



UNIVERSIDAD EAN

OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE CAÑAMO DE CANNABIS

AUTORES

LINA TATIANA GUALTERO ROBAYO - INGENIERÍA AMBIENTAL

MARIA CAMILA SUAREZ GARZÓN - INGENIERÍA AMBIENTAL

WILLIAN ALEJANDRO BELTRAN GONZALEZ - INGENIERÍA PRODUCCIÓN

DIRECTOR

JOHN JAIRO PORRAS VEGA

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROYECTO DE GRADO

BOGOTÁ D.C., COLOMBIA

2023

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN	9
2. INTRODUCCIÓN	10
3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	11
3.1 OBJETIVO GENERAL.....	11
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	11
4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	12
5. JUSTIFICACIÓN	14
6. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS	17
6.1 ALCANCE.....	17
6.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	18
6.2.1 ALMIDON	18
6.2.2 RESISTENCIA	18
6.2.3 RIGIDEZ.....	19
6.2.4 DUREZA	19
6.2.5 DEGRADABILIDAD.....	20
7. MARCO DE REFERENCIA	21
7.1 ANTECEDENTES.....	21
7.2 MARCO LEGAL.....	24
7.3 MARCO TEÓRICO.....	28
7.3.1 BIOPLÁSTICO.....	28
7.3.1.1 BENEFICIOS Y USOS.....	29
7.3.1.2 TIPOS.....	29
7.3.2 CELULOSA.....	31
7.3.2.1 TIPOS.....	32
7.3.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA CELULOSA	32
7.3.3 ALMIDÓN	34
7.3.4 CÁÑAMO.....	35
7.3.5 ALMIDÓN DE YUCA	37
7.4 MARCO CONCEPTUAL	39
8. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	41
8.1 AMBIENTALES.....	41
8.2 ECONÓMICAS	42
8.3 LEGALES.....	43

8.4 SOCIOCULTURALES.....	45
9. METODOLOGÍA.....	47
9.1 OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE CAÑAMO DE CANNABIS.....	47
9.1.1 DIAGRAMA DE FLUJO.....	48
9.2 OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO.....	48
9.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO.....	50
9.3 DISEÑO EXPERIMENTAL.....	50
9.3.1 EXPERIMENTO 1.....	51
9.3.1.1 ALMIDÓN.....	52
9.3.1.2 MEZCLA.....	53
9.3.1.3 CALENTAMIENTO.....	53
9.3.1.4 DISTRIBUCIÓN.....	54
9.3.1.5 SECADO.....	54
9.3.2 EXPERIMENTO 2.....	55
9.4 RESULTADOS.....	56
9.4.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DE PLÁSTICOS CONVENCIONALES.....	57
9.4.1.1 PRUEBA DE RESISTENCIA.....	57
9.4.1.1.1 Metodología Charpy para plástico.....	58
9.4.1.2 PRUEBA DE RIGIDEZ.....	60
9.4.1.3 PRUEBA DE DUREZA.....	61
9.4.1.4 DEGRADABILIDAD.....	62
9.5 EXPERIMENTO 3 (ALMIDÓN DE YUCA COMO AGLOMERANTE).....	64
9.5.1 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN.....	64
9.5.2 FASE EXPERIMENTAL.....	66
9.5.2.1 MUESTRA 1.....	67
9.5.2.2 MUESTRA 2.....	68
9.5.2.3 MUESTRA 3.....	68
9.6 RESULTADOS EXPERIMENTO 3.....	69
10 ANÁLISIS DE COSTOS.....	72
10.1 COSTOS DIRECTOS.....	72
10.2 COSTOS INDIRECTOS.....	73
10.3 CAPITAL DE TRABAJO.....	73
11 CONCLUSIONES.....	78
12 BIBLIOGRAFÍA.....	87

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Método para rigidez del plástico Fuente, (Vázquez et al., s/f)	19
Ilustración 2. Dureza del bioplástico Fuente, (Vázquez et al., s/f)	20
Ilustración 3. Fabricación de plástico biobasado Fuente, (Vázquez et al., s/f).....	30
Ilustración 4. Biodegradación de plástico Fuente, (Vázquez et al., s/f).....	30
Ilustración 5. Ventajas y desventajas del bioplástico Fuente, (Vázquez et al., s/f).....	31
Ilustración 6. Elaboración de bioplástico a partir de cáscara de plátano Fuente, (Pizá et al., 2017)	31
Ilustración 7 Estructura química de almidón y celulosa Fuente, (Muñoz, A. 2021).....	35
Ilustración 8. Procesos para la elaboración de almidón de yuca Fuente, (Huanca, 2021).....	38
Ilustración 9. Distribución de la huella hídrica del sector agrícola de Colombia Fuente, (Brayan & Natalia, 2017).....	42
Ilustración 10. Industria del cannabis medicinal en Colombia Fuente, (Ramírez et al., 2019)	43
Ilustración 11. Proceso de obtención de almidón de cáñamo de cannabis Fuente, Elaboración propia.	48
Ilustración 12. Proceso elaboración de Bioplástico Fuente, Elaboración propia.....	50
Ilustración 13. Selección de tallo Fuente, Elaboración propia.....	51
Ilustración 14. Proceso de triturado de cáñamo Fuente, Elaboración propia.....	51
Ilustración 15. Tamizado del cáñamo de cannabis hasta su menor tamaño Fuente, Elaboración propia.	52
Ilustración 16. Medición cantidad exacta de cáñamo de cannabis Fuente, Elaboración propia. ..	52
Ilustración 17. Mezcla homogénea de materiales Fuente, Elaboración propia.....	53
Ilustración 18. Calentamiento de muestra para mezcla total Fuente, Elaboración propia.	53

Ilustración 19. Distribución de mezcla en un molde Fuente, Elaboración propia.	54
Ilustración 20. Secado de muestra Fuente, Elaboración propia.	54
Ilustración 21. Tamizado de cáñamo de cannabis Fuente, Elaboración propia.	55
Ilustración 22. Mezcla de almidón, agua, vinagre y glicerina gelatinizado Fuente, Elaboración propia.	55
Ilustración 23. Muestra puesta al sol durante 48 horas Fuente, Elaboración propia.	56
Ilustración 24. Muestra 1, rompimiento en la muestra Fuente, Elaboración propia.	58
Ilustración 25. Muestra 2, presentó menor ruptura que la muestra 1 Fuente, Elaboración propia.	58
Ilustración 26. Método Charpy Fuente, (Trotti, 2022).....	59
Ilustración 27. Ensayo Charpy. Fuente, (Trotti, 2022).....	59
Ilustración 28. Muestra 1, sin ejercer fuerza presentaba deformaciones. Fuente, Elaboración propia.	60
Ilustración 29. Muestra 2, sin ejercer fuerza presentaba deformaciones. Fuente, Elaboración propia.	60
Ilustración 30. Muestra 1. Se deforma con facilidad Fuente, Elaboración propia.....	61
Ilustración 31. Muestra 2, Presenta menos deformación que la muestra 1 Fuente, Elaboración propia.	61
Ilustración 32. Muestra inicial para degradación Fuente, Elaboración propia.	63
Ilustración 33. Muestra final expuesta por 30 días Fuente, Elaboración propia.....	63
Ilustración 34. Diagrama de flujo del proceso de obtención de almidón de yuca Fuente, Elaboración propia.	66
Ilustración 35. Mezclado de ingrediente Fuente, Elaboración propia.	67
Ilustración 36. Moldeo de mezcla en recipiente Fuente, Elaboración propia.	67

Ilustración 37. Mezcla homogénea de ingrediente Fuente, Elaboración propia.	68
Ilustración 38. Moldeo de mezcla en recipiente Fuente, Elaboración propia.	68
Ilustración 39. Mezcla homogénea de ingredientes Fuente, Elaboración propia.	68
Ilustración 40. Moldeo de mezcla en recipiente Fuente, Elaboración propia.	69
Ilustración 41. Proveedores nacionales de cannabis Fuente, (Ponieman, 2021).	74
Ilustración 42. Estructura de costos Fuente, Elaboración propia.	75
Ilustración 43. Punto equilibrio costos totales Fuente, Elaboración propia.	76
Ilustración 44. Utilidad neta Fuente, Elaboración propia.	76

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Normativa ambiental del plástico en Colombia. Fuente, Elaboración propia a partir del Congreso de la Republica</i>	24
Tabla 2. <i>Marco legal del cáñamo de cannabis. Fuente, Elaboración propia a partir del Ministerio de Justicia</i>	27
Tabla 3. <i>Producción y ubicación de productores de plásticos. Fuente, (Garzón, Y., & Gil, L. 2023)</i>	45
Tabla 4. <i>Resultados de experimentos realizados. Fuente, Elaboración propia</i>	56
Tabla 5. <i>Propiedades mecánicas de los plásticos. Fuente, (INDUPLASTICOS., n.d.)</i> ..	57
Tabla 6. <i>Metodología Charpy a muestras. Adaptado de, (Balart Gimeno, 2018)</i>	59
Tabla 7. <i>Prueba rigidez a muestras. Fuente, Elaboración propia.</i>	60
Tabla 8. <i>Prueba dureza de muestras. Fuente, Elaboración propia.</i>	62
Tabla 9. <i>Medidas usadas para la producción de bioplástico.</i>	69
Tabla 10. <i>Resultados obtenidos prueba mecánicas del experimento 3. Fuente, Elaboración propia.</i>	70
Tabla 11. <i>Costos directos maquinaria.</i>	72
Tabla 12. <i>Costos indirectos instalación.</i>	73
Tabla 13. <i>Capital de trabajo mensual.</i>	73

Tabla 14. <i>Capital humano, departamento de producción.</i>	75
--	----

1. RESUMEN

Como bien se sabe, el plástico es un polímero sintetizado que proviene de derivados químicos del petróleo, por lo que se califica como uno de los mayores contaminantes del mundo y por ende genera un problema ambiental debido a la acumulación y contaminación en consecuencia del tiempo que este tarda en degradarse. Por ello, actualmente se han buscado alternativas que ayuden a mitigar estas dificultades que generan un rápido deterioro del planeta, una muestra de ello es que la sociedad ha optado por recurrir a recursos renovables como materia prima para obtener bioplástico, producto que puede llegar a ser un sustituto del plástico.

Así pues, la intención en esta investigación es comprobar la viabilidad de obtener mediante el cáñamo de cannabis un bioplástico, resistente, práctico y menos perjudicial para el medio ambiente, que se acoja a las necesidades que tiene el planeta y logre reemplazar la dependencia que tiene el ser humano de los plásticos tradicionales.

A lo largo de este trabajo, se logra establecer los beneficios que brinda para los diferentes sectores sociales la generación de este producto, además de las propiedades que tiene cada uno de los elementos a usar para su materialización. Además, se relaciona el proceso paso a paso para lograr obtener el resultado final, las implicaciones, riesgos, desafíos que se podrían enfrentar con esta teoría planteada.

Para la realización de este proyecto se usaron fuentes primarias como la ejecución de prácticas de laboratorio que permitieron experimentar el tema propuesto y fuentes secundarias como libros, revistas, páginas web oficiales, tesis y otros documentos que nos permitieron acercarnos a un resultado real de esta investigación.

2. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia, el plástico ha sido el mayor contaminante del mundo, “se estimó que en 2015 los plásticos estuvieron relacionados con la producción de 1,7 gigatoneladas de CO₂ equivalente (GtCO₂), y se proyecta que para 2050 esta cifra aumente aproximadamente 6,5 GtCO₂e – 15% del presupuesto mundial de carbono” (ONU, 2021). Por otra parte, es evidente la afectación medio ambiental a causa de la mala disposición y degradación de estos, lo que hace necesario la búsqueda de alternativas sostenibles.

El cáñamo de cannabis es una fibra natural que presenta propiedades interesantes para la creación de un bioplástico. Según lo presentado por Fedesarrollo en el 2019, “Colombia debería aprovechar las posibilidades productivas del cáñamo y la capacidad de desarrollo industrial de este sector” (Cárdenas et al., 2021). Colombia se presenta como un lugar estratégico para el crecimiento y producción de cáñamo, pues cuenta con regiones cálidas, terrenos aluviales, permeables y ricos en nitrógeno; siendo estas las condiciones ambientales, químicas y físicas pertinentes para el cultivo. Además, en el ámbito económico puede considerarse comercialmente como un factor industrial destacable y en pleno surgimiento. (Tobar, s/f)

Por esta razón se realizó la investigación experimental sobre la eficiencia de la fibra de cáñamo como materia prima para la fabricación de bioplásticos y una alternativa ambiental para abastecer la fabricación de plásticos de un solo uso.

3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL

Obtener un bioplástico de características semejantes al plástico convencional. empleando fibras de cáñamo de cannabis como materia prima.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Investigar respecto a las técnicas usadas para la obtención de bioplástico empleando el cáñamo de cannabis.
- Documentar un método para la producción de bioplástico empleando las fibras de cáñamo de cannabis como materia prima.
- Elaborar un bioplástico derivado de fibras de cáñamo de cannabis con un bajo impacto ambiental como alternativa sostenible a los plásticos convencionales.

4. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

A lo largo de la historia la tierra ha experimentado cambios significativos, sin embargo, lo que estamos presenciando actualmente es un cambio climático acelerado a causa de la actividad humana, una de estas actividades es la fabricación, extracción y producción de plásticos de combustibles fósiles, las cuales contribuyen significativamente a las emisiones de gases de efecto invernadero. Cada botella de plástico tarda unos 450 años en descomponerse. Si no está a la intemperie, la cifra se aproxima a 1.000 años. (Miranda, 2023).

