



Propuesta metodológica para la obtención de un material compuesto a partir del pseudotallo y hojas generados en el cultivo de plátano de la variedad Dominico Hartón, en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta.

Brenda Johana Salamanca Ruiz
Laura Lucia Vera Guachetá

**Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá D.C
Octubre 16 de 2019**

Propuesta metodológica para la obtención de un material a partir del pseudotallo y las hojas generados en el cultivo de plátano de la variedad Dominico Hartón, en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta.

**Brenda Johana Salamanca Ruiz
Laura Lucia Vera Guacheta**

**Trabajo de investigación presentado como requisito parcial para optar al título de:
Ingeniero Ambiental**

**Director (a):
José Francisco Ibla Gordillo, cPhD**

**Línea de Investigación:
Gestión Ambiental Integral**

**Universidad El Bosque
Facultad de Ingeniería
Programa Ingeniería Ambiental
Bogotá, Colombia
2019**

Acta de sustentación



SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE GRADO

ACTA No: 1123

El día **28 OCT 2019**, en las instalaciones de la Universidad El Bosque, se desarrolló la sustentación del trabajo de grado titulado **PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA OBTENCIÓN DE UN MATERIAL COMPUESTO A PARTIR DEL PSEUDOTALLO Y HOJAS GENERADAS EN EL CULTIVO DE PLÁTANO DE LA VARIEDAD DOMINICO HARTÓN, EN LA FINCA LAS PALMAS, FUENTE DE ORO, META**, escrito por **BRENDA JOHANA SALAMANCA RUIZ, C.C. 1015458725** y **LAURA LUCIA VERA GUACHETA, C.C. 1121918253**, bajo la dirección de **JOSÉ FRANCISCO IBLA GORDILLO, C.C. 80241303**, como requisito parcial para optar por el título de Ingeniero Ambiental. El trabajo fue evaluado por los jurados **CAREL ELIZABETH CARVAJAL ARIAS, C.C. 1032411403** y **JHON FREDY ARIAS DUQUE, C.C. 75003493**, quienes deliberaron y concluyeron que cumple con los criterios de calidad, por lo que se determina que el trabajo es **Aprobado**.

En constancia, se firma en Bogotá, D.C., **28 OCT 2019**


KENNETH OCHOA VARGAS
Director
Programa de Ingeniería Ambiental




GERMÁN AGUDELO ASCENCIO
Secretario Académico
Facultad de Ingeniería



Nota de Salvedad de Responsabilidad Institucional

La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia.

(Dedicatoria)

Quiero dedicarle este proyecto, principalmente a mi mamá Carmen Cecilia, quien siempre me ha enseñado a ser una persona responsable, competente, amable y perseverante, dándome calma en los momentos más críticos; a mi papá Héctor, mi gran ejemplo de lucha constante por cumplir mis sueños sin importar adversidades, enfrentando cada problema con la mejor cara y buscando una solución para seguir adelante; mis abuelos paternos, Héctor y Rosalba, quienes siempre velaron por el futuro de mis primos y mí, siendo el motor de la familia y dándonos el mayor amor y apoyo con ejemplo de respeto por el prójimo y lucha constante; y finalmente, mas no menos importante, mis abuelitos maternos Manuel y Cecilia, muestra de amor eterno y ganas de vivir al máximo sin importar limitaciones, siempre con una sonrisa en la cara y la mejor actitud ante la vida. Mi gran familia, de la que me siento totalmente orgullosa y a la que admiro con todo mi ser, muchas gracias por su educación y ejemplo.

- **Laura Lucia Vera Guachetá**

A mis papás por confiar y apoyarme constantemente en cada paso de mi vida.

- **Brenda Johana Salamanca Ruíz**

Agradecimientos

Agradecemos principalmente a los señores Franklin Sarmiento y Gerardo Andrade, por su apoyo y colaboración para la recolección de muestras y aplicación de entrevistas; a la Universidad El Bosque y al personal de laboratorio de química, por su gestión y acompañamiento.

Igualmente, agradecemos al profesor José Francisco Ibla, quien nos apoyó y creyó en nuestro proyecto y en nosotras, ofreciéndonos guía y conocimiento valioso para el cumplimiento de nuestras metas.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias por el apoyo moral y económico para culminar exitosamente este proyecto de investigación.

Tabla de contenido

I. Resumen.....	11
II. Introducción.....	13
CAPITULO I. ELEMENTOS PRIMARIOS.....	14
I. Planteamiento del problema	14
II. Justificación	17
III. Pregunta problema.....	18
IV. Objetivos	19
CAPITULO II. FUNDAMENTOS PRELIMINARES.....	20
I. Marco de referencia.....	20
II. Metodología.....	30
CAPITULO III. DIAGNOSTICO DE LA GENERACIÓN DE RESIDUO	41
CAPITULO IV. DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN Y OBTENCIÓN DEL BIOPOLIMERO	58
CAPITULO V. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA.....	73
CAPITULO VI. CONSIDERACIONES FINALES.....	87
I. Conclusiones	87
II. Recomendaciones.....	88
Referencias bibliográficas	89
ANEXOS	92

Lista de Tablas

<i>Tabla 1. Marco legal aplicable</i>	28
<i>Tabla 2. Procedimientos para el diagnóstico de la generación de residuos de pseudotallo y hojas del cultivo de plátano, en la finca La Palmas en Fuente de Oro, Meta para</i>	33
<i>Tabla 3. Establecimiento del proceso de extracción del almidón a partir del pseudotallo y las hojas generados en el cultivo de plátano para la obtención de un material compuesto.</i>	34
<i>Tabla 4. Evaluación de las propiedades físicas y químicas del material compuesto obtenido.</i>	36
<i>Tabla 5. Tabla Metodológica. Fuente: Autores, 2019</i>	40
<i>Tabla 6. Entrevista realizada a los agricultores de la zona de estudio.</i>	46
<i>Tabla 7. Entrevista realizada a los agricultores de la zona de estudio.</i>	51
<i>Tabla 8. Entrevista realizada a los agricultores de la zona de estudio.</i>	55
<i>Tabla 9. Matriz de información</i>	59
<i>Tabla 10. Variables de procedimientos de extracción del almidón</i>	60
<i>Tabla 11. Valores de porcentaje de humedad y masa en condiciones húmedo y seco para pseudotallos.</i>	63
<i>Tabla 12. Valores de porcentaje de humedad y masa en condiciones húmedo y seco para hojas.</i>	63
<i>Tabla 13. Promedio del contenido de agua del material vegetal</i>	63
<i>Tabla 14. Valores de almidón extraído en cada ensayo para cada método.</i>	66
<i>Tabla 15. Clasificación de los porcentajes de biocompositos</i>	70
<i>Tabla 16. Valores encontrados para porcentaje de humedad en cada polímero generado según método de extracción de almidón.</i>	77
<i>Tabla 17. Valores densidad encontrados para las tres composiciones de biocomposito.</i>	78
<i>Tabla 18. Comparación de densidades de biocompositos con otros polímeros.</i>	78
<i>Tabla 19. Comparación de densidad del bioplástico obtenido con otros polímeros.</i>	79
<i>Tabla 20. Valores calculados de concentración de almidón para los biopolímeros por medio de espectrofotometría según ecuación reportada en Sánchez, Reyna, Cervantes, Núñez, Talavera, & Simental, 2015.</i>	83
<i>Tabla 21. Valores calculados de concentración de almidón para los biopolímeros según curva de calibración.</i>	85

Lista de figuras

Figura 1. Árbol de problemas	16
Figura 2. Estructura química del almidón	22
Figura 3. Fases de un programa de producción más limpia	24
Figura 4. Partes de la planta de plátano	25
Figura 5. Embolsado del racimo de plátano en bolsa de polietileno	27
Figura 6. Imagen Satelital de los municipios de Fuente de oro y Granada, Meta.	29
Figura 7. Metodología para la Consolidación de los Objetivos de Investigación	32
Figura 8. Localización de finca Las Palmas y toma de muestras	43
Figura 9. Cultivo de plátano	44
Figura 10. Proceso productivo del cultivo del plátano.	47
Figura 11. Cuantificación de residuos (kg) generados al final de la fase de postcosecha del cultivo de plátano.	49
Figura 12. Producción estimada en Kg de bolsas de polietileno de baja densidad en el cultivo de plátano.	49
Figura 13. Encuesta realizada a trabajadores de la finca Las Palmas y la finca La pradera, respectivamente “¿Conoce usted la clase de residuos que se genera en el cultivo en el que labora, desde la siembra hasta la cosecha?”	50
Figura 14. Encuesta realizada a los trabajadores de la finca Las Palmas y la finca La Pradera respectivamente “¿Con qué frecuencia se realiza el manejo de los residuos en el establecimiento?”	52
Figura 15. Encuesta realizada a los trabajadores de la finca Las Palmas y la finca La Pradera respectivamente “¿Cree usted que en el cultivo donde labora se les da una adecuada disposición a los residuos inorgánicos generados?”	53
Figura 16. Encuesta realizada a los trabajadores de la finca Las Palmas y de la finca La Pradera respectivamente “¿Cuál alternativa considera usted adecuada para la disposición de los residuos inorgánicos generados en el cultivo? (Residuos tales como tanques de pesticidas y venenos y bolsas para el recubrimiento del racimo)”	53
Figura 17. Ruta tóxica, y disposición final que siguen las bolsas de polietileno después de ser utilizadas en la labor del embolsado en la zona platanera del Quindío	54
Figura 18. Materia Vegetal	57
Figura 19. A. Cultivo de plátano finca Las Palmas B. Sacos de Polietileno de Baja Densidad en el cultivo de plátano de la finca Las Palmas.	57
Figura 20. Diagrama de flujo metodología de extracción del almidón de plátano	61
Figura 21. A Estado general de las muestras para procedimientos en laboratorio. B Corte del pseudotallo de plátano	62
Figura 22. A Contenido del porcentaje de agua de la materia vegetal del plátano muestra 1. B Contenido del porcentaje de agua de la materia vegetal del plátano muestra 2.	64
Figura 23. Métodos de extracción del almidón proveniente de pseudotallo y hojas: A. Método seco. B. Método húmedo por decantación. C. Método húmedo por centrifugación.	65
Figura 24. Almidón obtenido por el método húmedo decantado y centrifugado. A. Método seco B. Método húmedo decantado C. Método húmedo centrifugado.	66
Figura 25. Masa de almidón por los tres métodos	67
Figura 26. Biopolímero obtenido de la extracción de almidón por el método seco.	69
Figura 27. Biocompositos finales a partir de material vegetal y PEBD	71
Figura 28. Bioplástico obtenido de la extracción de almidón por el método húmedo por centrifugación.	72
Figura 29. Morfología del pseudotallo de la planta de plátano Dominico Hartón.	74
Figura 30. Morfología de la hoja del plátano.	74
Figura 31. Morfología de biocomposito 60% PEBD 40% PS	75
Figura 32. Morfología del biocomposito 60% PS 40% PEBD	75
Figura 33. Morfología del biocomposito 45% PEBD 55% PS	76
Figura 34. Morfología de Bioplástico.	76
Figura 35. Porcentajes de humedad encontrados según composición de biocomposito.	77
Figura 36. Comportamiento del % H del Biocomposito de 60% PEBD 40% PS.	80
Figura 37. Comportamiento del % H del Biocomposito 60% PS 40% PEBD	80
Figura 38. Comportamiento del % H de Biocomposito 55% PS 45% PEBD	81
Figura 39. Porcentaje de hinchamiento para bioplástico final.	81
Figura 40. Porcentaje promedio de hinchamiento de PEBD.	82

<i>Figura 41. Curva de calibración para determinar concentraciones de almidón (mg g^{-1} de MS) en tubérculos de Caladium bicolor.</i>	83
<i>Figura 42. Absorbancia de almidón.</i>	84
<i>Figura 43. Porcentaje de almidón en cada una de las extracciones.</i>	84
<i>Figura 44. Almidón presente en los biopolímeros encontrado por el método de Lugol: A. Método húmedo centrifugado B. hojas C. método húmedo por decantación D. método seco</i>	86

Lista de anexos

<i>Anexo 1. Cronograma de actividades</i>	92
<i>Anexo 2. Entrevistas realizadas</i>	93
<i>Anexo 3. Prueba de hinchamiento biocompositos</i>	97
<i>Anexo 4. Porcentaje de hinchamiento biocompositos</i>	97
<i>Anexo 5. Prueba de hinchamiento del bioplástico</i>	98

I. Resumen

El sector agrícola en Colombia ha crecido exponencialmente durante los últimos años, gracias a los avances en materia de desarrollo científico y tecnológico, a la consolidación de infraestructura básica y el acceso a recursos productivos (Procolombia, 2017). Actualmente uno de los productos fundamentales para el desarrollo del sector es el cultivo de plátano, para el año 2012 fue el tercer cultivo permanente con mayor área cosechada a nivel nacional representado en 3,2 millones de toneladas producidas (Finagro, 2014). Si bien la cantidad de fruto que se produce se relaciona con la cantidad de residuos orgánicos y residuos poliméricos encadenados con la técnica de embolsado implementada como principal práctica en la protección del fruto por el ataque de plagas, esto representa una búsqueda por concederle utilidad y aprovechamiento a los residuos orgánicos y poliméricos provenientes del cultivo de plátano. De acuerdo a lo anterior, se trazó como objetivo proponer una metodología para la obtención de un material compuesto a partir del pseudotallo y las hojas generados del cultivo de plátano en la finca Las Palmas localizada entre los municipios de Fuente de Oro y Granada. El proceso inició a partir del diagnóstico sobre la dinámica de la generación de los residuos del pseudotallo y las hojas en el cultivo; para ello se efectuó una salida técnica a la zona de estudio, en la cual se implementaron entrevistas a tres agricultores diferentes y observación participativa. Después, se estableció el mejor proceso de extracción de almidón a partir de la materia vegetal para la obtención de un material compuesto, para su posible aplicación en la etapa de cosecha en el cultivo de plátano. El material compuesto se clasificó en tres biomateriales, el primer material que se obtuvo fue el biopolímero, el cual no presentó una buena consistencia en su estructura, de esta manera se aprovechó este residuo para la elaboración del segundo material compuesto que fue el biocomposito, donde el material que mejor se ajustó en las pruebas físicas y químicas tuvo una combinación del material vegetal y las bolsas de polietileno a una proporción de 45% Polietileno de Baja Densidad y 55% Materia vegetal; y finalmente, se realizó el bioplástico obtenido mediante el proceso de extracción de almidón por el método de centrifugación, ya que fue el método con mejores características en la calidad del almidón.

Palabras clave: Proceso de extracción, almidón, material compuesto, pseudotallo y hojas de plátano.

Abstract

The agricultural sector in Colombia has grown exponentially in recent years, thanks to advances in scientific and technological development, the consolidation of basic infrastructure and access to productive resources (Procolombia, 2018). Currently, one of the fundamental products for the development of the sector is the cultivation of bananas, for 2012 it was the third permanent crop with the largest area harvested nationwide represented in 3.2 millions tons produced (Finagro, 2014). Although the amount of fruit that is produced is related to the amount of organic waste and polymeric waste chained with the bagging technique implemented as the main practice in the protection of the fruit by the attack of pests, this represents a search to grant utility and use to organic and polymeric waste from banana cultivation. According to the foregoing, it was intended to propose a methodology for obtaining a composite material from the pseudo stem total and the leaves generated from the banana crop in the Las Palmas farm located between the municipalities of Fuente de Oro and Granada. The process began from the diagnosis on the dynamics of the generation of pseudotallo residues and leaves in the crop; For this, a technical exit was made to the study area, in which interviews with three different farmers and participatory observation were implemented. Then, the best starch extraction process was established from the plant material to obtain a composite material, for its possible application at the harvest stage in the banana crop. The analyzed materials that best fit were the biocomposite with a combination of the plant material and the polyethylene bags at a proportion of 45% Low Density Polyethylene and 55% Vegetable matter; and the bioplastic obtained by the starch extraction process by the centrifugation method.

Keywords: Biopolymer, biocomposite, bioplastic, pseudo stem and leaves

II. Introducción

Actualmente una de las principales fuentes que generan residuos en Colombia, es la industria agrícola, de la que provienen raíces, tallos, hojas o cualquier otra parte de la planta que no son utilizados, al igual que residuos considerados peligrosos, como lo son bolsas con pesticidas y tanques de insumos agrícolas; la mayoría de estos subproductos son fruto de actividades realizadas en cultivos de arroz, café, banano, entre otros que se convierten en desechos, por no darles una adecuada utilización. De este modo, los residuos orgánicos que se generan en estas actividades, se descomponen y son reincorporados al suelo reparando las propiedades del mismo como una especie de abono, siendo este su uso más frecuente (Velasteguí, A. J. H., Arévalo, A. E. B., & Bloisse, S. Y. T. 2017).

Por otro lado, Colombia por ser un país de vocación agrícola y debido a su clima tropical, se presenta un uso indiscriminado de plaguicidas y un desconocimiento del tema por parte de los usuarios, así mismo presenta un déficit en el manejo de estas sustancias y sus residuos. Esto debido a que, comúnmente estos residuos son abandonados en los campos agrícolas, cuerpos de agua, quemados al aire libre, enterrados o dispuestos en rellenos sanitarios, generando focos de contaminación (Arango, A. 2015).

Teniendo en cuenta lo anterior, se busca ejecutar una propuesta acogiendo la línea de investigación de gestión integral sustentable. La solución reside en la elaboración de un material compuesto funcional en el cultivo de plátano de la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta, gracias a la necesidad por resolver problemáticas presentes en la actividad agrícola. De esta manera, se busca implementar el aprovechamiento de los residuos orgánicos generados por el cultivo, con el fin de suministrarles utilidad y así mismo, obtener un material sostenible que pueda generar una oportunidad en la consolidación de nuevo conocimiento en técnicas de aprovechamiento.

El proyecto de investigación, expone el desarrollo de la propuesta metodológica para la obtención de un material compuesto con una posible aplicación en la cosecha del cultivo de plátano. El proceso se constituye con el diagnóstico sobre la generación de los residuos por la actividad agrícola del cultivo de plátano en la finca Las Palmas, mediante una visita técnica, observación participativa, documentación y demás elementos que permiten concebir con mayor claridad los procesos que se llevan a cabo en los cultivos. En segunda instancia, se consolida el material compuesto, clasificado en tres biomateriales realizados a partir del pseudotallo y las hojas, derivados del cultivo de plátano con una potencial funcionalidad en su aprovechamiento.

CAPITULO I. ELEMENTOS PRIMARIOS

I. Planteamiento del problema

Actualmente la agricultura continúa representando un nivel de importancia muy alto, según estadísticas de la FAO 2570 millones de personas dependen de la agricultura, la caza, la pesca o la silvicultura para su manutención, abarcando a las personas que desempeñan el trabajo y a la familia a cargo que no tiene empleo, lo cual representa el 42 % de la humanidad. La agricultura fomenta considerablemente a la economía de países en desarrollo, pero no tiene solo aportes económicos, ya que beneficia el hábitat y el paisaje, la conservación del suelo, la ordenación de las cuencas hidrográficas, la retención de carbono y la conservación de la biodiversidad. (FAO, s. f.)

En Colombia según cifras del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, cerca de cuatro millones de hectáreas, están destinadas a la actividad agrícola; de ellas, aproximadamente el 44% corresponde a cultivos transitorios, el 39% a cultivos comerciales (banano de exportación, cacao, caña de azúcar, tabaco negro de consumo interno y exportación, palma africana, caña panelera, cocotero, plátano, yuca, frutales y cacao), y un 17% al cultivo de café (IDEAM, 2009). El cultivo de plátano en Colombia, ha contribuido al sector tradicional de la economía campesina de manera considerable, ya que ha beneficiado tanto a pequeños como a grandes productores generando 308.130 empleos directos y 792.335 empleos indirectos, gracias a que es el cultivo frutal más sembrado en el país y de igual manera es fundamental para la seguridad alimentaria del mismo. Actualmente, alrededor del 4,9% de la producción de plátano es exportada a países como Bélgica, Reino Unido y Estados Unidos (León-Agatón, L., Mejía-Gutiérrez, L. F., & Montes-Ramírez, L. M. 2015).

En cuanto a su generación, Colombia ocupa el 4 lugar en producción y rendimiento de plátano a nivel mundial. En el país están identificadas cuatro áreas productoras principales de este cultivo, Zona De Urabá y Noreste De Antioquia, Zona Centro, Zona Llanos Orientales y Zona Sur Del Cauca, donde en los últimos cuatro años el rendimiento del cultivo de plátano se ha incrementado alrededor del 26% gracias a la implementación de modelos tecnológicos. Los principales departamentos productores de plátano son Quindío, Meta, Antioquia, Tolima, Caldas, Córdoba, Risaralda, Valle, Nariño y Cauca representando un 80% de la producción y el 65% del área sembrada en el país. El departamento con mayor producción de plátano en el país es el departamento de Arauca con 584.043 Ton /Año y el departamento con mayor rendimiento es el departamento del Meta con un rendimiento promedio 15,7 Ton para el 2018 (Ministerio De Agricultura y Desarrollo Rural, 2018).

El cultivo de plátano en el departamento del Meta se siembra de acuerdo a diferentes parámetros como la topografía del terreno, el clima, las características del suelo, expectativa de vida útil del cultivo y la calidad de la producción. Teniendo en cuenta las propiedades del cultivo el departamento del Meta, esta zona del país se caracteriza por tener monocultivos, donde se experimenta con grandes cantidades de 1.900 hasta 2.600 plantas por hectárea, con buenos resultados la mayoría de las cosechas (Ministerio De Agricultura y Desarrollo Rural, 2018). Así mismo, en el cultivo de plátano se utilizan bolsas de Polietileno de Baja Densidad (PEBD) impregnadas con clorpirifos al 1% como principal técnica para la protección del racimo al ataque de plagas que perjudican su cosecha (Torres, Bernal , & Castaño, 2001)

En concordancia con Perdomo, J., en todas las plantaciones de plátano se hace uso de una bolsa plástica impregnada con insecticidas y plaguicidas, con el fin de cubrir el racimo del plátano cuando este comienza el llenado, teniendo una importancia relevante para mejorar las condiciones en el plátano como

el aspecto físico, para la prevención del ataque de algunas plagas y para subir la temperatura, con el fin de mejorar el llenado de la fruta. A partir de esta técnica, surge la problemática en el incremento de residuos agrícolas y en la acumulación de residuos poliméricos, además de una falta de conocimiento sobre el aprovechamiento de los desechos en este importante sector, ya que Colombia es un país con un alto porcentaje de productos agrícolas es de vital importancia darles un valor agregado y no finalizar el ciclo de vida de estos residuos. Por tanto, Torres, A., Bernal, M. y Castaño, E., en el 2012 resaltan que las bolsas de polietileno presentan diferentes maneras de ser dispuestas, con grandes efectos negativos, los cuales son producto de la incorporación gradual de compuestos nocivos a los sustratos del suelo y aguas subterráneas. Estas bolsas mayormente son apiladas en el sitio de recolección del plátano a cielo abierto; otras son dejadas en el campo, debido a que no se retiran de los racimos que no son aptos para su comercialización por su bajo desarrollo fisiológico; también se dejan en las de plantas volcadas y en ocasiones estas bolsas también terminan en el suelo de plantaciones con un déficit de nutrientes o cultivos ubicados en pendientes, donde las precipitaciones continuas y la gran influencia de vientos hacen que sea de consideración el volcamiento de plantas.

Del mismo modo, Perdomo, J. 2017., también menciona que las entidades y empresas responsables del manejo post consumo de estos residuos, no han demostrado eficiencia ni acciones contundentes para evitar el impacto ambiental que está generando, porque no se está dando el adecuado manejo y disposición final, por la falta de intervención de quienes tienen la obligación y la responsabilidad de hacerlo, tanto de los comercializadores de la bolsa, como de quienes tienen el deber de hacer cumplir las normas para su manejo post cosecha. Adicionalmente, los residuos orgánicos que se generan en los cultivos de plátano en diferentes oportunidades no son aprovechados, ya que, pasan a convertirse en un residuo donde se acumulan y degradan finalizando su ciclo de vida, generando un problema. En los cultivos de plátano se desperdicia del 70% al 80% de la biomasa total por hectárea, donde el porcentaje de residuos por cada parte que constituye la planta se divide así: 87% de residuos foliares (hojas de plátano), 65% de vástagos, 52% de segundas y terceras (ramificaciones) y 79% de pseudotallos; teniendo en cuenta lo anterior, anualmente 250 toneladas de plátano se pierden gracias a daños patológicos o por no cumplir con las expectativas estéticas para su comercialización (Macías, 2016)

Resaltando la problemática planteada, sobre la acumulación de residuos poliméricos, aproximadamente 30 millones de bolsas plásticas, que son utilizadas anualmente para el embolsado del racimo del plátano en el Meta, están ocasionando impactos ambientales negativos. De acuerdo con Moreno, J., quien afirma en EL ESPECTADOR, en el 2015 que se realizó una jornada de recolección de bolsas plásticas usadas para el embolsado de racimos de plátano en El Guape, una pequeña vereda de Granada (Meta). Con esto se dimensionó el problema ambiental al que se enfrentan las autoridades relacionadas con la protección de la naturaleza. Únicamente en seis horas de actividades entre los campesinos se recogieron 3 ton de estas bolsas.

En el municipio de Granada, región con alto rendimiento en el cultivo de plátano, a pesar de existir políticas para el manejo y disposición final de este insumo de uso agrícola, no se han tomado las medidas para exigir la implementación y lograr disminuir el impacto ambiental que está generando y que cada día es mayor. Desde las entidades ambientales, tanto del orden nacional, departamental y local no existen controles que exijan a importadores de químicos, fabricantes de bolsas, comercializadores y consumidores finales como son los agricultores, no se ha tenido éxito en el manejo y disposición final de este insumo postcosecha, que es considerado un residuo sólido peligroso, por su contenido químico (Clorpirifos), ingrediente activo, órgano fosforado y está catalogado toxicológicamente en categoría 4 (bajamente tóxico) y no puede ser enterrando, quemado y ni arrojado en tierra, mucho menos en

vertientes agua, que es lo que se viene detectando en el área en las fincas productoras de plátano (Perdomo, J. 2017).

A partir de lo anterior, se evidencia la necesidad de desarrollar una metodología que permita aprovechar los residuos orgánicos y poliméricos que se generan en la producción del plátano, como lo son el pseudotallo, las hojas y los sacos de Polietileno de Baja Densidad, producidos en la etapa de desarrollo y la etapa final de la cosecha, debido a la acumulación de residuos poliméricos y al desaprovechamiento de residuos orgánicos que se evidencia en la zona de estudio. De esta manera, con el manejo de los residuos mencionados anteriormente se busca diseñar un material compuesto con posible aplicación en la cosecha del cultivo de plátano. Con ello, se pretende contribuir en el desarrollo de soluciones a problemas de acumulación de residuos poliméricos; además de promover el aprovechamiento de materiales sostenibles con mejores condiciones para el ambiente.



Figura 1. Árbol de problemas
Fuente: Autores, 2019

II. Justificación

Debido a las crecientes exigencias de los consumidores del mercado mundial en las características externas e internas del producto del plátano ha conllevado a realizar diferentes labores en el cultivo, garantizando la calidad de los frutos. Debido a lo anterior, los agricultores implementan una técnica de embolsado de los racimos con plásticos convencionales los cuales contienen plaguicida, durante un periodo de tiempo relativamente corto, con el objetivo de mejorar el aspecto y el peso del racimo, el diámetro de los frutos, también evitar daños por roce y ataque de insectos y finalmente al mismo tiempo mejorar la apariencia de los frutos en cuanto a coloración y brillo (Hidalgo, E. 2012).

Adicionalmente a esto, la falta de conocimiento en cuanto al uso y manejo de los plásticos sintéticos utilizados en el embolsado del racimo de plátano han ocasionado problemas principalmente en la manera en cómo son dispuestos, provocando una acumulación desmedida de estos en el suelo, a su vez generando alteraciones en las características físicas y biológicas del mismo; esto como resultado de la composición de este tipo de materiales, los cuales son no biodegradables formados por macromoléculas de gran estabilidad estructural, fabricadas a partir de sustancias petroquímicas, que pueden tardar en degradarse más de medio siglo (Hidalgo, E. 2012).

Por lo tanto, Hidalgo, E. en el 2012, resalta que debido a la contribución significativa que los plásticos sintéticos representan en la actual problemática de contaminación ambiental provocada por desechos sólidos no biodegradables, se ha impulsado la búsqueda de sustitutos biodegradables, para ser utilizados durante la precosecha y postcosecha de frutas y hortalizas, dentro de los cuales el almidón es una de las alternativas más promisorias.

Entonces, se ha propuesto reemplazar los plásticos convencionales por bioplásticos elaborados a partir de fibras naturales. en concordancia con lo anteriormente dicho, Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcillo, J., Núñez, N., Peñaloza, S., afirman que el bioplástico, fabricado a partir de almidón de plátano comparte las características con los elaborados a través de derivados de petróleo. La mayor diferencia entre el plástico que actualmente se fabrica y el producido con base en almidón, es que el segundo es completamente biodegradable y no tóxico, una vez degradado puede usarse incluso como material de abono. Esta ventaja proviene, precisamente, en el origen vegetal de la materia prima, lo que reduce la dependencia del petróleo, que desde décadas domina la sociedad. Además, el bioplástico tiene su apuesta en el desarrollo sostenible, pues las grandes emisiones de dióxido de carbono durante la producción del plástico convencional se reducen con la producción de bioplásticos entre 0.8 y 3.2 toneladas (Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutiérrez, R., Morcillo, J., Núñez, N., Peñaloza, S. 2015). Por otro lado, la elaboración de biocompositos promueve el uso de materiales más sostenibles a partir de materia prima vegetal y polimérica que no es aprovechada y se encuentra en las zonas de los cultivos, originando una excelente alternativa en el manejo de esta clase de residuos.

A partir de la situación anteriormente descrita, se busca proponer una metodología de extracción del almidón de los residuos de pseudotallo y hojas que se genera el cultivo de plátano después de la cosecha, para así poder elaborar un biomaterial que permita reducir la acumulación de residuos poliméricos presentes en el cultivo de plátano en la finca las palmas en Fuente de Oro, Meta, mediante una propuesta metodológica para la obtención de un material compuesto, encadenado a la evaluación de propiedades físicas y químicas del material, con una posible aplicación en la cosecha del cultivo. En este sentido, la

presente propuesta pretende dar una alternativa de aprovechamiento de los residuos orgánicos originados en el cultivo de plátano para así reducir la cantidad acumulada de estos en el origen y así brindarles mayor utilidad a estos. En el desarrollo del proyecto fue de vital importancia la colaboración del semillero ARPEMS como espacio académico y de investigación en el cual se consolidó la idea del proyecto gracias a que su visión desde la química y la ingeniería ambiental, tiene experiencia en el desarrollo de nuevos materiales empleando residuos de biomasa y haciendo transformación química y física.

Teniendo en cuenta los argumentos que consolidan la investigación, el impacto de este proyecto se contempla bajo principios de producción más limpia y por los objetivos de desarrollo sostenible, en especial por el objetivo número 12 de Producción y consumo responsable, mediante el cual se busca reducir la generación de desechos y fomentar el uso eficiente de los recursos y la energía, la construcción de infraestructuras que no dañen el medio ambiente, la mejora del acceso a los servicios básicos y la creación de empleos ecológicos, justamente remunerados y con buenas condiciones laborales (ONU, 2016). Estos factores se encuentran alineados con el proyecto y asimismo justifica la contribución desde el perfil de la ingeniería ambiental, ya que con la propuesta metodológica del aprovechamiento del pseudotallo y las hojas generadas en el cultivo de plátano para la elaboración de un material compuesto, se contribuye a minimizar la acumulación de residuos poliméricos y darles un nuevo manejo en el proceso de disposición final.

