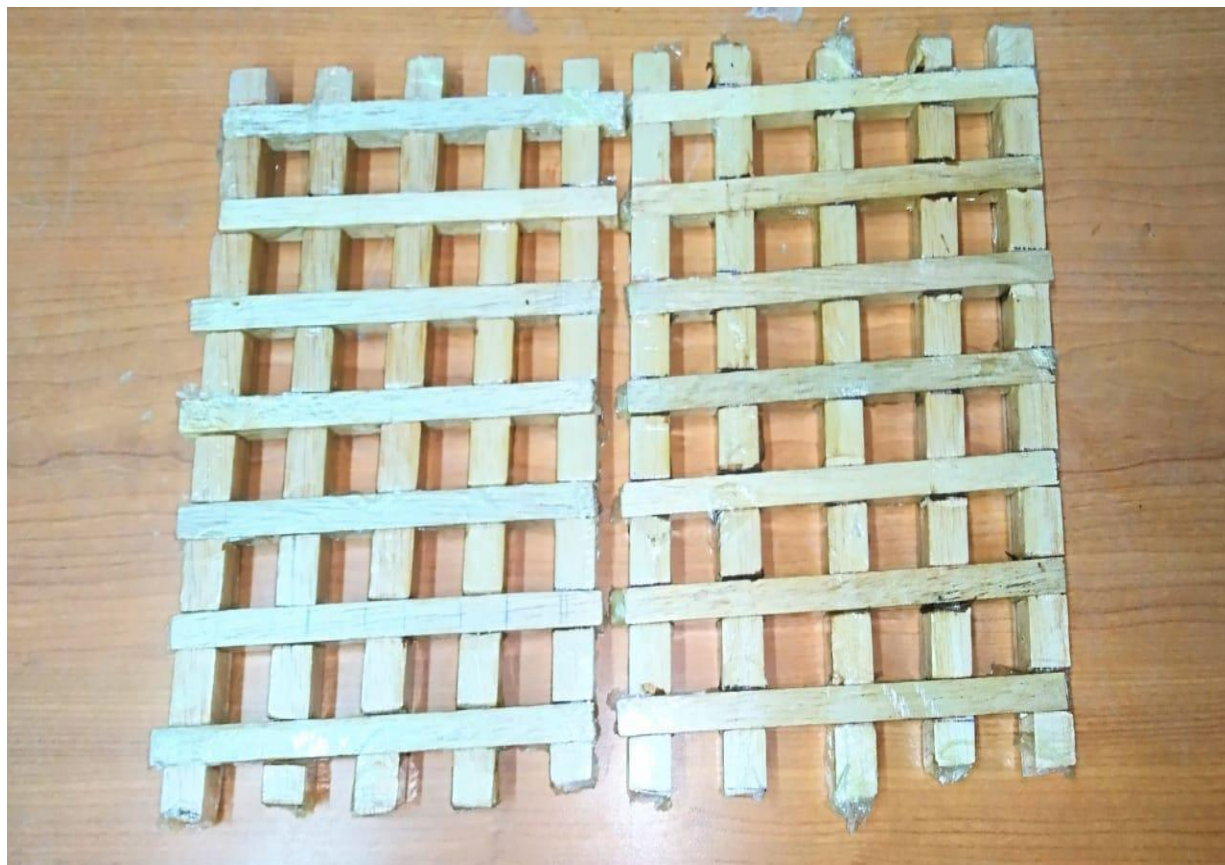
Anexo 1. Diagrama de flujo del proceso de obtención de cotiledones de mango



Anexo 2. Diagrama de flujo del proceso de obtención de almidón de la semilla del mango



Anexo 3. Moldes



Anexo 4. Control de laboratorio para ensayo de densidad de las dos formulaciones del bioplástico obtenido

CONTROL DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE DENSIDAD									
ENSAYO	MUESTRA	PESO (g)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD (g/ml)	ENSAYO	MUESTRA	PESO (g)	VOLUMEN (ml)	DENSIDAD (g/ml)
DENSIDAD DE LA PRIMERA FORMULACION	1	1,6	1,7	0,94	DENSIDAD DE LA SEGUNDA FORMULACION	1	1,6	1,7	0,94
	2	1,8	2,0	0,90		2	1,6	1,7	0,94
	3	1,8	2,0	0,90		3	1,9	2,0	0,95
	4	1,6	1,7	0,94		4	1,9	2,0	0,95
	5	1,6	1,7	0,94		5	1,9	2,0	0,95

Anexo 5. Control de laboratorio para ensayo de solubilidad de las dos formulaciones del bioplástico obtenido

CONTROL DE LABORATORIO PARA ENSAYOS DE SOLUBILIDAD									
ENSAYO	MUESTRA	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	SOLUBILIDAD (%)	ENSAYO	MUESTRA	PESO INICIAL (g)	PESO FINAL (g)	SOLUBILIDAD (%)
SOLUBILIDAD EN AGUA PRIMERA F.	1	1,5	0,9	40	SOLUBILIDAD EN AGUA SEGUNDA F.	1	1,6	1,1	31,25
	2	1,5	0,9	40		2	2,0	1,4	30,00
	3	1,7	1,0	41,18		3	2,0	1,4	30,00
	4	1,6	0,9	43,75		4	1,6	1,1	31,25
	5	1,6	0,9	43,75		5	1,9	1,3	31,58

Anexo 6. Control de laboratorio para ensayo de inflamabilidad de las dos formulaciones del bioplástico obtenido

CONTROL DE LABORATORIO PARA ENSAYO DE INFLAMABILIDAD		
ENSAYO	MUESTRA	RESULTADO
INFLAMABILIDAD PRIMERA FORMULACION	1	Presento una llama de color naranja, el color del humo fue blanco, continuaba ardiendo tras retirar de la llama, también goteaba y se ablando el bioplástico, además se mantuvo un olor agradable.
	2	Presento una llama de color naranja, el color del humo fue gris, continuaba ardiendo tras retirar de la llama, también goteaba y se ablando el bioplástico, además se mantuvo un olor agradable.
	3	Presento una llama de color naranja, el color del humo fue blanco, no continuo ardiendo tras retirar de la llama, se ablando el bioplástico y no se percibió un olor.
	4	Presento una llama de color naranja, el color del humo fue gris, continuaba ardiendo tras retirar de la llama, se ablando el bioplástico y no se percibió un olor.
	5	Presento una llama de color naranja, el color del humo fue gris, no continuo ardiendo tras retirar de la llama, también se presentó un burbujeo y se ablando el bioplástico, además tenía un olor agradable.
ENSAYO	MUESTRA	RESULTADO
INFLAMABILIDAD SEGUNDA FORMULACION	1	Presento una llama de color naranja, el color del humo fue blanco, continuaba ardiendo tras retirar de la llama, también goteaba y se ablando el bioplástico, además se mantuvo un olor intenso desagradable.
	2	Presento una llama de color naranja, no se observó humo, continuaba ardiendo tras retirar de la llama, también se ablando el bioplástico, además se mantuvo un olor agradable.
	3	Presento una llama de color naranja, el color del humo fue gris, continuaba ardiendo tras retirar de la llama, también presentó un burbujeo y se ablando el bioplástico además se mantuvo un olor intenso desagradable.
	4	Presento una llama de color naranja, el color del humo fue gris, continuaba ardiendo tras retirar de la llama, también presentó un burbujeo y se ablando el bioplástico además se mantuvo un olor a vela recién apagada.
	5	Presento una llama de color naranja, el color del humo fue gris, no continuo ardiendo tras retirar de la llama, se ablando el bioplástico, además se mantuvo un olor intenso desagradable.