El plástico es un grave problema en la actualidad debido a la alta resistencia al medio ambiente, para (Héctor. Rodríguez, 2019) “El plástico encarna una grave amenaza para la biodiversidad y para todo tipo de fauna”. En Colombia se produce alrededor de 1,4 millones de toneladas de materiales plásticos por año, incluyendo polipropileno, PVC, poliestireno, polietileno de baja densidad, entre otros. (Diana. Rodríguez, 2022).

La mayoría de estos residuos plásticos son mal gestionados, por lo que terminan en botaderos o son incinerados, solo una pequeña proporción se recicla. Teniendo en cuenta esto, la ONU realizó un estudio de emisiones que generó el plástico en el año 2015, “se estimó que en 2015 los plásticos estuvieron relacionados con la producción de 1,7 gigatoneladas de CO₂ equivalente (GtCO₂e), y se proyecta que para 2050 esta cifra aumente a aproximadamente 6,5 GtCO₂e —15% del presupuesto mundial de carbono contaminación mundial por plástico”. Por otro lado, tenemos la contaminación de plástico en el océano, el cual ha llegado a generar islas de plástico, llegando a considerarse el 85% de los residuos oceánicos (ONU, 2021) considerándose un problema más que debemos enfrentar debido a generación de micro plásticos en el océano amenazando la vida marítima y deterioro en los ecosistemas marinos.

A raíz de esta problemática, se han buscado soluciones para abordar la contaminación causada por los plásticos. Una de estas soluciones es el bioplástico, que se deriva de fuentes renovables y produce biopolímeros que son degradables en el medio ambiente. Esto busca reducir la huella de carbono y combatir la formación de islas de plástico en nuestros océanos. Como resultado, se han llevado a cabo numerosos estudios utilizando diversos productos vegetales, tales como almidón de maíz, caña de azúcar, soja, papa, entre otros, para crear bioplásticos. Actualmente los más usados para la fabricación de bioplástico son la papa y el maíz debido al almidón que estos contienen, lo que lleva a ser un bioplástico resistente, no se han probado muchos productos vegetales para la fabricación de bioplástico, debido a que no muchos cuentan con la cantidad necesaria de almidón y glucosa, la cual hacen que el bioplástico cuente con características similares al plástico convencional.(Casas Huaca & Guerrero Daza, 2021)

Basado en lo anterior, se plantea la siguiente pregunta: ¿Es posible obtener un bioplástico empleando cáñamo de cannabis que posea características similares al plástico convencional y genere un menor impacto ambiental?

5. JUSTIFICACIÓN

En el mundo cada año los océanos se ven afectados con alrededor de 11 millones de toneladas métricas de residuos de plásticos.(WWF, 2022). La participación de Latinoamérica en una de las principales amenazas que enfrentan los mares, la sobrepesca, el derrame de petróleo y el calentamiento global es realmente marcada, pues se estima que generan alrededor de 17.000 toneladas diarias de plástico, de los cuales tan solo se realiza un aprovechamiento del 4.5% de estos residuos. Aunque Colombia no es uno de los países que más generan este tipo de material de un solo uso, si es importante destacar que a pesar de las diferentes campañas y programas por medio de los cuales se intenta concientizar a las personas aún se genera alrededor de 1.4 millones de toneladas de plástico al año y de este solo el 9% se recicla, el 12% se quema y el otro 79% sigue generando contaminación.(Maestre, 2022).

Se han implementado varias estrategias para combatir la generación de plástico en aras de alinearse a los propósitos mundiales de disminuir el impacto ambiental, a nivel legislativo se intenta regular el tema en mención con la implementación de leyes tales como: La ley 2232 de 2023 conocida como la Ley de plásticos de un solo uso; también la Ley 274 del 2020 la cual indica la prohibición de importación, exportación y/o comercialización de los productos plásticos de un solo uso como lo son cucharas, vasos, mezcladores, platos etc. Aunque la norma también indica y expresa algunas alternativas sostenibles y amigables con el medio ambiente como lo es la migración hacia materiales plásticos biodegradables que contribuyan con el planeta.

Al generar un marco normativo en Colombia respecto al uso del plástico, se intenta buscar productos sustitutos que permitan optimizar los residuos y/o recursos desechables que se generan a diario a través de nuevas tecnologías que posibilitan la generación de plástico con base

en productos ricos en almidón y/o celulosa, donde la obtención de estos productos no presenta inconvenientes ya que Colombia es una región geológicamente rica. Esto permite que se pueda cambiar la manera actual de generación de plástico que es con derivados del petróleo por una menos lesiva con el medio ambiente como lo es a base de cáñamo de cannabis y de esta manera lograr una reducción de tiempo significativa al momento de degradarse mejorando y contribuyendo a la preservación del medio ambiente.

El uso del cáñamo de cannabis para la producción de plástico beneficiaría significativamente al medio ambiente en términos ecológicos. Considerando que los productos derivados del cáñamo regeneran y descontaminan el suelo y se degradarían en un período de tiempo mucho más corto en comparación con los plásticos a base de petróleo. (La Verdad, 2020) Además, esta transición sería beneficiosa para el sector agrícola, ya que requeriría un aumento en la producción de cannabis y en vista que la eliminación de plástico es casi que imposible, se buscan productos sustitutos que se degraden en un menor tiempo o en su defecto que se puedan usar varias veces con diferentes fines. Actualmente se creó en Colombia El Pacto por los Plásticos, que busca acelerar la circularidad de este material para lograr incrementar las cifras de aprovechamiento y reincorporación de los envases y empaques dirigido por la organización Compromiso Empresarial para el Reciclaje (CEMPRE), la cual ha contado con el soporte metodológico de la organización británica Waste and Resources Action Programme (WRAP) y, junto con el sector público y privado del pacto ya hacen parte Carvajal, Coca-Cola, Grupo Plastilene, Jerónimo Martins (Ara), Nestlé, Plastisol, Resiter y Xiclo. Además, cuenta con el apoyo de WRAP y con la colaboración de importantes aliados gremiales como Acoplásticos, The Consumer Goods Forum; institucionales como el DANE; y estratégicos como WWF, la Universidad de los Andes y Red Reciclo. (Colombia, 2023).

En el ámbito académico y científico el desarrollo de este proyecto se justifica por el aporte que eventualmente se hace en la búsqueda y generación de materias primas menos lesivas para el medio ambiente, que contribuyan en la satisfacción de las demandas de la industria sin detrimento de recursos no renovables finitos y será desarrollado bajo un enfoque de investigación mixta, puesto que se encontrará un análisis cualitativo que permite recolectar y clasificar información mediante una revisión de bases de datos, tesis, informes, artículos y textos que respaldan las hipótesis o teorías planteadas en el cuerpo del trabajo y tendrá un paralelo con la investigación cuantitativa con un diseño experimental que permitirá corroborar o descartar la posibilidad de realizar un bioplástico con base en el cáñamo de cannabis.

6. ANALISIS DE REQUERIMIENTOS

6.1 ALCANCE

El proyecto se desarrollará con el fin de obtener un estudio de la composición del cáñamo de cannabis y sus propiedades fisicoquímicas para determinar su idoneidad como material principal de la obtención de bioplástico. Por otro lado, se desarrollará un método para la obtención de bioplástico a partir del estudio del cáñamo de cannabis, en los cuales se realizarán pruebas de laboratorio en donde se perfeccionará el bioplástico para obtener la resistencia y calidad necesaria para su uso.

1. Investigación inicial: Revisión de métodos existentes para la extracción y producción de bioplásticos a partir de cáñamo.

2. Extracción y procesamiento: Diseño y desarrollo de un método experimental para la extracción de fibras y compuestos necesarios para la producción de bioplástico.

3. Producción de bioplástico: Desarrollo de fórmulas experimentales para crear bioplásticos a partir de los componentes extraídos del cáñamo.

4. Pruebas y análisis: Efectuar pruebas para evaluar la resistencia, durabilidad y biodegradabilidad del bioplástico producido.

5. Documentación: Registro detallado de los procesos, métodos y resultados obtenidos durante el proyecto experimental.

6. Consideraciones éticas y legales: Asegurar el cumplimiento de las leyes relacionadas a la producción de bioplásticos de cáñamo.

6.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Se tendrá un diseño mixto, comenzando por un diseño experimental y narrativo teniendo en cuenta que se realiza prácticas de laboratorio y se documenta de manera numérica y descriptiva

6.2.1 ALMIDON

Para la elaboración de bioplástico, este debe contar con la resistencia adecuada para su uso, se requiere que la materia prima usada contenga aproximadamente el 50% de almidón. Este es un componente es valioso en la producción de bioplásticos, ya que tiene propiedades poliméricas que pueden contribuir a la estructura y las propiedades mecánicas del material final. El uso de almidón en la fabricación de bioplásticos a partir de cáñamo puede ayudar a mejorar la biodegradabilidad y la sostenibilidad.

6.2.2 RESISTENCIA

La resistencia en los bioplásticos de cáñamo es una característica crítica que determina su idoneidad para diversas aplicaciones. La resistencia se refiere a la capacidad del material para soportar cargas mecánicas y mantener su integridad estructural sin deformarse ni romperse.

La combinación de ingredientes en la formulación del bioplástico influye en su resistencia. La proporción de cáñamo, almidón u otros polímeros, así como aditivos plastificantes y refuerzos, desempeñan un papel importante en la resistencia del material.

6.2.3 RIGIDEZ

La rigidez hace referencia a capacidad del material frente a deformaciones, por lo cual el bioplástico requiere rigidez y capacidad de mantener su forma. Puede depender de:

1. Composición de la mezcla
2. Tratamiento químico
3. Distribución de fibras
4. Proceso de fabricación



Ilustración 1. Método para rigidez del plástico Fuente, (Vázquez et al., s/f)

6.2.4 DUREZA

La dureza en los bioplásticos de cáñamo se refiere a la resistencia del material a ser penetrado o deformado cuando se aplica una fuerza. La proporción de cáñamo, almidón y otros polímeros en la composición del bioplástico afectará su dureza. La adición de aditivos específicos, como plastificantes o refuerzos, pueden modificar la dureza de los bioplásticos.



Ilustración 2. Dureza del bioplástico Fuente, (Vázquez et al., s/f)

6.2.5 DEGRADABILIDAD

El bioplástico debe contar con la capacidad para descomponerse y volver a los elementos naturales en un periodo relativamente corto, degradación al ambiente de corto plazo, el cual pueda tener un uso final para compostaje.

Teniendo en cuenta los parámetros fisicoquímicos que evidencia el plástico convencional, se espera obtener un bioplástico apropiado para su uso, teniendo como dato importante, estos parámetros pueden variar debido a que se busca una descomposición al ambiente en el menor tiempo posible.

7. MARCO DE REFERENCIA

En la búsqueda de soluciones sostenibles y respetuosas con el medio ambiente en la industria de los plásticos, los bioplásticos han emergido como una alternativa prometedora. El cáñamo ha ganado atención debido a sus notables características y potencial para abordar los problemas ambientales asociados con los plásticos convencionales.

Este marco se organiza en torno a las siguientes secciones clave:

7.1 ANTECEDENTES

De un tiempo hacia acá se evidencia el gran impacto que genera el plástico al medio ambiente y es por ello por lo que nacen investigaciones y leyes alrededor del tema, pues los países intentan contrarrestar la cantidad de producción de artículos que poseen dicho material con tal de suplir una o varias necesidades del ser humano. Según (MAGANA, 2023) desde la década de 1950 empezó la producción a gran escala de materiales sintéticos y plásticos desechables ha presentado un aumento de 1.8 millones a 460 millones de toneladas por un año como consecuencia también ha aumentado la cantidad de residuos generados.

Por otro lado, en estudios realizados durante el 2010 acerca de la producción de plástico en los 192 países que tienen costa, se evidenció que se generaron cerca de 275 millones de toneladas de desperdicios de plástico, de los cuales entre 4.8 y 12.7 millones de toneladas fueron a parar al mar. (EFE NEWS SERVICES, 2015) Allí se asegura que, si el incremento de esas toneladas producidas en ese año continuaba y las prácticas internacionales en cuanto la gestión de basuras no mejora, podría multiplicarse por diez en las próximas décadas.

Hasta el 2015 se estima que hubo una producción de 8.300 millones de toneladas de plástico de los cuales tan solo el 9% fue reciclado, el 12 % fue incinerado y el 79 % restante se acumuló en vertederos o en el medio ambiente. (EFE NEWS SERVICES, 2015) De esta forma año tras año se presentan informes de diferentes fuentes donde el incremento de la producción de plástico y la contaminación con el mismo no para, por lo menos a nivel Colombia de acuerdo con el informe elaborado por la clínica jurídica de Medio ambiente y salud Pública (MASP), las ventas de plásticos en Colombia tuvieron en el 2018 un incremento de un 2.5 %, con producciones anuales de 60.000 toneladas de bolsas plásticas, 2.000 toneladas de pitillos y 23.000 toneladas de tapas plásticas. (Clinica Juridica de Medio Ambiente y salud Publica, Universidad de los Andes y GreenPeace, 2019).