III. Pregunta problema

¿Cuál es la metodología de obtención de un material compuesto a partir del pseudotallo y las hojas generados en el cultivo de plátano de la variedad Dominico Hartón, que permita mejorar las prácticas de aprovechamiento de estos residuos en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta?

IV. Objetivos

Objetivo general

Proponer una metodología para la obtención de un material compuesto a partir del pseudotallo y las hojas generados del cultivo de plátano en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta.

Objetivos específicos

- Diagnosticar la dinámica de la generación de los residuos del pseudotallo y las hojas en el cultivo de plátano en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta.
- Establecer el proceso de extracción del almidón a partir del pseudotallo y las hojas generados en el cultivo de plátano para la obtención de un material compuesto.
- Evaluar las propiedades físicas y químicas del material compuesto obtenido para establecer su posible aplicación en el cultivo de plátano.

CAPITULO II. FUNDAMENTOS PRELIMINARES

I. Marco de referencia

Antecedentes

Los antecedentes se elaboraron realizando una recopilación de artículos y trabajos de investigación a nivel nacional e internacional, los cuales preceden y presentan relación directa o indirecta con la temática y objetivos tratados en la presente de investigación. Se realizó la selección rigurosa de distintos artículos y trabajos de investigación.

Donde, (Martínez & Charro, 2015) en la “Obtención de plástico biodegradable de almidón de patata”, en Quito, Ecuador, elaboró una película biodegradable por medio del almidón de patata. En la producción de la película se utilizó el almidón de la patata y diferentes plastificantes como la glicerina, bórax y alcohol polivinílico con el fin de identificar el plastificante que mejores características físicas, químicas, mecánicas y de compatibilidad poseía, arrojando como resultado que la glicerina fue el plastificante que mejor comportamiento presento, a esta se le adiciono melanina con el fin de mejorar las condiciones del material. Posteriormente después de la fabricación de la película se analizaron propiedades como espesor, permeabilidad, biodegradabilidad, solubilidad y tracción.

En conclusión, en el documento se puede identificar que las propiedades físicas, químicas y mecánicas presentan variaciones importantes teniendo en cuenta las concentraciones de almidón de patata y plastificante empleado. El almidón de patata es un buen material para la fabricación de películas por su buena compatibilidad con los plastificantes.

Es un trabajo que permite entender que material es un mejor plastificante de acuerdo al uso que se le vaya a dar a este. En el presente trabajo de investigación se usó la glicerina como plastificante por lo que es pertinente identificar propiedades como espesor, permeabilidad y biodegradabilidad para así determinar qué uso es el más adecuado para el material obtenido.

Igualmente, Alarcón H., Arroyo E. (2014), realiza su proyecto para “obtención de biopolímero de papa como una alternativa al desarrollo de materiales inocuos al medio ambiente”, en Lima, Perú, donde su objetivo general es la obtención de biopolímeros por medio de los almidones extraídos de la papa. En el estudio se realizó un análisis por medio de la técnica de espectroscopia IR para determinar si la yuca tenía mejores características de almidón que la papa arrojando que presentan las mismas características de almidón. Se escogió la papa porque es un tubérculo que se encuentra en abundancia en Perú. Se obtuvieron películas de un espesor aproximado de 50 μm , fuerza de tracción de 10 N y una elongación del 62%.

Se puede concluir que el almidón de la yuca y la papa presentan características muy similares y que es necesario realizar un tratamiento térmico a las películas para poder mejorar sus propiedades mecánicas.

Es necesario identificar las propiedades mecánicas del material fabricado en el presente trabajo de investigación para así determinar si es necesario realizar un tratamiento térmico que mejore la calidad del material y pueda ser implementado en mayor cantidad de productos.

Ya entrando en un contexto nacional, Guevara Lastre C. A., Velasco Rozo E. A., Rincón Acosta J. S. (2017), realizan la “Síntesis de bioplásticos a partir de almidones de yuca y ñame como alternativa a los plásticos comunes”, en Cali, Colombia donde el objetivo general de la investigación es la fabricación de bioplásticos por medio de los almidones de yuca y ñames. Se fabricaron películas con porcentajes de mezcla del 85% de agua, 5% agente plastificante y por último 10% de almidón. Se evidencio que el bioplásticos obtenido por medio del almidón de ñame presenta ciertas características como rigidez y poca flexibilidad con lo cual se puede concluir que los bioplásticos obtenidos del almidón de yuca presenta mejores propiedades físicas, químicas y mecánica.

Es importante comparar las características de los bioplásticos fabricados con residuos de plástico, yuca y ñame con el fin de identificar cual bioplásticos presenta mejores características y si estos podrían mezclarse entre sí para obtener mejores resultados y además conocer cuáles son los porcentajes más adecuados de agente plastificante.

Del mismo modo, Meneses J., Corrales C. M., Valencia M. (2007). en su trabajo “Síntesis y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca”, en Medellín, Colombia. tiene como objetivo general de la investigación es la elaboración de un polímero biodegradable por medio de almidón de la yuca teniendo en cuenta la metodología Taguchi. El almidón de yuca fue sometido a diferentes pruebas y se mezcló con reactivos que tienen sirven como plastificantes, desmoldantes, extensores, lubricantes, espesantes y humectantes. Las pruebas que se realizaron al polímero biodegradable se realizaron en un molino abierto, una prensa de vulcanización y una inyectora para que sea comparable con un polímero convencional. Se obtuvo un resultado de seis muestras de polímeros biodegradables con características particulares, las cuales fueron sometidas posteriormente a medición de sus propiedades mecánicas, químicas, físicas y de biodegradabilidad con el fin de establecer el uso que se les puede dar a los mismos en diferentes industrias.

En conclusión, la utilización de almidón de yuca para la fabricación de polímeros biodegradables es una idea viable, sin embargo, no se le debe dar un uso en el cual el material se vea demasiado expuesto al agua o cualquier tipo de humedad elevada. Lo que quiere decir que este polímero biodegradable puede ser un gran aporte en aras de la protección y el manejo adecuado del medio ambiente.

Es un trabajo que permite entender las fortalezas y debilidades para así aplicarlo en el presente trabajo de investigación es importante tener en cuenta que los biopolímeros presentan una clara afectación si se les da un uso en el cual estén expuestos al agua o a la humedad por lo que es prudente en la presente investigación identificar esta dinámica.

Marco conceptual

Polímero

Adicionalmente, García Vásquez, I. 2017, afirma que un polímero es una molécula muy grande o macromolécula constituida por la unión repetida de muchas unidades moleculares pequeñas o monómeros, unidas entre sí por enlaces covalentes formadas por reacciones de polimerización.

La mayoría de las sustancias orgánicas presentes en la materia viva, como las proteínas, la madera, la quitina, el caucho y las resinas, son polímeros; también lo son muchos materiales sintéticos como los plásticos, las fibras (Nailon), los adhesivos, el vidrio y la porcelana. Pero a pesar, de la gran variedad de

polímeros existentes, todos tienen una estructura interna similar y se rigen por las mismas teorías (Garcia Vasquez, I. 2017).

Biopolímero

Los biopolímeros son materiales fabricados con materiales provenientes de fuentes renovables, los cuales son generados por sistemas biológicos, o pueden ser sintetizados químicamente a partir de materiales de origen renovable. Por esto, se resalta una característica la cual es su degradación temprana, en lapsos de tiempo desde semanas a pocos meses (Cruz-Morfin, R., Martínez-Tenorio, Y., & López-Malo, A. 2013).

Almidón

El almidón es el segundo polisacárido más abundante, se encuentra ampliamente distribuido en las plantas donde es almacenado como hidratos de carbono en las semillas, frutas, tubérculos, raíces, hojas y tallos. Se encuentran a habitualmente en forma de agregados de polímeros unidos intermolecularmente mediante enlaces de hidrógeno. Químicamente la molécula de almidón está constituida por dos tipos de polisacáridos, la amilosa y la amilopectina.

La amilosa, es la parte soluble en agua y representa del 16-35% de la materia que constituye al almidón. Está formada por 200 a 300 residuos de glucosa unidos por enlaces $\alpha 1 \rightarrow 4$ en forma de cadenas no ramificadas, las que por su configuración α en el C-1 forman una hélice de 6 a 8 residuos por vuelta. A diferencia de la amilosa la amilopectina es ramificada, constituye el 64-85% del almidón total, es prácticamente insoluble, y se coagula en forma de un gel. En esta molécula cada 20 a 25 residuos de glucosa, en promedio, existe una unión a otras cadenas por un puente $\alpha 1 \rightarrow 6$. Así se forma una estructura ramificada que al igual que la amilosa solo tiene un grupo anomérico 9 (OH). Las moléculas de amilopectina contienen cientos de miles de residuos de glucosa y su peso molecular puede superar los 10 Da (Garcia Vasquez, I. 2017).

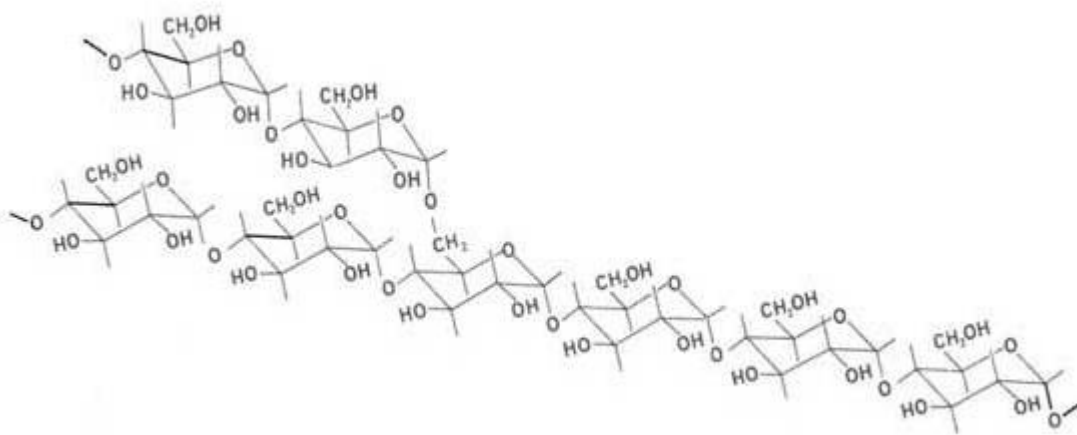


Figura 2. Estructura química del almidón
Fuente: (Calvo, 2010)

Bioplástico

Los bioplásticos se refieren a una doble sostenibilidad, por un lado, se consideran bioplásticos a aquellos provenientes de fuentes renovables, y por otro lado atienden a aquellos que tienen una degradabilidad natural eliminando así las acumulaciones de basura. Existen bioplásticos que integran ambas características, procediendo así de fuentes renovables y teniendo alta biodegradabilidad. Generalmente los bioplásticos se componen de una matriz polimerica, un plastificante y, adicionalmente, aditivos para mejorar las propiedades del bioplástico (Universidad de Sevilla, 2017)

Biopolímero

Los biopolímeros son materiales fabricados con materiales provenientes de fuentes renovables, los cuales son generados por sistemas biológicos, o pueden ser sintetizados químicamente a partir de materiales de origen renovable. Por esto, se resalta una característica la cual es su degradación temprana, en lapsos de tiempo desde semanas a pocos meses (Cruz-Morfin, R., Martínez-Tenorio, Y., & López-Malo, A. 2013).

Biocomposito

Los biocompositos son materiales compuestos, donde las fibras naturales juegan un papel de refuerzo. Se basa principalmente en la combinación de una matriz polimérica y una fase difusa correspondiente al tejido vegetal (Fazeli, 2019).

Plásticos sintéticos

De acuerdo con García Vasquez, I. en el 2017, define un plástico como aquel material que se fabrica a partir de un polímero (obtenido del petróleo), por lo general haciéndolo fluir bajo presión. Además, menciona que los plásticos son típicamente ligeros y químicamente inertes y pueden ser fabricados para ser rígidos, flexibles e impermeables. Como resultado de estas características, los plásticos han reemplazado al papel, vidrio y metal en muchas aplicaciones, además, estos tienen una larga vida y son resistentes a la degradación en ambientes naturales (García Vasquez, I. 2017).

Residuos orgánicos agrícolas

Según INEC (2015) “Se entiende por Residuos todos aquellos materiales o restos que no tienen ningún valor económico para el usuario, pero si un valor comercial para su recuperación e incorporación al ciclo de vida de la materia” (p. 6). Los residuos empiezan a denominarse como tal, cuando el generador decide rechazar o abandonar cualquier elemento considerado inútil, en estado líquido, sólido o gaseoso resultantes de algún proceso ya sea de producción, transformación o consumo, mismos que pueden ser recuperados y aprovechados económicamente siendo vendidos a las industrias recicladoras para ser convertidos en materia prima generadora de nuevos materiales (Velasteguí, A. J. H., Arévalo, A. E. B., & Bloisse, S. Y. T. 2017).

Marco teórico

Producción más limpia

La producción más limpia es la implementación de una estrategia ambiental de prevención la cual es integrada a servicios, productos y procesos en busca de la disminución del impacto negativo al ambiente,

presenta objetivos claros como son la reducción en la generación de residuos, ahorro de energía, aprovechamiento eficiente de los recursos y ahorro de los mismos, disminución de la contaminación en el agua, suelo y aire, etc. (Organización de las naciones unidas para el desarrollo industrial, 2008).

Estas estrategias de producción más limpia pueden ser implementadas en cualquier tipo de empresa sin importar su actividad económica o ingresos. Se implementan en las empresas cuando se observan situaciones puntuales como deficiencias para el manejo de la información, condiciones de seguridad inapropiadas, tecnologías obsoletas o poco eficientes, ineficiencias en el uso de energía o materia prima. Posteriormente después de identificadas las falencias mencionadas anteriormente en las empresas se proponen medidas de corrección y prevención (CEGESTI, 2010).

La implementación de un programa producción más limpia consta de siete fases que se interrelacionan entre si y la una depende de la otra para su correcto funcionamiento o puesta en marcha. Las siete fases se pueden observar con más detalle en la figura 2.

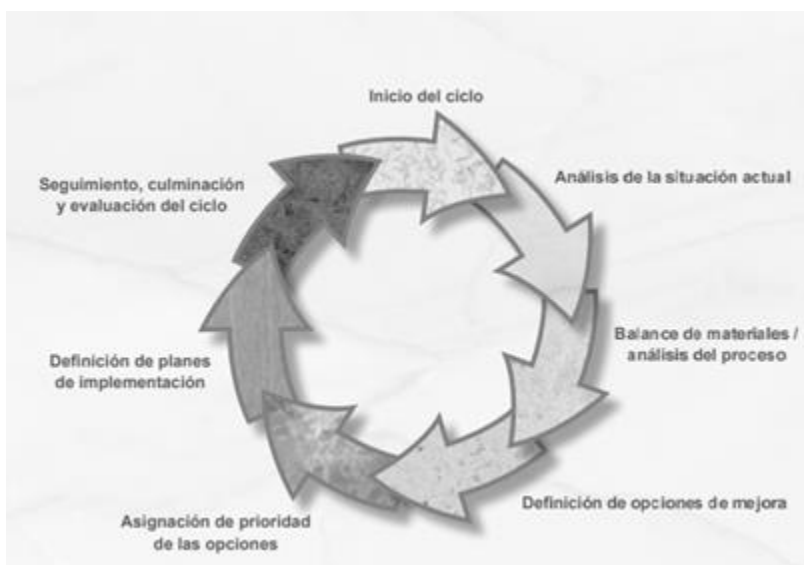


Figura 3. Fases de un programa de producción más limpia
Fuente: (CEGESTI, 2010)

El funcionamiento y éxito de un programa de producción más limpia con sus respectivas siete etapas dependerá del apoyo de la gerencia y los trabajadores por medio de capacitaciones continuas y análisis continuo de resultados. La empresa que cuenta con un programa de producción más limpia tiene muy esquematizados sus procesos, indicadores de calidad, grupos de trabajo organizados, capacitaciones, lo que permite tener una base para el desarrollo e implementación de un sistema de gestión ambiental teniendo en cuenta la norma ISO 14001 (CEGESTI, 2010).

Cultivo de plátano y los residuos generados

El plátano es una planta perteneciente a la familia de las musáceas que presenta un tallo subterráneo por el cual se desprende un pseudotallo; el tallo subterráneo o rizoma desprende raíces y yemas laterales que

más adelante formaran los retoños (Alvarez Córdova, 2010). El desarrollo de una planta de plátano presenta tres etapas las cuales son:

Fase vegetativa: Esta fase presenta una duración de seis meses, inicia la formación de raíces, pseudotallo y retoños (Alvarez Córdova, 2010).

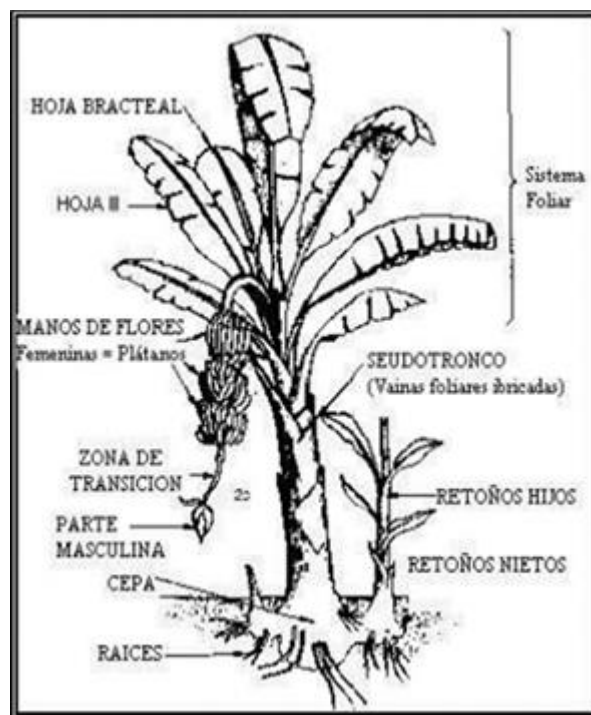


Figura 4. Partes de la planta de plátano
Fuente: (Solis Rosales, 2017)

Fase floral: Esta fase presenta una duración aproximada de tres meses y en esta el tallo floral se eleva del tallo subterráneo por medio del pseudotallo (Alvarez Córdova, 2010).

Fase de fructificación: Presenta una duración de tres meses y en esta fase se observan en detalle las flores masculinas y las flores femeninas y además se presenta una disminución gradual del área foliar (Alvarez Córdova, 2010).

La cosecha de plátano presenta una problemática ambiental importante pues se generan demasiados residuos en este proceso. Solo se utiliza entre el 20 % y 30% de la biomasa de un racimo quedando disponible un 70% u 80% por utilizar, generando repercusiones en el ambiente porque muchos de los residuos son dispuestos en cuerpos de agua cercanos o en el suelo sin ningún tipo de control, sin embargo, existen casos en los cuales los residuos son utilizados como abono o alimentación de ganado (Mazzeo Meneses, León Agatón, Mejía Gutiérrez, Guerrero Mendieta, & Botero López, 2010).

Existen múltiples usos para los residuos generados en la cosecha de plátano, algunas de las partes más usadas de la planta del plátano son el pseudotallo, raquis o vástago y los frutos verdes maduros residuales de la poscosecha

Pseudotallos: Presentan un buen porcentaje de fibra, la cual puede ser usada para la fabricación de ropa, papel, cordones, hilos o para los forros de interior de los automóviles.

Raquis o Vástago: Es comúnmente utilizado como alimento para ganado, aunque también se han desarrollado productos para consumo humano, es muy buena fuente de material fibroso lo que le permite ser fuente principal para la fabricación de materiales fibrosos como lo es el papel, artesanías o en algunos casos materiales de construcción.

Frutos verdes maduros o residuales de la poscosecha: Estos pueden ser usados para alimentación humana y animal en la fabricación de cremas, mermeladas, lácteos, bebidas alcohólicas, salsas, almidones, panes, helados, etc.

Embolsado del plátano

El embolsado del plátano se realizó en principio con el objetivo de proteger la fruta contra temperaturas muy bajas, control de plagas y efectos negativos por el uso de productos químicos en la zona, sin embargo, esta acción tomó más popularidad cuando se evidenció la reducción de tiempos en la fase floral y fase de fructificación y además aumento de crecimiento de los racimos tanto en peso como en longitud de los dedos (Soto, 1992). En la actualidad la razón por la cual se implementa el uso de bolsas de polietileno en los racimos de plátano es para generar un microclima que permita al racimo tener condiciones específicas de temperatura, humedad, luminosidad y barrera protectora para plagas (Torres Rodríguez, Bernal Vera, & Castaño Ramírez, 2012). Existen múltiples estudios en los cuales se analiza cuál debe ser el grosor y el color más adecuado de la bolsa de polietileno con el objetivo de obtener mejores resultados en la cosecha.

En el transcurso de los años se empezaron a implementar nuevas herramientas para proteger al racimo de plagas por lo cual se empezaron a aplicar insecticidas en el interior de las bolsas, sin embargo, esto provocó fitotoxicidad en la fruta provocando pérdidas en la producción. Esta problemática obligó a generar nuevos métodos de aplicación de los insecticidas como lo fue el impregnar las bolsas con sustancias como el clorpirifos, lo que garantizó una protección eficiente en la etapa de desarrollo de los racimos (Torres Rodríguez, Bernal Vera, & Castaño Ramírez, 2012).



Figura 5. Embolsado del racimo de plátano en bolsa de polietileno
Fuente: (Vézina & Baena, 2016)

El clorpirifico es un insecticida organofosforado muy utilizado en los hogares y en la agricultura. Son utilizados en las casas para el control de artrópodos, aunque también es usado en los collares antipulgas de los animales domésticos. El uso en la agricultura es para el control de garrapatas del ganado y control de plagas en los cultivos. Es un sólido blanco cristalino de aroma fuerte. No es soluble en agua por esto se mezcla en su gran mayoría de veces con aceites antes de ser aplicado en animales o en los cultivos, aunque también existen otros métodos de uso como lo son más microcápsulas. El clorpirifico es un ingrediente de varios insecticidas como lo son Dursban o Lorsban (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades, 1997).

Las bolsas de polietileno impregnadas con clorpirifico presentan varias dificultades o impactos negativos al ambiente como son:

- Las bolsas de polietileno provienen de un combustible fósil y son de difícil degradación por lo cual se debería replantear si es realmente necesario el uso de ellas.
- Las bolsas de polietileno impregnadas con clorpirifico deben ser tratadas como un residuo peligroso y no como en algunos casos que no se tiene un manejo especial y específico a estas.
- Los trabajadores deben utilizar los implementos de protección en todos los momentos en los cuales estén manipulando las bolsas impregnadas con el clorpirifico.

Es importante que se busquen nuevas alternativas para reemplazar las bolsas de polietileno impregnadas con insecticidas utilizadas en los cultivos de plátano porque es un material muy contaminante para el medio ambiente y la salud humana, es de difícil degradación y además necesita costos de manejo y disposición muy altos. El material que se quiera reemplazar por el polietileno debe presentar características muy similares que busquen brindar protección a los frutos de las plantas y que además genere un microclima específico para que estos puedan crecer más rápido.

Marco normativo

La normatividad aplicable para el presente trabajo de investigación tiene relación con temáticas como lo son uso y manejo de plaguicidas, manejo integral de residuos, manejo integral de residuos peligrosos, uso racional de materiales como plásticos y protección del medio ambiente en general:

Tabla 1. Marco legal aplicable

Norma	Tema
Constitución Política De Colombia de 1991	Establece principios ambientales
Decreto Ley 2811 de 1974	Código nacional de recursos naturales renovables y de protección al medio ambiente
Ley 99 de 1993	Ley general ambiental
Decreto 4741 de 2005	Prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral.
Decreto 1843 de 1991	Uso y manejo de plaguicidas
Decreto 1443 de 2004	Prevención y control de la contaminación ambiental por el manejo de plaguicidas y desechos o residuos peligrosos provenientes de los mismos
Decreto 1076 de 2015	Gestión integral de los residuos peligrosos, condecoración del reciclador, comparendo ambiental, licencias ambientales, emisiones por quema de residuos y plaguicidas.
Resolución 1407 de 2018	Gestión ambiental de los recursos de envases de empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y otras determinaciones.
Resolución 0043 de 2007	Registro de generadores de residuos o desechos peligrosos
Resolución 304 de 2012	Reglamenta la utilización de la bolsa plástica en el cultivo de banano y plátano en el departamento de Caldas
Resolución 1675 de 2013	Planes de gestión de devolución de productos posconsumo de plaguicidas
Resolución 668 de 2016	Uso racional de bolsas plásticas

Fuente: Autores 2019

Marco geográfico



Figura 6. Imagen Satelital de los municipios de Fuente de oro y Granada, Meta.

Fuente: Modificada de Google Earth, versión 2019

Este proyecto se llevará a cabo en la finca Las Palmas, ubicada en el municipio de Fuente de oro, el cual hace parte de la subregión del Ariari, la cual se encuentra localizada en el occidente del departamento del Meta. Su territorio es utilizado en su mayor parte a las actividades agropecuarias, siendo el arroz y el plátano los cultivos de mayor preponderancia para el municipio. Otros cultivos tradicionales que se ubican dentro del territorio son la palma africana, yuca, maracuyá, piña, papaya, maíz y soya. El municipio se encuentra fuertemente ligado a Granada, de la cual lo separan apenas 15 minutos por una excelente vía y que, por ser la capital del Ariari, le ofrece el acceso a bienes y servicios como la educación, el comercio y la telefonía. Por otra parte, sus principales mercados se encuentran constituidos por las ciudades de Villavicencio y Bogotá, las cuales demandan la mayor parte de sus productos, en especial tratándose del plátano y del arroz (Sistema integral de información departamental. sf).

El municipio de Fuente de Oro basa su producción agrícola principalmente en el cultivo del arroz seco, el plátano y de la palma africana. En total se sembraron en 2011, entre cultivos semestrales y permanentes, 20.042 hectáreas, un 3,79% menos que el área reportada para 2010 (Sistema integral de información departamental. sf).

II. Metodología

La metodología para la presente investigación se encuentra conformada por dos partes. Para empezar, se establece el diseño metodológico, donde se describen las herramientas bajo las cuales se orienta el desarrollo de la investigación. Dentro de las herramientas se encuentran el enfoque, alcance, unidad de análisis, dimensión, aspectos, variables, indicadores, técnicas e instrumentos. Las anteriores herramientas se apalancan de los referentes teóricos investigados.

Como segunda parte se presenta el plan de trabajo, en el cual se describen todas las actividades a realizar, para cumplir cada objetivo específico. Además, en este apartado se elaboran diagramas por fase y al finalizar se resume la información en una tabla.

Diseño metodológico

En este punto, se organizó la información de dos maneras, principalmente se estructuró de forma general el enfoque, alcance y unidad de análisis de la investigación. En segunda instancia se describe la relación entre los objetivos específicos y el alcance, describiendo por medio de tablas las variables trabajadas, con sus respectivas técnicas e instrumentos.

De acuerdo con Hernández Sampieri (2014), la investigación se define en un conjunto de procesos sistemáticos, críticos y empíricos que se aplican al estudio de un problema emergente, guiando al investigador en dirección de un enfoque a consideración. A consecuencia de esto, el presente proyecto de investigación adoptó un enfoque mixto, es decir, es tanto secuencial y probatorio como de recolección y el análisis de los datos. Considerando que ambos enfoques emplean procesos cuidadosos, metódicos y empíricos en su esfuerzo para generar conocimiento, se ha planteado un problema al que se le dará respuesta mediante el análisis y la vinculación de datos cuantitativos y cualitativos.

Debido a que el presente proyecto es una investigación mixta, se llevarán a cabo procesos tales como entrevistas profundas con el fin de analizar el conocimiento del administrador de la finca y de los trabajadores. Adicionalmente, este proyecto va desde lo particular a lo general, puesto que se va más allá de lo evidente, realizando la observación de la problemática de los residuos orgánicos tales como el vástago y las hojas que se generan en el cultivo de plátano, para posteriormente realizar investigaciones y experimentos metódicos que conducen a la formulación de una metodología de obtención de un material compuesto a partir de los residuos orgánicos analizados.

Por otra parte, en la propuesta metodológica para la obtención de un material compuesto a partir del pseudotallo y hojas generados en el cultivo de plátano, en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta., se han definido dos alcances, lo cuales son correlacional y descriptivo, descritos a continuación en base a lo explicado por Hernández sampieri, 2014.

Con relación a lo anteriormente dicho, el proyecto investigativo, presenta un alcance descriptivo dado que busca especificar las propiedades y las características del presente aprovechamiento de los residuos orgánicos generados en el cultivo de plátano, sometiénose a un análisis preciso para su posterior dimensionamiento. Al mismo tiempo se definió un alcance correlacional, ya que se busca dar a conocer la relaciones que este puede llegar a tener con dos o más variables, conceptos o categorías, esto explícito en dos conceptos de aprovechamiento y producción más limpia, al igual que se relaciona con la mejora

económica que la implementación de este proyecto trae para los propietarios de la finca Las Palmas (Sampieri, 2014).

En el desarrollo de la propuesta metodológica para la obtención de un material compuesto a partir del pseudotallo y hojas generados en el cultivo de plátano, en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta, fue indispensable definir un proceso consecutivo que permitiera cumplir con los objetivos planteados. Inicialmente, se determinó el diagnóstico sobre la generación de los residuos del pseudotallo y las hojas de plátano, con el fin de seleccionar el proceso de extracción del almidón para la obtención del biopolímero, y de esta manera, se especificaron las propiedades físicas y químicas del material compuesto para evaluar su posible utilidad en el sector platanero de la zona de estudio.

De este modo, la obtención del biopolímero mediante el proceso de extracción del almidón, fue relacionada con las propiedades físicas y químicas del material polimérico de baja densidad que se maneja en la etapa de cosecha en el cultivo de plátano, a partir de esta evaluación se logró establecer las características propias del material compuesto y de esta manera se obtuvo mayor claridad respecto al uso potencial que llegaría a tener en el cultivo de plátano de la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta.

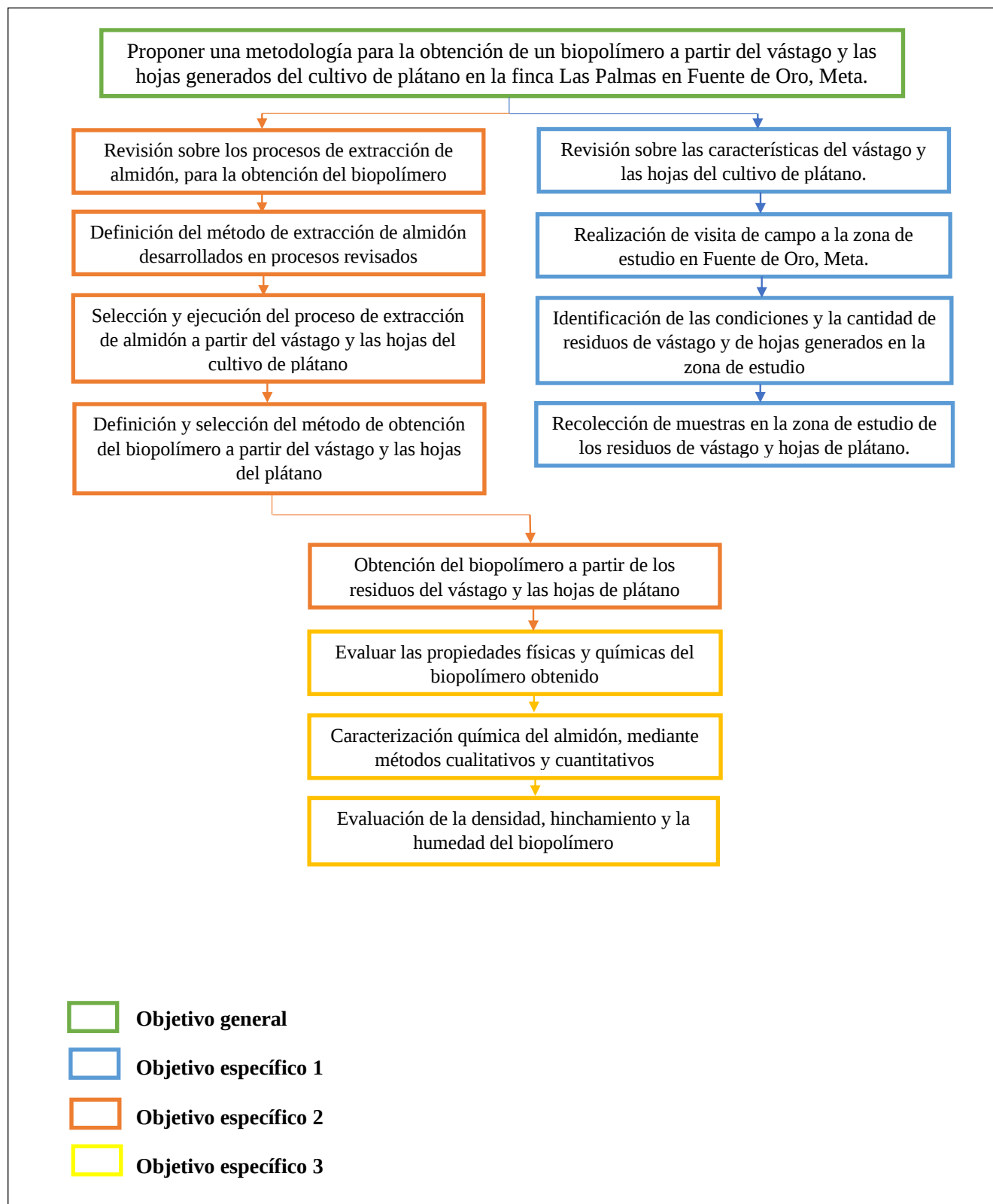


Figura 7. Metodología para la Consolidación de los Objetivos de Investigación
Fuente: Autores, 2019

Procedimiento para el cumplimiento Objetivo 1

Para alcanzar el primer objetivo específico, referente al diagnóstico de la generación de residuos de pseudotallo, hojas y residuos poliméricos del cultivo de plátano, en la finca La Palmas en Fuente de Oro, Meta, se ejecutaron los siguientes procedimientos expuestos en la tabla número 2.

En relación al enfoque que maneja el objetivo número uno, este es de carácter mixto, gracias a la particularidad de los elementos que se tuvieron en cuenta, como los datos obtenidos mediante entrevistas y encuestas en la zona de estudio, lo que permitió desempeñar análisis cuantitativos sobre los resultados recolectados. Por otro lado, se tomaron registros fotográficos sobre la dinámica del cultivo en la finca Las Palmas. La consolidación de este objetivo, tuvo un alcance explicativo, debido a que se realizó una descripción sobre la generación de los residuos orgánicos y poliméricos que se evidencian en el desarrollo del cultivo de plátano, mediante revisión bibliográfica, las entrevistas, encuestas y observación participativa que se evidenciaron en la salida técnica.

Tabla 2. Procedimientos para el diagnóstico de la generación de residuos de pseudotallo y hojas del cultivo de plátano, en la finca La Palmas en Fuente de Oro, Meta para

Procedimiento	Actividades	Entregable
Diagnóstico de la generación de residuos poliméricos y orgánicos en la finca Las Palmas.	Identificación de la zona de estudio, contextualización y estado actual sobre las dinámicas del cultivo de plátano, mediante revisión bibliográfica.	Información recopilada de los procesos exploratorios
	Programación de visita técnica a la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta	
	Visita de campo a la zona de estudio en Fuente de Oro, Meta	
	Elaboración de encuestas y entrevistas semiestructuradas sobre la generación de los residuos en el cultivo de plátano en la finca Las Palmas	
	Identificación de la condición y la cantidad de residuos del pseudotallo y las hojas del cultivo de plátano en la zona de estudio.	Muestras de pseudotallo y hojas de plátano recolectadas en la finca Las Palmas, en Fuente de Oro, Meta
	Ejecución en la toma de las muestras en la finca las palmas en Fuente de Oro, Meta.	
	Transporte de las muestras tomadas en la zona de estudio al laboratorio de la Universidad el Bosque.	

Fuente: Invima, 2017

Procedimiento para el cumplimiento Objetivo 2

Para conseguir el segundo objetivo específico, definido como el establecimiento del proceso de extracción del almidón a partir del pseudotallo y las hojas generados en el cultivo de plátano para la obtención de un material compuesto. El cual tiene un enfoque cuantitativo, ya que abarca la fase experimental respecto a la recopilación de datos netamente cuantitativos; se llevaron a cabo los procedimientos señalados en la tabla 3.

La obtención del material compuesto a partir del pseudotallo y las hojas del cultivo de plátano, se ejecutó de manera conjunta a los procedimientos expuestos en el desarrollo del primer objetivo específico, esto se debe a que el diagnóstico de la generación de los residuos permitió conocer las condiciones y características de la fibra vegetal con la que se trabajó, facilitando el proceso de extracción de almidón por los diferentes métodos. Teniendo en cuenta lo anterior el objetivo se caracteriza por tener un alcance experimental o de prueba, ya que se basa en la elaboración de un nuevo material con características desconocidas. Así mismo, tiene un diseño metodológico cuantitativo experimental, gracias a las múltiples pruebas que se llevan a cabo para su obtención.

Tabla 3. Establecimiento del proceso de extracción del almidón a partir del pseudotallo y las hojas generados en el cultivo de plátano para la obtención de un material compuesto.

Procedimiento	Actividades	Entregable
Caracterización de la muestra del pseudotallo y las hojas del cultivo de plátano.	Identificación del estado físico con el que llegaron los residuos para realizar el proceso de extracción del almidón de la materia vegetal.	Análisis de las condiciones del pseudotallo y hojas de plátano
	Recepción del pseudotallo y las hojas de plátano en un periodo de tiempo dentro de las siguientes 24-48 horas para evitar su deterioro fisiológico y/o microbiano (FAO, 2007)	Muestras de pseudotallo y hojas recolectados en la finca Las Palmas, entregadas en el laboratorio de Química Ambiental de la universidad El Bosque.
	El pretratamiento de las muestras consistió en observar y registrar la masa inicial del pseudotallo y las hojas mediante una balanza analítica. Posteriormente se introdujeron las muestras de pseudotallo y hojas en el horno de laboratorio a 70°C, con el fin de identificar la pérdida de humedad (Molina & Vasques, 2014).	Pérdida de peso de las muestras y porcentaje de pérdida de humedad por secado.
Revisión bibliográfica sobre las metodologías de	A partir del tema de investigación se realizó un proceso de revisión bibliográfica. Teniendo en cuenta cuatro etapas para su elaboración.	Proceso de elaboración de la revisión bibliográfica

extracción de almidón del plátano.	Primera etapa: definición de los objetivos de la revisión; segunda etapa: búsqueda bibliográfica; tercera etapa: organización de la información; cuarta etapa: redacción de las metodologías de extracción (Vera, 2009)	Metodologías de extracción de almidón por diferentes métodos, basados en artículos de investigación.
Obtención del biopolímero a partir de la extracción del almidón del pseudotallo del cultivo de plátano.	Para la elaboración del biopolímero se tuvieron en cuenta los siguientes componentes; almidón del pseudotallo de plátano, agua destilada, ácido acético (CH ₃ -COOH) y glicerina (Rosales, A. 2016).	Biopolímero a partir de pseudotallo y hojas del cultivo de plátano.
	Disposición de 10 g de almidón de pseudotallo y hojas de plátano, posteriormente se agrega 100 mL de agua destilada y finalmente se añade 10 mL de glicerina y 15 mL de ácido acético 0,1 M (Rosales, A. 2016).	
	Conservación de la mezcla durante 10 minutos aproximadamente en la placa calefactora, agitando continuamente, hasta alcanzar una mezcla viscosa (Rosales, A. 2016).	
	Extensión de la muestra en un recipiente plano para proceder al secado en la estufa a una temperatura de 40°C durante doce horas (Rosales, A. 2016).	
Elaboración del Biocomposito	Los materiales se realizaron mediante combinaciones entre el residuo vegetal del pseudotallo de plátano y el Polietileno de Baja Densidad de los sacos empleados en la técnica del embolsado en el cultivo de plátano.	Obtención del biocomposito, con tres clasificaciones diferentes en porcentaje de fibra vegetal y Polietileno de Baja Densidad
	La técnica para su elaboración se basó en la síntesis por compresión del material vegetal y los sacos de polietileno en un molde de acero inoxidable, el cual se dispuso en la mufla de calentamiento a una temperatura de 230°C para lograr su deformación del polietileno junto a la fibra vegetal; luego se moldo el material hasta adquirir la forma deseada. (Restrepo, Zuluaga, Castro,C, Velez, J, & Gañan, 2007).	

Fuente: Autores, 2019

Procedimiento para el cumplimiento del Objetivo 3

Finalmente, se ejecutaron los procedimientos para el último objetivo específico, entendido como la evaluación de las propiedades físicas y químicas del material compuesto obtenido en el segundo objetivo específico, para establecer su posible aplicación en la etapa de cosecha en el cultivo de plátano. Esta evaluación estableció un mayor acercamiento de las características del material para poder implementar en un futuro la metodología propuesta en los cultivos de plátano, específicamente en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta.

Tabla 4. Evaluación de las propiedades físicas y químicas del material compuesto obtenido.

Procedimiento	Actividades	Entregable
Caracterización química	Para cuantificar el almidón obtenido del residuo, se tienen en cuenta 2 métodos, descritos a continuación Método cuantitativo para determinar la concentración de almidón: Para determinar la concentración de almidón, se pesan 10 mg de materia seca en microtubos de 2 mL con una balanza analítica; se agrega 1 mL de agua destilada a la materia seca, mezclando en un Vortex a 6 500 rpm durante un min. Posteriormente la mezcla se hierve a 100 °C en una estufa eléctrica durante 10 min para permitir la gelatinización del almidón; enseguida se centrifuga a 2 500 rpm durante dos minutos para eliminar los restos de tejido. Del sobrenadante se toman 300 µl con una micropipeta, se colocan en un microtubo y se añaden 900 µl de etanol puro para precipitar el almidón; a continuación, se centrifuga el microtubo a 10 000 rpm durante 5 min y el sobrenadante se desecha. El almidón precipitado se vuelve a suspender en 1 mL de agua destilada con agitación vigorosa por 3 min en vortex. A los microtubos se les adicionan 50 µl de solución de yodo y el contenido se coloca en celdillas especiales para leer en espectrofotometría. Estas se introducen en el espectrofotómetro UV-visible y se lee la absorbancia a una longitud de onda de 595 nm. La concentración de almidón en las muestras se calcula usando la lectura de absorbancia de cada una de las muestras, guiadas de la gráfica propuesta por los autores y la siguiente ecuación: $y = 0,3063x - 0,0894 \quad (1)$ donde:	Resultados de la caracterización química del material obtenido en el objetivo número 2

	y = absorbancia de la muestra x= concentración de almidón (Sánchez, I. A. O., Reyna, V. D. P. Á., Cervantes, G. G., Núñez, L. M. V., Talavera, M. D. C. P., & Simental, J. A. C. 2015).	
	Método cualitativo para determinar la presencia de almidón: Para determinar cualitativamente la presencia de almidón en la muestra extraída del pseudotallo del plátano, se utilizó el método del Lugol. Este método consiste en la disposición de 4 g de muestra en un tubo de ensayo, posteriormente se adiciona agua y se agita vigorosamente, hasta alcanzar una mezcla casi homogénea. Después, se adiciona 1 mL de Lugol, se agita y se lleva a calentamiento en un mechero bunsen hasta alcanzar transparencia en la mezcla. Finalmente, se enfría el tubo de ensayo con agua de la llave, esperando una coloración azul, lo que indica presencia de almidón, o amarilla, indicando la ausencia de este. El reactivo de Lugol es utilizado para reconocer la presencia de almidón, porque esta sustancia absorbe el yodo produciendo una coloración azul intensa, coloración que desaparece al calentar, porque se rompe la estructura que se ha producido, pero vuelve a aparecer al enfriar (Martín-Sánchez, Martín-Sánchez, Pinto. 2012).	Cuantificación del porcentaje de almidón del material obtenido con anterioridad
Evaluación de la densidad, hinchamiento y la humedad del material compuesto obtenido mediante el proceso de extracción del almidón	El porcentaje de humedad se obtuvo mediante el método de pérdida de peso. El cual consistió en el pesaje inicial de la muestra (W_i) en una balanza analítica, donde el biopolímero paso a secarse en la estufa durante 2 horas a 100°C. Una vez que transcurre el tiempo se retiró de la estufa dejándolo enfriar en el desecador hasta alcanzar una temperatura ambiente y de esta manera se pesó nuevamente la muestra (W_f), con los datos registrados se calculó el porcentaje de humedad (% h) mediante la siguiente ecuación: $\% h = \frac{(W_i - W_f) \times 100}{W_i} \quad (2)$	Resultados del porcentaje de humedad y cuantificación de la densidad del material

	Determinación de la densidad por el método de la probeta	
	El procedimiento de la densidad se llevó a cabo por triplicado, inicialmente se pesó el biopolímero en una balanza analítica, donde se introdujo el sólido en una probeta (Osorio, 2009).	
	Una vez el sólido está sumergido se observó el desplazamiento del volumen que se identifica en la probeta después de haber introducido el biopolímero (Osorio, 2009). La densidad de cada muestra se determinó mediante la siguiente ecuación: $D = \frac{m}{V_f - V_i} \quad (3)$	
	Determinación del porcentaje de hinchamiento mediante la norma técnica ASTM D570, con el fin de identificar la capacidad del biopolímero para absorber agua, esta prueba consistió en registrar el porcentaje respecto a la ganancia de peso o hinchamiento (%W) de cada material teniendo en cuenta sus clasificaciones.	Porcentaje de hinchamiento del biopolímero con sus tres clasificaciones correspondientes
	Se realizó el proceso por triplicado con las muestras secadas hasta un peso constante o inicial (W_o) y con la ayuda de una placa calefactora se introdujeron a una temperatura de 70°C en humedad relativa a 200 rpm, de esta manera se tomaron registros de las masas (W_t) durante periodos diferentes de tiempo distribuidos así: 15 minutos, 30 minutos, y una hora hasta completar seis horas, una vez con los datos de masa registrados, el porcentaje de hinchamiento se halló con la siguiente ecuación: $\%W = \frac{W_t - W_o}{W_o} \times 100 \quad (4)$	
	Los datos registrados se figuraron como ganancia de peso en porcentaje en relación al tiempo expresado graficado en Excel. El porcentaje de hinchamiento se determinó para las diferentes clasificaciones de biopolímeros que se realizaron, de esta manera se comprobó el porcentaje de humedad teórico y su densidad final propuestos en las siguientes ecuaciones:	

	$\%H = \%F * \%HF + \%P * \%HP \quad (5)$ $db = dF * \%F + dP * \%P \quad (6)$ Donde: %H= porcentaje de hinchamiento %F= porcentaje de fibra del tejido %P= porcentaje de polímero d= densidad del material dF= densidad de la fibra dP= densidad del polímero	
--	--	--

Fuente: Autores, 2019

Finalmente se construyó la tabla metodológica que permite llevar una secuencia y una correlación adecuada, y general sobre los objetivos del proyecto de investigación respecto a los factores que permitieron el desarrollo de los procesos metodológicos, así mismo resume tanto las actividades como la técnica y los instrumentos que fueron imprescindibles para el cumplimiento del propósito del proyecto, descrita a continuación.

Tabla 5. Tabla Metodológica. Fuente: Autores, 2019

Objetivo General			
Proponer una metodología para la obtención de un material compuesto a partir del pseudotallo y las hojas generados del cultivo de plátano en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta.			
Objetivo específico	Actividad	Técnica	Instrumento
Diagnosticar la dinámica de la generación de los residuos del pseudotallo y las hojas en el cultivo de plátano en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta.	Revisión bibliográfica	Análisis de resultados	Bases de datos, libros, artículos científicos, documentos técnicos, archivos gubernamentales.
	Visita de campo	Investigación participativa	Registro de notas y fotográfico en la zona.
		Aplicación de entrevistas	Registro de notas de campo
	Recolección de muestras	Recopilación y caracterización	Bolsas o empaques plásticos, papel periódico y registro fotográfico.
Establecer el proceso de extracción del almidón a partir del pseudotallo y las hojas generados en el cultivo de plátano para la obtención de un material compuesto.	Pretratamiento de materiales	Secado	Estufa de secado, papel craft
		Corte	Tijeras
	Extracción de almidón	Inmersión de muestras	Reactivos, vasos de precipitado
		Secado	Estufa de secado, papel craft
		Trituración	Molino de trituración
		Tamizaje y recolección	Tamices granulométricos, bolsas herméticas
	Elaboración del biopolímero	Moldeo y acondicionamiento	Agitador magnético, estufa de secado, fundición en mufla
Evaluar las propiedades físicas y químicas del biopolímero obtenido para establecer su posible aplicación en la etapa de cosecha en el cultivo de plátano.	Caracterización química	Cuantificación del almidón	Espectrofotómetro UV / Visible, centrífuga
	Evaluación de densidad, humedad e hinchamiento	Determinación del método de pérdida de peso	Balanza analítica
		Determinación del método de la probeta	Probeta, agua potable

CAPITULO III. DIAGNOSTICO DE LA GENERACIÓN DE RESIDUO

Resultados y Discusión

Objetivos específicos 1. Diagnóstico de la dinámica en la generación de residuos de pseudotallo y hojas de la planta del plátano en la finca Las Palmas en Fuente de oro, Meta

En el siguiente capítulo se exponen los elementos necesarios para analizar la dinámica en la generación de residuos de pseudotallo y hojas de la planta de plátano en la finca Las Palmas.

1. Revisión bibliográfica

Para la revisión inicial de la dinámica sobre la generación de residuos, se expone una recopilación de información, con el fin de desarrollar el diagnóstico previo de las condiciones y la generación de los residuos del cultivo de plátano en el municipio. Se aborda desde una contextualización del departamento del Meta y los municipios próximos a la finca Las Palmas, en este caso el municipio de Granada y de Fuente de Oro, con el fin de identificar la actividad agrícola y la situación que se maneja en la zona sobre los residuos orgánicos generados, específicamente por el cultivo de plátano.

1.1 Descripción del área de estudio

El departamento del Meta se ha caracterizado a lo largo del tiempo por la riqueza de sus recursos naturales, ya que cuenta con una gran variedad de ecosistemas y pisos térmicos. Respecto a su oferta ambiental, la diversidad biológica se relaciona como una de sus principales fortalezas, albergando especies de flora y fauna y germoplasma que lo clasifican en una importante posición a nivel nacional e internacional. Las ventajas que posee son sorprendentes, pues como parte de la Orinoquia y asociado a la Amazonía cumple una función determinante en el equilibrio climático del planeta (Jara, 2012). El departamento se encuentra localizado en la región central del país, con una extensión de 85.000 Km^2 , en los últimos años ha presentado un mayor crecimiento, principalmente en la producción de biocombustibles y en la seguridad alimentaria del país, ya que se ha reconocido como la despensa agrícola de Colombia, al contar con cultivos tecnificados de arroz, cacao, forestales, caña y palma africana, además de cultivos tradicionales de yuca, plátano, cítricos, frutas, entre otros (Gobernación del Meta, 2015).

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo entre dos zonas rurales de dos municipios del departamento del Meta: la zona rural del municipio de Granada a 180 km al Sur - Oriente de Bogotá y a

80 km al Sur de Villavicencio y en las zonas rurales del municipio de Fuente de Oro en la región del medio ariari.

Teniendo en cuenta los elementos mencionados anteriormente, el departamento del Meta se considera como un ecosistema de gran importancia, con un vínculo imprescindible a los cuerpos de agua que se asocian a él, a partir de ello cualquier impacto que se genera en el ecosistema refleja alteraciones a nivel ambiental, económico y social. Uno de los impactos con más repercusiones que se ha venido desarrollando desde la época de la colonización es la intervención antrópica sobre los ecosistemas, a lo que se relaciona con las explotaciones agrícolas y ganaderas, provocando conflictos en el uso del suelo, agotamiento del recurso hídrico, acumulación de productos contaminantes, entre otros (Gobernación de Meta).

La agricultura simboliza un factor determinante en los impactos del departamento, en esta zona del país los cultivos se encuentran clasificados por tres categorías, cultivos anuales, cultivos semipermanentes y permanentes y finalmente cultivos transitorios. Uno de los principales cultivos que forman parte de los cultivos anuales es el de plátano en el departamento del Meta, para el 2012 el área cosechada fue de 13.248 ha (Jara, Sanchez & Peralta, 2012).

1.2 Municipio de Granada y Municipio de Fuente de Oro.

El municipio de Granada posee una excelente oferta hídrica, gracias a los importantes afluentes que pasan por la zona, como lo es el río Ariari, perteneciente a la cuenca del río Guaviare. Se encuentra localizado a 180 Km al Sur oriente de Bogotá D.C, y a 80 km al sur de Villavicencio, tiene una extensión total de 365 Km^2 , se encuentra a una altura de 332 msnm, cuenta con una temperatura media de 24°C. Respecto a las fuentes de agua con las que cuenta el municipio tienen una gran importancia desde el punto de vista ambiental, económico y social, sin embargo, a pesar de tener un potencial hídrico muy alto, todos estos cuerpos de agua se están viendo afectados por actividades antrópicas como la inadecuada disposición de residuos sólidos (agroquímicos, plásticos, colchones, llantas, etc.), vertimientos y la minería (Alcaldía Municipal de Granada Meta, 2016).

Dentro de las principales actividades económicas del municipio se destaca la agricultura, sus cultivos son de arroz de riego y de secano, maíz tecnificado, plátano, palma africana, cacao, yuca, caña panelera, papaya, cítricos y maracuyá. Respecto a la producción de plátano el municipio para el 2012 ocupó el segundo lugar a nivel regional en relación con el área cosechada con un 16 % en comparación con los municipios de Puerto Lleras y Lejanías (Jara, Sanchez & Peralta, 2012).

El municipio de Fuente de Oro cuenta con una situación geográfica muy conveniente, gracias a esta característica representa un óptimo potencial respecto a sus recursos naturales renovables, por otro lado, la región es considerada como una zona de importancia estratégica desde los puntos de vista ambiental, económico y geopolítico. Hace parte de la zona del medio Ariari y es contemplada como Área de Manejo Especial, tiene una extensión de 628.79 Km^2 , con una población de 12324 habitantes, de la cual la mayoría se encuentra ubicada en el área rural, su cabecera está localizada a los 03° 27' 34" de latitud norte y 73° 36' 46" de longitud oeste y su altura sobre el nivel del mar es de 330 m, cuenta con una temperatura media de 26°C (Sarria, Rojas & Salas).

Se destaca la producción agrícola, en especial por sus cultivos de arroz, plátano, maíz, soya, palma africana, maracuyá, cacao, yuca y papaya. Igualmente se realizan actividades de engorde de ganado para

ser comercializado con las ciudades de Villavicencio y Bogotá. Respecto a la vocación de uso del suelo el departamento del Meta presenta una oferta ambiental donde predominan áreas con vocación de usos agrícola y ganadera (49%), seguida de áreas con vocación prioritaria para la conservación (37%); de allí parte, que el municipio de Fuentedeoro, de acuerdo con el IGAC, gracias a sus características topográficas y de suelos, es un municipio con una vocación agrícola (86%) especialmente orientada al establecimiento de áreas para los cultivos transitorios semi intensivos (63%) (Matiz & Arciniegas, 2013).

1.3 Zona de estudio finca La Palmas

La investigación se centra en la finca Las Palmas, la cual se encuentra ubicada en el kilómetro 5 en la vía Granada-Fuente de oro, las coordenadas geográficas de la finca son: Latitud Norte 3°29'54.5" y Longitud Oeste 73°39'53,0". Su principal actividad es la agricultura, donde se destaca el cultivo de plátano, actualmente posee 1 ha de extensión y el total de plantas cosechadas corresponde a 2000 en total.

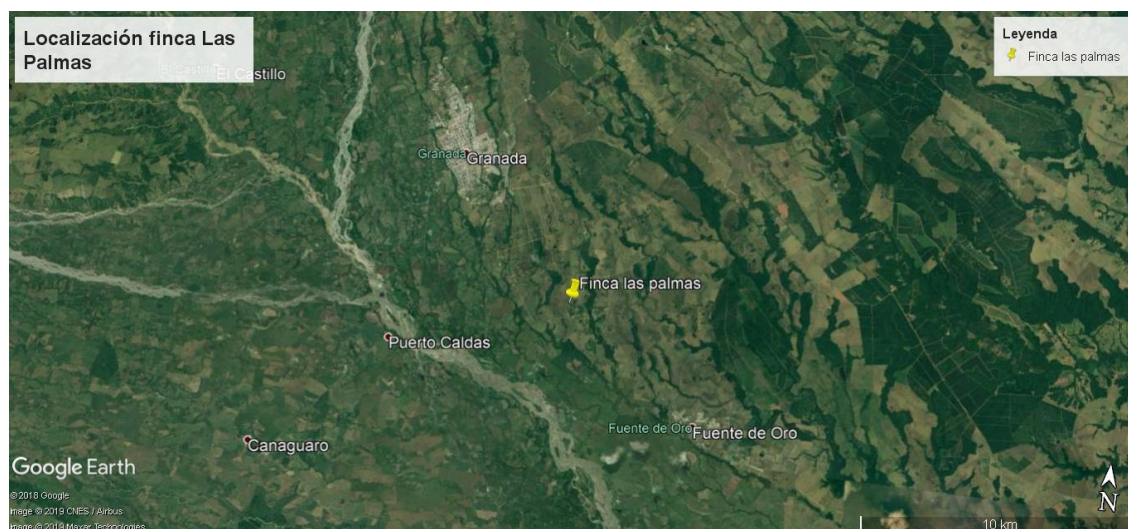


Figura 8. Localización de finca Las Palmas y toma de muestras
Fuente: Fuente: Modificada de Google Earth, versión 2019

1.4 Sector platanero en el Meta

Por otra parte, la producción de plátano representa un importante sustento económico para la región por lo que es importante entender la dinámica de este cultivo, ya que es la base principal para la consolidación del proyecto de investigación. En los municipios del Meta se manejan los sistemas productivos de la siguiente manera: Sistema tradicional de producción con un rendimiento de 9 a 12 ton/ha/año, sistema tecnificado con riego con un rendimiento de producción de 22 a 29 ton/ha/año y sistema tecnificado sin riego con un rendimiento de 18 a 20 ton/ha/año (García, 2015). La investigación identificó las características de la producción de plátano en la finca Las Palmas localizada entre los municipios de Fuente de Oro y Granada como se mencionó anteriormente.



Figura 9. Cultivo de plátano
Fuente: Autores, 2019

En el departamento existen diferentes asociaciones de productores de plátano, estas oscilan entre 18 organizaciones de productores, este factor tiene una característica muy positiva a nivel de representación social distribuida por cada municipio. Actualmente el plátano que se produce es comercializado con intermediarios, se considera que el 10% es distribuido mediante la central de abastos de Villavicencio; 50% en Corabastos en Bogotá; 40% con supermercados, tiendas, cooperativas, almacenes de cadena y demás instituciones (García, 2015).

2. Aplicación de entrevistas y encuestas

Para el cumplimiento de este primer objetivo, se llevó a cabo una visita de campo al municipio de Granada, Meta. En esta visita se aplicó un formato de entrevista, compuesto por preguntas diferenciadas por temáticas, con el fin de recolectar toda la información posible acerca de la actividad agrícola de la región y la dinámica del cultivo de plátano en cuanto al manejo de los residuos que allí se generan. Por lo tanto, se realizaron entrevistas a 2 agricultores de la región, el señor Franklin Sarmiento (propietario de la finca Las Palmas, área de estudio del proyecto de grado) y el señor Gerardo Andrade (Agrónomo de la región, propietario del cultivo de plátano La Pradera). Del mismo modo, se aplicaron encuestas a los trabajadores de cada uno de los cultivos, para así recolectar información técnica del cultivo.

2.1 Actividad agrícola en la región y dinámica del cultivo de plátano Dominico Hartón.

De acuerdo con la caracterización del municipio de Granada realizada en el 2011 por la gobernación del meta, la economía de la región se basa principalmente en la producción agropecuaria, con cultivos de arroz de riego y de secano, maíz tecnificado, plátano, palma africana, cacao, yuca, caña panelera, papaya, cítricos y maracuyá. En segundo orden, la ganadería tradicional de pastoreo extensivo y semi-intensivo. En tercer orden, el turismo, la piscicultura de peces de consumo y ornamentales y finalmente la explotación a cielo abierto.

Es por lo anteriormente mencionado que, al realizar las entrevistas a los 2 agricultores, se logra comprobar en la tabla 6 que poseen cultivos de yuca, maíz, plátano y arroz, lo cual es muy común en la región. Estos agricultores, llevan cerca de 20 años cultivando plátano en la región del ariari, sin embargo se evidencia una clara diferencia entre la actividad que cada uno de los cultivadores entrevistados realiza, ya que el cultivo de la finca Las Palmas es más que todo agricultura convencional, definida por Remmers, G., en 1993, como el sistema de uso de la tierra que ha sido desarrollado localmente durante largos años de experiencia empírica y experimentación campesina, es por esto que en la finca del señor Franklin Sarmiento se afirma la prevalencia de la mano de obra artesanal sobre la maquinaria y tecnologías nuevas, además que es un cultivo que posee 1 Ha de terreno cultivado, donde se posicionan cerca de 2000 plantas de plátano Dominico Hartón.

Por otro lado, la finca La Pradera se puede considerar agricultura tecnificada, por la maquinaria que el señor Gerardo Andrade implementa para mejorar el rendimiento del cultivo. Teniendo en cuenta que Morales, F., en el 2007 define la agricultura tecnificada como la aplicación de tecnologías al cultivo tales como, la aplicación de semillas mejoradas, fertilizantes, agroquímicos y pesticidas en abundancia. En concordancia con lo anterior, se afirma que el señor Gerardo, realiza agricultura tecnificada, debido a la cantidad de plantas de plátano que posee en las 12 Ha que hay en la finca, siendo así cerca de 25.000 plantas de plátano cultivadas.

En cuanto la dinámica del cultivo del plátano, los agricultores, de acuerdo a su experiencia, afirman que la cosecha normalmente en un cultivo demora 1 año dependiendo de la cantidad de veces que se abone la tierra, es por esto que sí se hacen 8 o 9 abonadas desde la siembra es probable que el cultivo avance rápido y en 10 meses se puede hacer recolección, pero normalmente son 6 o 7 abonadas, todo depende de la técnica que el agricultor maneja.

Por ejemplo, en la agricultura tecnificada del señor Gerardo Andrade, lo primordial son las abonadas que hace para mejorar el rendimiento y acortar el tiempo de cosecha de su cultivo, por lo que afirma *“Para las abonadas se utilizan 250 g por mata y pues en 1 Ha hay cerca de 2200 plantas”* es por esto que su cosecha esta lista en menos tiempo del estimado normalmente, también influenciado por la preparación del suelo con nutrientes que la planta va a recibir y la aplicación de pesticidas, insecticidas y fungicidas, mejorando el rendimiento del cultivo; contrario a la agricultura tradicional del señor Franklin, quien prefiere *“Siempre se trata de cultivar en tiempo de lluvia para que el plátano salga mejor y también para evitar gastos de riego”*, evidenciando que en este cultivo prevalece la calidad del fruto y el manejo del agua de riego, aunque al igual que el señor Gerardo se utilizan productos adicionales para el manejo adecuado del cultivo, *“Pues se utilizan abonos, fungicidas y herbicidas (las marcas de fungicidas y herbicidas que más utilizo son rafos, cloruro urea, abotec, glifosato), y pues utilizo compuestos ecológicos como los forrajes y abonos orgánicos (biofort, humus de lombriz, gallinaza). Se hacen fumigas con bombas de espalda o cuando ya la mata está muy grande se pagan vuelos en avioneta, y pues el abono si se hace manualmente con trabajadores (6)”*, diferenciándose en que, el señor Franklin, se preocupa más por utilizar compuestos ecológicos y abonos orgánicos, sin importar la duración de la cosecha.