Esta problemática ha aumentado tanto que ecosistemas tales como el marino y el silvestre se están viendo gravemente afectados, el cambio climático cada vez es más evidente, pues la acumulación de residuos plásticos limita la producción de carbono por lo que entes internacionales y nacionales comenzaron a trabajar en proyectos para lograr minimizar el impacto. Entre estas la ONU a través del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), con sede en Nairobi propone que “La contaminación por plásticos en el mundo podría reducirse en un 80 % si los gobiernos desarrollan una serie de "cambios profundos" legislativos y legales” y en el documento se plasman alternativas tales como: la hoja de ruta del PNUMA puede "reducir drásticamente estos riesgos a través de la adopción de un enfoque circular que mantenga los plásticos fuera de los ecosistemas, fuera de nuestros cuerpos y en la economía"; "Cerrando el grifo: Cómo el mundo puede terminar con la contaminación por plástico y crear una economía circular"; tres "cambios en el mercado": reutilizar, reciclar y, asimismo, reorientar y diversificar los materiales; "Impulsar el mercado de productos

reutilizables (como botellas y bolsas de múltiples usos, dispensadores a granel o la reparación, entre otros), de igual forma reconoce que "los costos de inversión para el cambio sistémico recomendado son significativos", son menores que los gastos si no se materializan esos cambios. (ONU, 2023)

De igual forma en el año 2022 se llevó a cabo en Uruguay una reunión del comité Intergubernamental de Negociación, cuyo fin es negociar un “tratado histórico” sobre el plástico, al cual asistieron 145 países. El grupo de América Latina y el Caribe (Grulac) sentó una posición en común, encaminada a que es necesario que un nuevo acuerdo trascienda las acciones nacionales voluntarias y que incluya todas las condiciones habilitantes, como financiación y desarrollo de capacidades, para poder implementar, efectivamente, las acciones que requiera un nuevo tratado.

Por ello, en búsqueda de todas las soluciones posibles y en vista de que la eliminación de plástico es casi que imposible, se busca productos sustitutos que se degraden en un menor tiempo o en su defecto que se puedan usar varias veces con diferentes fines. Actualmente se creó en Colombia El Pacto por los Plásticos, donde se busca acelerar la circularidad de este material para lograr incrementar las cifras de aprovechamiento y reincorporación de los envases y empaques dirigido por la organización Compromiso Empresarial para el Reciclaje (CEMPRE), la cual ha contado con el soporte metodológico de la organización británica Waste and Resources Action Programme (WRAP) y, junto con el sector público y privado del pacto ya hacen parte Carvajal, Coca-Cola, Grupo Plastilene, Jerónimo Martins (Ara), Nestlé, Plastisol, Resiter y Xiclo. Además, cuenta con el apoyo de WRAP y con la colaboración de importantes aliados gremiales como Acoplásticos, The Consumer Goods Forum; institucionales como el DANE; y estratégicos como WWF, la Universidad de los Andes y Red Reciclo. (Colombia, 2023)

7.2 MARCO LEGAL

Se espera la obtención de bioplástico a través del uso de cáñamo de cannabis, con propiedades similares a las que obtienen con el plástico convencional, para ello debemos regirnos a las normativas legales referentes a la expedición y uso del cáñamo de cannabis, igual que a la normativa aplicada para la producción y distribución de bioplástico.

Respecto al uso de plástico en Colombia rigen las siguientes normas, presentadas en la Tabla 1.

Tabla 1. *Normativa ambiental del plástico en Colombia.*

Título	Descripción
Ley 2232 De 2022	Ley de plásticos de un solo uso.
Ley 274 Del 2020	Por la cual se prohíbe en el territorio nacional la fabricación, importación, exportación, comercialización y distribución de plásticos de un solo uso, se establecen medidas tendientes a la reducción de su producción y consumo, y se dictan otras disposiciones
Resolución 1407 del 26 de julio de 2018	Por la cual se reglamenta la gestión ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras determinaciones.
Ley 1973 de 2019	Por medio de la cual se regula y prohíbe el ingreso, comercialización y uso de bolsas y otros materiales plásticos en

	<p>el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina e Islas menores que lo componen, y se dictan otras disposiciones.</p>
Resolución 4143 de 2021	<p>Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos plásticos y elastoméricos y sus aditivos, destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano en el territorio nacional.</p>
Resolución 683 de 2012	<p>Por medio de la cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos sanitarios que deben cumplir los materiales, objetos, envases y equipamientos destinados a entrar en contacto con alimentos y bebidas para consumo humano.</p>
Ley 9 de 1979	<p>Por la cual se dictan medidas sanitarias.</p>
Ley 1333 de 2009	<p>Esta ley se enfoca en el control y prevención de la contaminación ambiental y establece las responsabilidades en cuanto a la generación, manipulación, almacenamiento, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos asociados a la industria del plástico.</p>

Resolución 808 de 2010	Esta resolución establece las características y regulaciones técnicas para la producción, importación, comercialización y uso de bolsas plásticas en Colombia.
Decreto 4690 de 2007	Este decreto establece el marco normativo para la gestión integral de residuos sólidos en Colombia, incluyendo los residuos plásticos.

Fuente, Elaboración propia a partir del Congreso de la Republica

De acuerdo con la Ley 2233 de 2022 la cual establece la reducción del plástico tradicional. “Con el fin de resguardar los derechos fundamentales a la vida, la salud y el goce de un ambiente sano, se establecen medidas orientadas a la reducción de la producción y el consumo de plásticos de un solo uso en el territorio nacional, se dictan disposiciones que permitan su sustitución gradual por alternativas sostenibles y su cierre de ciclos, y se establecen medidas complementarias” (Juriscol, 2022). Por lo tanto, una alternativa sostenible en la actualidad es el bioplástico, el cual genera bajo impacto ambiental, se elabora a través de productos vegetales y de bajo costo con características similares al plástico convencional.

Por otro lado, se usará el Cáñamo Cannabis para la obtener bioplástico por lo tanto debemos regirnos a las normas aplicadas en Colombia para el cultivo, distribución y uso del cannabis, los cuales estas expuestas en la **Tabla 2**.

Tabla 2. *Marco legal del cáñamo de cannabis.*

Título	Descripción
Ley 1787 de 2016	Esta ley establece el marco regulatorio para el uso medicinal y científico del cannabis en Colombia. Establece los requisitos para la producción, fabricación, comercialización, exportación e investigación del cannabis y sus derivados con fines medicinales y científicos.
Decreto 613 de 2017	Este decreto reglamenta la Ley 1787 de 2016 y establece los procedimientos y requisitos para obtener licencias y permisos relacionados con la producción, fabricación, comercialización, exportación e investigación del cannabis y sus derivados con fines medicinales y científicos.
Resolución 579 de 2017	Por la cual se establece el criterio de definición de los pequeños y medianos cultivadores, productores y comercializadores nacionales de cannabis medicinal.
Resolución 2891 de 2017	Establece el manual tarifario de evaluación y seguimiento y control, aplicable a las licencias de fabricación de derivados de cannabis para uso medicinal y científico.

Resolución 577 de 2017	El Ministerio de Justicia y del Derecho Regula técnicamente lo relativo a la evaluación y el seguimiento de las licencias de uso de semillas para siembra y cultivo de plantas de cannabis psicoactivo y no psicoactivo.
Ley 1787 del 6 de julio del 2016	Tiene como objeto crear un marco regulatorio que permita el acceso seguro e informado al uso médico y científico del cannabis y sus derivados en el territorio nacional colombiano.

Fuente, Elaboración propia a partir del Ministerio de Justicia.

7.3 MARCO TEÓRICO

Teniendo en cuenta la información suministrada anteriormente y el enfoque de la investigación se hace necesario hondar en el tema con el fin de que el lector conozca los conceptos y bases que sustentan el objetivo de este.

7.3.1 BIOPLÁSTICO

El bioplástico surgió cerca del siglo XX debido a la crisis del petróleo en Estado Unidos en 1973, lo cual evidenció lo dependientes que somos de las fuentes no renovables para las diferentes industrias, debido a esto la compañía británica Imperial Chemical Industries decidió lanzar al mercado el primer plástico considerado biodegradable, aunque este presentaba un alto costo para su producción esta iniciativa incentivo a la producción acelerada del bioplástico y

según un estudio realizado “De acuerdo con Nova-Institut en la actualidad existen 25 empresas instaladas en 30 sitios en el mundo que producen 180.000 toneladas anuales y de los cuales los envases biodegradables de alimentos y bebidas representan el 70% de la demanda mundial de PLA” (ZEAplast, s/f)

7.3.1.1 BENEFICIOS Y USOS

Según el ingeniero químico Ramani Narayan, de la Universidad Estatal de Michigan, este tipo de productos contribuye con la reducción de la huella de carbono, por lo que se sustenta que si un artículo de plástico no libera carbono cuando se desecha, en el proceso de degradación añadirán menos carbono a la atmosfera. Otro de los beneficios que se estima tener con productos de esta naturaleza es que dadas las características de su origen (vegetales o desechos biológicos) los bioplásticos sustentan una economía rural y agrícola, logrando así una economía sustentable y sostenible. (Gibbens, 2018a) Se suelen usar en envases y embalajes, la medicina, la fabricación de automóviles y las telecomunicaciones. (Vázquez et al., s/f)

7.3.1.2 TIPOS

Los bioplásticos de acuerdo con sus propiedades o naturaleza se clasifican en plásticos biobasados y plásticos biodegradables.

Los plásticos biobasados son aquellos que se fabrican a partir de la biomasa –la materia orgánica que compone a los seres vivos– de recursos naturales renovables, generalmente plantas, algas y microorganismos, La mayor ventaja relacionada con los plásticos biobasados es la posibilidad de fabricarlos a partir de recursos que, si se manejan adecuadamente, no se agotan. (Vázquez et al., s/f). Así mismo los plásticos biobasados no son biodegradables en el ambiente debido a que el proceso de fabricación es igual al plástico convencional, no obstante, se produce a partir de biomasa.(El-Kadi, 2010)

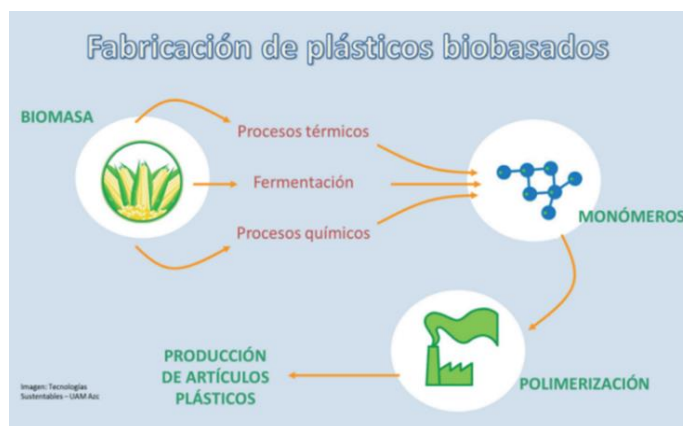


Ilustración 3. Fabricación de plástico biobasado Fuente, (Vázquez et al., s/f)

Por su parte los plásticos biodegradables se fabrican a partir de recursos renovables o combustibles fósiles dado que la biodegradabilidad no es función del material de origen, sino de la estructura química del plástico. Por lo que se podría inferir que es el material en el cual se va a basar esta investigación. (Vázquez et al., s/f)

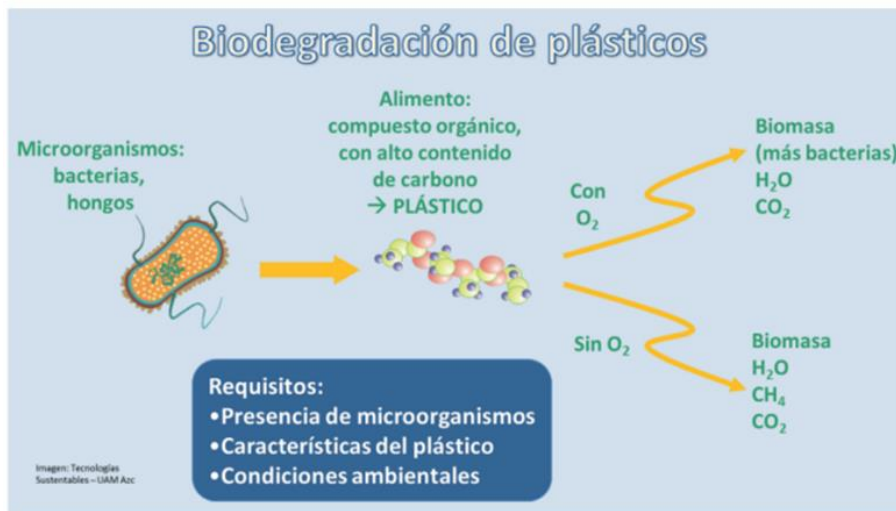


Ilustración 4. Biodegradación de plástico Fuente, (Vázquez et al., s/f)

Algunas de las ventajas y desventajas de los bioplásticos de acuerdo con el entorno y medio ambiente son:

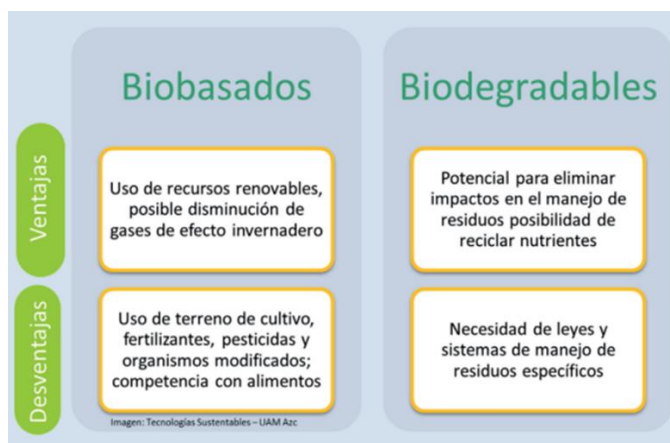


Ilustración 5. Ventajas y desventajas del bioplástico Fuente, (Vázquez et al., s/f)