Teniendo en cuenta que la utilización excesiva de productos como pesticidas e insecticidas, de acuerdo con la FAO, 2015., acarrea problemas como perjuicios ocasionados a la salud laboral de los trabajadores, incluido el riesgo de enfermedades crónicas y envenenamiento agudo; Riesgos para la salud pública, incluido el envenenamiento de los consumidores; Daños al medio ambiente, incluida la contaminación del suelo y del agua, deforestación y reducción de la biodiversidad; Envenenamiento de animales

salvajes, ganado y polinizadores; Reducción de los rendimientos; Daños a los costos de producción y al potencial de exportación.

De acuerdo con Molina, G. en el 2016, el crecimiento, desarrollo y producción de los cultivos perennes como el plátano son el resultado de la interacción armónica de los principales factores climáticos de la zona de producción y las propiedades físicas químicas del suelo. Si en determinadas etapas del desarrollo del cultivo alguno de estos factores incide en magnitudes por fuera de los límites de tolerancia, las plantas alterarán su desempeño productivo y fisiológico.

Tabla 6. Entrevista realizada a los agricultores de la zona de estudio.

Pregunta	Finca Las Palmas (Franklin Sarmiento)	Finca La Pradera (Gerardo Andrade)
¿Cuántos cultivos tiene en la región y que clase de cultivos maneja?	<i>Plátano yuca maíz y arroz en toda la región, porque es lo que más se da en estas tierras</i>	<i>Yo manejo 3 cultivos: arroz, Maíz y plátano.</i>
¿Desde hace cuánto tiempo cultiva plátano en la región y cuánto tiempo se tarda en desarrollar el cultivo?	<i>Hace 15 años más o menos. Desde que se siembra hasta que se recoge el racimo, el cultivo se desarrolla en 1 año. Siempre se trata de cultivar en tiempo de lluvia para que el plátano salga mejor y también para evitar gastos de riego.</i>	<i>Con el plátano llevo aproximadamente 20 años. La cosecha normalmente en un cultivo demora 1 año dependiendo de la fertilización. Pero también puede dar en 10 meses según las abonadas. Sí se hacen 8 o 9 abonadas desde la siembra. es probable que el cultivo avance rápido y en 10 meses se puede hacer recolección, pero normalmente son 6 o 7 abonadas y así sí se demora el año completo. Para las abonadas se utilizan 250gr por mata y pues en 1 Ha hay cerca de 2200 matas.</i>
¿Cuáles son las sustancias químicas y las técnicas que utiliza para mejorar el rendimiento del cultivo? ¿Las sustancias que utiliza son ecológicas o no?	<i>Pues se utilizan abonos, fungicidas y herbicidas (las marcas de fungicidas y herbicidas que más utilizo son rafos, cloruro urea, abotec, glifosato), y pues utilizo compuestos ecológicos como los forrajes y abonos orgánicos (biofort, humus de lombriz, gallinaza). Se hacen fumigas con bombas de espalda o cuando ya la mata está muy grande se pagan vuelos en avioneta, y pues el abono si se hace manualmente con trabajadores (6)</i>	<i>En etapas iniciales entre siembras, cuando se hacen los agujeros para la siembra se hace un pre abono, para mejorar pH del suelo con cal, abono orgánico como gallinaza. Después en la primera abonada después de que revienta el plátano se aplica elementos menores magnesio azufre calcio, elementos mayores fósforo y potasio. Se hacen en las etapas iniciales para que la mata alcance a asimilar nutrientes. Después con más elementos menores y potasio (cloruro de potasio) y nitrógeno (no mucho por enfermedad sigatoka en la región, entonces el nitrógeno debe ser moderado). Antes de la siembra se trata la semilla con lavado, aplicaciones de formol para desinfección y fungicida. Los huecos se fumigan con insecticida. Afectan los gusanos chiza. Abonamientos cada 15 días hasta completar 8 o 9, a los 6 meses y medio o 7 meses. Se embolsan para proteger de fumigadas y bichos, pájaros</i>

Fuente: Autores, 2019

2.2 Generación de residuos

Respecto al levantamiento de información sobre las dinámicas relacionadas a la generación de residuos en la finca Las Palmas, se identificó como el tipo de materia prima que ofrecen los residuos orgánicos podría ser aprovechada para no finalizar su ciclo de vida. Por otro lado, se logró reconocer que en la etapa de cosecha ponen en práctica la técnica de embolsado, la cual consiste en usar bolsas de polietileno de baja densidad para el recubrimiento del racimo de plátano, este tipo de polímero representa un elevado impacto ambiental, además la acumulación de este tipo de residuo es bastante considerable.

Para el análisis de la producción de residuos en el cultivo de plátano, se hizo un esquema (el cual se puede evidenciar en la figura 8) donde se describen las diferentes etapas del proceso productivo del plátano.

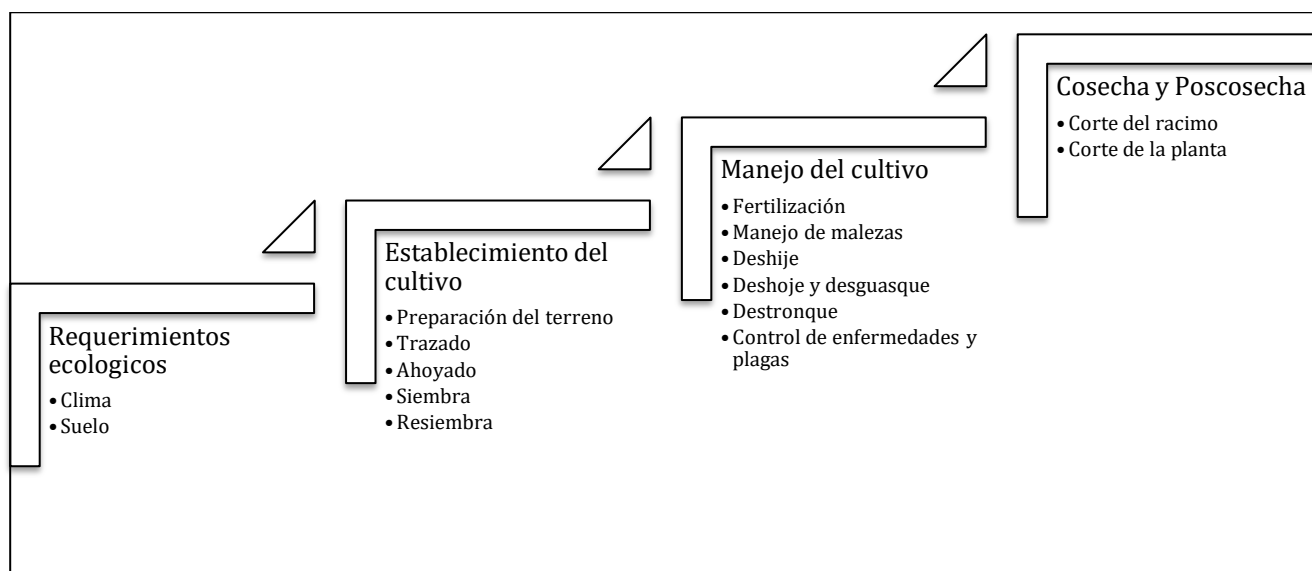


Figura 10. Proceso productivo del cultivo del plátano.

Fuente: Autores, 2019

De acuerdo con FENACH – ASPPLAGUZ, 2002., principalmente se definen los requerimientos ecológicos para que la planta crezca adecuadamente. Estos requerimientos, son tales como el clima, donde la temperatura debe presentar una variación entre 18 a 38 °C; la precipitación debe suplir necesidades hídricas con 1800 a 3600 mm al año; la altitud debe ser de 1700 m.s.n.m; se debe contar con alta luminosidad en cuanto al brillo solar y finalmente los vientos deben ser ligeros dado que pueden provocar el rompimiento de las hojas y el volcamiento de las planta; otro requerimiento ecológico son las características del suelo, el cual debe presentar un pH de 6,5 a 7, con un buen drenaje, gran profundidad, alto contenido de materia orgánica y una textura franca.

Después de la definición de los requerimientos, se realiza el establecimiento del cultivo, donde primero se realiza una preparación del terreno haciendo limpieza y repique para facilitar el trazado; seguidamente se realiza un trazado donde se organizan las plantas por Ha teniendo en cuenta las distancias, pudiendo ser 2500 plantas en una distancia de 2 x 2 m y 2500 plantas en una distancia de 2 x 2,5 m; en tercera

instancia se procede a hacer un ahoyado, el cual consiste en abrir un hoyo, como mínimo de 40 cm x 40 cm de boca y 40 cm de profundidad, en esta fase se realiza la fertilización necesaria con los productos que el agricultor utiliza normalmente; después de la preparación previa del terreno, se procede a la siembra de la semilla en un lote donde no se haya sembrado anteriormente ni plátano ni banano, dando como producto colinos que posteriormente se llevan a sembrar en los hoyos preparados, esperando 2 meses para realizar una resiembra con semillas que tengan las mismas características de los colinos.

Seguido a esto, se establece el manejo del cultivo, el cual consiste en la fertilización con abonos, el manejo de malezas con coberturas vivas o herbicidas, el deshoje donde se quitan todos los colinos que no son necesarios dejando 2 hijuelos por cepa, el deshoje y desguasque donde se realiza el corte de las hojas secas y dobladas, el destronque que consiste en la eliminación del tronco que queda después de la cosecha, también se hace un control de enfermedades y plagas, utilizando la técnica de embolsado. Finalmente se presentan las etapas de cosecha y postcosecha, siendo la labor donde se realiza el corte del racimo cuando ya ha alcanzado su madurez comercial seguido del corte de la planta en su totalidad.

Con relación a lo anteriormente expuesto, los residuos más comunes en el cultivo de plátano, están constituidos por las hojas del deshoje, el pseudotallo en tronco del destronque y el vástago y hojas de polietileno de baja densidad en la cosecha y postcosecha. Es por esto que, de esta manera, en la conversación con el señor Franklin Sarmiento plasmada en la tablakj, administrador de la finca Las Palmas donde se recolectó el pseudotallo y las hojas, se evidencia que en el cultivo se generan *“vástago, racimo del plátano y hojas, aunque al final casi no hay porque esas sí se van cayendo durante toda la cosecha. Residuos inorgánicos pues las bolsas para el recubrimiento del racimo”*. A partir de ello se logra deducir que no tiene ningún tipo de valor los residuos orgánicos que se generan en el lugar, de la misma forma sucede con las bolsas de polietileno de baja densidad.

Por otro lado, el señor Gerardo Antonio Andrade, dueño de la finca La Pradera, detalla la generación de los residuos, indicando que comúnmente se ve *“el vástago, racimo del plátano y hojas más que todo y esto no impacta tanto el medio ambiente porque sirve como abono después de la pudrición. Y pues también se desechan las bolsas que se utilizan para evitar que las plagas dañen el fruto, pero esas sí se tienen que recoger porque se demoran mucho en degradarse, y eso se ve feo en el cultivo si se dejan en el suelo”*. Es posible analizar que los residuos orgánicos que se producen son los mismos a comparación de la finca Las Palmas, de igual forma se observa con la generación residuos de bolsas producto del embolsado del racimo.

Por lo tanto, en la gráfica 1 se plasma la producción de residuos de pseudo tallo y hojas promedio al año en cada uno de los cultivos. Donde se tuvieron en cuenta la cantidad de plantas en el cultivo y, de acuerdo con Martínez, A. y Cayón, D. 2009., cada planta de plátano posee en promedio 9 hojas al momento de ser cortada en la etapa de postcosecha, con un peso promedio de 419,34g, de acuerdo a lo calculado en el laboratorio experimentalmente. En cuanto al pseudotallo, de acuerdo con el señor Franklin sarmiento y lo calculado experimentalmente en el laboratorio, el peso estimado es de 10 Kg en una fracción de 2 m de altura.

A partir de esto, se calculó, un promedio de producción de residuos de hojas y pseudotallo en cada uno de los cultivos, arrojando como resultado para la finca Las Palmas, la cual cuenta con un área de 1 Ha cultivada y 2000 plantas, se determinó una producción de 7584 kg de hojas, durante la fase de postcosecha y 20000 kg de pseudotallo de aproximadamente 2 m de altura en esta misma fase, dando una totalidad de 27584 kg; por otro lado, la finca La Pradera, al tener 12 Ha cultivadas con 25000 plantas,

se estimó una producción de 94351 kg de Hojas y 250000 kg de pseudotallo de 2 m de altura, dando una totalidad de 344351 kg de residuos en la fase de postcosecha.

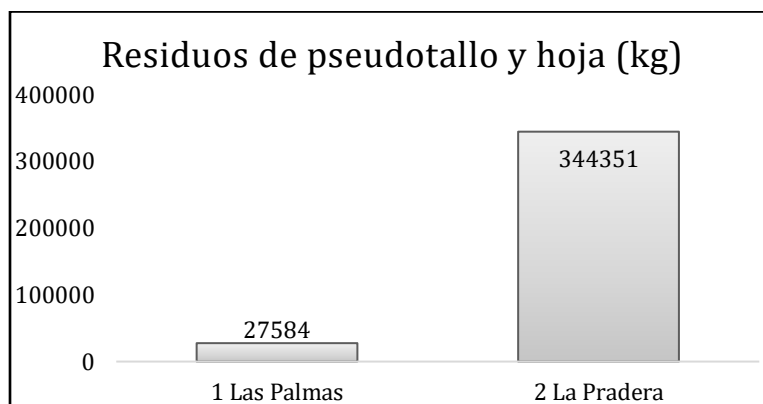


Figura 11. Cuantificación de residuos (kg) generados al final de la fase de postcosecha del cultivo de plátano.
Fuentes: Autores, 2019

De igual manera, en la figura 10 se plasma la producción estimada de bolsas plásticas de polietileno de baja densidad. Resaltando que, según Arango, A. 2015, la técnica de embolsado es considerada importante en relación con la apariencia del fruto, el llenado del racimo y la reducción en el tiempo de floración, debido al aumento de temperatura que estas producen y los pesticidas e insecticidas con los que están impregnadas. Estas bolsas se utilizan 1 por racimo, es decir, cada planta con racimo hace uso de 1 sola bolsa de polietileno de baja densidad, y de acuerdo con lo experimentado en el laboratorio, una bolsa llega a pesar cerca de 42 g. Por esto, se calcula que en la finca Las Palmas, la cual cuenta con 2000 plantas, se estima una producción de 2000 bolsas por cosecha, con un peso total de 84 kg; de otra manera, en la finca La Pradera, la producción aumenta a 25000 bolsas en la etapa de cosecha y un peso total de 1050 kg, debido a la extensión en área que este cultivo abarca. Esta estimación se hace, sin contar el rompimiento de la bolsa durante la cosecha del futo, por factores asociados al clima de la zona.

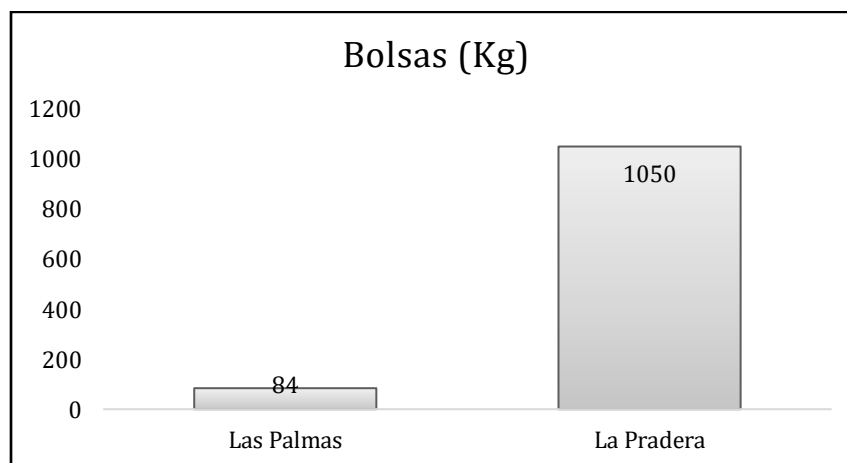


Figura 12. Producción estimada en Kg de bolsas de polietileno de baja densidad en el cultivo de plátano.
Fuente: Autores, 2019

Teniendo en cuenta que, en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos del municipio de Granada, en la zona rural la cantidad de residuos orgánicos producida es de 0.828 ton/día, y en cuanto a los residuos plásticos la cantidad es de 0.024 ton/día (Gobernación de Meta, 2015) siendo un total de 0,852, en las

fincas analizadas, la producción de residuos tanto de pseudotallo y hojas como de bolsas de polietileno de baja densidad, para la finca Las Palmas fue de 30,5 Ton/año por tanto son 0,083 Ton/día y en la finca La Pradera fue de 380,7 Ton/año por tanto son 1,04 Ton/día en su totalidad. De esto se deduce, que la finca La Pradera supera la producción total de residuos en el municipio, de acuerdo a lo expuesto anteriormente por la Gobernación del meta en el 2015. Esto se debe a que esta finca, en concordancia con la información plasmada en la tabla 6, proporcionada por el dueño de la finca, los residuos plásticos son dispuestos con la entidad encargada del manejo de estos residuos en Villavicencio.

Por otro lado, se considera de importancia, el reconocimiento de la clase de residuos generados, debido al uso que se les da después, tanto por parte de los administrados como por parte de los trabajadores, los cuales están la mayoría del tiempo en el cultivo. Por lo tanto, al aplicarse la encuesta a los trabajadores de cada 1 de los cultivos, se evidencia en la figura 11 que la gran mayoría de los trabajadores no tiene conocimiento de los residuos generados.

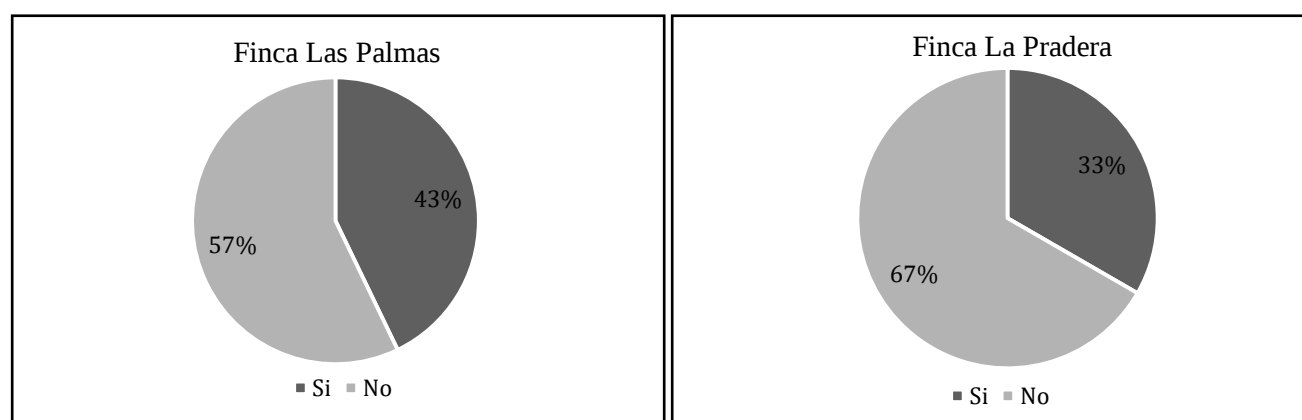


Figura 13. Encuesta realizada a trabajadores de la finca Las Palmas y la finca La pradera, respectivamente “¿Conoce usted la clase de residuos que se genera en el cultivo en el que labora, desde la siembra hasta la cosecha?”

Fuente: Autores, 2019

Con base a esto se evidencia que, aunque cada uno de los administradores está consciente de la clase de residuos que genera su cultivo, se percibe un desconocimiento de esto por parte de los trabajadores. Por lo cual, no se presenta un manejo adecuado de estos, porque al igual que se desconoce la clase de residuos, también se desconoce la disposición adecuada de estos.

Tabla 7. Entrevista realizada a los agricultores de la zona de estudio.

Pregunta	Finca Las Palmas (Franklin Sarmiento)	Finca La Pradera (Gerardo Andrade)
¿Cuántos residuos orgánicos e inorgánicos se generan después de la cosecha del fruto del plátano y cuál es el impacto de estos sobre el medio?	<i>Pues vástago, racimo del plátano y hojas, aunque al final casi no hay porque esas sí se van cayendo durante toda la cosecha. Residuos inorgánicos pues las bolsas para el recubrimiento del racimo.</i>	<i>Pues vástago, racimo del plátano y hojas más que todo y esto no impacta tanto el medio ambiente porque sirve como abono después de la pudrición. Y pues también se desechan las bolsas que se utilizan para evitar que las plagas dañen el fruto, pero esas sí se tienen que recoger porque se demoran mucho en degradarse, y eso se ve feo en el cultivo si se dejan en el suelo</i>

Fuente: Autores, 2019

2.4 Manejo de los residuos generados en el cultivo y actividades Post cosecha.

En relación al manejo de los residuos que se generan en el cultivo, el señor Franklin Sarmiento, señala en la tabla 7 “*El vástago y pivote se pica y después se hace un arado para incorporar a la tierra. La bolsa la incineran, a veces pasa un carro, pero no muy frecuente. Recipientes de químicos los lavan y los llevan a una bodega en villavo que los dispone, o a veces no se lleva y se incinera*”. Es posible asumir que en la finca Las Palmas, se hace un aprovechamiento de residuos como las hojas y pseudotallo, ya que los reincorporan a la tierra esperando su descomposición y asimilando la función como abono; en el caso de las bolsas, estas son incineradas, lo que representa un alto impacto ambiental en la aplicación de esta práctica, una posible razón es la falta de conciencia ambiental sobre los daños que este tipo de tratamiento le causa al ambiente.

Por otro lado, el señor Gerardo Antonio Andrade, contestó “*se generan vástago y hoja que eso sí se pelea para utilizarlo como abono con picado y reincorporación a la tierra hasta la descomposición. Las bolsas y tarros de químicos se recogen con FEDEARROZ, primero se recogen y ya después se avisa a la federación al término de la cosecha*”. En este caso, se tiene una percepción un poco diferente sobre el manejo de los residuos, aunque en ambas situaciones se reincorpora a la tierra hasta su descomposición, en el caso de las bolsas y tanques contenedores, se hace la disposición adecuada ya que son recolectadas por FEDEARROZ, esta compañía maneja un programa de recolección de envases mensual, realizando recolección de envases y residuos peligrosos abandonados en fincas, lotes de cultivos, bordes de lotes, caños y ciénagas, para su correcta disposición final. Aunque exista este programa, es posible que muchas de las fincas que manejan esta clase de residuos no conozcan esta iniciativa o no vean necesario practicarla. En este proyecto también participan, entidades como la CVS, Corpoica, Fenalce, Conalgodon y la Corporación Campo Limpio de la Cámara Procultivos de la Andi, estableciéndose como centro de acopio las instalaciones de Corpoica (FEDEARROZ. 2011).

Haciendo relevancia en el aprovechamiento que se le da a los residuos tales como el pseudotallo y hojas en el cultivo, es posible afirmar, de acuerdo con Parra, O. Cayón, D. Polania, J. 2009., en San Andrés, es muy común utilizar estos residuos reincorporados a la tierra con ceniza alrededor de la planta para fertilizarla observando una influencia positiva de esta práctica sobre las propiedades químicas del suelo, incrementando a su vez la producción del plátano Dominico Hartón. Así mismo, de acuerdo con los entrevistados, en Granada – Meta, es muy común igualmente utilizar estos residuos como abono. Aun no se han encontrado estudios específicos sobre un aprovechamiento diferente de estos residuos, debido a la baja importancia que tienen en el cultivo.

En cuanto a la recolección de estos residuos, se les preguntó a los trabajadores de cada una de las fincas cual es la frecuencia de recolección de estos, a lo que respondieron:

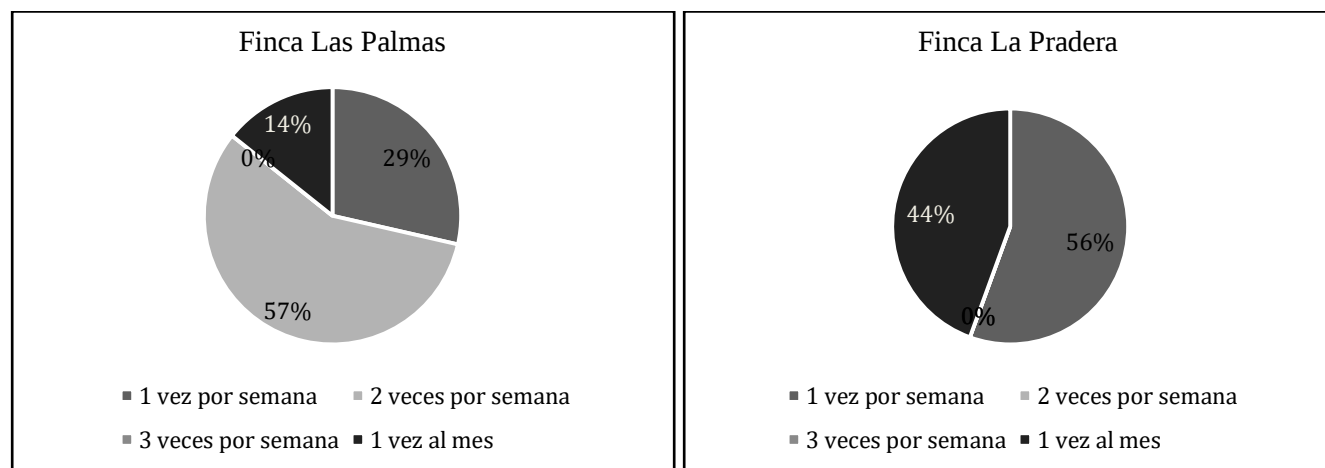


Figura 14. Encuesta realizada a los trabajadores de la finca Las Palmas y la finca La Pradera respectivamente “¿Con qué frecuencia se realiza el manejo de los residuos en el establecimiento?”

Fuente: Autores, 2019

De lo anteriormente expuesto, se puede decir que en la finca Las Palmas, se hace una recolección de 2 veces por semana, dependiendo de la etapa en la que se encuentre el cultivo. De otra manera, en la finca del señor Gerardo Andrade, de acuerdo con el 56% de los trabajadores, se realiza una recolección semanal, aunque no hay mucha claridad de esta actividad, por lo que el 44% de los trabajadores mencionan una recolección mensual.

De acuerdo con la figura 13, la mayoría de los trabajadores de las 2 fincas, consideran adecuado el tipo de manejo que se les da a los residuos, evidenciando un desconocimiento de lo que en realidad es adecuado en la disposición de estos residuos considerados peligrosos, debido al contacto que tienen con químicos pesticidas, plaguicidas y herbicidas.

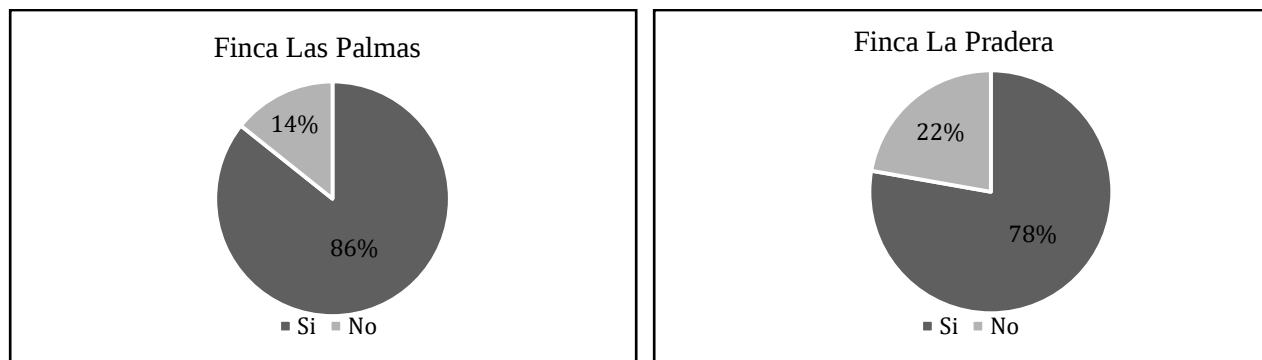


Figura 15. Encuesta realizada a los trabajadores de la finca Las Palmas y la finca La Pradera respectivamente “¿Cree usted que en el cultivo donde labora se les da una adecuada disposición a los residuos inorgánicos generados?”

Fuente: Autores, 2019

Seguido a esto, se les preguntó a los trabajadores la alternativa de disposición que creían más adecuada para los residuos inorgánicos generados en el cultivo. En las figuras 15 y 16, se puede evidenciar que los trabajadores de la finca Las Palmas, consideran adecuado incinerar los residuos, sin tener conocimiento del posible daño ambiental que esto pueda causar. Teniendo en cuenta, que de acuerdo con el Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible. 2011 y FEDEARROZ. 2011., existen empresas especializadas, donde se hace una desactivación de estos residuos, en lugares especialmente dispuestos para esta actividad, donde no va a causar un efecto negativo en el medio ambiente o en la salud pública.

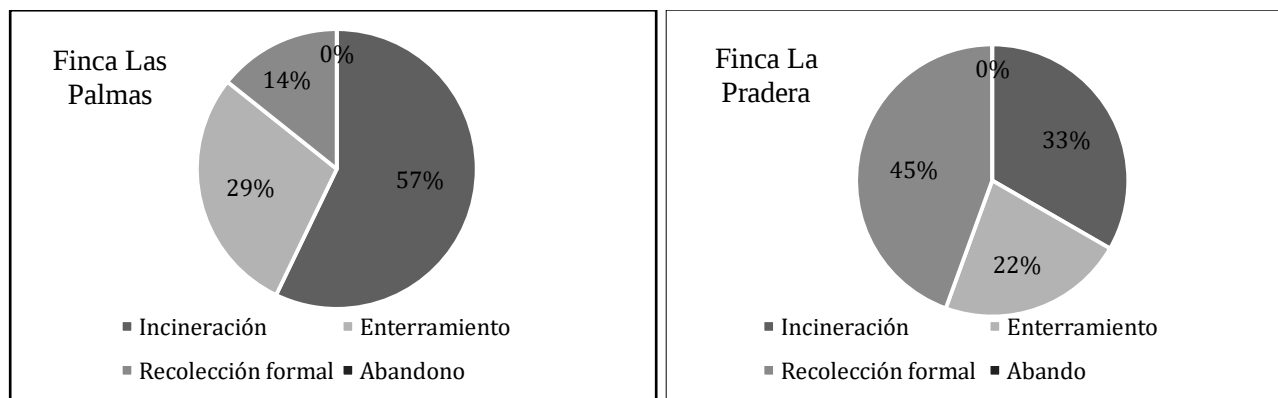


Figura 16. Encuesta realizada a los trabajadores de la finca Las Palmas y de la finca La Pradera respectivamente “¿Cuál alternativa considera usted adecuada para la disposición de los residuos inorgánicos generados en el cultivo? (Residuos tales como tanques de pesticidas y venenos y bolsas para el recubrimiento del racimo)”

Fuente: Autores, 2019

De este modo, en la finca La Pradera, el 45% de los encuestados concuerda con que la recolección formal por empresa especialista en manejo de Residuos Peligrosos, es la más adecuada a implementar en un sistema donde se generan esta clase de residuos, mostrando conocimiento sobre el impacto que estos puedan tener sobre el Ambiente y la Salud Pública.

Finalmente, es importante resaltar que la inadecuada disposición de residuos tales como las bolsas utilizadas en el recubrimiento del racimo del plátano en la cosecha, de acuerdo con Torres, A. Bernal, M. Castaño, E. 2013., puede ocasionar problemas ambientales en suelo, agua subterránea, agua superficial y aire. Esto debido a que este tipo de bolsas está compuesto en una proporción de 1% de

Clorpirifos y 99% de Polietileno de baja densidad, los cuales son componentes que presentan una persistencia de acuerdo al ambiente donde se disponen.

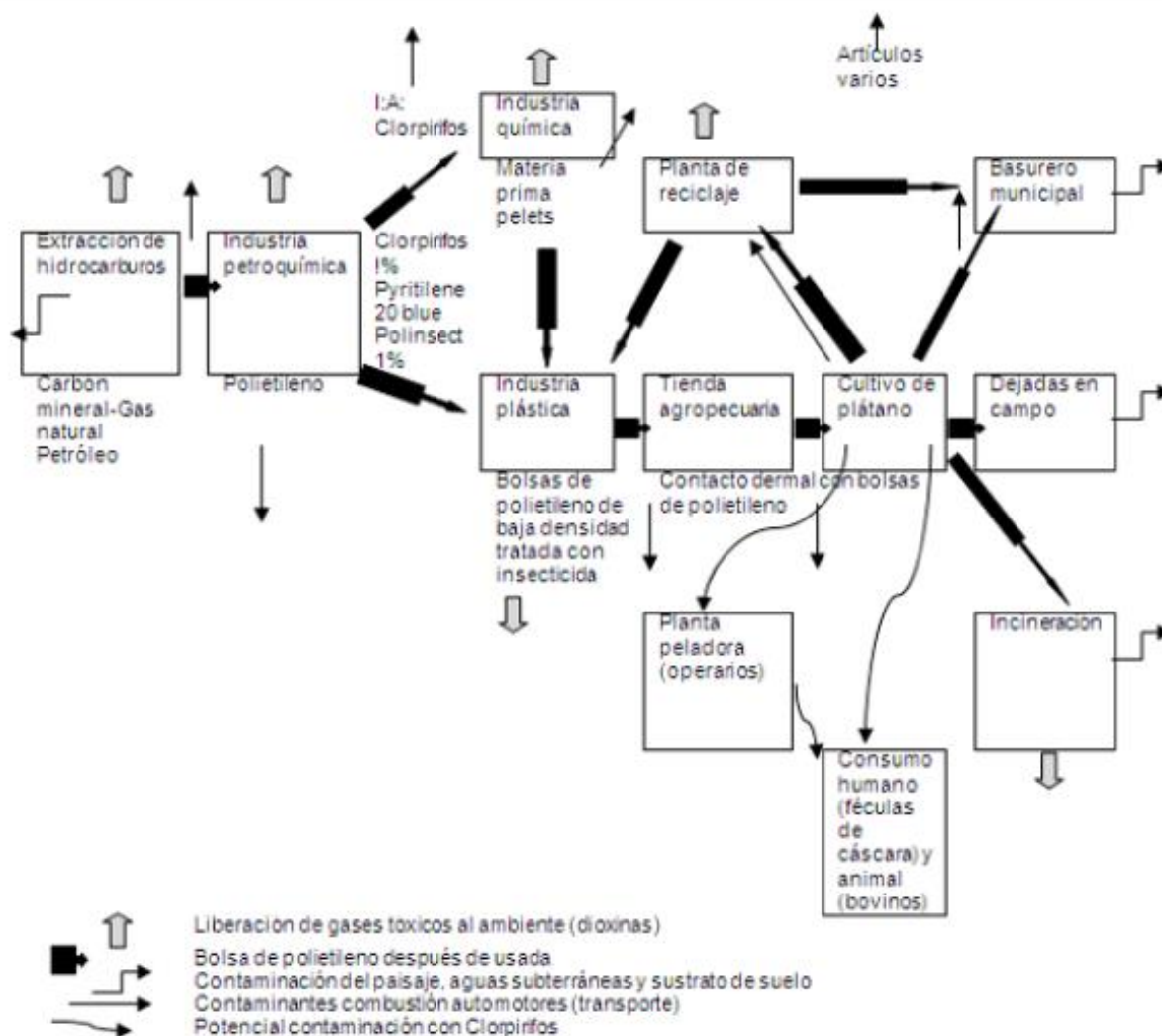


Figura 17. Ruta tóxica, y disposición final que siguen las bolsas de polietileno después de ser utilizadas en la labor del empaque en la zona platanera del Quindío
Fuente: Torres, A. Bernal, M. Castaño, E. 2013

En concordancia con la información que se presenta la figura 18, donde se expone la ruta toxicológica de las bolsas utilizadas para el recubrimiento del racimo, se resaltan los procesos desde su elaboración a base de la extracción de hidrocarburos, su paso por industrias petroquímicas para la adición de Clorpirifos 1%, su ruta de implementación en los cultivos de plátano, su paso por la planta de reciclaje, y finalmente su disposición, haciendo un reconocimiento mediante flechas de los focos de contaminación en la vida útil de este producto.

Por tanto, CORMACARENA, 2014., propone una Guía Ambiental para el manejo y aprovechamiento de la bolsa para embolsado del racimo de plátano en el departamento del Meta, resaltando que, aunque el Clorpirifos se encuentra en la película plástica de la bolsa, este mantiene sus propiedades después de desechada la bolsa al momento de la cosecha, es por tanto que estas luego de haber sido utilizadas son

catalogadas como residuos peligrosos. En el departamento del Meta esta bolsa, luego de haber sido utilizada, se maneja de manera inapropiada afectando los recursos naturales agua, suelo y aire. La mejor opción que se le puede dar a este residuo para minimizar la contaminación es utilizarla como materia prima para reciclaje, es decir transformándola en nuevos productos.

Tabla 8. Entrevista realizada a los agricultores de la zona de estudio.

Pregunta	Finca Las Palmas (Franklin Sarmiento)	Finca La Pradera (Gerardo Andrade)
¿Qué actividades post cosecha realiza usted para el manejo de estos residuos?	<i>El vástago y pivote se pica y después se hace un arado para incorporar a la tierra. La bolsa la incineran, a veces pasa un carro, pero no muy frecuente. Recipientes de químicos los lavan y los llevan a una bodega en villavo que los dispone, o a veces no se lleva y se incinera</i>	<i>Se generan vástago y hoja que eso sí se pelea para utilizarlo como abono con picado y reincorporación a la tierra hasta la descomposición, pero sí se quiere como acelerar el proceso de descomposición de estos residuos se utiliza pactor, pero casi nadie lo utiliza porque es caro. Las bolsas y tarros de químicos se recogen con FEDEARROZ, primero se recogen y ya después se avisa a la federación al término de la cosecha</i>
¿Considera usted importante innovar en la reutilización adecuada de algunos de estos residuos, como por ejemplo el vástago y las hojas desechadas?	<i>Si hay algo que se pueda hacer con eso sería muy bueno porque sería darle otra oportunidad, porque en vez de dejar que se pudra sería bueno darle otro uso. En armenia sacan carne de una bellota del plátano.</i>	<i>Pues dicen que, en el Urabá, utilizan el vástago para hacer papel, pero acá lo utilizan como materia orgánica, no se ha hecho nada más y pues es bueno y rentable.</i>

Fuente: Autores, 2019

3. Recolección de muestras

Para la elaboración del biopolímero, se llevó a cabo la recolección de los materiales necesarios para su desarrollo: la fibra natural del cultivo de plátano, donde se identificaron las estructuras con mayor aprovechamiento para el proyecto de investigación: pseudotallo y hojas; otro de los materiales recolectados fueron los sacos de Polietileno de baja densidad, procedente de la técnica de embolsado que utilizan en los racimos de plátano en el cultivo de la finca Las Palmas. En la siguiente sección, se mostrarán dos fases indispensables para el cumplimiento, la fase de recolección y posteriormente la fase de caracterización de los materiales utilizados en el desarrollo del biopolímero.

3.1 Recolección de muestras

En el proceso de recolección de las muestras, inicialmente se identificó la zona de estudio que facilita los materiales, la materia vegetal que se recolectó (Pseudotallo y hojas) y los sacos de Polietileno de baja densidad, fue obtenida de la finca Las Palmas ubicada en Fuente de Oro, Meta.

3.2 Recolección de materia vegetal y polimérica

Inicialmente se llevó a cabo el proceso de recolección del material tanto vegetal como polimérico en la zona de estudio seleccionada, para ello es importante tener en cuenta algunas características de los cultivos, específicamente del plátano. Colombia al ser un país agrícola se destaca por tener gran variedad de cultivos, de los cuales el cultivo de plátano ha tenido gran reconocimiento a nivel nacional e internacional, el departamento del Meta maneja diferentes cultivos, donde el plátano se clasifica como uno de los principales en relación a su obtención, cuenta con 19.800 hectáreas con un rendimiento promedio de 16,4 ton/ha/año donde se destaca la variedad Hartón y Dominico-Hartón. El municipio que lidera la producción departamental es Fuente de Oro con mayor extensión de áreas cosechada, seguido de Granada y Lejanías (García, 2015), es decir, que la zona de estudio es un sector platanero con múltiples áreas de cosecha. A continuación, se expone la composición química del plátano vital para identificar su comportamiento al momento de trabajar con su fibra.

Basándose en la composición química del plátano Dominico Hartón, la revisión bibliográfica sobre su fisiología y demás características, se llevó a cabo la selección de la materia vegetal con el cual se iba a trabajar, en este caso se recolectó el pseudotallo integrado de vainas foliares y las hojas destacándose por sus nervaduras pinnadas, así como su espontaneidad al romperse, sobresaliendo su aspecto desaliñado (Anzora A & Fuentes C, 2008).

El proceso de recolección de la materia vegetal y los sacos de Polietileno de Baja Densidad se desarrolló en la finca Las Palmas ubicada entre los municipio de Fuente de Oro y Granada, Meta ubicada en las coordenadas 3°29'54.5"N 73°39'53.0"W, actualmente la finca cuenta con 2000 plantas de plátano Dominico Hartón cosechadas, con una extensión de una hectárea (ha), donde los sacos poliméricos son utilizados en cada uno de los racimos del cultivo durante la etapa de cosecha.

Para la extracción del pseudotallo se realizó un corte de una de las plantas sembradas en el cultivo con una medida de aproximadamente 40 cm, con un peso inicial de 552,2 g. Para la extracción de la demás materia vegetal se tomó una hoja completa tomada del suelo del cultivo con un peso inicial de 172,8 g. Finalmente, las muestras recolectadas fueron selladas y empacadas en bolsas plásticas para ser transportadas hacia las instalaciones del laboratorio de fisicoquímica de la Universidad el Bosque.



Figura 18. Materia Vegetal
A. Pseudotallo de plátano B. Hojas de plátano
Fuente: Autores, 2019

La fase de recolección de los sacos de Polietileno de Baja Densidad se llevó a cabo dentro de las instalaciones de la finca las Palmas, allí no se le realiza ningún proceso de disposición final, es decir que los residuos poliméricos quedan en la finca para ser incinerados o enterrados con los mismos residuos orgánicos del cultivo, por otro lado, como lo mencionó el administrador algunas veces son recolectadas pero el tiempo de espera es un poco alto a comparación de las técnicas de entierro e incineración. Es evidente que no se lleva un control sobre este tipo de residuo el cual tiene un alto grado de contaminación.



Figura 19. A. Cultivo de plátano finca Las Palmas B. Sacos de Polietileno de Baja Densidad en el cultivo de plátano de la finca Las Palmas.
Fuente: Autores, 2019

En la zona se recolectaron cuatro sacos completos de Polietileno de Baja Densidad con un peso aproximado de 30 g cada uno, a este material no se le realizo ningún tipo de corte. Cada una de los sacos fue recogido del suelo de la finca, ya que los racimos de plátano ya estaban listos para ser cortados. Una vez con los sacos previamente seleccionados, se empacaron en bolsas plásticas con el fin de llevarlas junto con la materia vegetal a la Universidad el Bosque.

CAPITULO IV. DE EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN Y OBTENCIÓN DEL BIOPOLIMERO

Resultados y discusión

Objetivo específico 2. Establecer el proceso de extracción del almidón a partir del pseudotallo y las hojas generados en el cultivo de plátano para la obtención de un material compuesto.

1. Revisión bibliográfica sobre los métodos de extracción de almidón

En el proceso de investigación la revisión bibliográfica fue indispensable para el desarrollo del proyecto, ya que permitió contestar la pregunta de investigación sobre la metodología para la obtención de un material compuesto, y así mismo, aporta argumentación pertinente sobre los diseños de investigación que ya se han realizado, teniendo en cuenta las técnicas, instrumentos y procedimientos necesarios para seleccionar datos. En la revisión se identifican y analizan las diferentes metodologías que se han perfeccionado a lo largo de los años, observando las ventajas y desventajas que presenta cada proceso metodológico.

En lo que respecta a la revisión bibliográfica, no solo es una recopilación de información de diferentes citas, también permite hacer uso de estas fuentes de una manera precisa, ordenada crítica y analítica, es decir, que al ejecutar una revisión se expone un estudio más crítico y con mejor dirección sobre el tema de interés, resaltando puntos clave para el desempeño óptimo de investigación. En la tala 9 se reunieron los métodos de extracción del almidón realizados, con el fin de identificar el que mejor se ajustara al proyecto de investigación, resaltando los elementos que permitieron reunir información de interés.

El método que se realizó para la revisión bibliográfica se desarrolló teniendo en cuenta varios aspectos de selección. En primera instancia se definieron los objetivos de revisión, si era exploratorio, explicativo o experimental, para el caso de la revisión se limitó a ser un objetivo de revisión experimental. Posteriormente, se identificaron los tipos de fuentes en los que se realizó la búsqueda, según Dankhe (1996) hay tres tipos básicos de fuentes: fuentes primarias, fuentes secundarias y fuentes terciarias; para el caso del método de extracción se estableció como una fuente secundaria, al ser artículos extraídos de revistas electrónicas, una vez se seleccionó la fuente se procedió a elegir las palabras claves que fueran acordes al tema de investigación.

Finalmente, se establecieron los criterios de selección para la consolidación de la revisión bibliográfica, estos criterios se encuentran determinados por los objetivos de la revisión, es decir, la pregunta que trata de responder el proyecto de investigación.

Otro de los aspectos que determina la selección de los artículos es su calidad metodológica y si cumplen con los criterios de calidad científica buscada (Vera, 2009). En el proceso se tuvieron en cuenta dos elementos; el primero fueron los criterios de inclusión, en él se abarco inicialmente que solo fueran métodos de extracción de almidón, donde los procesos fueran de carácter químico o físico, el título, los autores y los resultados obtenidos; el segundo se basó en los criterios de exclusión, aquí no se abarcaron métodos que tuvieran procesos microbiológicos de extracción, no se tuvieron en cuenta métodos con alto consumo de reactivos de alto impacto ambiental, solo se buscaron artículos de un periodo de tiempo no mayor a veinte años. Estableciendo estos criterios se logró sintetizar la información con mayor relevancia para establecer el proceso de extracción del almidón del pseudotallo y las hojas de plátano.

Tabla 9. Matriz de información

Matriz de información bibliográfica						
Año	Autores	Tipo de fuente	Palabras claves	Titulo	Procedimientos de extracción	
					Método seco	Método húmedo por decantación
2008	Mazzeo, M; Alzate, A & Marín, M.	Articulo	Almidón, residuos poscosecha, plátano, extracción.	Obtención de almidón a partir de residuos postcosecha del plátano Dominico Hartón	Se seleccionó y pesó el pseudotallo y hojas de plátano para verificar Kg de la muestra.	Se seleccionó y pesó el pseudotallo y hojas de plátano para verificar Kg de la muestra.
					Lavado del pseudotallo y las hojas de plátano con agua potable para eliminar tierra e impurezas adheridas a los residuos, y desinfección por inmersión del pseudotallo y las hojas.	Lavado del pseudotallo y las hojas de plátano con agua potable para eliminar tierra e impurezas adheridas a los residuos, y desinfección por inmersión del pseudotallo y las hojas.
					Se dispuso la muestra en un recipiente con una solución de ácido cítrico al 3% en agua destilada durante 15 minutos, posteriormente se cortaron las muestras en piezas de 8 cm aproximadamente.	En este procedimiento se modificó la solución de ácido ascórbico al 2% en agua destilada y se sumergieron las muestras de pseudotallo durante 5 minutos. Después, S
					Se secó del pseudotallo y las hojas de plátano en un proceso de deshidratación en un secador de bandejas a 40°C durante 10 horas.	se secó del pseudotallo y las hojas de plátano en un proceso de deshidratación en un secador de bandejas a 40°C durante 10 horas.
					Molienda y tamizaje de los residuos mediante un molino y tamices de laboratorio de 40 y 60 US. Finalmente se empacó el almidón en bolsas herméticas y se pesó en una balanza analítica la cantidad de masa obtenida.	Posteriormente la materia vegetal pasa por una licuadora industrial a velocidad máxima por dos minutos, para facilitar el tamizaje.
2010	Mazzeo, León, Mejía, Guerrero & Botero	Articulo	Almidón, plátano, extracción, método húmedo	Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y postcosecha del plátano en el departamento de caldas.	Método Húmedo por centrifugación	
					Se seleccionó y pesó el pseudotallo y hojas de plátano para verificar Kg de la muestra que se iba a utilizar. El material vegetal previamente cortado se dispuso por inmersión en una solución de bisulfito de sodio al 3% y agua destilada durante 20 minutos, con el fin de blanquear y desinfectar el material.	
					Al tener el material previamente cortado y desinfectado con la solución de bisulfito de sodio al 3%, se procedió a trocear en una licuadora con agua en una relación 1:1 a máxima velocidad durante dos minutos, pasando el producto obtenido por un colador, disponiendo el líquido de salida en una jarra de 5 L. Así mismo, el residuo se lavó hasta que el líquido de salida no tuviera residuo aparente de almidón.	
					La suspensión obtenida se separó en 20 tubos que posteriormente son llevados a una centrifuga Thermo Scientific a 4500 rpm durante 15 minutos, después se eliminó el sobrenadante, obteniéndose un residuo blanco, el cual se extrajo con una micro espátula y se dispuso de manera extendida en cajas de petri, para su posterior secado en un horno a 70 °C durante 8. Finalmente, se trituró en una licuadora doméstica y se tamizó nuevamente en malla de 60 US.	

Fuente: Autores, 2019

En la tabla 9 se describió como se llevó a cabo la búsqueda del método de extracción del almidón, teniendo en cuenta una serie de elementos que facilitaron la información recopilada, permitiendo seleccionar los métodos más apropiados de extracción. De esta manera, la revisión bibliográfica que se presenta sintetiza solo los documentos que se utilizaron para que el desarrollo del proceso fuera determinante, al ser artículos de investigación describen las metodologías de una forma más específica, lo que permitió tener mayor claridad sobre el trabajo que se debía realizar.

2. Selección del método de extracción bajo variables

Basados en las metodologías de los procesos de extracción de almidón planteado en la tabla 10 se establecieron una serie de variables para el entendimiento de los procedimientos metodológicos de la extracción del almidón a partir del pseudotallo y las hojas que se utilizaron. Esto implican modificaciones en factores de cambio respecto al tiempo, materiales y concentraciones químicas para la obtención de los resultados presentados en la obtención de los materiales compuestos, estos cambios abarcan principalmente los procedimientos de los métodos húmedos, ya que el método seco no presentó un porcentaje de almidón óptimo para su utilización, en la tabla 10, se presentan las variables necesarias para el correcto desarrollo de la metodología de extracción del almidón.

Tabla 10. Variables de procedimientos de extracción del almidón

Método húmedo por decantación						
Variables	Concentración (%)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Tiempo	Método	Tiempo
Agua destilada	N/A	800 mL	18	15 min	Decantación	4 h
Ácido ascórbico	2%	N/A	18			
Método húmedo por centrifugación						
Variables	Concentración (%)	Volumen (mL)	Temperatura (°C)	Tiempo	Método	Tiempo
Agua destilada	N/A	800 mL	18	20 min	Centrifugación	15 min
Bisulfito de sodio	3%	N/A	18			

Fuente: Autores, 2019

Las variables de los procedimientos se tuvieron en cuenta para mejorar la calidad del almidón que se obtuvo mediante las dos metodologías, respecto a las concentraciones del método húmedo por decantación el método permaneció igual, en él se evidencia que el periodo de tiempo es mayor en el proceso de decantación, por otro lado, las variables determinantes para que el almidón extraído fuera de mejor calidad fue la concentración de bisulfito de sodio y el proceso de centrifugación. A comparación del proceso por decantación, se lograron identificar factores positivos en la calidad del almidón, ya que la centrifugación permitió separar la parte sólida de la líquida, de esta manera el porcentaje de muestra presentó mejores características, no solo en su apariencia sino en el porcentaje presentado en la prueba de espectrofotometría UV mencionada en el objetivo 3.

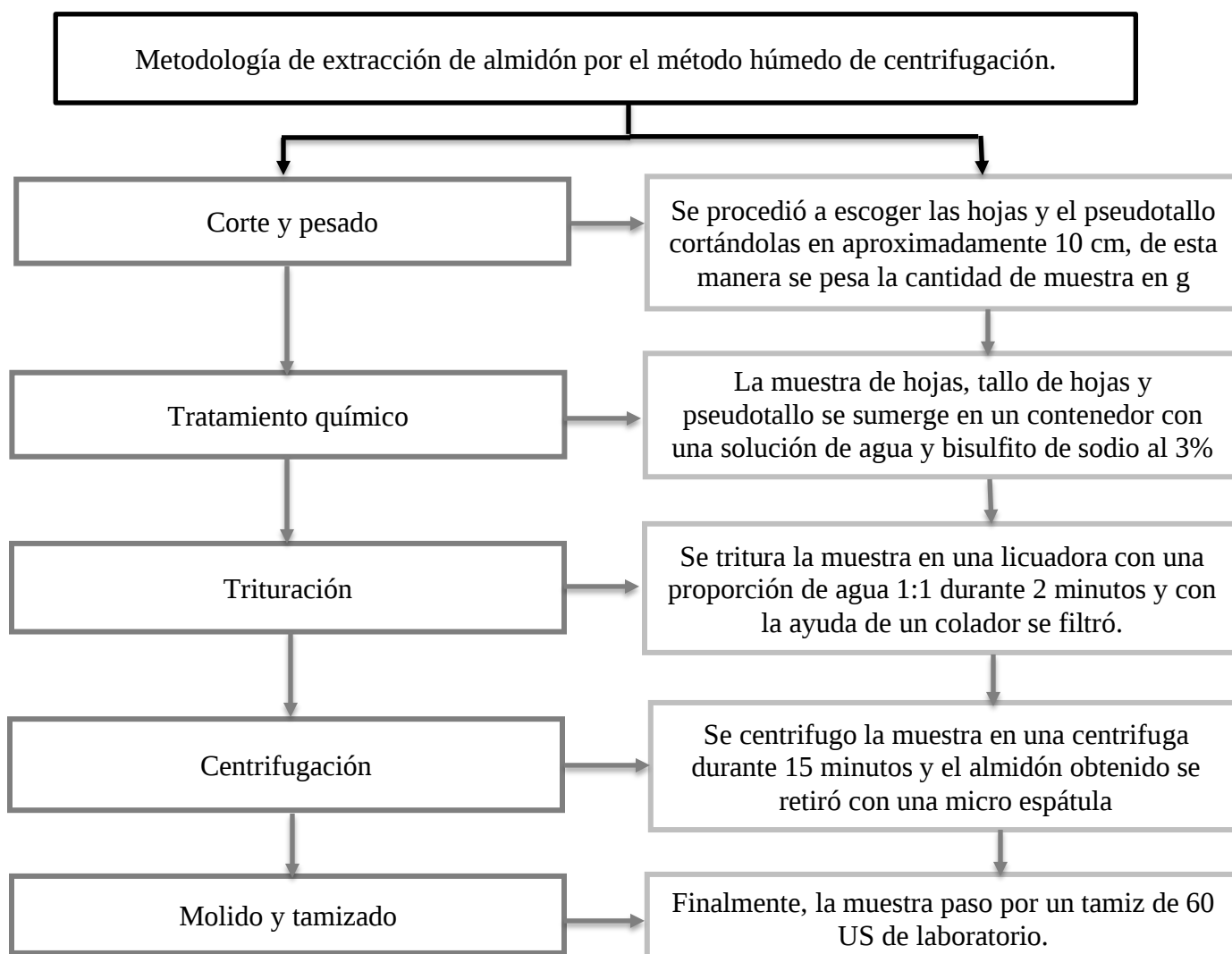


Figura 20. Diagrama de flujo metodología de extracción del almidón de plátano
Fuente: Autores, 2019

El diagrama de flujo permitió sintetizar la información pertinente para la metodología que se tuvo en cuenta al momento de extraer el almidón del pseudotallo y las hojas del plátano. La metodología que mejor resultado arrojó fue la propuesta por (Mazzeo, Libardo, Luis, & Juan, 2010) gracias al fundamento de centrifugación, el cual consiste en una solución donde las partículas con una densidad mayor que la del medio circundante tienden a irse al fondo, es decir, que las partículas se sedimentan. De esta manera, se pueden aprovechar las pequeñas diferencias de densidad para la separación de ellas, donde la solución utiliza la fuerza de atracción de la tierra que ejerce la centrifuga (Koolman, 2004). Por otro lado, la variable que se modificó en el proceso de extracción del almidón por el método húmedo centrifugado fue el bisulfito de sodio, este reactivo no fue utilizado en la metodología propuesta por Mazzeo, Libardo, Luis & Juan, pero para la metodología que se desarrolló en el laboratorio de la Universidad el bosque si se incorporó; si bien el bisulfito de sodio, es un agente reductor que permite que sustancias orgánicas como taninos e hidroxifenoles puedan separarse de la matriz orgánica de interés, permitiendo mejorar el porcentaje de pureza y la cantidad de almidón obtenida, en bajas concentraciones con el fin de no dañar

los grupos funcionales del almidón, así mismo, es usado para blanquear, en la elaboración de vino y cerveza como estabilizante; y es el reductor empleado para liberar el yodo del yodato de sodio (Garófalo, 2002).

3. Caracterización de materiales

Para establecer el procedimiento de extracción de almidón proveniente del pseudotallo y hojas, generadas en el cultivo de plátano, residuos de los cuales se obtuvo el material compuesto, fue necesario desarrollar dos etapas.

La primera etapa se conecta directamente con el cumplimiento del objetivo anterior. Esta comprende la obtención y transporte de la muestra de pseudotallo y hojas desde la finca “Las Palmas” en Fuente de Oro Meta, hasta el laboratorio de Química Ambiental de la universidad El Bosque.

Inicialmente se realiza una previa observación del estado físico de las muestras, determinando nivel de descomposición, tamaño, olor, color y presencia de plagas para determinar su nivel de deterioro fisiológico y/o microbiano, teniendo en cuenta las especificaciones en muestreo y la extracción, conservación y envío de muestras de plantas y productos vegetales, establecidos por el Manual de Inspección Fitosanitario (FAO, 2011).

Esto en busca de llevar a cabo los procedimientos en el laboratorio con la muestra más óptima y en mejor estado, luego del trayecto (24 a 48 horas) desde la fuente de generación hasta el laboratorio de Química Ambiental de la Universidad El Bosque (FAO, 2007). El estado de las muestras en general para todos los procedimientos de laboratorio se puede observar en la figura 21.



Figura 21. A Estado general de las muestras para procedimientos en laboratorio. B Corte del pseudotallo de plátano

Fuente: Autores 2019.

En la figura 21 se evidencia que el estado de la materia vegetal no presento procesos de putrefacción elevados, lo que facilito la manipulación en la caracterización de la materia vegetal. Además, permitió extender el periodo de tiempo de almacenamiento en el laboratorio de la Universidad el Bosque.

3.1 Porcentaje de humedad

El pretratamiento de las muestras arrojó datos en porcentaje de agua que componen las muestras y diferencias de masa entre condiciones húmeda y seca. Los valores se pueden observar en las tablas 11 y 12. En este proceso se realizaron cortes de aproximadamente de 25 cm cada uno para manipular el material vegetal con mayor facilidad, de esta manera todas las muestras fueron secadas a una temperatura de 70°C durante un periodo de tiempo de tres días, hasta alcanzar una variación de masa del 2%.

Tabla 11. Valores de porcentaje de humedad y masa en condiciones húmedo y seco para pseudotallos.

Porcentaje de Humedad y masa del pseudotallo									
Muestra 1					Muestra 2				
Pseudotallo					Pseudotallo				
Numero	Húmedo	Seco	Diferencia de masa	% de agua	Numero	Húmedo	Seco	Diferencia de masa	% de agua
1	552,2	21,09	531,11	96,18	1	839,56	35,93	803,63	95,72
2	21,09	20,49	0,6	2,84	2	35,93	33,8	2,13	5,92
3	20,49	19,96	0,53	2,59	3	33,8	31,8	2	5,91

Fuente: Autores 2019.

Tabla 12. Valores de porcentaje de humedad y masa en condiciones húmedo y seco para hojas.

Porcentaje de Humedad y masa									
Muestra 1					Muestra 2				
Hojas					Hojas				
Numero	Húmedo	Seco	Diferencia de masa	% de agua	Numero	Húmedo	Seco	Diferencia de masa	% de agua
1	172,78	31,23	141,55	81,92	1	198,72	35,4	163,32	82,18
2	31,23	30,48	0,75	2,40	2	35,4	34,7	0,7	1,98
3	30,48	30,28	0,2	0,66	3	34,7	33,6	1,1	3,17

Fuente: Autores 2019.

Teniendo en cuenta los valores registrados para la masa de la materia vegetal del pseudotallo y las hojas en el proceso de secado en el horno a una temperatura de 70°C que se evidencia en las tablas 11 y 12, se realizó el promedio sobre los porcentajes del contenido de agua para el pseudotallo y para las hojas.

Tabla 13. Promedio del contenido de agua del material vegetal

Porcentaje de agua en masa (%)			
Porcentaje de agua en masa		Porcentaje de agua en masa	
Muestra 1		Muestra 2	
% PS	% Hojas	% PS	% Hojas
33,87	28,32	35,85	29,11

Fuente: Autores, 2019

En la figura 22 se expone el contenido de humedad para el pseudotallo y las hojas, realizado para las dos muestras de material que se trasladó desde la finca Las Palmas por el método de pérdida de peso. Es

evidente que el porcentaje de agua en peso para los dos materiales vegetales tienen una gran diferencia en las dos muestras realizadas, en donde las hojas mostraron menor porcentaje en comparación al pseudotallo, esto se genera gracias a las características del tejido de la hoja pues el espesor de esta es menor al del pseudotallo. Se puede comprobar entonces que el tejido del material vegetal del plátano Dominico Hartón es hidrofílico, es decir, que absorbe agua con mayor facilidad, en este caso el pseudotallo con porcentajes de 33,87% para la muestra 1 y 35,85% para la muestra 2.

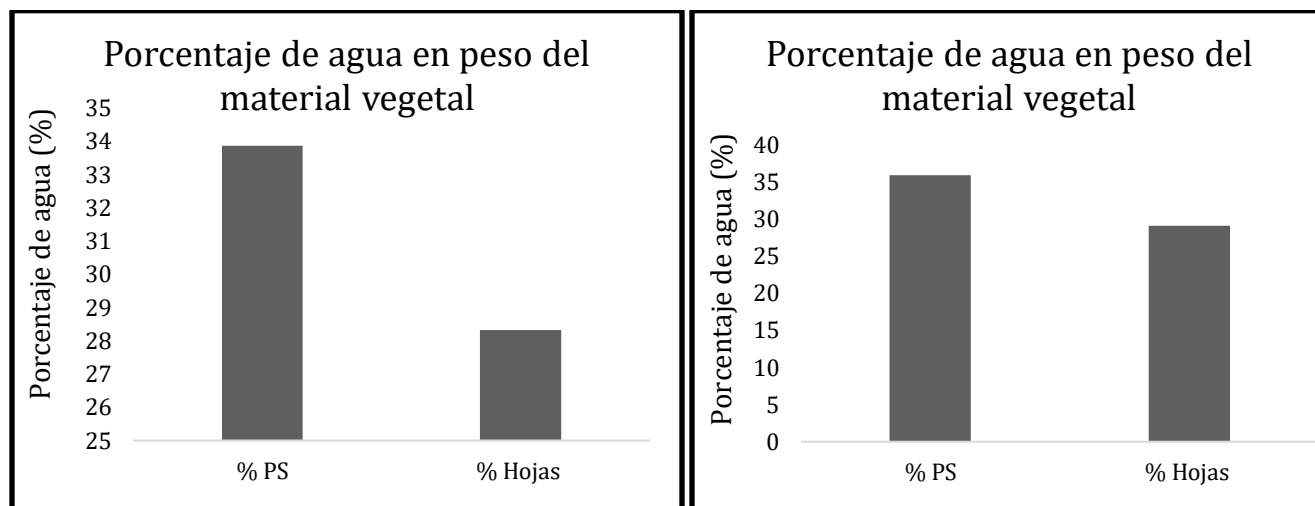


Figura 22. A Contenido del porcentaje de agua de la materia vegetal del plátano muestra 1. B Contenido del porcentaje de agua de la materia vegetal del plátano muestra 2.