Características	Bioplástico	Plástico
Degradable al 100%	Si	No
Transparente	No	Si
Moldeable	Si	Si
Resistencia a la humedad	Parcialmente	Si
Impermeables	Si	Si
Resistente a la corrosión	Si	Si
Baja densidad	Si	Si
Ayuda a disminuir la contaminación	Si	No
Aislante eléctrico	Si	Si
Tiempo máximo de degradación	1 año	Mayor a 100 años
Reciclable	Si	No

Ilustración 6. Elaboración de bioplástico a partir de cáscara de plátano Fuente, (Pizá et al., 2017)

7.3.2 CELULOSA

Es el componente fundamental de la pared de las células vegetales en plantas, madera y fibras naturales, y se encuentra combinada, generalmente, con sustancias como la lignina, hemicelulosas (carbohidratos más cortos principalmente pentosanos), pectinas y ácidos grasos, más del 90% de la producción de celulosa se obtiene de la madera y el 10% restante de otras

plantas, el consumo mayor de celulosa es para papel y cartones, en segundo lugar, para obtener fibras textiles (rayón) y los derivados acetato y nitrato de celulosa. (Saenz, s/f)

7.3.2.1 TIPOS

- ***Celulosa mecánica.***

La celulosa mecánica se obtiene a partir de un proceso en el cual la madera, una vez molida y triturada, se somete a altas presiones y a una temperatura de unos 140 °C, que es la temperatura de transición vítrea de la lignina. Este proceso requiere un elevado consumo de energía, 1600 kw-h/Tm producido. La celulosa mecánica se caracteriza por su alto rendimiento, normalmente entre un 85% y un 95%. (Saenz, s/f)

- ***Celulosa química.***

En el proceso de producción de celulosa química la mayor parte de la lignina se remueve por disolución con agentes químicos, evitando que el papel final se vuelva amarillo por oxidación de la lignina. Para eliminar la lignina se realiza un proceso de cocción química de la madera (astillas) a altas temperaturas y presiones. Dependiendo de los compuestos químicos (lejías) usados en la cocción, existen celulosas químicas kraft o al sulfato y celulosas al sulfito. (Saenz, s/f)

7.3.2.2 PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA CELULOSA.

Las propiedades físicas y químicas que se miden de la celulosa tienen que ver con variables que son relevantes para predecir su desempeño una vez que se convierta en papel. Por tanto, las principales propiedades que se miden de la celulosa son:

- ***Volumen Específico.***

Es el inverso de la densidad. En general se prefiere fibras con alto volumen específico debido a que permite hacer una hoja de igual espesor con un menor peso.

- ***Índice de Tensión.***

Mide la resistencia a la tracción que tiene un papel con esa celulosa.

- ***Índice de Rasgado.***

Mide la energía que es necesaria para rasgar un papel, tal como se hace cuando se corta una hoja con las manos.

- ***Largo de fibra.***

Mide el largo promedio de las fibras de celulosa (en milímetros).

- ***Drenabilidad.***

Mide la facilidad con que la celulosa evacua el agua que contiene. Es importante para producir papel dado cuando se forma la hoja el contenido de agua es de entre 98% y 99% en peso.

- ***Contenidos de finos.***

Mide la cantidad de elementos no fibra en la celulosa.

- ***Viscosidad.***

Mide la fricción interna de una mezcla de agua con fibras de celulosa. Es un indicador del grado de polimerización (largo de las cadenas) de las fibras de celulosa.

- ***Contenido distribución.***

En peso del contenido de la celulosa. Por tradición el contenido se clasifica en Alfa-celulosa: celulosa propiamente tal; Beta-Celulosa: celulosa degradada (acortada) y algo de hemicelulosa; Gamma-Celulosa: principalmente hemicelulosa; Lignina; Cenizas: principalmente compuestos de silicio; y Extraíbles: que consisten en ácidos resinosos y ácidos grasos. (Saenz, s/f)

7.3.3 ALMIDÓN

Es un producto natural de las plantas al cual se le han dado diversos usos, desde caseros hasta una gran variedad de usos industriales. El almidón es un componente orgánico esencial en muchos productos desde alimenticios, utensilios de comida biodegradables, en la construcción, hasta componentes de medicamentos y cosméticos; es una molécula polisacárido ramificada compuesta de cadenas de azúcares o glucosa, que dependiendo de si son lineales se denominan amilosas, o amilopectinas si las cadenas son ramificadas. Estas cadenas de azúcares están organizadas en diminutas partículas denominadas granos o gránulos de almidón. El almidón se encuentra en todas las plantas como producto de la fotosíntesis y representa el material alimenticio de reserva o en el endospermo de las semillas. (Sánchez, s/f)

A nivel molecular, el almidón nativo está formado por dos componentes distintos, amilosa y amilopectina, que se pueden aislar por fraccionamiento y ser estudiados de forma independiente. La amilosa, que es esencialmente un polímero lineal, constituye típicamente entre el 15% al 20% de almidón, y la amilopectina, que es una molécula ramificada más grande, es el componente principal del polisacárido. (Villarreal et al., 2018) teniendo en claro esto, el almidón

al solubilizarse con agua a una temperatura elevada, la estructura aumenta la viscosidad del líquido donde se disuelve lograrlo una mayor textura y resistencia para lo cual se use (Rico, s/f)

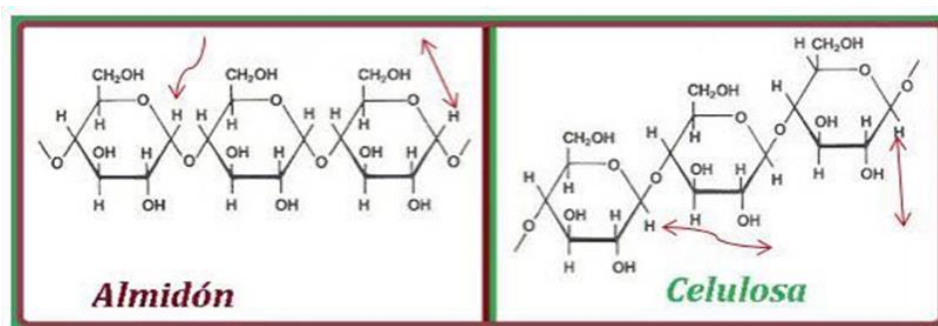


Ilustración 7 Estructura química de almidón y celulosa Fuente, (Muñoz, A. 2021)

7.3.4 CAÑAMO

El cáñamo es una de las plantas más antiguas y útiles en el planeta, el nombre científico que recibió en 1753 por el científico, naturalista, botánico y zoólogo sueco Carlos Linneo es *Cannabis Sativa*, es una planta herbácea del género *Cannabis*, miembro de la familia Cannabácea conocida desde hace más de 6500 años, con gran importancia económica, agrícola, industrial, cultural y médica. El cáñamo es una planta industrial que pertenece a la misma familia que las plantas de cannabis que se utilizan para producir marihuana. Se cultiva a escala comercial en muchos países de todo el mundo, como Estados Unidos, Australia, Reino Unido, Canadá, Vietnam o Francia, etc. (Pharmacology, 2021)

Su origen es Asia, a lo largo de la historia ha sido usado en la producción de fibras, aceites, cordones y fabricación de papel. Utiliza una fracción del agua necesaria para cultivar algodón, cada parte es útil y absorbe más dióxido de carbono por hectárea que otros cultivos y la mayoría de los árboles. Unos 40 países produjeron unas 275.000 toneladas de cáñamo industrial

en bruto o semielaborado en 2019, según las últimas estadísticas disponibles. Pero cuatro países representan más de la mitad de la producción mundial. China lidera el grupo, seguida de Francia, Canadá y Estados Unidos.(UNCTAD, 2022)

Se pueden utilizar todas las partes de la planta - raíces, flores, frutos, tallos y hojas -, el cultivo del cáñamo generará muchos menos residuos y contaminación que otros cultivos, cuyas partes desechadas pueden tener una enorme huella ecológica. Las Cepas del Cannabis que se utilizan en general para la producción de Cáñamo Industrial son restringidos del mercado farmacéutico por su contenido bajo de Cannabinoides o contenido alucinógeno, pero permiten producciones largas de grano y fibras que se usan en muchos de los objetos que se usan en el diario vivir, como la ropa, los materiales de construcción y los alimentos.

A pesar de que este material o planta ha sido censurado por varios años debido a que se asocia a la marihuana dado que su procedencia es la misma. Paraguay, Uruguay, Ecuador, Chile y Colombia son los países de Latinoamérica que permiten trabajar el Cáñamo, bajo ciertas condiciones y modalidades, existe una ley que lo avala y ya hay capitales nacionales y extranjeros apostando en la industria. (Castaño, s/f)

Investigaciones y desarrollos previos han analizado las propiedades físicas y mecánicas de los bioplásticos fabricados a partir de cáñamo. Estos estudios han demostrado que los bioplásticos de cáñamo pueden tener una buena resistencia y durabilidad, lo que los hace adecuados para aplicaciones en la industria manufacturera y de embalaje.

Henry Ford estaba convencido de que la agricultura podía sustentar a la industria moderna y trató de demostrarlo construyendo un auto que incluía fibras de cáñamo (Fassio et al., 2013) esto se debe a que el cáñamo cuenta con características químicas claves. Según trabajos de la

Universidad Politécnica de Cataluña, su composición es la siguiente: 67-78% de celulosa, 16-19% de hemicelulosa, 0,8-2,5% de pectinas, 2,9-3,3% de lignina y un 2% de sustancias solubles en agua. Es importante destacar el uso industrial de esta planta pues “desde el 2018 los derivados del cáñamo industrial cuentan con alta demanda en mercados como Alemania, República Checa, EEUU, China, etc.” (Pino, 2019). La fibra de cáñamo se destaca por su resistencia física, así como por su resistencia a la pudrición (propiedades anti-hongos y anti-microbianas) y el desgaste (alta durabilidad). Conduce el calor, tiñe bien y bloquea la luz ultravioleta. (Perfiles de 15 de las principales fibras de origen vegetal y animal, 2009) Se dice que la fibra de cáñamo es 3 veces más fuerte, 4 veces más caliente y 7 veces más durable que la fibra de algodón, utilizándose para la producción de textiles como telas, ropa y alfombras (IIHA). Adicionalmente las fibras de cáñamo han sido utilizadas para materiales de construcción como revestimientos y asilamientos. La European Industrial Hemp Association (EIHA) reporta que el nivel de CO₂ emitido en la producción de plásticos a partir de fibra de cáñamo es casi 3,5 veces menor que el CO₂ emitido en la producción de plásticos reforzado con fibra de vidrio, incluyendo en ambos casos el transporte.

7.3.5 ALMIDÓN DE YUCA

La extracción del almidón de yuca es un proceso más simple y sencillo que la extracción de almidón de maíz, trigo u otros cereales. La industria del almidón de yuca es de importancia considerando el hecho de que aproximadamente el 85 por ciento de los almidones exportados por los países en desarrollo son almidón de yuca (Flores Daza, 2019).

Es un polisacárido complejo, compuesto principalmente de glucosa, que se origina en cadenas lineales o ramificadas. Estas propiedades lo hacen versátil y ampliamente utilizado en las industrias.

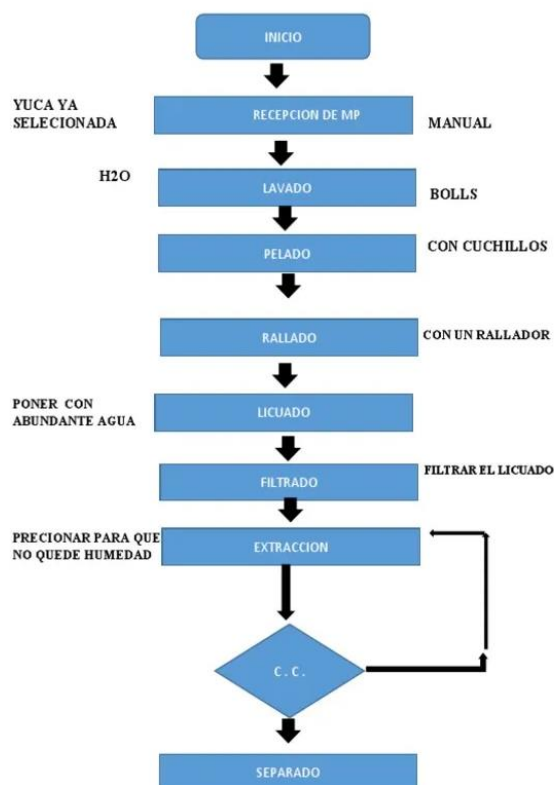


Ilustración 8. Procesos para la elaboración de almidón de yuca Fuente, (Huanca, 2021)

En Colombia se han identificado 28 variedades de yuca disponibles en la región de cauca las cuales pueden suplir las demandas de las raíces en las rallanderías que se dedican a la producción de almidón.(CONtexto ganadero, 2023).

Según (Alarcón M. et al., 1998), Después de la celulosa, el almidón es el carbohidrato de mayor abundancia en la naturaleza y por ser proveniente de forma natural resulta ser económica, por lo que podría ser una opción para el desarrollo de biopelículas degradables o como materia prima para la producción de plásticos (UCM, 2023). A diferencia de los almidones de cereales, que requieran procesos industriales muy tecnificados, los almidones de raíces y tubérculos (papa, batata, achira y yuca) son más fáciles de obtener en el medio rural: su obtención sólo requiere de molienda, tamizado, separación con agua, sedimentación y secado.(Alarcón M. et al., 1998).