Fuente: Autores, 2019

Si bien el pseudotallo está conformado por carbohidratos, como glucosa, arabinosa xilosa y almidón principalmente (A, 2013). También se forma por la unión de las vainas foliares de las hojas, que una vez liberadas dan origen a nuevos grupos de hojas, donde el pseudotallo posee la característica de almacenar la mayor concentración de agua, brindando soporte y conexión vascular a la planta (Rodríguez, 2006)

Luego de la pérdida de humedad de las muestras al pasar por el horno de laboratorio, según método de Molina & Vásquez en 2014, se encuentra que para pseudotallos, se cuenta con una masa de 31,8g y 19,96g respectivamente. Y para hojas se cuenta con 30,28g y 33,6g. Lo que garantiza un total de 115,64g de muestra para realizar la extracción de almidón con los respectivos métodos.

4. Métodos de extracción del material vegetal

La Segunda etapa busca llevar a cabo tres métodos para obtención de almidón, con el fin de determinar bajo tres ensayos, según los resultados, cuantitativamente cual ofrece mejor rendimiento, aprovechamiento y óptima extracción del almidón, y que por ende influye cualitativamente y cuantitativamente al momento de generar el biopolímero. Como se observa en la figura 23, los métodos por los cuales se extrajo el almidón fueron: Método seco, método húmedo por decantación y método húmedo por centrifugación. (Mazzeo M., Alzate, A. & Marín, M., 2008; Mazzeo M., León L., Mejía L., Guerrero L. & Botero J, 2010)

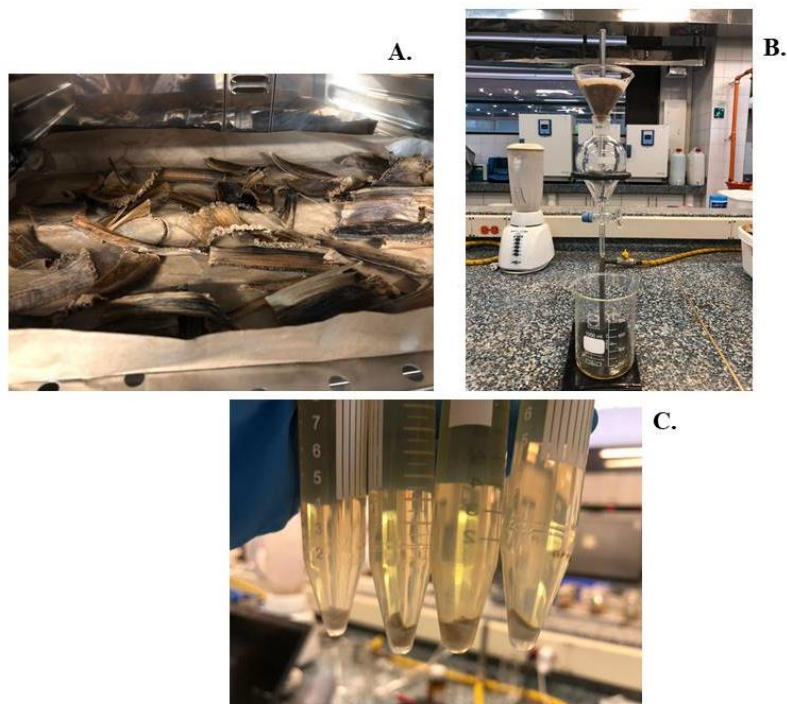


Figura 23. Métodos de extracción del almidón proveniente de pseudotallo y hojas: A. Método seco. B. Método húmedo por decantación. C. Método húmedo por centrifugación.

Fuente: Autores, 2019.

En la tabla 14 y la figura 25 se observan los valores en gramos extraídos de almidón para cada ensayo con el respectivo método. Inicialmente se realizó la trituration para obtener almidón por método seco, posteriormente se aplica el método húmedo por decantación y finalmente se agrega bisulfito al 3% para obtener almidón por medio de centrifugación (Mazzeo M., Alzate, A., Marín, M., 2008; Mazzeo M., León L., Mejía L., Guerrero L. & Botero J, 2010).

El almidón obtenido por los métodos húmedos se puede observar en la figura 24, donde se presentan imágenes tomadas por el estereoscopio, donde se visualizan mayor cantidad de residuos de vainas foliares pertenecientes al método seco, la que presenta una tonalidad café con un almidón un poco más fino corresponde al decantado y el de tonalidad verde claro al centrifugado. Los ensayos se realizaron en el mismo orden con intervalos de tiempo: entre el primer y segundo de 1 semana y entre el segundo y el tercero de un mes.

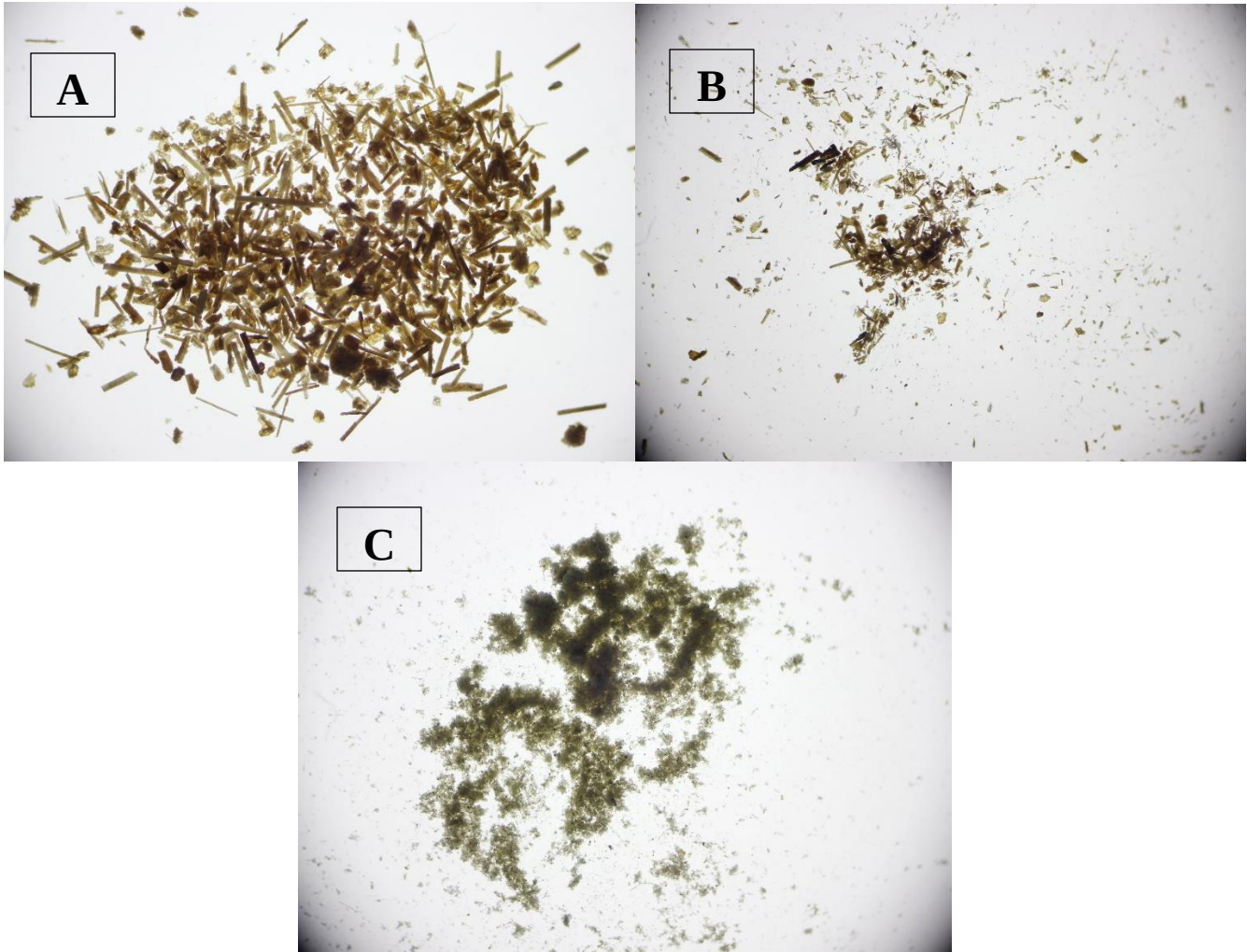


Figura 24. Almidón obtenido por el método húmedo decantado y centrifugado. A. Método seco B. Método húmedo decantado C. Método húmedo centrifugado.
Fuente: Autores 2019.

Inicialmente los intervalos o el tiempo transcurrido, no influye directamente en la extracción de almidón, ya que el método centrifugado permitió una mayor cantidad de almidón extraído con un valor de 11,2405g. Hay que tener en cuenta que es necesario realizar la prueba con el método de centrifugado con un intervalo menor desde la generación y extracción del pseudotallo y las hojas, para determinar si esto influye directamente en la cantidad de almidón. Posiblemente se pueda extraer mucho más, ya que el intervalo de tiempo en este caso fue de más de un mes antes de realizar el ensayo en laboratorio.

Tabla 14. Valores de almidón extraído en cada ensayo para cada método.

Total peso de almidón		
Método seco	Húmedo Decantado	Húmedo Centrifugado
4,3321	6,2243	11,2405

Base de cálculo: 105,59g de muestra dividido en tres muestras de 35g
Fuente: Autoras 2019.

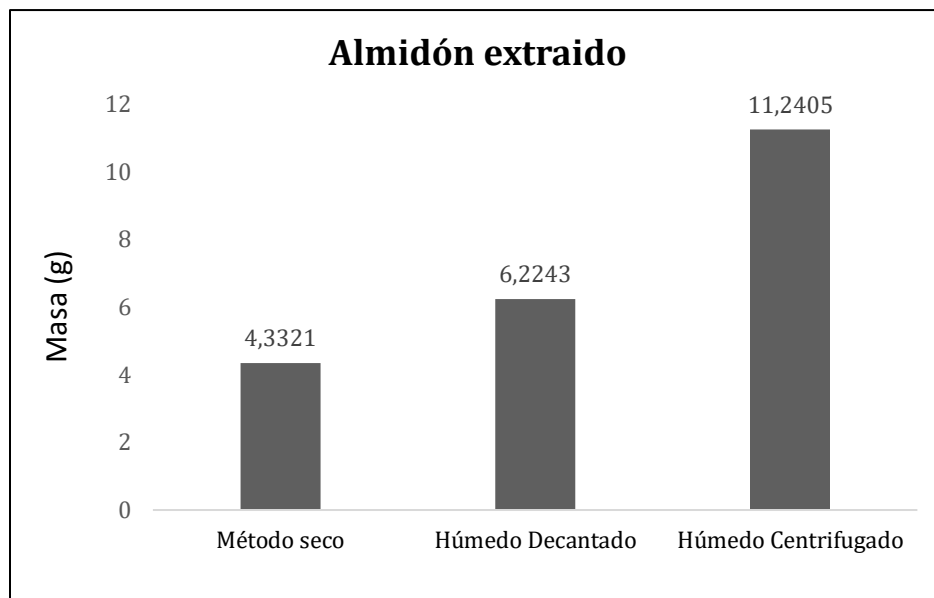


Figura 25. Masa de almidón por los tres métodos

Fuente: Autores, 2019

Los valores encontrados anteriormente comparados con los calculados en Mazzeo, Alzate, y Marín en 2008, se asemejan en cuanto a los determinados con el método seco, los cuales en promedio son de 10,93%, que en este caso corresponden al 12,3%. No ocurre lo mismo con el valor para método húmedo, donde en promedio en el estudio mencionado fueron de 12,53% el cual varía significativamente, ya que en cuanto al método decantado se obtiene un 17,68% y centrifugado un 31,94%. Si bien, en la metodología de extracción propuesta por (Mazzeo, Libardo, Luis, & Juan, 2010) y la metodología propuesta en el presente proyecto de investigación se correlacionan con los resultados obtenidos en el porcentaje de almidón analizado en el espectrofotómetro UV, arrojando como resultados que para el método seco se alcanzó un porcentaje del 4,3% de almidón, siendo este muy similar al método húmedo por decantación donde el porcentaje fue de 4,1%, aunque el método seco presento mayor proporción la calidad del almidón que se puede observar en la figura 24 no presenta las características físicas esperadas, como el color y la textura, en lo que respecta al método húmedo por centrifugación el porcentaje obtenido fue de 31,08% evidenciando la relación con la metodología de (Mazzeo, Libardo, Luis, & Juan, 2010).

Respecto a la fibra vegetal de las hojas, el porcentaje de almidón que se obtuvo fue de 3,8%, existiendo una proporción muy baja para su utilización en la elaboración del material compuesto, además en la prueba cualitativa con Lugol el resultado de la presencia de almidón fue negativo. Por esta razón, se excluyó de los procesos descritos más adelante, ya que implementar este material vegetal afectaría considerablemente el resultado final del material compuesto.

Teniendo en cuenta los porcentajes de extracción de los tres métodos, se evidencia que el método por centrifugación dio mejores resultados en relación al porcentaje de almidón (31,08%) y la calidad del mismo, como se puede observar en la figura 24 donde la textura de la muestra presenta gránulos más finos en comparación a los otros métodos, de esta manera se logra identificar que las variables críticas del proceso fue la técnica por centrifugación y la concentración del bisulfito de sodio mencionados en la tabla 10 sobre las variables de los procesos de extracción. Por otro lado, el bajo consumo de reactivos que se necesita en el método húmedo por centrifugación representa una ventaja simbolizada en el desarrollo de procesos más sostenibles, ya que, en este procedimiento no se utiliza ningún tipo de ácidos y la

concentración de bisulfito utilizada no fue mayor al 3%, además este compuesto químico es una solución no peligrosa que se usa como agente de decoloración del agua residual, de igual manera la descomposición biológica es rápida (Mancer, 2017)

5. Obtención de material compuesto

La obtención de los materiales compuestos se basó en tres materiales principales desarrollados a partir del material vegetal del pseudotallo, en este proceso no se tuvieron en cuenta las hojas, ya que al realizar la prueba cualitativa de almidón dio como resultado negativo para la presencia de almidón en las hojas. A continuación, se describen los resultados de los materiales compuestos desarrollados.

5.1 Biopolímero

Aquí se obtiene el diseño metodológico del biopolímero con el almidón extraído con cada uno de los métodos como se observa en la figura 26. Estas muestras de biopolímero son las analizadas en el objetivo 3, para determinar bajo otros factores, cuál debe ser el método de extracción indicado que más se ajusta y ofrece más ventajas respecto a la calidad del material. En este caso por factores de cantidad, el método húmedo por centrifugado es el más óptimo dentro de la metodología como también se observa en el estudio de Mazzeo, Alzate, y Marín del 2008.

5.1.1 Preparación del molde

Antes de poner las muestras del biopolímero en los moldes, se debe limpiar previamente con tal de eliminar las impurezas y la superficie de este para que así quede plano en su totalidad y de esta manera la apariencia del material no sufra deformaciones al momento de realizar el desmolde. Después, se adiciona una capa delgada de silicona desmoldante en el molde de vidrio para que el proceso de desmolde se facilite y se agilice el proceso. Este procedimiento, dura aproximadamente un minuto.

5.1.2 Preparación de la mezcla de obtención del bioplástico

Para el proceso sobre la elaboración del bioplástico, inicialmente se tomó la muestra de almidón extraído pesando el peso en masa que se iba a utilizar, posteriormente en un vaso de precipitado se añadió agua destilada con el almidón, glicerol y ácido acético en las proporciones señaladas en la sección de metodología, y con la ayuda de un agitador se mezcló hasta lograr una mezcla homogénea. Posteriormente, el vaso precipitado se dispuso en la placa calefactora a 150°C con un agitador magnético para mantener constante la agitación de la mezcla previamente descrita, hasta alcanzar un proceso de gelatinización, esto ocurrió en un periodo de tiempo de aproximadamente una hora, Una vez se obtiene esta muestra con la ayuda de unas pinzas y guantes de seguridad se dispone en los moldes de vidrio para ser llevado al horno durante 24 horas a una temperatura de 50°C.

5.1.3 Desmolde

Una vez se tiene la mezcla para la obtención del bioplástico y se llega a la capacidad total del molde, se extrae del horno después de las 24 horas a una temperatura de 50°C, se deja enfriar y

se desmolda con ayuda de una microespátula. De esta manera sale el biomaterial del molde de vidrio, como se logra observar en la figura x



Figura 26. Biopolímero obtenido de la extracción de almidón por el método seco.

Fuente: Autores, 2019.

Es evidente que los resultados obtenidos del biopolímero, no cumplieron con las expectativas esperadas al momento de su elaboración. Esto ocurrió gracias a que la textura del material, no fue lo suficiente consistente para realizarle pruebas químicas y físicas, por esta razón, se aprovechó el residuo del biopolímero para la elaboración de los biocompositos descritos a continuación.

5.2 Biocomposito

La elaboración del biocomposito se dividió en diferentes etapas para la consolidación de las clasificaciones de los biocompositos basados en el biopolímero compuesto por el pseudotallo de plátano.

El establecimiento del diseño experimental, para la elaboración del biomaterial se desarrolló mediante unos moldes laminares, con el fin de brindarle al biocomposito una estructura constituida con mejores características físicas. Al trabajar con materiales compuestos el molde adquiere una relevancia especial en el producto final del biocomposito, gracias a que el molde empleado está fabricado a base de aluminio facilito la fase de compresión y fundición del polímero con la fibra vegetal. A continuación, se exponen las etapas necesarias para la fabricación de los biocompositos.

5.2.1 Adecuación del molde

Inicialmente se debe acondicionar el molde para introducir la muestra en él, es necesario limpiarlo con el fin de no contaminar el material que se trabajó, además de mejorar la presentación del biocomposito evitando que se deformen por la presencia de alguna partícula indeseada. Posteriormente, se incorpora una capa de silicona desmoldante para agilizar el desmolde del biomaterial, este proceso dura un periodo de tiempo de tres a cuatro minutos aproximadamente.

5.2.2 Fundición del Polietileno de Baja Densidad (PEBD) y la materia vegetal

Al tener el molde acondicionado, se introduce en la mufla de calentamiento a 230°C aproximadamente 20 minutos hasta alcanzar la temperatura pertinente. Con ayuda de los guantes de seguridad se introdujo el polietileno de baja densidad con la finalidad de fundirlo previamente a la introducción del material vegetal, con la ayuda de una espátula se realiza la mezcla de estas dos muestras, en el proceso se evidencio que el polietileno de baja densidad al ser fundido disminuye su volumen, por esta razón, la composición del material vegetal se adiciono en pequeñas proporciones.

5.2.3 Desmolde

En el proceso de extracción del biocomposito, inicialmente se saca de la mufla de calentamiento y de esta manera, el molde se deja enfriar en un periodo de tiempo no mayor a dos minutos para facilitar el desmolde con la ayuda de una espátula. Posteriormente, se realiza la verificación sobre las imperfecciones que genero el proceso, si se tiene alguna deformidad se introduce de nuevo a la mufla hasta lograr una textura uniforme, finalmente el biocomposito se pesa con la ayuda de una balanza analítica.

5.2.4 Biocompositos

Una vez se realizó el proceso para la consolidación de los compuestos, se elaboraron nueve biocompositos con tres porcentajes de clasificación diferentes (60 % PEBD 40%, 60 % PS 40% PEBD Y 45% PEBD 55 % PS) mencionados en la tabla 15. Cada biocomposito se realizó por triplicado, para realizar una comparación física respecto a su apariencia.

Tabla 15. Clasificación de los porcentajes de biocompositos

Clasificación biocompositos				
PEBD (%)	Masa PEBD (g)	Pseudotallo (PS) (%)	Masa PS (g)	Clasificación
60	9,0113	40	6,3382	PEBD+PS 60/40
40	6,0641	60	9,0924	PEBD+PS 40/60
45	10,2604	55	12,5621	PEBD+PS 45/55

Fuente: Autores, 2019

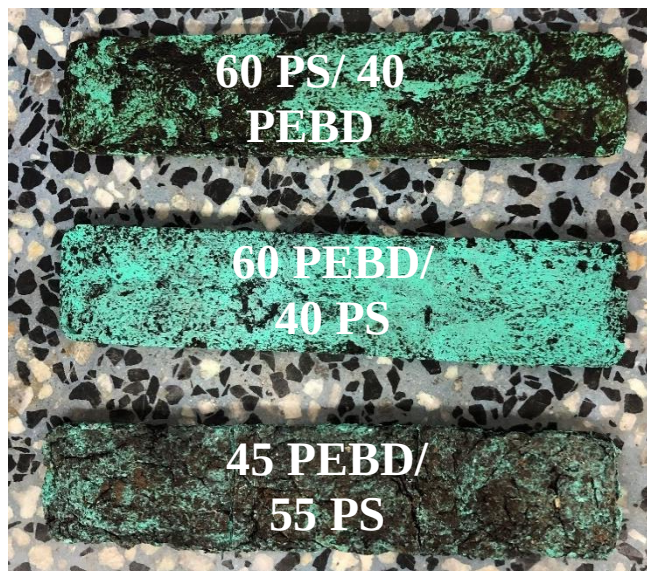


Figura 27. Biocompositos finales a partir de material vegetal y PEBD

Fuente: Autores, 2019

5.3 Bioplástico

El diseño metodológico del bioplástico se caracterizó por diferentes etapas para su elaboración, en este proceso también se emplearon moldes con dimensiones, para otorgarle al bioplástico una estructura física con mejor apariencia. El modelo del molde fue realizado mediante trozos de vidrio, unidos con silicona. A continuación, se exponen las etapas necesarias para la consolidación del material obtenido.

5.3.1 Preparación del molde

Antes de poner las muestras del bioplástico en los moldes, se debe limpiar previamente con tal de eliminar las impurezas y la superficie, para que así este quede plano en su totalidad, de esta manera la apariencia del material no sufra deformaciones. Después, se adiciona una capa delgada de silicona desmoldante en el molde de vidrio para que el proceso de desmolde se facilite y se agilice el proceso. Este proceso, dura aproximadamente un minuto.

5.3.2 Preparación de la mezcla de obtención del bioplástico

Para el proceso sobre la elaboración del bioplástico, inicialmente se tomó la muestra de almidón extraído pesando el peso en masa que se iba a utilizar, posteriormente en un vaso de precipitado se añadió agua destilada con el almidón, glicerol y vinagre en las proporciones señaladas en la sección de metodología, para esta parte no se utilizó el ácido acético concentrado, debido a que las concentraciones del vinagre son menores, y con la ayuda de un agitador se mezcló hasta lograr una mezcla homogénea. Posteriormente, el vaso precipitado se dispuso en la placa calefactora a 150°C con un agitador magnético para mantener constante la agitación de la mezcla previamente descrita, hasta alcanzar un proceso de gelatinización, esto ocurrió en un periodo de tiempo de aproximadamente cuarenta minutos, Una vez se obtiene esta muestra con la ayuda de unas pinzas y guantes de seguridad se dispone en los moldes de vidrio para ser llevado al horno durante 24 horas a una temperatura de 50°C.

5.3.3 Desmolde

Una vez se tiene la mezcla para la obtención del bioplástico y se llega a la capacidad total del molde, se extrae del horno después de las 24 horas a una temperatura de 50°C, se deja enfriar y se desmolda con ayuda de una microespátula. De esta manera sale el biomaterial del molde de vidrio, como se logra observar en la figura x



Figura 28. Bioplástico obtenido de la extracción de almidón por el método húmedo por centrifugación.

Fuente: Autores, 2019

Como se puede observar en la figura 28 se logró la obtención del bioplástico a partir del almidón del pseudotallo del cultivo de plátano, el cual se consiguió mediante el método de extracción de almidón por centrifugación. Este biomaterial, tuvo como variable crítica el cambio del ácido acético concentrado, por el vinagre, ya que en el primer biopolímero se utilizó el ácido acético y no presento las condiciones esperadas, que si alcanzaron en la obtención del bioplástico.

CAPITULO V. CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y QUÍMICA

Resultados y discusión

Objetivo específico 3. Evaluar las propiedades físicas y químicas del biopolímero obtenido para establecer su posible aplicación en el cultivo de plátano.

Para la elaboración de este objetivo, se evaluaron propiedades físicas, como el contenido de humedad, densidad, hinchamiento y una descripción morfológica a través de imágenes con el estereoscopio de cada uno de los biocompositos y del bioplástico; y también se evaluaron propiedades químicas cualitativas y cuantitativas, como la presencia de almidón en la muestra y la concentración de este mismo respectivamente. Todo esto se hizo con el fin de establecer una posible aplicación de cada uno de los materiales compuestos obtenidos en el cultivo del plátano, buscando un aprovechamiento de los residuos que allí se generan.

1. Propiedades físicas

1.1 Descripción morfológica de los materiales mediante el estereoscopio.

Se determinó la morfología de cada uno de los materiales compuestos mediante la observación de imágenes tomadas con un estereoscopio, las fibras naturales de las que se extrajo el almidón y de las bolsas de polietileno de baja densidad, por medio de la visualización de fotos tomadas en el estereoscopio.

Principalmente, se observa en la Figura 29, que el pseudotallo de la planta del plátano presenta una morfología donde se resalta la presencia de canales, los cuales son contenedores de celulosa, lignina y demás nutrientes que permiten el fenómeno de capilaridad, afirmando que el pseudotallo está compuesto por dos morfologías principales; la primera se denomina renda que es la estructura donde se forman las celdas y canales observados alrededor de todo el tallo; y la segunda es la parte más fina y lisa compuesta por fibras alineadas verticalmente que envuelve a las rendas en cada capa del tronco.

Cabe resaltar que, de acuerdo con Vargas, L. Martínez, P. 2013., en el jugo del pseudotallo del plátano Dominico Hartón se encuentra en su mayor parte, agua, determinando una humedad del 96,71%, al igual que se encuentran solidos mayoritariamente orgánicos abarcando el almidón, azúcares reductores y otros polisacáridos.

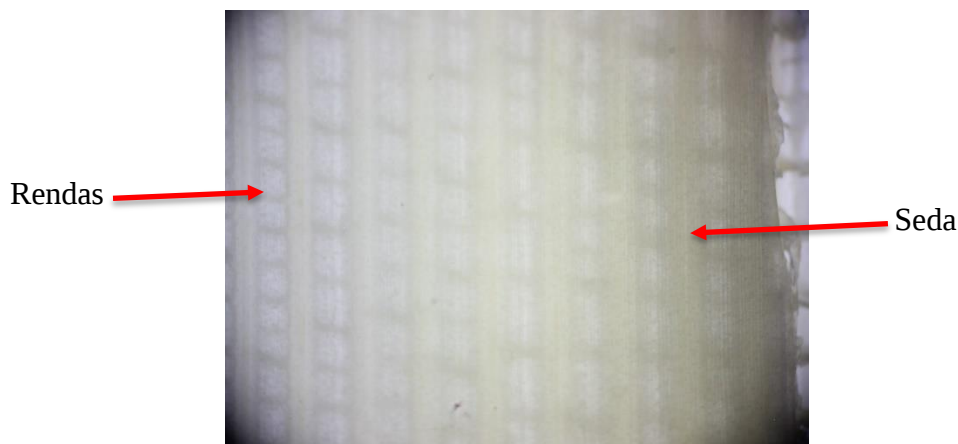


Figura 29. Morfología del pseudotallo de la planta de plátano Dominico Hartón.

Fuente: Autoras, 2019

Posteriormente, en la figura 30., se observa que la morfología de la hoja está principalmente constituida por la presencia de canales de menor tamaño comparados con los canales presenciados en el pseudotallo, los cuales transportan sustancias como azúcares, nutrientes y agua. Resaltando que la hoja es el principal órgano fotosintético de la planta. Cada hoja emerge desde el centro del pseudotallo como un cilindro enrollado, permitiendo la captación de agua hacia el centro del pseudotallo, el cual se encarga de la distribución de nutrientes al fruto (Romero, B. Gonzales, G. 2019).

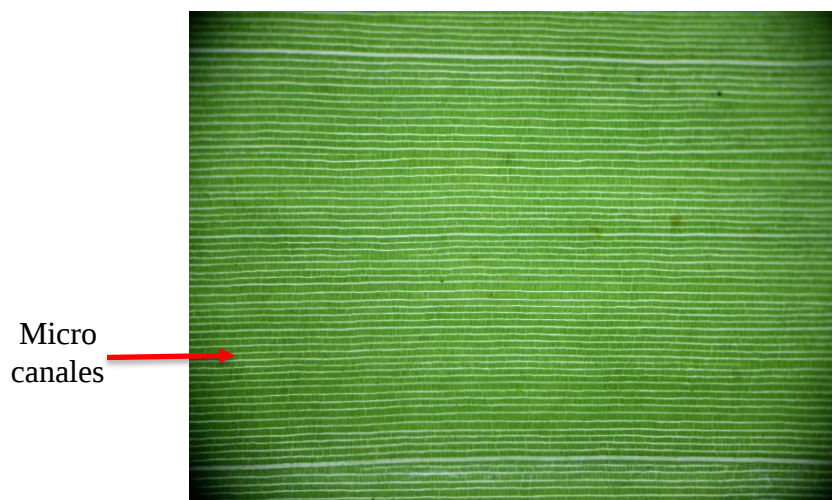


Figura 30. Morfología de la hoja del plátano.

Fuente: Autoras, 2019

A continuación, en la figura 31., se observa la morfología del Biocomposito de composición 60% PEBD 40% PS, que en el material existen porosidades que son propias del método por el cual se está obteniendo el material, debido a la exposición del material al frío y calor repetitivamente, impidiendo la homogenización de los materiales. Adicionalmente, se percibe que en el polietileno se presentan gránulos que permiten la fácil incorporación del material vegetal.



Figura 31. Morfología de biocomposito 60% PEBD 40% PS
Fuente: Autoras, 2019

En cuanto a la morfología observada en el biocomposito de 60% PS 40% PEBD, en la figura 31 se observa material vegetal del pseudotallo en la superficie, por lo que podrían existir limitaciones en la incorporación de la fibra vegetal en la matriz polimérica. Esto podría estar generando pérdidas de material no permitidas en la implementación del biocomposito como material de construcción.



Figura 32. Morfología del biocomposito 60% PS 40% PEBD
Fuente: Autoras, 2019

En la morfología del biocomposito 45% PEBD 55% PS, se puede apreciar claramente la proporción de material vegetal y polietileno de baja densidad, divisando la incorporación medianamente completa de los materiales, proporcionando mayor firmeza al biocomposito.

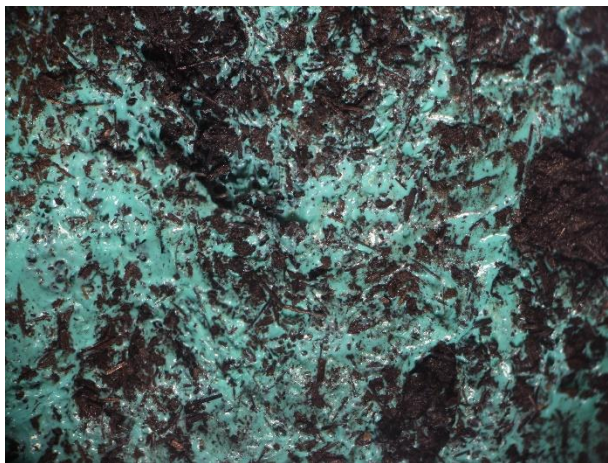


Figura 33. Morfología del biocomposito 45% PEBD 55% PS
Fuente: Autoras, 2019

Finalmente, en la figura 33, se observa la morfología del bioplástico obtenido del almidón extraído mediante la metodología propuesta, donde se aprecia la incorporación de glicerol, almidón y ácido acético. También se puede apreciar que después del proceso de secado quedan en la superficie los gránulos de almidón, lo cual es un comportamiento propio de este polímero.

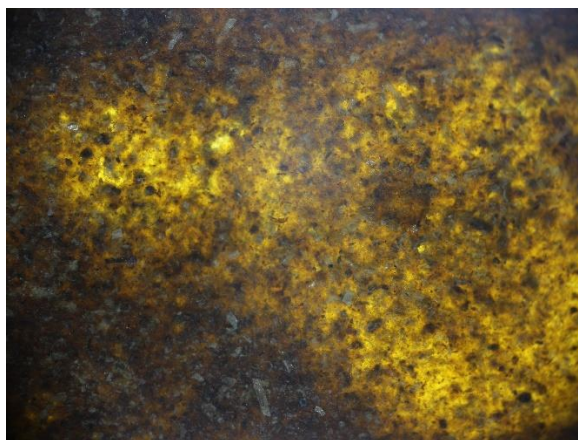


Figura 34. Morfología de Bioplástico.
Fuente: Autores, 2019

1.2 Humedad

Los valores hallados para determinar el porcentaje de humedad están consignados en la tabla 16. Para este caso en particular se calcula combinando la composición de la muestra en relación al polietileno de baja densidad PEBD y almidón proveniente de pseudotallo PS de la extracción utilizada en los 2 primeros procedimientos propuestos. Donde el material compuesto de mayor humedad encontrada fue la de 60% PS y 40% PEBD con un porcentaje del 2,13% por lo que se va a degradar más rápidamente (Rosales, 2016).

Al comparar las composiciones de biocomposito, la que mayor porcentaje contiene de PS, es la que mayor porcentaje de humedad posee debido al aporte de almidón proveniente del residuo de plátano. Sin

embargo, reducir la composición de PEBD y conseguir un biocomposito más equilibrado entre ambos compuestos, permite un porcentaje de humedad optimo y aceptable como lo expresa el valor de 0,28% para el biocomposito de 45% PEBD y 55% PS. Lo que implica mayor tiempo en el proceso de descomposición, pero mejores características físicas para interactuar con el ambiente (Rosales, 2016).

Esto se relaciona con el tipo de exposición, ya sea por inmersión de agua o exposición a alta humedad según las características del cultivo y la zona que meteorológicamente puede presentar valores considerables de humedad relativa, como altas precipitaciones al año. Lo que indica que posee una resistencia al aislamiento eléctrico, una gran resistencia mecánica, ventajas en su aspecto y dimensiones, entre otras. (Norma técnica ASTM D570)

Tabla 16. Valores encontrados para porcentaje de humedad en cada polímero generado según método de extracción de almidón.

Prueba Humedad				
Muestra	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Diferencia de masa (g)	% de humedad
Biocomposito 60 % PEBD 40 % PS	11,9729	11,8755	0,0974	0,8
Biocomposito 60 % PS 40% PEBD	13,2523	12,9696	0,2827	2,1
Biocomposito 45 % PEBD 55 % PS	7,4654	7,4443	0,0211	0,3

Fuente: Autores 2019.

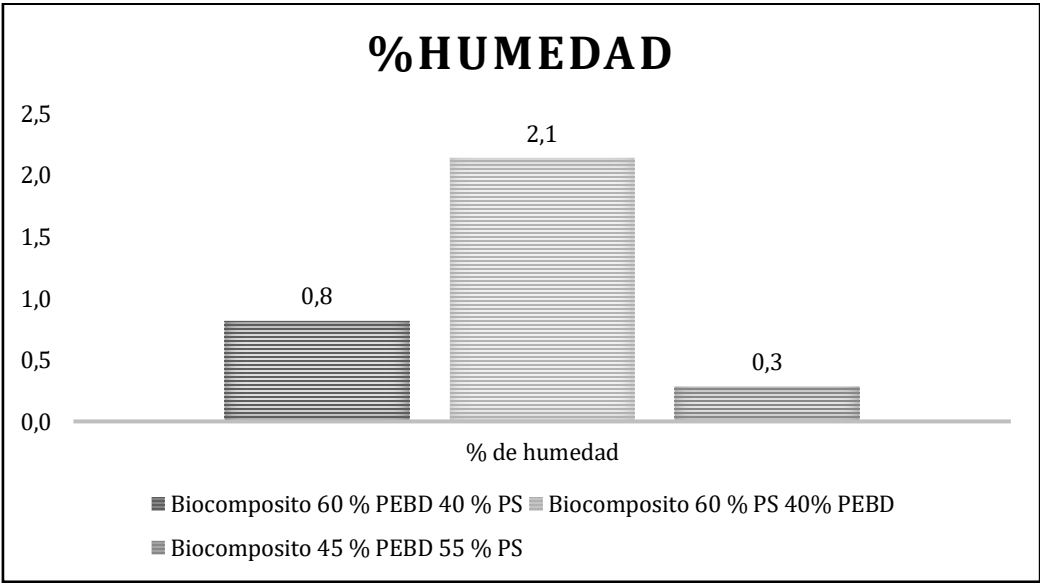


Figura 35. Porcentajes de humedad encontrados según composición de biocomposito.

Fuente: Autores 2019.

Densidad

Se realizaron tres pruebas con diferentes pesos para cada biocomposito con el fin de determinar su densidad. Donde como se observa en la tabla 18, los datos son similares para cada composición en particular y varían proporcionalmente al incrementar o disminuir su masa. A diferencia de la composición 60% PS 40% PEBD donde en la muestra 1 se observan una masa de 2,9 g con una densidad del 1,4g/mL, siendo esta la más alta de todas. La composición de 45%PEBD y 55% PS es la que utiliza datos en masa más altos, arrojando aun así valores similares de densidad al de las otras dos composiciones.

Tabla 17. Valores densidad encontrados para las tres composiciones de biocomposito.

Prueba Densidad										
	Biocomposito 60 % PEBD 40 % PS			Biocomposito 60 % PS 40% PEBD			Biocomposito 45 % PEBD 55 % PS			Bioplástico
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Masa (g)	3,6731	4,6635	3,9225	2,8525	3,6470	3,9318	5,5400	6,6151	5,8064	0,6073
Volumen inicial (mL)	190	130	148	212	212	212	212	212	212	196
Volumen final (mL)	194	134	152	214	216	216	218	218	218	196,5
Volumen desplazado (mL)	4	4	4	2	4	4	6	6	6	0,5
Incertidumbre relativa	37,5	37,5	37,5	75,0	37,5	37,5	25,0	25,0	25,0	300,0
Densidad (g/mL)	0,9	1,2	1,0	1,4	0,9	1,0	0,9	1,1	1,0	1,2
Incertidumbre absoluta	0,3	0,4	0,4	1,1	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	3,6

Fuente: Autores, 2019

Las densidades presentadas en la tabla 17, indican que al compararse los biocompositos con termoplásticos de polietilenos, puede llegar a sustituir algunos plásticos derivados del petróleo en el mercado, debido a que la densidad que poseen les otorga una característica de rigidez más alta y mayor resistencia a altas temperaturas, frente a otros polímeros (Rosales, 2016)

Tabla 18. Comparación de densidades de biocompositos con otros polímeros.

Material	Densidad g/mL
Biocomposito 60%PEBD 40%PS	1,02
Biocomposito 60%PS 40%PEBD	1,11
Biocomposito 45%PEBD 55%PS	1,00
Polietileno de alta densidad	0,94 - 0,97
Polietileno de baja densidad	0,91 - 0,94

Fuente: Allende, S. Arriaga, P. 2013 y Autores 2019.

A su vez, como se observa en la tabla 19, el bioplástico, producto final obtenido por medio de la metodología planteada, posee una densidad de 1,2 g/mL Lo que corrobora las propiedades de resistencia (Rosales, 2016). Que compiten con la de polímeros como el policarbonato, poliéster y poliuretano, estando por en sima de los polietilenos, polipropileno y poliestireno.

Tabla 19. Comparación de densidad del bioplástico obtenido con otros polímeros.

Material	Densidad g/mL
Bioplástico	1,2
Polietileno de alta densidad	0,94 - 0,97
Polietileno de baja densidad	0,91 - 0,94

Fuente: Allende, S. Arriaga, P. 2013 y Autoras 2019.

Hinchamiento

Para la determinación del porcentaje de hinchamiento de los materiales compuestos, se realizó por triplicado de cada uno de los moldes de las diferentes composiciones planteadas, y unificada en el bioplástico obtenido con la metodología modificada.

Teniendo en cuenta que el hinchamiento determina la capacidad de absorber agua y a su vez se relaciona con la capacidad de deformación del biopolímero, según la Norma técnica ASTM D570 y lo referido por Rosales en 2016. Se puede observar en las Figuras 36, 37 y 38, indican que el biocomposito que mejor comportamiento posee y por lo tanto absorbe menos agua y tiene mayor resistencia a deformarse en el de composición 45% PEBD y 55%PS.

A diferencia del de composición 60% PS y 40% PEBD, el cual ya presenta un comportamiento muy variable e indica que posee una capacidad de deformarse más amplia y absorber más agua. En el caso del de composición 60% PEBD y 40% PS, al tener mayor proporción de polietileno de baja densidad se refleja mayor resistencia a la deformación, en comparación con Romero, B. Gonzales, G. 2019., quienes elaboraron un biocomposito de la misma proporción, presentando una absorción de agua rápida durante 1 hora, para seguidamente disminuir gradualmente su captación. Con esto, Romero y Gonzales. 2019., se afirma que las propiedades hidrofílicas del pseudotallo se reducen en cuanto se aumenta la cantidad de PEBD, los datos son variables y la tendencia es a cambiar su masa rápidamente sin sobrepasar el porcentaje máximo de absorción.

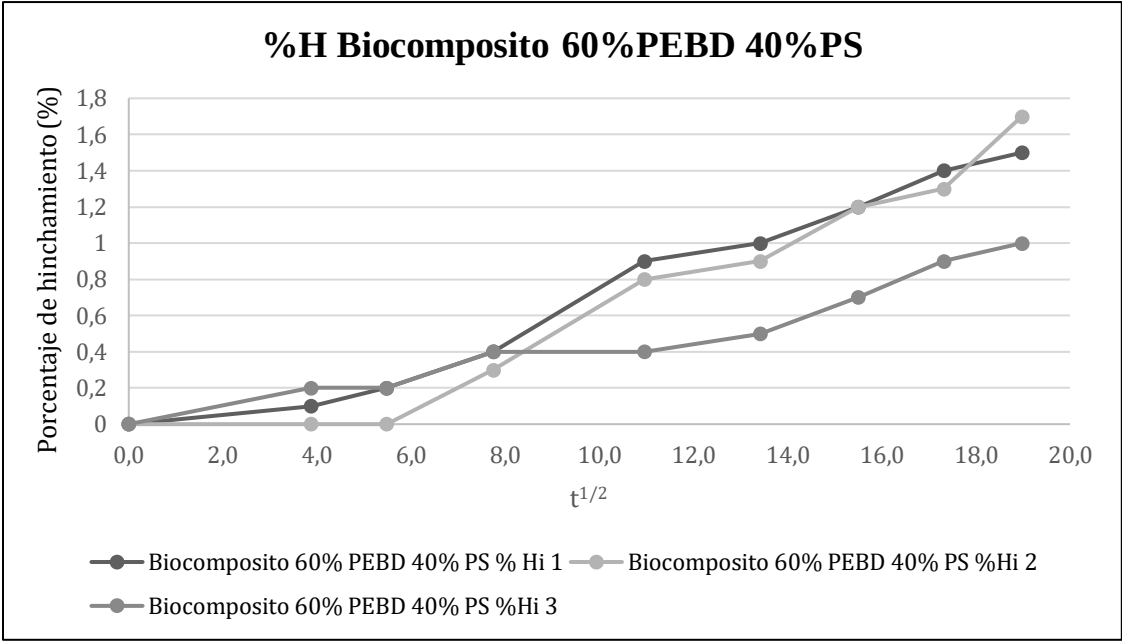


Figura 36. Comportamiento del % H del Biocomposito de 60% PEBD 40% PS.
Fuente: Autores, 2019

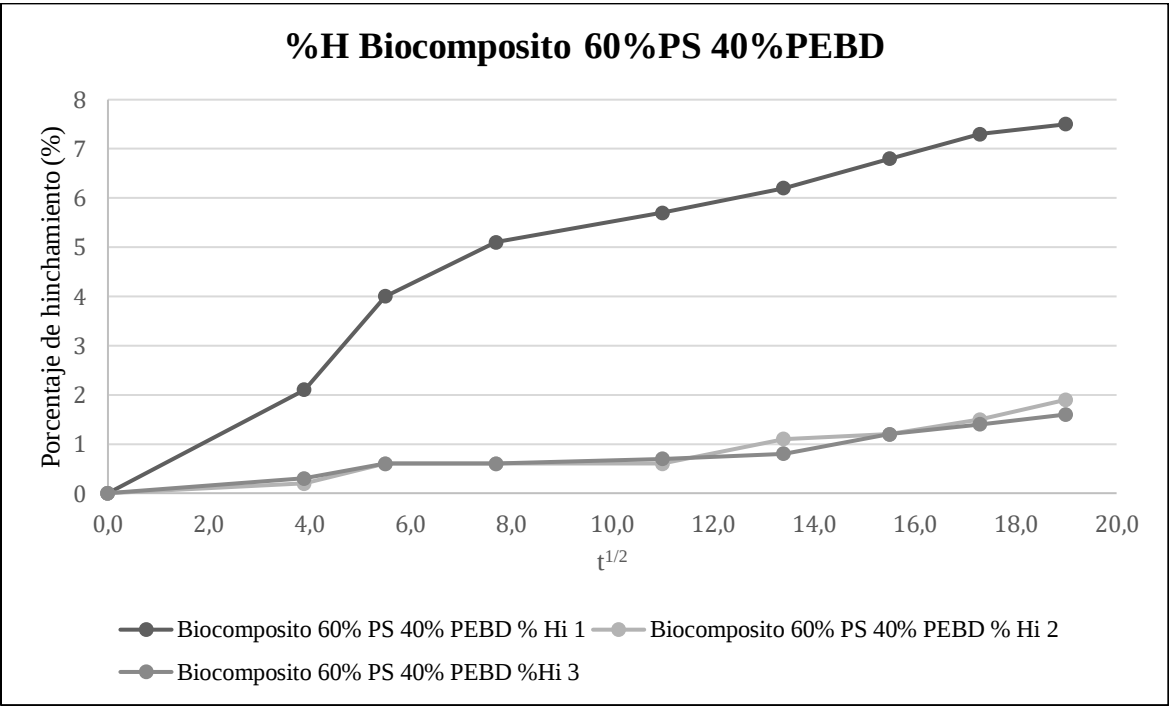


Figura 37. Comportamiento del % H del Biocomposito 60% PS 40% PEBD
Fuente: Autores, 2019

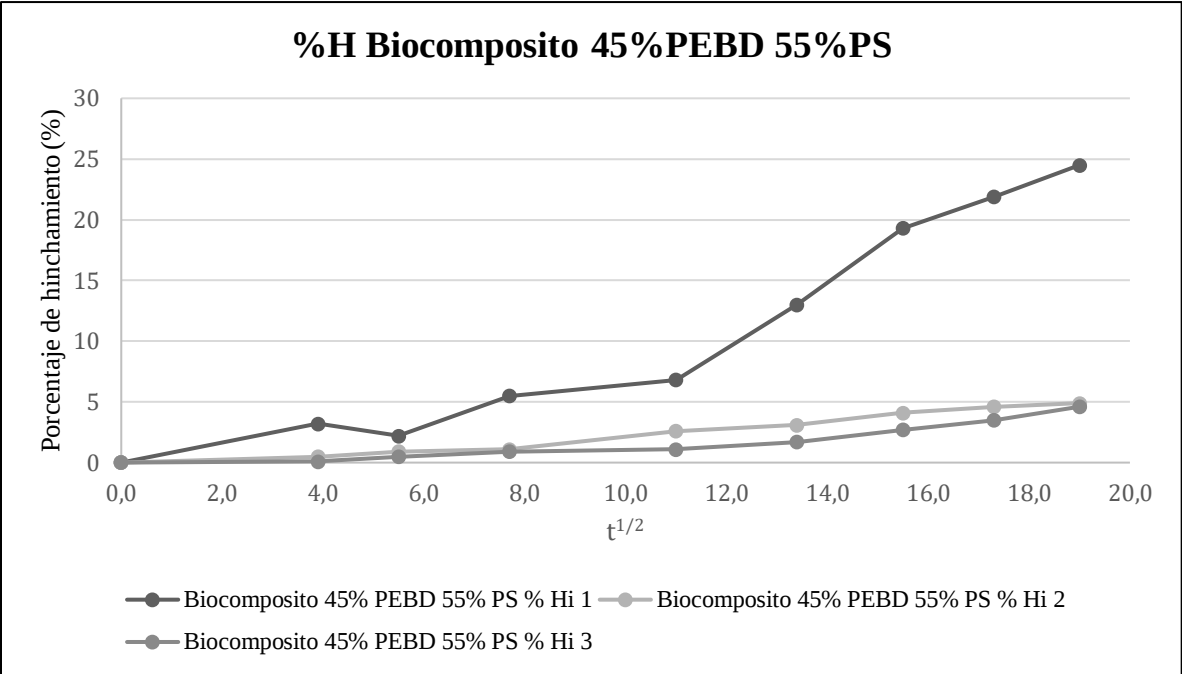


Figura 38. Comportamiento del % H de Biocomposito 55% PS 45% PEBD
Fuente: Autores, 2019

A su vez la Figura 39, representan los valores de hinchamiento encontrados para el bioplástico, que comparados con los de los biocompositos elaborados, presenta una captación de agua exponencial hasta el minuto 10, donde el hinchamiento aumenta gradualmente hasta lograr un porcentaje de 104,5%.

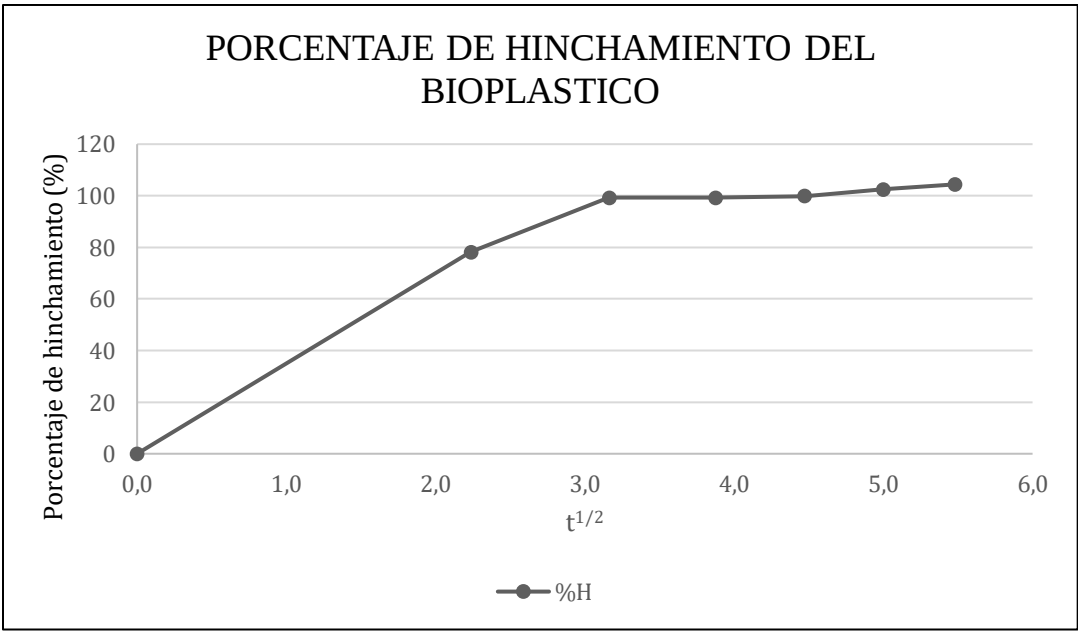


Figura 39. Porcentaje de hinchamiento para bioplástico final.
Fuente: Autoras 2019

De esto es posible deducir que la capacidad de captación de agua y deformamiento del material es alto, siendo positivo en cuanto a que las bolsas de PEBD que se buscan remplazar por el bioplástico obtenido, de acuerdo con la figura 40, elaborada por Romero, B. y Gonzales, G. 2019., incorporan de forma acelerada agua al realizarse la prueba de porcentaje de hinchamiento, de acuerdo con la gráfica expuesta por los autores. Por ende, debido a la similitud del comportamiento de hinchamiento, en cuanto a la captación de agua del material, el bioplástico propuesto sería potencialmente funcional en el embolsado del racimo.

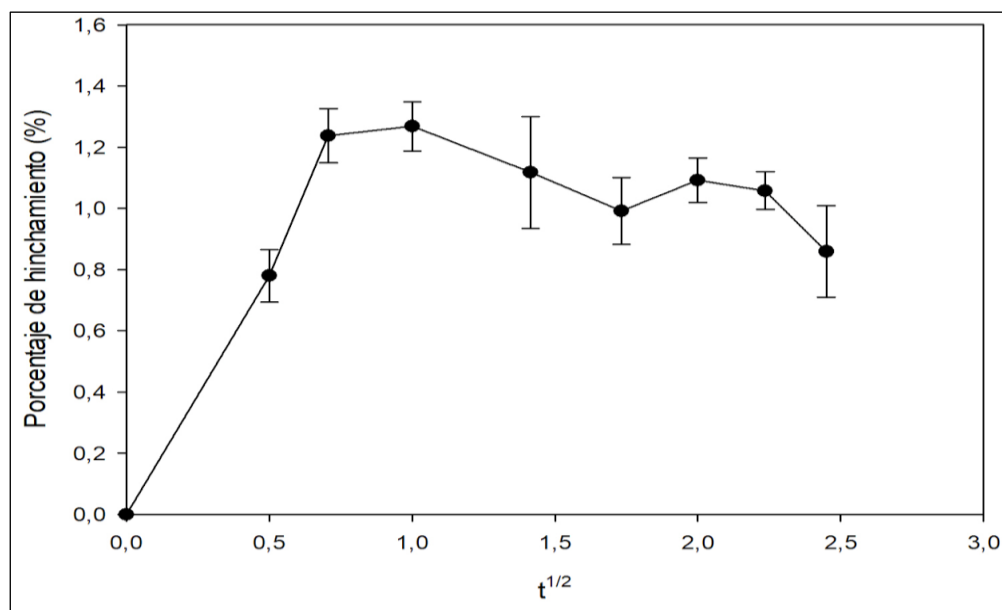


Figura 40. Porcentaje promedio de hinchamiento de PEBD.
Fuente: Romero, B. Gonzales, G. 2019

2. Propiedades químicas

En cuanto a la caracterización química, se aplican dos métodos para determinar la presencia de almidón. Entendiendo que, la presencia significativa de almidón es un criterio fundamental para la elaboración de biomateriales como los propuestos.

Se llevó a cabo un método cuantitativo, en el cual se determinaron los valores encontrados en las tablas 20 y 21, por medio de espectrofotometría UV, donde se determinó la absorbancia de la muestra para posteriormente, mediante la ecuación reportada en la curva de calibración propuesta por Sánchez, Reyna, Cervantes, Núñez, Talavera, & Simental, 2015., la cual se puede observar en la figura 41, poder identificar las concentraciones de almidón en cada una de las muestras.

Tabla 20 . Valores calculados de concentración de almidón para los biopolímeros por medio de espectrofotometría según ecuación reportada en Sánchez, Reyna, Cervantes, Núñez, Talavera, & Simental, 2015.

Método	Absorbancia	Concentración de almidón (mg/mL)
Método seco hojas	0,020	0,36
Método seco	0,037	0,41
Método Húmedo por decantación	0,029	0,39
Método Húmedo por centrifugado	0,817	2,96

Fuente: Autores, 2019

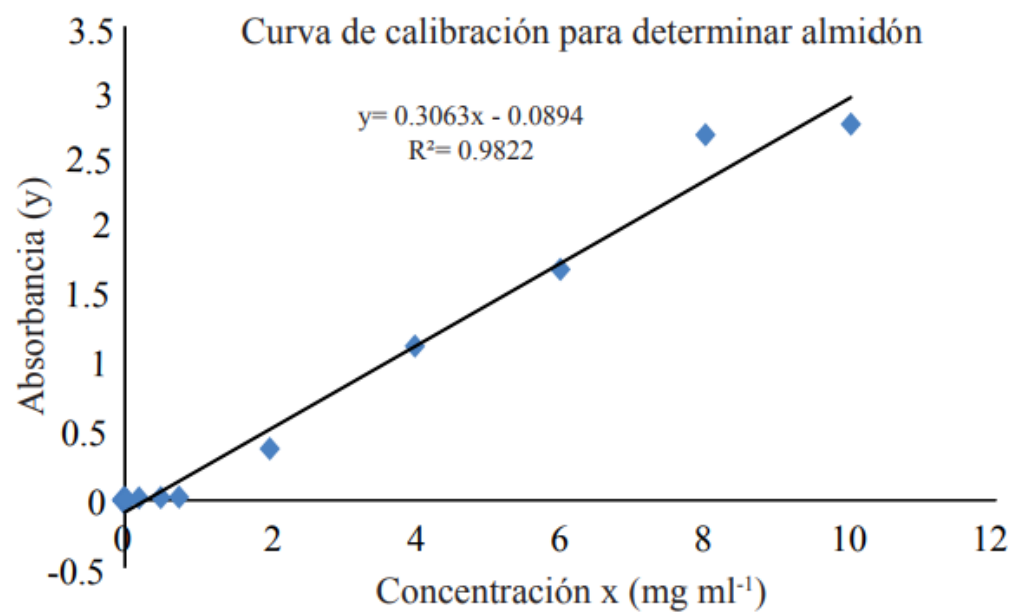


Figura 41. Curva de calibración para determinar concentraciones de almidón (mg g-1 de MS) en tubérculos de Caladium bicolor.

Fuente: Sánchez, Reyna, Cervantes, Núñez, Talavera, & Simental, 2015.

De acuerdo con la curva de calibración anteriormente expuesta, se utiliza la ecuación propuesta por los autores, para así determinar la concentración de almidón y así mismo, determinar el porcentaje de la presencia de almidón en cada una de las muestras de extracción de cada uno de los procesos realizados en el laboratorio, apreciándose en las gráficas 42 y 43.

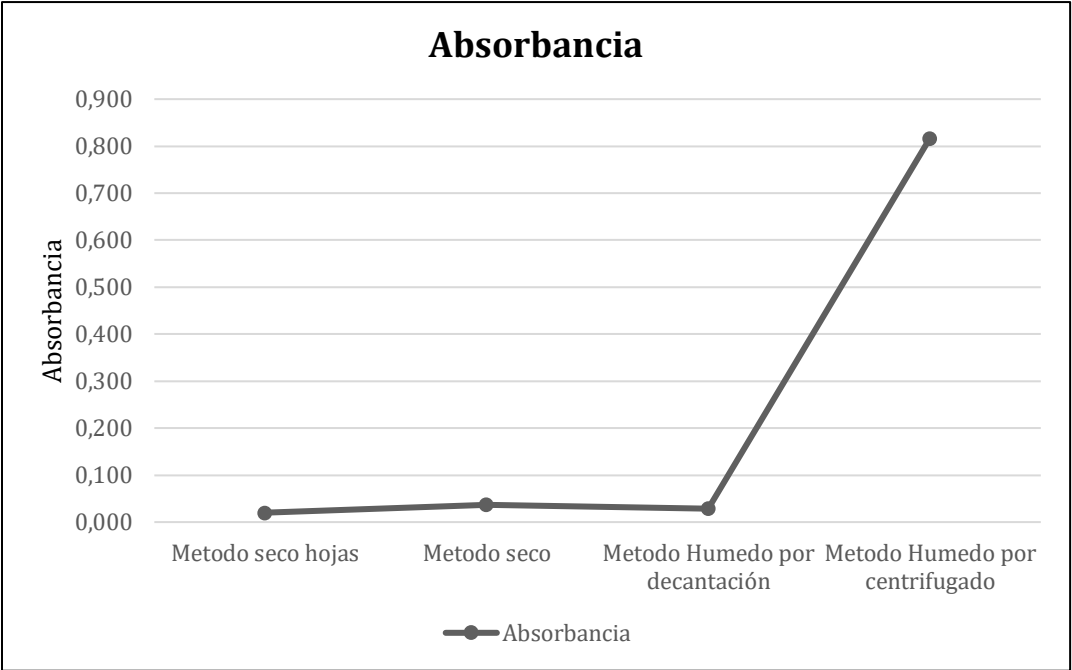


Figura 42. Absorbancia de almidón.
Fuente: Autoras 2019.

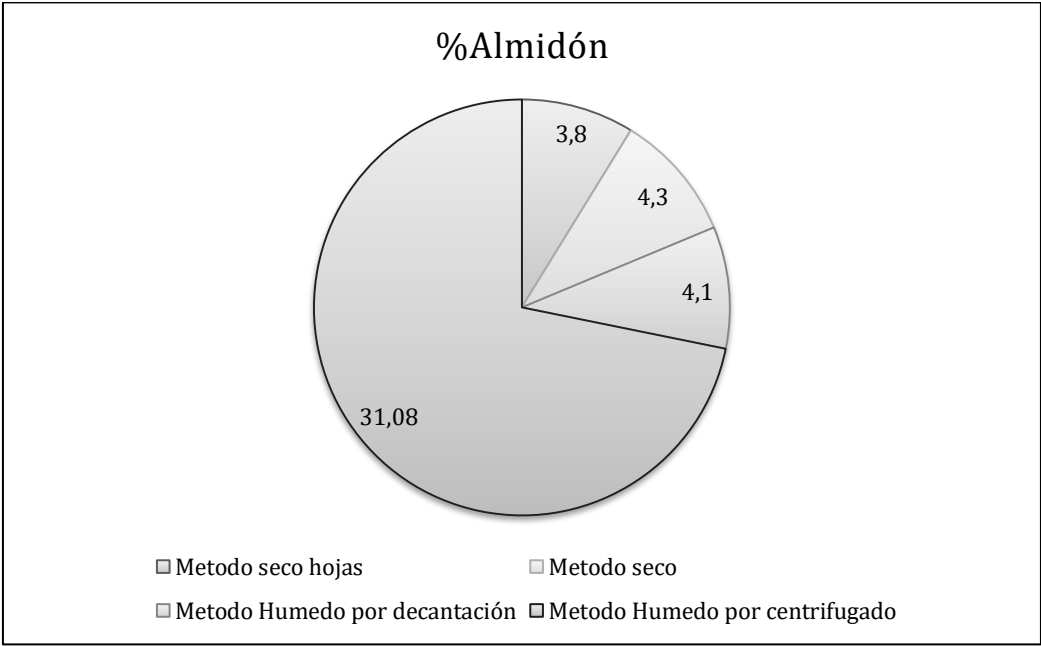


Figura 43. Porcentaje de almidón en cada una de las extracciones.
Fuente: Autores, 2019

Tabla 21. Valores calculados de concentración de almidón para los biopolímeros según curva de calibración.