7.4 MARCO CONCEPTUAL

- **Bioplástico:** es un tipo de plástico amigable con el medio ambiente, puede ser descompuesto por microorganismos y todos sus componentes están hechos de materias primas renovables.
- **Almidón:** Hidrato de carbono que constituye la principal reserva energética de casi todos los vegetales y tiene usos alimenticios e industriales.
- **Celulosa:** Polisacárido que forma la pared de las células vegetales y es el componente fundamental del papel.
- **Biodegradable:** Que puede ser degradada por acción biológica.
- **Combustibles fósiles:** Combustible que procede de la descomposición natural de la materia orgánica a lo largo de millones de años, como el petróleo, el carbón mineral o el gas natural.
- **Biodiversidad:** Variedad de especies animales y vegetales en su medio ambiente.
- **ONU:** Organización de Naciones Unidas.
- **Gigatoneladas:** unidad de medida que no pertenece al Sistema Internacional de Medidas. Sirve para medir masa o también energía. Como medida de masa equivale a 10 elevado a la novena potencia en toneladas o sea 1.000.000.000 (mil millones de toneladas).
- **Biopolímero:** Polímero que interviene en los procesos biológicos
- **Polímero:** Compuesto químico, natural o sintético, formado por polimerización y que consiste esencialmente en unidades estructurales repetidas.
- **Glucosa:** constituye un sólido blanco, muy soluble en agua, de sabor muy dulce y presente en muchos frutos maduros.

- ***Petróleo:*** Líquido natural oleaginoso e inflamable, constituido por una mezcla de hidrocarburos, que se extrae de lechos geológicos continentales o marítimos y del que se obtienen productos utilizables con fines energéticos o industriales, como la gasolina, el queroseno o el gasóleo.

8. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

8.1 AMBIENTALES

Tal vez en este ámbito no existen mayores restricciones debido a que el cannabis se producen en cualquier suelo, de hecho, se destaca por ayudar con la recuperación de suelos contaminados, el impacto climático que genera es bastante positivo por parte de los gases de efecto invernadero, dada la captura de dióxido de carbono (CO₂). (Mora, 2020) Sin embargo, un estudio de 2011 de la Universidad de Pittsburgh descubrió otros problemas medioambientales vinculados al cultivo de plantas para fabricar bioplásticos. Algunos de ellos eran la contaminación por los fertilizantes y la tierra que se quita a la producción de alimentos hablando en este caso de aquellos que se usarían para el suministro del almidón como la o el maíz. (Gibbens, 2018b)

En el presente proyecto se pretende manejar el almidón de yuca para la elaboración del bioplástico, por lo que es importante mencionar que aunque el producto principal de cierta forma contrarresta el impacto ambiental (Cáñamo de Cannabis), el tratamiento para la obtención del almidón puede representar un problema pues los recursos naturales agua y energía son los elementos principales para la producción de almidón de yuca, por lo cual es de vital importancia proteger y tomar medidas en cuanto a su manejo y prácticas, debido a que en el proceso se genera una gran cantidad de residuos sólidos y líquidos que afectan directamente a efluentes hídricos, atmósfera y suelo. (Arévalo, 2019) Adicional a esto, se debe tener en cuenta la huella ecológica durante el ciclo de vida del almidón desde su cultivo hasta la comercialización o para este caso la industrialización, en un estudio realizado se logró identificar a distribución porcentual de la huella hídrica total por cada producto agrícola cultivado en Colombia, en la cual

se puede apreciar que el cultivo de yuca absorbe aproximadamente el 5% de la huella hídrica total. (Brayan & Natalia, 2017)

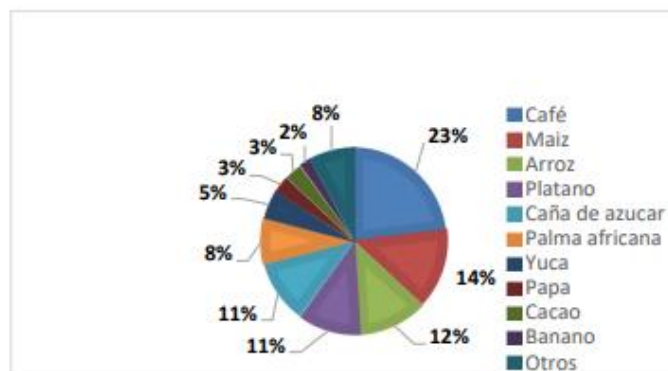


Ilustración 9. Distribución de la huella hídrica del sector agrícola de Colombia Fuente, (Brayan & Natalia, 2017)

No obstante, la yuca al igual que el cannabis se caracteriza por sus múltiples usos, es decir, se realiza un aprovechamiento se podría especular que del 99% de la planta con diferentes fines, sus raíces son su principal producto económico; sin embargo, las hojas también pueden ser consumidas por humanos y animales de diversas maneras. En cuanto al cultivo respecta también crece en una variada gama de condiciones, es decir, puede darse en suelos muy pobres en elementos nutritivos como en aquellos con una alta fertilidad. (Brayan & Natalia, 2017)

8.2 ECONÓMICAS

De acuerdo con un estudio realizado por Fedesarrollo los montos de inversión requerida para esta industria son muy altos pues la manutención de los suelos, la cantidad de maquinaria que requiere el proceso y la mano de obra que se requiere hace que estos costos se eleven. Aunque en la parte tributaria el país brinda beneficios como descuentos y deducciones en el impuesto de renta. (Ramírez et al., 2019)

Otro factor influyente del cual se especula es las trabas que puede haber en el proceso de exportación, debido a los estándares internacionales con los que se deben cumplir. En la siguiente grafica se presentas algunas de las percepciones:



Ilustración 10. Industria del cannabis medicinal en Colombia Fuente, (Ramírez et al., 2019)

Ahora bien, el acceso al sector financiero es aún difícil para este tipo de proyectos pues según un artículo del portafolio estos tienen muchos controles, como barreras para permitir la entrada de capital al país al momento de traer la inversión y no abren cuentas hasta que no se tengan las licencias, pero no entienden que en ese momento para tener la licencia ya hay unos gastos importantes en temas de infraestructura, la aplicación y pago de consultores. (Portafolio, 2019)

8.3 LEGALES

Han sido mucho los avances en cuanto al marco normativo respecto a la aceptación del cannabis en Colombia, su regulación comenzó a darse bajo la ley 1787 de 2016 donde se aceptó el cultivo y procesamiento de insumos y productos medicinales del cannabis. Posteriormente en

2021 se promulgo el Decreto 811 en reemplazo del Decreto de 2017, implementando disposiciones más actualizadas a las necesidades de esta industria, y complementando aspectos no regulados por el instrumento anterior. (Salazar, s/f)

Aunque es positivo estos cambios porque permiten establecer relaciones comerciales internacionales, tal vez todos los requisitos que con lleva puede causar demoras en los procesos, debido a las diferentes licencias y permisos que se deben tener para operar. Algunas de ellas son la siguientes:

- Licencia para el uso de las semillas para siembra y grano, expedida por el Ministerio de Justicia y del Derecho.
- Licencia para el cultivo de plantas de cannabis psicoactivo, expedida por el Ministerio de Justicia y del Derecho.
- Licencia para el cultivo de plantas de cannabis no psicoactivo, expedida por el Ministerio de Justicia y del Derecho.
- Licencia extraordinaria para el cultivo de plantas de cannabis, expedida por el Ministerio de Justicia y del Derecho.
- Licencia para la fabricación de derivados psicoactivos de cannabis, expedida por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima).
- Licencia para la fabricación de derivados no psicoactivos de cannabis, expedida por el Invima.
- Licencia extraordinaria para la fabricación de derivados, expedida por el Invima.

(Salazar, s/f)

Por lo anteriormente expuesto tal vez la mayor restricción resulta ser la capacidad institucional para tramitar las demandas de la industria, al tiempo con una “demanda excesiva” de licencias. (Ramírez et al., 2019)

8.4 SOCIOCULTURALES

Tal vez este es uno de los mayores desafíos y en donde se encuentra el punto más alto por controvertir, pues la cultura del país y se podría decir que a nivel mundial en cuanto el uso y la dependencia del plástico aún es muy alta al igual que su producción como lo muestra la tabla 3.

Tabla 3. *Producción y ubicación de productores de plásticos.*

Producción y ubicación de establecimientos productores de plásticos en %

	Producción en millardos de pesos	Cantidad de Establecimientos (%)
Antioquia	\$ 1,970.00	22.3%
Atlántico	\$ 483.00	3.9%
Bogotá D.C	\$ 3,273.00	42.0%
Bolívar	\$ 1,243.00	2.5%
Cundinamarca	\$ 2,163.00	9.5%
Santander	\$ 160.00	2.5%
Valle del Cauca	\$ 1,046.00	11.1%
Resto país	\$ 598.00	6.1%

Fuente, (Garzón, Y., & Gil, L. 2023)

En Colombia se consumen 1.250.000 toneladas de plástico por año y el 74% de los envases de un solo uso termina en rellenos sanitarios y solo se recicla el 7% de toda esa producción. Actualmente, cada colombiano desecha 24 kilos de plástico anualmente, invadiendo ciudades y contaminan mares, ríos y manglares, sin consideración alguna. (Proyecto de acuerdo

n° 006 de 2020, 2020) Esta contaminación ha llevado a que existan aproximadamente 150 millones de toneladas de plásticos en el océano y se estima que para 2050 sean 32 millones de toneladas. Por estos resultados se puede inferir que, aunque a través del tiempo se ha intentado crear conciencia en la sociedad ha sido difícil cambiar los paradigmas y patrones establecidos, además que es un proceso en el que deben intervenir las empresas productoras de bienes y servicios finales para las cuales a resultado tener un costo elevado la producción de bioplásticos. (Fernández & Vargas, 2015).

9. METODOLOGÍA

9.1 OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE CAÑAMO DE CANNABIS

Como materia prima principal para la elaboración de bioplástico usaremos el cáñamo de cannabis, el cual se han realizado investigaciones previas para su uso, este proceso se realizará en laboratorio Universidad EAN. Se usará el tallo del cannabis y su método estará dividido en 3 pasos evidenciados en el diagrama 1, los cuales son: selección de tallo, licuado y tamizado. Este proceso se observa en el diagrama de flujo (diagrama 1).

- **Selección de tallo:** Se han seleccionado tallos con menor tamaño para facilitar el triturado, se recolectó aproximadamente 2 lb.
- **Licuado:** Con la ayuda de la licuadora, se ha introducido parte del tallo recolectado para reducir su tamaño, este proceso se realizó varias veces debido a la cantidad requerida.
- **Tamizado:** Se tamiza el tallo licuado para obtener el menor tamaño posible del tallo para poder realizar un mejor proceso en la elaboración de bioplástico.

9.1.1 DIAGRAMA DE FLUJO

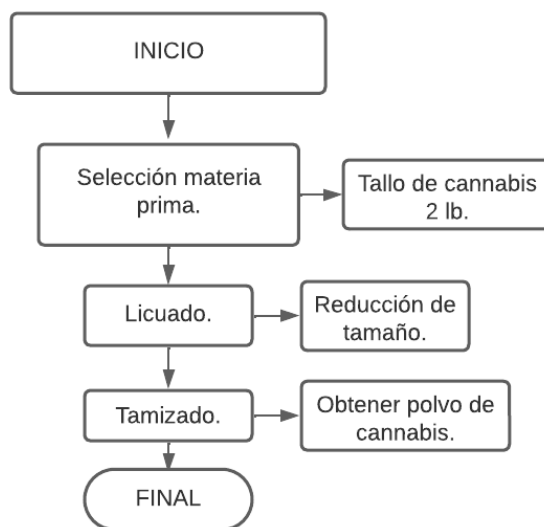


Ilustración 11. Proceso de obtención de almidón de cáñamo de cannabis Fuente, Elaboración propia.

9.2 OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO

De acuerdo con lo descrito a lo largo del proyecto el bioplástico este compuesto por materiales degradables, pero igual de resistente que los materiales plásticos tradicionales. Para lograr obtener un envase o producto bioplástico se debe y sugiere: Revisar el licuado y reducción, realizar el tamizado, hidratar, mezclar, punto de calentamiento, tiempo de enfriamiento, moldeo y posteriormente desmolde.

- **Licuado y reducción:** Se debe licuar el cáñamo de cannabis para poder moler el producto de forma tal que se obtenga un polvo fino que pueda pasar por el tamiz.

- **Tamizado:** Se pasan el material por el set de tamices de 250 y 500 micras con el fin de determinar aquellas partículas que puede continuar con el proceso y cuales se deben volver a pasar por el proceso de licuado y reducción.
- **Hidratación:** Se debe hidratar la mezcla de cáñamo de cannabis procesado con el fin de obtener una mezcla grumosa.
- **Mezcla:** Se adiciona vinagre blanco y glicerina para homogenizar el sustrato de cáñamo de cannabis.
- **Calentamiento:** Posteriormente la mezcla obtenida se pone al fuego con el fin de lograr una temperatura aproximada de 60°C y se agita hasta lograr una gelatinización.
- **Enfriamiento:** Se retira del fuego y se deja enfriar a temperatura ambiente hasta que se pueda manipular.
- **Moldeo:** Se vierte la sustancia en un molde de acuerdo con el producto final que se desee obtener, es decir, una botella, un plato, un cubierto o aquella figura que se quiera obtener y se deja secando por varios días hasta que coja consistencia.
- **Desmolde:** Finalmente se procede a desmoldar y a realizar las pruebas de calidad verificando que cumpla con los requisitos descritos con anterioridad, es decir, rigidez, resistencia, dureza, ente otros.

9.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO



Ilustración 12. Proceso elaboración de Bioplástico Fuente, Elaboración propia.

9.3 DISEÑO EXPERIMENTAL

Se realizaron diferentes procesos experimentales, en los cuales se usaron diferentes cantidades tanto de glicerina como de vinagre con el propósito de analizar las propiedades fisicoquímicas obtenidas, respecto a las propiedades del plástico convencional.

9.3.1 EXPERIMENTO 1

Para la obtención de almidón del cáñamo de cannabis, se optó por el método habitual expuesto en el diagrama 1, iniciando con la selección de tallo, licuado y tamizado para obtener un cáñamo de menor tamaño para para obtener mejor textura.



Ilustración 13. Selección de tallo Fuente, Elaboración propia.

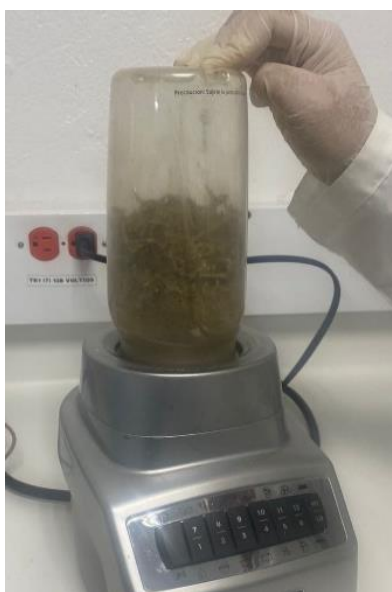


Ilustración 14. Proceso de triturado de cáñamo Fuente, Elaboración propia.



Ilustración 15. Tamizado del cáñamo de cannabis hasta su menor tamaño Fuente, Elaboración propia.

Posterior a la obtención de la materia prima se procedió a la elaboración de bioplástico con el método habitual, tomando las cantidades expuestas por el método investigado anteriormente (Reciclaje, 2021).

9.3.1.1 ALMIDÓN

La materia prima obtenida en el paso anterior se procederá a pesarse en un vaso de precipitado con la ayuda de una balanza analítica, hasta obtener la cantidad de 30 g de cáñamo de cannabis, cantidad establecida por el método usado.



Ilustración 16. Medición cantidad exacta de cáñamo de cannabis Fuente, Elaboración propia.

9.3.1.2 MEZCLA

Se realiza la mezcla en un vaso precipitado de los 30g de cáñamo de cannabis(almidón), 190ml de agua, 19ml de vinagre y 19ml de glicerina, hasta obtener una mezcla homogenizada evidenciado en la figura 14.

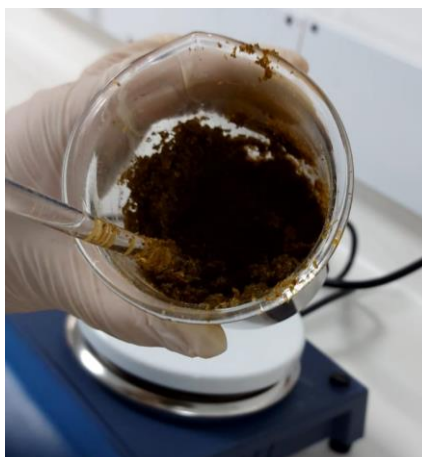


Ilustración 17. Mezcla homogénea de materiales Fuente, Elaboración propia.

9.3.1.3 CALENTAMIENTO

Con la ayuda de una placa calefactora se procede a calentar la mezcla homogenizada en el vaso precipitado con una temperatura aproximada de 70-90°C durante 8 minutos, realizando movimientos de la mezcla evitando que esta se pegue, hasta obtener una viscosidad deseada.

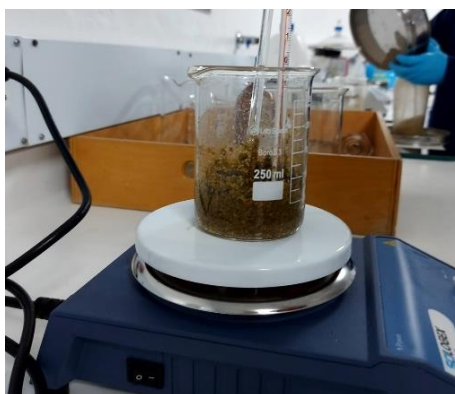


Ilustración 18. Calentamiento de muestra para mezcla total Fuente, Elaboración propia.

9.3.1.4 DISTRIBUCIÓN

Después de obtener la viscosidad requerida se procede a distribuir esta mezcla en un molde plano para evitar derrames y se le debe añadir al molde una pizca de aceite evitando que la mezcla se pegue a este para que no influya en la muestra que se desea obtener.



Ilustración 19. Distribución de mezcla en un molde Fuente, Elaboración propia.

9.3.1.5 SECADO

Se procede a almacenar el molde con la muestra al aire libre, temperatura ambiente aproximadamente 48 horas, hasta obtener una muestra consistente.



Ilustración 20. Secado de muestra Fuente, Elaboración propia.

9.3.2 EXPERIMENTO 2

Se llevo a cabo el mismo procedimiento paso a paso que se realizó en el experimento 1, modificando las cantidades de glicerina y vinagre para obtener una muestra con variaciones en sus características fisicoquímicas. Esto nos permitiría determinar cuál de los experimentos nos ofreció mejores resultados. Para ello, se utilizaron los siguientes ingredientes: 190 ml de agua de grifo, 30 g de cáñamo de cannabis (almidón), 15ml de glicerina y 25 ml de ácido acético, procedimiento evidenciado a continuación.



Ilustración 21. Tamizado de cáñamo de cannabis Fuente, Elaboración propia.



Ilustración 22. Mezcla de almidón, agua, vinagre y glicerina gelatinizado Fuente, Elaboración propia.



Ilustración 23. Muestra puesta al sol durante 48 horas Fuente, Elaboración propia.

9.4 RESULTADOS

Tabla 4. Resultados de experimentos realizados

BIOPLÁSTICO A PARTIR DE CAÑAMO DE CANNABIS					
Nº	MATERIA PRIMA	ALMIDÓN	AGUA	ÁCIDO ACÉTICO	GLICERINA
1	Cáñamo de cannabis	30g	190 ml	19 ml	19 ml
2	Cáñamo de cannabis			25 ml	15ml

Fuente, Elaboración propia

Al obtener los resultados de las dos muestras estudiadas, se procedió a comprobar si el bioplástico obtenido contaba con características similares al plástico contempladas anteriormente, tales como, la cantidad de almidón suficiente para que se contemple una capa completa ayudando a su estructura, debe contar con la resistencia adecuada para definir su uso, la

rigidez para poder mantener su forma, su dureza por la cual este bioplástico pueda ser penetrado por una fuerza externa y este la resista y por último la degradabilidad para comprobar que este bioplástico no perdure mucho tiempo en el ambiente y de igual forma sea alimento para nutrir el suelo. Por lo tanto, se hicieron pruebas para medir cada parámetro mencionado anteriormente para cada una de las muestras.

9.4.1 PROPIEDADES MECÁNICAS DE PLÁSTICOS CONVENCIONALES

Se presentan resultados de las propiedades mecánicas de algunos plásticos para así tener una base de los resultados que se deben obtener en el bioplástico a partir de cáñamo de cannabis.

Tabla 5. *Propiedades mecánicas de los plásticos*

	DENSIDAD	ABSORCIÓN HUMEDAD	TEMPERATURA DE TRABAJO	DUREZA SHORE	RIGIDEZ DIELECTRICA	MÓDULO ELÁSTICO TENSIÓN	RESISTENCIA A COMPRESIÓN	COEFICIENTE DE DILATACIÓN LINEAL
NORMA	DIN ISO 1183	DIN ISO 62	PROMEDIO	DIN ISO 868	IEC 60243	DIN ISO 527	DIN 604	
UNIDAD	Gr/cm ³	%	°C	ESCALA D	KV/mm	MPA	MPA	10 ⁻⁶ K ⁻¹
NYLON 6	1,14	3	-40 - 85	82	20	3200	51	90
NYLON MOS2	1,14	2	-30 - 110	20	20	3200	53	89
PE HMW	0,96	0,1	-100 - 80	65	45	1200	15	250-230
PE UHMW	0,93	0,1	-250 - 80	63	45	680	8	150-230
ACETAL	1,41	0,2	-50 - 100	81	40	2800	35	110
PP POLIPROPILENO	0,97	0,1	0 - 100	72	45	1300	15	160
TEFLÓN	2,18	0,01	-80 - 230	50	70	550	5	120-150
TEFLÓN F DE V	2,3	0,1	-180 - 230	60	105		6,5	125
TEFLÓN GRAFITO	2,18	0,01	-180 - 230	62	80		6	110
PVDF	1,78	0,1	-60 -	76	20	2200	32	120
PEEK	1,32	0,5	-60 - 250	88	20	4000	57	50
DUROCOTÓN	1,4	2	0 - 110	85	22	3500	50	30

Fuente, (INDUPLASTICOS., n.d.)

9.4.1.1 PRUEBA DE RESISTENCIA

Para la primera muestra obtenida después de 48 horas de estar expuesta al aire libre, se observó una capa completa la cual se pondrá a prueba de manera tradicional, con la ayuda de un

martillo, tomando como referencia el método de resistencia de Charpy, el cual es muy usado para los plásticos.(Trotti, 2022)



Ilustración 24. Muestra 1, rompimiento en la muestra Fuente, Elaboración propia.



Ilustración 25. Muestra 2, presentó menor ruptura que la muestra 1 Fuente, Elaboración propia.

9.4.1.1.1 Metodología Charpy para plástico

Según pruebas realizadas a los plásticos convencionales para medir la resistencia con el método Charpy, este usa un mazo que impacta con la muestra con una energía que se conoce, la cual se mide con el ángulo de subida del mazo, el resultado se presenta en absorción de energía dato obtenido se mide en J.(Balart Gimeno, 2018).



Ilustración 26. Método Charpy Fuente, (Trotti, 2022)

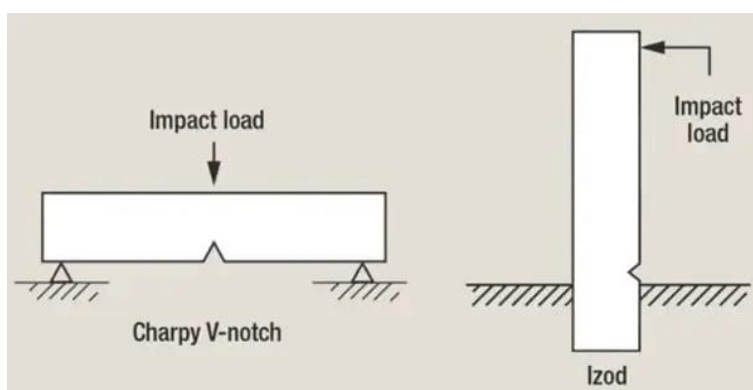


Ilustración 27. Ensayo Charpy. Fuente, (Trotti, 2022)

Tabla 6. Metodología Charpy a muestras

MUESTRA	METODOLOGIA CHARPY	RESISTENCIA TRADICIONAL
Plástico convencional (PVC)	(0.89 J) péndulo 1J	Resistencia alta
1	No se tiene dato	Resistencia baja
2	No se tiene dato	Resistencia media

Adaptado de, (Balart Gimeno, 2018)

9.4.1.2 PRUEBA DE RIGIDEZ

Para la prueba de rigidez en la muestra 1 y 2, no se pudo realizar debido a que el bioplástico obtenido no contaba con una resistencia adecuada, por lo tanto, no presentaba una capa completa y esta se rompía con facilidad, causando deformaciones con cualquier fuerza presentada en el bioplástico.



Ilustración 28. Muestra 1, sin ejercer fuerza presentaba deformaciones. Fuente, Elaboración propia.



Ilustración 29. Muestra 2, sin ejercer fuerza presentaba deformaciones. Fuente, Elaboración propia.

Tabla 7. Prueba rigidez a muestras.

MUESTRA	RIGIDEZ
Plástico convencional	Alta
1	Sin rigidez
2	Sin rigidez

Fuente: elaboración propia.

9.4.1.3 PRUEBA DE DUREZA

La dureza de los plásticos suele ser alta, debido a su composición, y esto ayuda a que su estructura y forma inicial no varíe al estar expuesto a altas presiones, en este caso para el bioplástico de cáñamo de cannabis, teniendo en cuenta las propiedades mecánicas expuestas anteriormente no contará con una dureza, debido a que se fractura con facilidad en ambas muestras, por lo tanto, no mantendrá una forma estable y consistente.



Ilustración 30. Muestra 1. Se deforma con facilidad Fuente, Elaboración propia.



Ilustración 31. Muestra 2, Presenta menos deformación que la muestra 1 Fuente, Elaboración propia.

Tabla 8. *Prueba dureza de muestras.*

MUESTRA	DUREZA
Plástico convencional	Alta
1	Baja, presenta deformación
2	Media, con poca deformación

Fuente: elaboración propia.