Método	Absorbancia	Concentración de almidón (mg/mL)	%Almidón
Método seco hojas	0,020	0,36	3,8
Método seco	0,037	0,41	4,3
Método Húmedo por decantación	0,029	0,39	4,1
Método Húmedo por centrifugado	0,817	2,96	31,08

Fuente: Autores, 2019

Conforme a los valores encontrados para la absorbancia de las muestras, plasmados en la figura 42, se encuentra que su comportamiento se asemeja en las pruebas de método húmedo por decantación y método seco, encontrando la muestra con mayor absorbancia y por lo tanto con mayor porcentaje de presencia almidón fue la extraída por el método húmedo por centrifugación. Encontrando que sin duda es el método más óptimo para extraer el almidón del pseudotallo, en este caso concreto, como también se demuestra en el estudio realizado por Sánchez, Reyna, Cervantes, Núñez, Talavera y Simental en el 2015. Por otro lado, se encontró que la muestra con menor absorbancia y menor porcentaje de presencia de almidón, fue la extracción realizada a las hojas, determinando así su baja funcionalidad en la elaboración de bioplástico a base de almidón.

Con respecto a la determinación cualitativa de la presencia de almidón, se llevó a cabo el procedimiento con la aplicación del reactivo Lugol a cada una de las extracciones realizadas, como se observa en la Figura 44.

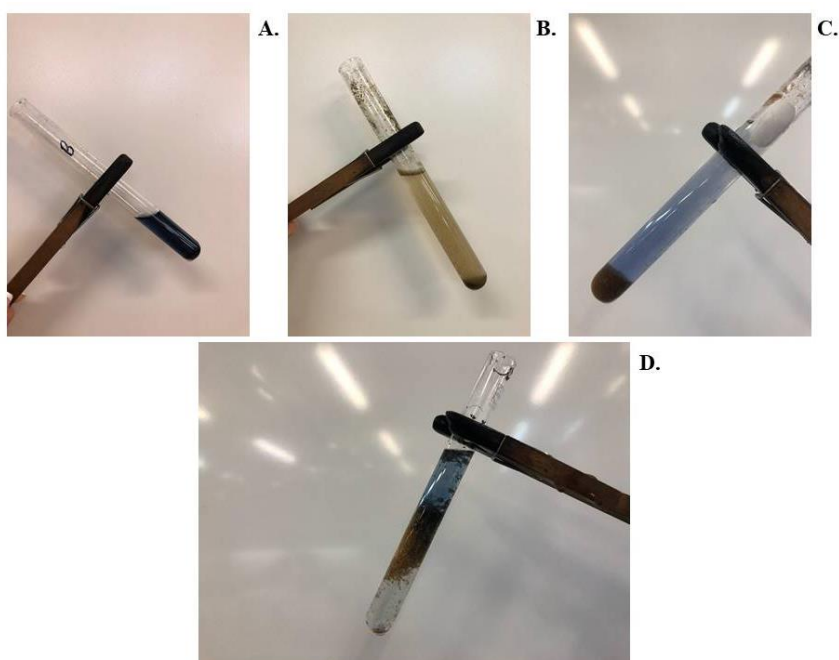


Figura 44. Almidón presente en los biopolímeros encontrado por el método de Lugol: A. Método húmedo centrifugado B. hojas C. método húmedo por decantación D. método seco
Fuente: Autores ,2019.

En el método cualitativo según lo reportado en Sánchez, Sánchez y Pinto en el 2012, el Lugol nos permite observar que, en las extracciones del método húmedo por decantación, el método seco y el método húmedo por centrifugación, existe una presencia de almidón, siendo el ultimo método el que mayor coloración brinda indicando una mayor presencia del biopolímero. De manera contraria, al agregar el reactivo a la muestra extraída de las hojas, se denota una tonalidad amarilla demostrando una ausencia de almidón. En cuanto a los métodos, el húmedo presenta una tonalidad azul más uniforme que el método seco. Ratificando lo encontrado por el método cuantitativo.

3. Alternativas de implementación de los materiales en el cultivo.

De acuerdo con lo estipulado en la prueba de hinchamiento del bioplástico, y en concordancia con Romero, B. y Gonzales, G. 2019., los valores de hinchamiento del PEBD y el bioplástico siendo similares en comportamiento, corroboran el potencial de aplicación del material propuesto como posible reemplazo de las bolsas PEBD utilizadas para el recubrimiento del racimo. Con el fin de reducir la acumulación de estos plásticos en el área del cultivo, permitiendo igualmente disminuir la contaminación de cuerpos de agua superficiales por causa de este problema.

En cuanto a la elaboración del biocomposito, se quiere dar cumplimiento de la Guía Ambiental Para el manejo y aprovechamiento de la bolsa para embolsado del racimo de plátano en el departamento del meta, con el fin de darle un uso adicional a la bolsa plástica desechada, con posible implementación en cultivo como material de construcción de cercas y/o almacenes donde se pueda disponer mejor los residuos hasta llegar al recolector autorizado de estos. Esto de acuerdo con Villalon, D. Gutiérrez, J. Arteaga, A. López, C. 2008., quienes afirman que estos tipos de materiales han comenzado a utilizarse como materiales de construcción debido a que poseen ciertas propiedades que hacen que su uso pueda resultar potencialmente ventajoso frente a materiales tradicionales como el hormigón o el acero.

CAPITULO VI. CONSIDERACIONES FINALES

I. Conclusiones

A partir del diagnóstico de la dinámica del cultivo del plátano Dominico Hartón en los municipios de Granada y Fuente de Oro meta, es posible concluir que, así exista una claridad en el funcionamiento del cultivo, no se tiene presente la producción de residuos inorgánicos producidos en la técnica de embolsado del racimo. Aunque, haya una probabilidad de que algunos de los agricultores realicen una adecuada disposición de estos residuos, existen otros que, debido al desconocimiento del impacto que estas bolsas tienen sobre el medio ambiente, prefieren realizar de manera reiterada prácticas ilegales y prohibidas tanto en la norma de residuos sólidos ordinarios y como de Respel y plaguicidas, haciendo alusión al artículo 6 del decreto 1443 de 2004 y al artículo 10 de la resolución 0693 de 2007. Adicional a esto, la existencia de una entidad recolectora de esta clase de residuos, como lo es FEDEARROZ, parece no influir en el comportamiento del agricultor del cultivo de la finca Las Palmas, en cuanto al manejo de las bolsas de PEBD, esto debido a los vacíos de la norma que implantan metas de recolección incrementales donde nunca se llega a recoger el 100% de estos residuos. Por lo tanto, se hace necesario un control más efectivo de la entidad con propuestas de recolección y aprovechamiento más persistentes.

Del mismo modo, aunque existe un aprovechamiento sostenible de los residuos de pseudotallo y hojas generados en el cultivo después de la etapa de postcosecha, mediante la reincorporación de estos al suelo como abono para la planta; es factible darle un aprovechamiento tecnológico sostenible como lo es la elaboración del bioplástico propuesto en la presente investigación, con posible implementación en el cultivo y con una probabilidad de reemplazo de las bolsas PEBD utilizadas en el recubrimiento del racimo.

En cuanto a la metodología de extracción del almidón del pseudotallo y hojas del cultivo de plátano, se concluye que la metodología húmeda por centrifugado, modificada, proporciona una mejor calidad de almidón, sustentada en las pruebas químicas cuantitativas y cualitativas, y por ende la apropiada obtención del bioplástico con potencial de aplicación en el cultivo. Definiendo dicha aplicación mediante la similitud de características físicas como el hinchamiento del bioplástico con el comportamiento de hinchamiento del PEBD utilizado en el cultivo.

Por otro lado, la extracción obtenida de las hojas, arrojaron resultados negativos en cuanto a la presencia de almidón determinada por el método cualitativo, por ende, al ser cuantificada la absorbancia en el espectrofotómetro UV, se aprecia un porcentaje de presencia de almidón de 3,8%, considerado como bajo comparado con las muestras extraídas del Pseudotallo. Es por esto, que, al no cumplir con las variables de selección planteadas, se ha excluido como materia para la elaboración del bioplástico. Sin embargo, esto no hace referencia a que no se pueda aprovechar el residuo como materia prima en la elaboración de otros materiales que exploten las propiedades de la composición de este.

Finalmente, con la extracción elaborada en los primeros métodos propuestos, al no poder obtener el bioplástico, se dio procedimiento a la elaboración de las matrices de biocomposito como opción de aprovechamiento de los residuos plásticos resultantes de la etapa de cosecha y postcosecha del cultivo del plátano, siendo la matriz de 55% PS y 45% PEBD la que presenta características físicas adecuadas para la posible aplicación como material de construcción. En lo que respecta a la elaboración de los materiales, es recomendable tener en cuenta previamente las concentraciones de almidón de la extracción

a utilizar en la elaboración del bioplástico; y en cuanto a los biocompositos, se hace necesario una mejor incorporación del material vegetal al polímero, para así obtener una mejor estructura sin pérdida de masa.

II. Recomendaciones

- De acuerdo con el diagnóstico de la dinámica del cultivo de plátano en el área de estudio, se recomienda profundizar en el histórico de actividad agrícola de la región, para así entender el posible desconocimiento del manejo, disposición y aprovechamiento de residuos peligrosos como lo son las bolsas utilizadas en el recubrimiento del racimo del plátano.
- Se recomienda realizar la socialización de las prácticas de aprovechamiento propuestas para, educar a los agricultores y sus trabajadores en cuanto al manejo de residuos de pseudotallo y bolsas de polietileno de baja densidad.
- Se sugiere realizar un análisis más profundo de la composición de las hojas, y así poder proponer una alternativa de aprovechamiento de este residuo, extrayendo componentes como la celulosa, la cual podría presentar aplicación en la elaboración de otros biomateriales.
- En cuanto al bioplástico propuesto, se recomienda elaborar pruebas mecánicas de flexión y tensión comparadas con las del PEBD utilizado, para establecer una aplicación más certera del material en el cultivo y así proponer el reemplazo de las bolsas utilizadas.
- Se recomienda evaluar el biocomposito propuesto, definiendo el tiempo de degradación del material y sus puntos críticos en el ciclo de vida.
- Se sugiere realizar estudios en cuanto a la adición del Clorpirifos al bioplástico propuesto, teniendo en cuenta el efecto de este producto sobre el medio y las alternativas para su reducción.
- Para que la alternativa sea más sostenible en comparación con las practicas que actualmente se llevan a cabo, se recomienda hacer un plan para el aprovechamiento de la biomasa residual restante de la extracción de almidón.
- En miras para iniciar un negocio verde rentable, se sugiere elaborar un análisis de costo beneficio, con beneficios gana-gana, estimando costos de energía, fletes, reactivos, valor comercial del almidón.
- Igualmente se recomienda precisar el beneficio que obtendrán los cultivadores con el aprovechamiento que se le esta dando a la biomasa, que actualmente se utiliza como abono orgánico. Para esto, se debe realizar un calculo de los costos del reemplazo de esta biomasa por agroquímicos fertilizantes y su impacto ambiental neto.

Referencias bibliográficas

Anzora Vásquez, Annette Dalila y Fuentes Cañas, Carmen Elena (2008) Obtención de un colorante a partir de *Musa paradisiaca* (Plátano verde) con aplicación en la industria textil. Bachelor thesis, Universidad de El Salvador.

Allende, S. Arriaga, P. 2013. Polietileno de alta y baja densidad. Universidad de Chile. Facultad de ciencias físicas y matemáticas. (En línea) Recuperado el 13 de octubre de 2019 de: https://www.u-cursos.cl/usuario/c1f33623c53cd7f58fd77ef459693d6c/mi_blog/r/Polietileno.pdf

Arango Vargas, A. M. (2015). Efectos ambientales ocasionados por la técnica del embolsado de plátano en la producción agrícola del municipio de Ulloa–Valle.

Castillo, R., Escobar, E., Fernández, D., Gutierrez, R., Morcillo, J., Nuñez, N., Peñaloza, S. 2015. Bioplástico a base de la cascara de platano. Revista de iniciación científica. Universidad tecnologica de panamá. N° 1. [En línea] recuperado el 30 de mayo de 2019 de: https://www.academia.edu/22147819/BIOPL%C3%81STICO_A_BASE_DE_LA_C%C3%81SCARA_DEL_PL%C3%81TANO_BIOPLASTIC_MADE_FROM_BANANA_PEEL_RESUMEN

Cayón, D., Morales, H., & Celis, L. D. *RESPUESTAS DEL CLON DE PLATANO DOMINICO-HARTON (Musa AAB Simmonds) A LA DEFOLIACION SELECTIVA EN LA ZONA CAFETERA CENTRAL COLOMBIANA*. Universidad Nacional de Colombia, Palmira Valle (Colombia).

CORMACARENA. 2014. Guía Ambiental: Para el Manejo y Aprovechamiento de la Bolsa para Embolsado del Racimo de plátano en el Departamento del Meta. Pag. 32. http://www.cormacarena.gov.co/bringdata.php?tp=12&contenido_in=113&titulo=GUIAS%20AMBIENTALES

Cruz-Morfin, R., Martínez-Tenorio, Y., & López-Malo, A. (2013). Biopolímeros y su integración con polímeros convencionales como alternativa de empaque de alimentos. *Temas de Selección de Ingeniería de Alimentos*, 7(2), 42-52.

A, G. (2013). Algunas Características Fisicoquímicas del Jugo del Pseudotallo de Plátano Dominico Hartón. *Research*, 47.

Calvo, M. (. de . de 2010). *Estructura del almidón*. Obtenido de Bioquímica de alimentos: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.html>

FAO. (2011). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org>: <http://www.fao.org/3/i0805s/i0805s.pdf>

- Fazeli, M. F. (. de . de 2019). Improvement in adhesion of cellulose fibers to the thermoplastic starch matrix by plasma treatment modification. *Composites Part B: Engineering*, 207-216. Obtenido de ScinceDirect.
- Finagro. (20 de Agosto de 2014). *Finagro* . Obtenido de Finagro: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/2014_09_09_perspectivas_agropecuarias.pdf
- Garófalo, R. (2002). *Cinética homogénea: energía de activación*. Cali: Reciteia.
- Koolman, R. (2004). *Bioquímica: texto y atlas*. Madrid: Panamericana.
- M, C. (. de . de .). *Unizar*. Obtenido de Bioquímica de los alimentos: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.html>
- Macias, H. (. de . de 2016). *Descripción de la agrocadena del plátano en Colombia*. Obtenido de Universidad La Salle: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18829/12072020_2016.pdf?sequence=1
- Mancer, Q. (9 de Noviembre de 2017). *Química mancer*. Obtenido de Química Mancer S.A de C.V: <http://quimicamancer.com/wp-content/uploads/2018/04/BISULFITO-DE-SODIO.pdf>
- Martínez, A., & Charro, M. (. de . de 2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. Quito, ., Ecuador.
- Mazzeo, M., Libardo, L., Luis, M., & Juan, G. L. (2010). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. *Educación en ingeniería* , 128-139.
- Procolombia. (20 de Enero de 2017). *Procolombia*. Obtenido de Procolombia, exportaciones turismo inversión marca país: <http://www.procolombia.co/compradores/es/explore-oportunidades/oferta-del-sector-agr-cola>
- Restrepo, A., Zuluaga, R., Castro, C, Velez, J, & Gañan, P. (. de . de 2007). Nano-composites reforzados con microfibrillas de celulosa aisladas de paredes celulares del raquis de banano. *Universidad de Tecnológica de Pereira* , Obtenido de .
- Rodríguez, C. &. (2006). Influencia del seudotallo de la planta madre cosechada sobre el crecimiento y producción del hijo de sucesión en banano (Musa. *Red de revistas científicas de America Latina, el Caribe, España y Portugal*, 274-279.
- Rosales, A. (Junio de 2016). *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua*. Obtenido de <http://repositorio.unan.edu.ni>: <http://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>
- Torres, A., Bernal , M., & Castaño, E. (15 de Noviembre de 2001). EVALUACIÓN ECONÓMICA Y DE ENERGÍA DE LA PRÁCTICA “EMBOLSADO” EN PLÁTANO (Musa AAB SIMMONDS) EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO-COLOMBIA. Quindío, ., Colombia.
- Universidad de sevilla. (2017). IV Jornada de investigación y postgrado. En U. d. sevilla, *Libro de actas* (pág. 112). Sevilla: Área de innovación y desarrollo.
- Vera. (2009). Cómo escribir artículos de revisión. *Revista Médica La Paz*, 2-5.
- FEDEARROZ. 2011. Recolección de envases vacíos. (En línea) Recuperado el 15 de octubre de 2019 de: <http://www.fedearroz.com.co/noticias/noticiasd2.php?id=488>
- FUNACH – ASPPLAGUZ. (2002). Capacitación en agricultura alternativa para beneficio de la producción, agroindustrialización y comercialización del cultivo del plátano bajo sistemas agroforestales a productores de los municipios de Puerto Guzmán y Villagarzón en el departamento del Putumayo: proceso productivo del plátano. Ministerio de agricultura y desarrollo rural. (En línea) Recuperado el 15 de octubre de 2019 de: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4960/1/20061127113417_Proceso%20productivo%20del%20platan.pdf

Guías de laboratorio de pensamiento y lenguaje, Editorial Universidad El Bosque, comprender un artículo de investigación.

García Vázquez, I. (2017). Determinación de concentración óptima de ácido acético-glicerol en la elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón de cáscara de plátano (*Musa paradisiaca*) en Pucallpa.

Martínez, A. Cayón, D (2011). Dinámica del crecimiento y desarrollo del banano (*Musa AAA Simmonds* cvs. Gran Enano y Valery). *Revista Facultad Nacional de Agronomía-Medellín*, 64(2), 6055-6064

A, G. (2013). Algunas Características Físicoquímicas del Jugo del Pseudotallo de Plátano Dominico Hartón. *Research*, 47.

Calvo, M. (. de . de 2010). *Estructura del almidón*. Obtenido de Bioquímica de alimentos: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.html>

FAO. (2011). *FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org>: <http://www.fao.org/3/i0805s/i0805s.pdf>

Fazeli, M. F. (. de . de 2019). Improvement in adhesion of cellulose fibers to the thermoplastic starch matrix by plasma treatment modification. *Composites Part B: Engineering*, 207-216. Obtenido de ScinceDirect.

Finagro. (20 de Agosto de 2014). *Finagro* . Obtenido de Finagro: https://www.finagro.com.co/sites/default/files/2014_09_09_perspectivas_agropecuarias.pdf

Garófalo, R. (2002). *Cinética homogénea: energía de activación*. Cali: Reciteia.

Koolman, R. (2004). *Bioquímica: texto y atlas*. Madrid: Panamericana.

M, C. (. de . de .). *Unizar*. Obtenido de Bioquímica de los alimentos: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.html>

Macías, H. (. de . de 2016). *Descripción de la agrocadena del plátano en Colombia*. Obtenido de Universidad La Salle: http://repository.lasalle.edu.co/bitstream/handle/10185/18829/12072020_2016.pdf?sequence=1

Mancer, Q. (9 de Noviembre de 2017). *Química mancer*. Obtenido de Química Mancer S.A de C.V: <http://quimicamancer.com/wp-content/uploads/2018/04/BISULFITO-DE-SODIO.pdf>

Martínez, A., & Charro, M. (. de . de 2015). Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata. Quito, ., Ecuador.

Mazzeo, M., Libardo, L., Luis, M., & Juan, G. L. (2010). Aprovechamiento industrial de residuos de cosecha y poscosecha del plátano en el departamento de Caldas. *Educación en ingeniería* , 128-139.

Procolombia. (20 de Enero de 2017). *Procolombia*. Obtenido de Procolombia, exportaciones turismo inversión marca país: <http://www.procolombia.co/compradores/es/explore-oportunidades/oferta-del-sector-agr-cola>

Restrepo, A., Zuluaga, R., Castro, C, Velez, J, & Gañan, P. (. de . de 2007). Nano-composites reforzados con microfibrillas de celulosa aisladas de paredes celulares del raquis de banano. *Universidad de Tecnológica de Pereira* . Obtenido de .

Rodríguez, C. &. (2006). Influencia del pseudotallo de la planta madre cosechada sobre el crecimiento y producción del hijo de sucesión en banano (*Musa*. *Red de revistas científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal*, 274-279.

Rosales, A. (Junio de 2016). *Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua*. Obtenido de <http://repositorio.unan.edu.ni>: <http://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>

Torres, A., Bernal , M., & Castaño, E. (15 de Noviembre de 2001). EVALUACIÓN ECONÓMICA Y DE ENERGÍA DE LA PRÁCTICA “EMBOLSADO” EN PLÁTANO (Musa AAB SIMMONDS) EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO-COLOMBIA. Quindío, ., Colombia. Universidad de sevilla. (2017). IV Jornada de investigación y postgrado. En U. d. sevilla, *Libro de actas* (pág. 112). Sevilla: Área de innovación y desarrollo.

Vera. (2009). Cómo escribir artículos de revisión. *Revista Médica La Paz*, 2-5.

ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de actividades

Objetivos	Actividades	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre
Diagnosticar la generación de los residuos del vástago y las hojas en el cultivo de plátano en la finca Las Palmas en Fuente de Oro, Meta.	Revisar fuentes bibliográficas sobre las características del vástago y las hojas del cultivo de plátano										
	Realizar una visita de campo a la zona de estudio en Fuente de Oro, Meta										
	Elaborar encuestas sobre el proceso de disposición final de los residuos en el cultivo de plátano en la finca Las Palmas										
	Identificar la condición y la cantidad de residuos del vástago y las hojas del cultivo de plátano en la zona de estudio.										
	Ejecutar la toma de las muestras en la finca las palmas en Fuente de Oro, Meta.										
Establecer el proceso de extracción del almidón a partir del vástago y las hojas generados en el cultivo de plátano para la obtención de un biopolímero.	Revisar los métodos de extracción del almidón para la obtención del biopolímero										
	Definición del metodo de extracción de almidón desarrollados en procesos revisados										
	Selección y ejecución del proceso de extracción de almidón a partir del vástago y las hojas del cultivo de plátano										
	Definición y selección del método de obtención del biopolímero a partir del vástago y las hojas del platano										
	Obtenición del biopolímero a partir de los residuos del vástago y las hojas del plátano										
Evaluar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del biopolímero obtenido para establecer su posible aplicación en la etapa de cosecha en el	Caracterización química del almidón, mediante métodos cualitativos y cuantitativos.										
	Evaluación de la densidad y la humedad del biopolímero										
	Estimación de la flexión y tensión del biopolímero										
	Análisis de los resultados obtenidos en laboratorio										

Anexo 2. Entrevistas realizadas

Se realizaron entrevistas a los dueños de las fincas de referencia para la investigación. En primer lugar, se visitó la finca Las Palmas, ubicada en el sector de puente caído vía Granada - Fuente de Oro. Allí se realizó la entrevista al agricultor de la región Frank Sarmiento, quien contestó lo siguiente:

1. ¿Cuántos cultivos en general maneja usted en la región y que clase de cultivos maneja?

R/ Plátano yuca maíz y arroz en toda la región, porque es lo que más se da en estas tierras.

2. ¿Desde hace cuánto tiempo cultiva plátano en la región y cuánto tiempo se tarda en desarrollar el cultivo?

R/ Hace 15 años mas o menos. Desde que se siembra hasta que se recoge el racimo, el cultivo se desarrolla en 1 año. Siempre se trata de cultivar en tiempo de lluvia para que el plátano salga mejor y también para evitar gastos de riego.

3. ¿Cuales son las sustancias químicas y las técnicas que utiliza para mejorar el rendimiento del cultivo? ¿Las sustancias que utiliza son ecológicas o no?

R/ Pues se utilizan abonos, fungicidas y herbicidas (las marcas de fungicidas y herbicidas que más utilizo son rafos, cloruro urea, abotec, glifosato), y pues utilizo compuestos ecológicos como los forrajes y abonos orgánicos (biofort, humus de lombriz, gallinaza). Se hacen fumigas con bombas de espalda o cuando ya la mata esta muy grande se pagan vuelos en avioneta, y pues el abono si se hace manualmente con trabajadores (6).

4. ¿Cuántos residuos orgánicos e inorgánicos se generan después de la cosecha del fruto del plátano y cual es el impacto de estos sobre el medio?

R/ Pues vástago, racimo del plátano y hojas, aunque al final casi no hay porque esas sí se van cayendo durante toda la cosecha. Residuos inorgánicos pues las bolsas para el recubrimiento del racimo.

5. ¿Qué actividades post cosecha realiza usted para el manejo de estos residuos?

R/ El vástago y pivote se pica y después se hace un arado para incorporar a la tierra. La bolsa la incineran, a veces pasa un carro, pero no muy frecuente. Recipientes de químicos los lavan y los llevan a una bodega en villavo que los dispone, o a veces no se lleva y se incinera

6. ¿Considera usted importante innovar en la reutilización adecuada de algunos de estos residuos, como por ejemplo el vástago y las hojas desechadas?

R/ Si hay algo que se pueda hacer con eso seria muy bueno porque sería darle otra oportunidad, porque en vez de dejar que se pudra seria bueno darle otro uso. En armenia sacan carne de una bellota del plátano.

En segunda instancia se realizó la entrevista a otro agricultor de la zona, para así tener una comparación

de prácticas y conocimientos en el cultivo del plátano. Se entrevistó al señor Gerardo Antonio Andrade, el cual contestó lo siguiente:

1. ¿Cuántos cultivos en general maneja usted en la región y que clase de cultivos maneja?

R/ Yo manejo 3 cultivos: arroz, Maíz y plátano.

2. ¿Desde hace cuanto tiempo cultiva plátano en la región y cuánto tiempo se tarda en desarrollar el cultivo?

R/ Con el plátano llevo aproximadamente 20 años. La cosecha normalmente en un cultivo demora 1 año dependiendo de la fertilización. Pero también puede dar en 10 meses según las abonadas. Sí se hacen 8 o 9 abonadas desde la siembra. es probable que el cultivo avance rápido y en 10 meses se puede hacer recolección, pero normalmente son 6 o 7 abonadas y así sí se demora el año completo. Para las abonadas se utilizan 250gr por mata y pues en 1 Ha hay cerca de 2200 matas.

3. ¿Cuales son las sustancias químicas y las técnicas que utiliza para mejorar el rendimiento del cultivo? ¿Las sustancias que utiliza son ecológicas o no?

R/ En etapas iniciales entre siembras, cuando se hacen los agujeros para la siembra se hace un pre abono, para mejorar pH del suelo con cal, abono orgánico como gallinaza. Después en la primera abonada después de que revienta el plátano se aplica elementos menores magnesio azufre calcio, elementos mayores fósforo y potasio. Se hacen en las etapas iniciales para que la mata alcance a asimilar nutrientes. Después con más elementos menores y potasio (cloruro de potasio) y nitrógeno (no mucho por enfermedad cigatoca en la región, entonces el nitrógeno debe ser moderado). Antes de la siembra se trata la semilla con lavado, aplicaciones de formol para desinfección y fungicida. Los huecos se fumigan con insecticida. Afectan los gusanos chiza. Abonamientos cada 15 días hasta completar 8 o 9, a los 6 meses y medio o 7 meses. Se embolsan para proteger de fumigadas y bichos, pájaros.

4. ¿Cuántos residuos orgánicos e inorgánicos se generan después de la cosecha del fruto del plátano y cual es el impacto de estos sobre el medio?

R/ Pues vástago, racimo del plátano y hojas más que todo y esto no impacta tanto el medio ambiente porque sirve como abono después de la pudrición. Y pues tambien se desechan las bolsas que se utilizan para evitar que las plagas dañen el fruto, pero esas sí se tienen que recoger porque se demoran mucho en degradarse, y eso se ve feo en el cultivo si se dejan en el suelo.

5. ¿Qué actividades post cosecha realiza usted para el manejo de estos residuos?

R/ Se generan vástago y hoja que eso sí se pelea para utilizarlo como abono con picado y reincorporación a la tierra hasta la descomposición, pero sí se quiere como acelerar el proceso de descomposición de estos residuos se utiliza pactor, pero casi nadie lo utiliza por que es caro. Las bolsas y tarros de químicos se recogen con FEDEARROZ, primero se recogen y ya

después se avisa a la federación al término de la cosecha.

6. ¿Considera usted importante innovar en la reutilización adecuada de algunos de estos residuos, como por ejemplo el vástago y las hojas desechadas?

R/ Pues dicen que en el Urabá, utilizan el vástago para hacer papel, pero acá lo utilizan como materia orgánica, no se ha hecho nada más y pues es bueno y rentable.

Anexo 3. Prueba de hinchamiento biocompositos

Prueba de Hinchamiento																	
Tiempo (min)	Biocomposito 60 % PEBD 40 % PS					Biocomposito 60 % PS 40% PEBD								Biocomposito 45 % PEBD 55 % PS			
	Masa (g)																
	1	2	% H	3	% H	1	% H	2	% H	3	% H	1	% H	2	% H	3	% H
0	3,5294	3,4218		3,5590		3,0278		3,4483		3,8701		5,4803		5,4518		5,2858	
15	3,5329	3,4222	0,0	3,5656	0,2	3,0912	2,1	3,4550	0,2	3,8815	0,3	5,6569	3,2	5,4784	0,5	5,2934	0,1
30	3,5377	3,4230	0,0	3,5672	0,2	3,1478	4,0	3,4688	0,6	3,8921	0,6	5,6013	2,2	5,5026	0,9	5,3126	0,5
60	3,5447	3,4311	0,3	3,5738	0,4	3,1826	5,1	3,4699	0,6	3,8939	0,6	5,7840	5,5	5,5102	1,1	5,3315	0,9
120	3,5626	3,4488	0,8	3,5744	0,4	3,1992	5,7	3,4704	0,6	3,8986	0,7	5,8512	6,8	5,5910	2,6	5,3422	1,1
180	3,5634	3,4538	0,9	3,5783	0,5	3,2160	6,2	3,4870	1,1	3,9011	0,8	6,1952	13,0	5,6228	3,1	5,3740	1,7
240	3,5720	3,4629	1,2	3,5832	0,7	3,2325	6,8	3,4905	1,2	3,9168	1,2	6,5392	19,3	5,6750	4,1	5,4262	2,7
300	3,5776	3,4679	1,3	3,5895	0,9	3,2480	7,3	3,4995	1,5	3,9245	1,4	6,6832	21,9	5,7021	4,6	5,4716	3,5
360	3,5828	3,4798	1,7	3,5943	1,0	3,2557	7,5	3,5135	1,9	3,9305	1,6	6,8242	24,5	5,7183	4,9	5,5314	4,6

Fuente: Autores, 2019

Anexo 4. Porcentaje de hinchamiento biocompositos

Porcentaje de Hinchamiento									
Tiempo	Biocomposito 60% PEBD 40% PS			Biocomposito 60% PS 40% PEBD			Biocomposito 45% PEBD 55% PS		
	% Hi 1	%Hi 2	%Hi 3	% Hi 1	% Hi 2	%Hi 3	% Hi 1	% Hi 2	% Hi 3
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0,1	0	0,2	2,1	1,6	0,3	3,2	0,5	0,1
30	0,2	0	0,2	4	0	0,6	2,2	0,9	0,5
60	0,4	0,3	0,4	5,1	0,1	0,6	5,5	1,1	0,9
120	0,9	0,8	0,4	5,7	0,1	0,7	6,8	2,6	1,1
180	1,0	0,9	0,5	6,2	0,5	0,8	13	3,1	1,7
240	1,2	1,2	0,7	6,8	0,6	1,2	19,3	4,1	2,7
300	1,4	1,3	0,9	7,3	0,9	1,4	21,9	4,6	3,5
360	1,5	1,7	1	7,5	1,3	1,6	24,5	4,9	4,6

Fuente: Autores, 2019

Anexo 5. Prueba de hinchamiento del bioplástico

Prueba de hinchamiento bioplastico		
Tiempo (min)	Masa (mg)	% Hi
0	385,5	0
5	687,0	78,2101167
10	768,1	99,2477302
15	768,3	99,2996109
20	770,8	99,9481193
25	780,5	102,464332
30	788,0	104,409857

Fuente: Autores, 2019