9.4.1.4 DEGRADABILIDAD

Se comprobó la biodegradación del bioplástico obtenido mediante el método tradicional exponiendo una muestra de 20g en tierra como nutriente para las plantas durante 30 días, con variaciones en temperatura y humedad, el cual será degradado por los hongos y bacterias que se encuentran en la tierra que servirán como descomponedores del bioplástico, este proceso inicia con la colonización de la superficie del material plástico, luego los microorganismos liberan enzimas extracelulares en el plástico acelerando el proceso de descomposición, haciendo que el plástico se fragmente en pequeños trozos, los cuales pueden absorber los microorganismos para ser usado como fuente de carbono y energía, finalmente se descomponen por completo los fragmentos metabolizados por los microorganismos hasta obtener dióxido de carbono, agua y biomasa (AIMPLAS, 2023)



Ilustración 32. Muestra inicial para degradación Fuente, Elaboración propia.



Ilustración 33. Muestra final expuesta por 30 días Fuente, Elaboración propia.

Pasados los 30 días, se evidenció que esta muestra se redujo a 8g. obtenido este resultado se comprobó el porcentaje de biodegradación, considerando un peso inicial de 20g, se obtuvo un porcentaje de biodegradabilidad del 60%. Por lo tanto, se evidenció que se degradó una gran cantidad de bioplástico en corto tiempo.

teniendo en cuenta la normativa colombiana por la cual se expone la ley 2232 de 2022, parágrafo 1° “los productos plásticos en condiciones ambientales naturales y/o compostaje en condiciones ambientales naturales referidos en el presente artículo deberá ser como mínimo del

50% en tres (3) años, y del 85% en (4) cuatro años.”(Congreso de Colombia, 2022), se consideran aceptables los resultados obtenidos de biodegradación de bioplástico de cáñamo de cannabis.

$$PORCENTAJE DE BIODEGRADACIÓN = \frac{muestra\ inicial. - muestra\ final.}{muestra\ inicial.} * 100$$

9.5 EXPERIMENTO 3 (ALMIDÓN DE YUCA COMO AGLOMERANTE)

Con base a los resultados obtenidos en los experimentos anteriores, se evidencio que el cáñamo de cannabis por sí solo, como materia prima del bioplástico no presentaba las propiedades mecánicas adecuadas que rigen al plástico, por ende se realizó el experimento 3 para comprobar que si es posible obtener un bioplástico adecuado, teniendo como materia prima principal almidón de yuca y el cáñamo de cannabis, considerando de esta manera que las propiedades mecánicas del bioplástico puedan mejorar para determinar el uso del mismo en la industria.

9.5.1 METODOLOGÍA PARA LA OBTENCIÓN DE ALMIDÓN

Para obtener el almidón necesario para la elaboración de bioplástico, se deberá realizar un proceso, en este caso se realizará de manera artesanal, escogiendo unas yucas frescas para la práctica, usaremos un método dividido en 8 pasos evidenciados en el diagrama (N°), estos pasos son: Selección de yuca, cortado y procesado, licuado, filtración, sedimentación, decantación, secado y colado. Este proceso se observa en el diagrama de flujo

Selección de yuca: se procedió a elegir las yucas con buen estado, con un tamaño promedio hasta obtener un peso final de 1 lb.

Cortado y procesado de yuca: en este paso se peló la yuca y se procedió a rayarla para reducir su tamaño, hasta obtener una taza de aproximadamente 300ml.

Licudo: Licuar la tasa de yuca rayada con taza y media de agua por unos minutos.

Filtración: Filtrar la mezcla obtenida por medio de un filtro, se repitió la filtración varias veces para obtener la mayor cantidad de almidón posible y evitando el paso de residuos de yuca en la mezcla.

Sedimentación: El líquido obtenido de la filtración se depositará en un recipiente y dejará durante 8 horas en reposo evitando el mayor movimiento posible.

Decantación: se procederá a eliminar el agua del recipiente con cuidado evitando que lo sedimentado vuelva a mezclarse con esta agua, quedando solo el almidón en el fondo del recipiente.

Secado: El sedimento obtenido se dejará secando al sol por varios días hasta que se encuentre completamente seco.

Colado: El almidón obtenido se deberá colar para lograr desintegrar hasta obtener un polvo de fácil uso.

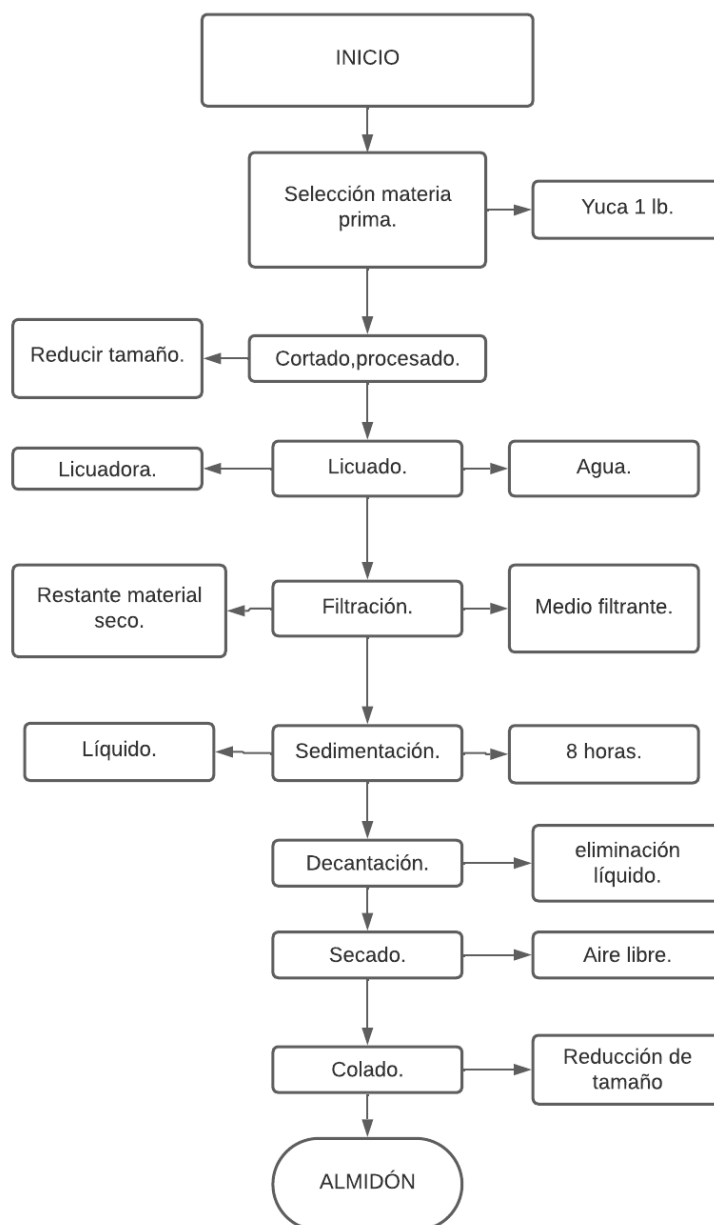


Ilustración 34. Diagrama de flujo del proceso de obtención de almidón de yuca Fuente, Elaboración propia.

9.5.2 FASE EXPERIMENTAL

Después de obtener el almidón de yuca se procedió a mezclarlo con el cáñamo de cannabis ya tamizado, con las cantidades de vinagre y glicerina iguales. En este experimento se realizaron 3 muestras con diferentes porcentajes de cáñamo de cannabis para determinar cuál ensayo presentó mejores resultados en cuanto a las propiedades mecánicas. Para lo cual se

usaron los siguientes ingredientes: para la muestra 1, se tomaron 142.5ml de agua, 15ml de vinagre y glicerina, 22.5g de materia prima la cual se tomó el 5% de cáñamo de cannabis (1.125g) y el 95% almidón de yuca (21.375g), para la muestra 2 se tomaron las mismas cantidades de agua, vinagre y glicerina y se aumentó la cantidad de cáñamo de cannabis a 10% (2.25g) y se redujo la cantidad de almidón de yuca a 90% (20.25g), y por último en la muestra 3 de igual manera se tomaron las mismas cantidades de agua vinagre y glicerina y se aumentó la cantidad de cáñamo de cannabis a 15% (3.375g) y teniendo como almidón de yuca un 85% (19.125g). Los procedimientos se muestran a continuación.

9.5.2.1 MUESTRA 1



Ilustración 35. Mezclado de ingrediente Fuente, Elaboración propia.



Ilustración 36. Moldeo de mezcla en recipiente Fuente, Elaboración propia.

9.5.2.2 MUESTRA 2



Ilustración 37. Mezcla homogénea de ingrediente Fuente, Elaboración propia.



Ilustración 38. Moldeo de mezcla en recipiente Fuente, Elaboración propia.

9.5.2.3 MUESTRA 3



Ilustración 39. Mezcla homogénea de ingredientes Fuente, Elaboración propia.



Ilustración 40. Moldeo de mezcla en recipiente Fuente, Elaboración propia.

Tabla 9. Medidas usadas para la producción de bioplástico.










CANTIDADES USADAS PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICO					
MUESTRA	ALMIDÓN	CÁÑAMO DE CANNABIS	AGUA	GLICERINA	VINAGRE
5% CÁÑAMO DE CANNABIS					
1	21.375g	1.125g	142.5ml	15ml	15ml
10% CÁÑAMO DE CANNABIS					
2	20.25g	2.25g	142.5ml	15ml	15ml
15% CÁÑAMO DE CANNABIS					
3	19.125g	3.375g	142.5ml	15ml	15ml

Fuente: elaboración propia.

9.6 RESULTADOS EXPERIMENTO 3

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en el experimento 3, con las muestras estudiadas, se pretende medir las propiedades mecánicas del bioplástico para comprobar que el uso del almidón de yuca como aglomerante en el bioplástico elaborado con cáñamo de cannabis, puede mejorar las propiedades que presenta en la actualidad el plástico.

Tabla 10. Resultados obtenidos prueba mecánicas del experimento 3.

N°	RESISTENCIA	RIGIDEZ	DUREZA
1	 <p data-bbox="272 667 638 779">Presenta una resistencia alta, debido a que los impactos no le generan ruptura.</p>	 <p data-bbox="683 659 992 800">Tiene una rigidez alta, pues al estar expuesto a una fuerza alta no presenta deformaciones.</p>	 <p data-bbox="1062 659 1409 800">Este plástico presenta una dureza baja con flexibilidad sin afectar su forma inicial.</p>
2	 <p data-bbox="272 1283 638 1388">Tiene una alta resistencia, pues al recibir impactos este no genera ruptura.</p>	 <p data-bbox="683 1255 992 1388">Rigidez alta, pues al ejercer una fuerza sobre este, no se presenta ruptura.</p>	 <p data-bbox="1062 1255 1390 1346">Dureza baja, presentando flexibilidad sin afectar su forma.</p>
3			

	Resistencia alta a impactos	Rigidez alta, no presenta deformación ni ruptura después de ejercer fuerza sobre este.	Dureza baja, presentando una flexibilidad alta aumentando su versatilidad.
--	-----------------------------	--	--

Fuente: elaboración propia.

Considerando que el experimento 3 obtuvo mejores resultados en las propiedades mecánicas del plástico, frente a los resultados obtenidos en el experimento 1 y 2, se infiere que el uso de almidón de yuca para bioplástico ayuda a mejorar las propiedades mecánicas como un aglomerante, en este caso se puso a prueba bioplástico de cáñamo de cannabis variando la composición del mismo, donde se observó que la muestra 3 usando el 15% de cáñamo de cannabis presenta propiedades adecuadas para cualquier uso que se le dé a este, pues tiene una resistencia alta, su rigidez no presenta ruptura y al ser flexible sin cambiar su forma lo hace más moldeable y versátil. Cabe resaltar las 3 muestras evidenciaron resultados positivos en sus propiedades mecánicas, se evidencio la muestra 3 como la más adecuada para cualquier uso en la industria, debido a que es más moldeable respecto a las otras muestras.

10 ANÁLISIS DE COSTOS

El mercado de bioplásticos de cáñamo de cannabis aún no es muy explorado en Colombia, sin embargo, existen unas bases que permiten establecer el proceso de costos que tendría el producir un producto en este material.

Entre los costos directos se presenta la siguiente información que se toma de acuerdo con el proceso de la transformación del tallo del cáñamo para obtener la materia prima final. Algunas de estas máquinas su precio está dado en dólares, por tanto, la tasa representativa que se tomo fue la del 3 de noviembre del año 2023.

10.1 COSTOS DIRECTOS

Tabla 11. *Costos directos maquinaria.*

TRM	3/11/2023
	4.047,11

COSTOS DIRECTOS	CANTIDAD	VALOR USD	VALOR COP
Maquina de termoconformado	1	USD 6.500	\$ 26.306.215
Maquina industrial de fibra de cañamo	1	USD 8.000	\$ 32.376.880
Maquina Raspador para proceso de scutching	1		\$ 8.000.000
Maquina sopladora	1		\$ 33.173.000
Total			\$ 99.856.095

Fuente: Elaboración propia.

10.2 COSTOS INDIRECTOS

Los costos indirectos se clasificaron de la siguiente manera:

Tabla 12. *Costos indirectos instalación*

COSTOS INDIRECTOS	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Licencia para la fabricación de productos derivados de cannabis	1	\$ 5.568.000,00	\$ 5.568.000,00
Arriendo instalaciones	1	\$ 18.000.000	\$ 18.000.000
Servicios Públicos:			
Agua			\$ 2.100.000
Luz			\$ 1.900.000
Gas			\$ 1.100.000
Total			\$ 28.668.000,00

Fuente: Elaboración propia.

El valor de la licencia fue tomado de la página del Ministerio de salud, teniendo en cuenta que el objetivo es la fabricación de derivados de cannabis para uso nacional y exportación, se toma este valor anual. En cuanto el arriendo se buscó un lugar que cumpliera con el espacio de producción y administrativo que se requiere y que el valor no fuera tan elevado, la ubicación de este lugar es en Montevideo, Bogotá y los servicios fueron estimados de acuerdo con el estrato 3 en el que se ubica el predio.

10.3 CAPITAL DE TRABAJO

Finalmente, el capital de trabajo se estimó de la siguiente manera:

Tabla 13. *Capital de trabajo mensual.*

CAPITAL DE TRABAJO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Tallo de cáñamo	1 kg	\$ 19.002	\$ 570.060
Glicerina	3,8 lts	\$ 72.000	\$ 288.000
Vinagre blanco	2 lts	\$ 7.500	\$ 60.000
Mano de obra			9.348.424
Total			10.266.484

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta que la idea del proyecto se basa en el uso del tallo del cáñamo de cannabis, se pretende buscar proveedores que puedan cubrir la demanda del producto para la elaboración del plástico con base en este, en el proceso se encontraron siete empresas que tienen su punto de ejecución en el exterior, pero los cultivos están en Colombia.

Empresa	Sede	Especialización	Notas Adicionales
Flora Growth	Miami, EE.UU.	Cannabis natural, 4 divisiones comerciales	247 acres en Bucaramanga, Colombia. Incluye marcas como Flora Lab, Kasa Wholefoods, Flora Beauty.
Allied Corp.	Canadá	Soluciones sanitarias con cannabinoides y psilocibina	Produce en Colombia con normas de la Farmacopea Europea. Tres filiales propias en EE.UU.
Clever Leaves	EEUU	Cannabis medicinal y extractos del cáñamo	16.7 hectáreas en Colombia. Marca Iqanna para productos farmacéuticos. Autorizada también en Portugal.
One World Pharma	Las Vegas, EE.UU.	Ingredientes de cáñamo	Cuatro licencias en Colombia. Optimizados para I+D.
Khiron	Canadá	Cannabis verticalmente integrada	Segmentos: Med, Health Services, Wellbeing. Capacidad de cultivo anual de 8 mil kilos.
Avicanna	Canadá	Biofarmacéutica centrada en cannabis medicinal	Colabora con universidades para I+D. Más de 30 mil kilos de biomasa al año en Colombia.
PharmaCielo	Canadá	Cultivo y extracción de cannabis	12 hectáreas en Colombia. Capacidad para procesar 360 toneladas de biomasa al año.

Ilustración 41. Proveedores nacionales de cannabis Fuente, (Ponieman, 2021).

De acuerdo con el tipo de cliente que manejan cada una hay una mayor inclinación por One World Pharma y PharmaCielo, pues estas comercializan el cáñamo con extractos de CBD y THC, con fines uso en la fabricación de bienes de consumo envasado y productos de venta libre. Según (Calderón, 2003) el cáñamo produce de 8 a 13 toneladas por hectárea, lo que quiere decir que con 9 toneladas se obtiene casi 800 kilogramos de fibra, aunque no hay un precio para la materia prima a utilizar (cáñamo de cannabis) se toma como base la mitad del precio del cannabis para el año 2022 según el Ministerio de Salud y protección social que es de \$38.004 kg, es decir, \$19.002 pesos por kilogramo. Ahora bien, para determinar la cantidad de cáñamo que se

requiere para la fabricación de una botella o envase, se toma como base la cantidad de plástico que se usa en una botella PET que es aproximadamente de 30 gramos. (Peso de Producto, s/f).

Para el caso de la glicerina y el vinagre se buscaron precios promedio del mercado y se estimó lo que se pretende usar para 1.000 unidades que se propone producir en un principio.

Por último, para la mano de obra se elaboró una nómina con cargos que implican tener Mano de obra indirecta, mano de obra directa y gasto administrativo.

Tabla 14. *Capital humano, departamento de producción*

Resumen departamento de producción												COSTO TOTAL	COSTO UNITARIO
Mes:		Nomina					Aportes seguridad social						
Cargo	Área	Sueldo	Aux transporte	Comisiones por venta	Total devengado	Deducción Seg social (salud)	Neto a pagar	Seguridad social	Prestaciones sociales	Aportes parafiscales	Totales aportes, seg		
Supervisor de producción y distribución	MOI	1.500.000	140.606		1.640.606	120.000	1.520.606	345.000	360.933	135.000	840.933	2.481.539	2.482
Gerente	Administrativo	2.500.000	-		2.500.000	200.000	2.300.000	575.000	550.000	225.000	1.350.000	3.850.000	3.850
Operador Decorticación o enriamiento	MOD	1.900.000	140.606		2.040.606	152.000	1.888.606	437.000	448.933	171.000	1.056.933	3.097.539	3.098
Operador Termoconformado-Troquelado	MOD	1.900.000	140.606		2.040.606	152.000	1.888.606	437.000	448.933	171.000	1.056.933	3.097.539	3.098
Operador Inyección-Extrusión	MOD	1.750.000	140.606		1.890.606	140.000	1.750.606	402.500	415.933	157.500	975.933	2.866.539	2.867
Total		9.550.000	562.424	-	10.112.424	764.000	9.348.424	2.196.500	2.224.733	859.500	5.280.733	15.393.157	15.393

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta el siguiente grafico los costos fijos representan el 20.04% del costo total, lo que indica una oportunidad de inversión y que esta no sea de alto riesgo. Se estima que la inversión inicial de acuerdo con los costos presentados debe ser del 60% de la suma de los costos indirectos, directos y el capital de trabajo, es decir, \$83.274.347 y el 40% (\$55.516.231) restante puede ser financiado por entidades bancarias y acudir a beneficios gubernamentales.

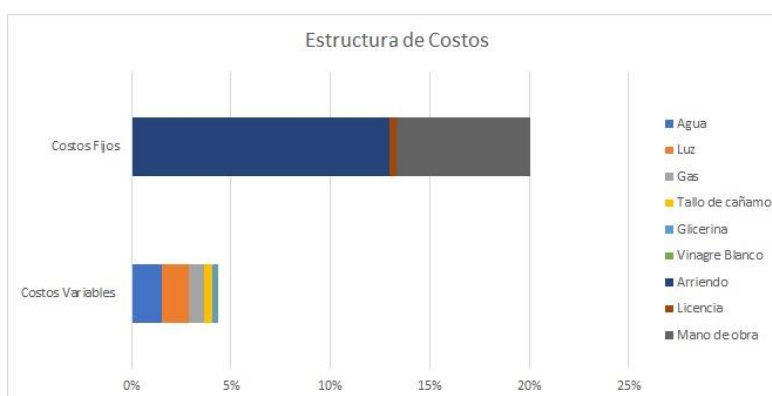


Ilustración 42. Estructura de costos Fuente, Elaboración propia.

Además, se consideró el punto de equilibrio que debe tener la ejecución del proyecto tomando como base, según lo mencionado anteriormente 1.000 unidades a producir.

Precio de venta unitario:	12.000
Costos Variable unitario:	6.018
Costos fijos mensuales:	\$ 27.812.424
<u>Contribución marginal:</u>	5.982
<u>% Contribución marginal:</u>	49,85%
<u>Punto de equilibrio unidades:</u>	4.649,40
<u>Punto de equilibrio valor:</u>	\$ 55.792.784

Ilustración 43. Punto equilibrio costos totales Fuente, Elaboración propia.

Lo que indica que las unidades que se necesita vender para alcanzar el punto de equilibrio son 4,649.40 unidades con unos ingresos de \$55.792.784, es decir en este punto no obtenemos ni pérdidas ni ganancias.

Para dar un valor a la utilidad neta esperada se utiliza un promedio de proyecciones de empresas cuyo mercado es el bioplástico, se toma como muestra el proyecto de AMIBOLSAS la cual proyecta una utilidad de 12.454.776 en el quinto año (Bohórquez & Herrera, 2019), otro proyecto para la producción y comercialización de bioplástico, obtenido a partir de residuos orgánicos que estima una utilidad neta de \$78.047.672 para el año 5 (Galeano, 2021), finalmente un trabajo que se basa en la producción de bioplásticos a base de almidón de maíz, frutas y vegetales, como insumo para la elaboración de empaques biodegradables. (Valencia, 2022).

Tarifa impuesto de renta año 2023:	35%
Utilidad neta esperada:	\$ 42.509.286
Utilidad operacional:	\$ 65.398.902
PE Q:	15.582
PE Vlr:	\$ 186.985.478

Ilustración 44. Utilidad neta Fuente, Elaboración propia.

Para obtener una utilidad neta de 42.509.286 es necesario vender 15.582 unidades u obtener unos ingresos de \$186.985.478.

11 CONCLUSIONES

El trabajo de investigación desarrollado en esta tesis se centró en el estudio exhaustivo y sistemático de la fibra de cáñamo de cannabis como un material sostenible y atractivo para la creación de bioplásticos, estos se diferencian de los plásticos derivados del petróleo por su degradabilidad, pues su componente principal es a base de materiales biológicos. Se llevaron a cabo análisis y experimentos que arrojaron nuevas perspectivas sobre el uso del cannabis, permitiendo descubrir facetas previamente desconocidas y profundizar en la comprensión de los mecanismos subyacentes. Los resultados obtenidos no solo han enriquecido el conocimiento en la creación de bioplásticos, sino que también han planteado interrogantes que servirán como punto de partida para futuras investigaciones.

Considerando los diversos antecedentes de la contaminación generada por los residuos plásticos, junto con la amenaza prolongada que representan para nuestro entorno y bienestar, la búsqueda de alternativas sostenibles se ha convertido en una prioridad. El plástico convencional además de tardar siglos en descomponerse, perpetua una crisis ambiental de alcance global, amenazando la sostenibilidad de nuestros ecosistemas y la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras. En la actualidad, no existe un sistema de reciclaje ideal capaz de tratar la enorme cantidad de residuos que se generan sin una gestión adecuada. Esta falta de un sistema eficaz impide que los materiales desechados sean reintegrados de manera adecuada para un uso posterior.

Por tanto, se ha desarrollado una propuesta que incorpora a los bioplásticos derivados del cáñamo de cannabis como una alternativa prometedora en la industria. Estos bioplásticos no solo representan un enfoque eco amigable para la producción de envases y diversos productos, sino que también aprovechan el potencial renovable y versátil de la planta de cannabis. Los

bioplásticos derivados del cáñamo se descomponen de forma natural sin dejar residuos tóxicos, lo que no solo preserva el medio ambiente, sino que también reduce nuestra dependencia de los recursos derivados del petróleo. Esta acción no solo disminuye la huella de carbono, sino que también contribuye significativamente a mitigar los efectos adversos del cambio climático.

Dentro de las revisiones bibliográficas, se encontraron numerosos experimentos relacionados con la obtención de bioplásticos mediante diversos procesos, lo que demuestra el creciente interés por encontrar alternativas sostenibles. A partir de procesos experimentales detallados, se exploraron diferentes proporciones de glicerina y vinagre con el objetivo de analizar las propiedades fisicoquímicas del bioplástico obtenido a partir del cáñamo de cannabis en comparación al plástico convencional. El experimento 1 se enfocó en la obtención de almidón del cáñamo de cannabis, comenzando con la selección del tallo, seguida de las etapas de licuado y tamizado para obtener un cáñamo de menor tamaño y textura mejorada. Posteriormente, se pesaron cuidadosamente 30 g de cáñamo de cannabis, cantidad establecida por el método usado, y se procedió a la mezcla homogénea de este almidón con agua, vinagre y glicerina en un vaso precipitado. La mezcla homogenizada se calentó con precisión a una temperatura controlada de 70-90°C durante 8 minutos, realizando movimientos constantes para evitar la adherencia y alcanzar la viscosidad deseada. Una vez obtenida la viscosidad requerida, la mezcla se vertió con cuidado en un molde plano, previamente aceitado para evitar adherencias, y se dejó secar al aire libre a temperatura ambiente durante aproximadamente 48 horas hasta obtener una muestra consistente. En el experimento 2, se llevó a cabo mediante un procedimiento paso a paso, similar al experimento 1, con modificaciones en las cantidades de glicerina y vinagre para crear muestras de bioplástico con variaciones en sus características fisicoquímicas. Este enfoque permitió comparar y determinar cuál de las muestras ofreció mejores resultados.

Las pruebas experimentales realizadas, se enfocaron en evaluar diferentes propiedades mecánicas y de degradabilidad del bioplástico derivado del cáñamo de cannabis. Tanto en el experimento 1 como en el experimento 2, las muestras exhibieron una falta de rigidez y dureza, lo que resultó en deformaciones y fracturas. Sin embargo, en cuanto a su capacidad de degradación, se expuso una muestra al aire libre durante 30 días, revelando una notable biodegradación del 60%, lo que cumple con los estándares establecidos por la normativa colombiana (Ley 2232 de 2022) que exige un mínimo del 50% de biodegradación en tres años y del 85% en cuatro años. El experimento 3, se realizó con diferentes porcentajes de cáñamo de cannabis y con almidón de yuca, permitiendo concluir que el aumento del porcentaje de cáñamo en la mezcla mejora las propiedades mecánicas de este. La muestra con 15% de cáñamo presentó los mejores resultados en las pruebas de resistencia a la tracción, resistencia a la compresión y módulo de elasticidad, siendo superiores a los obtenidos en las muestras del experimento 1 y 2 con 5% y 10% de cáñamo de cannabis. Los resultados del experimento 3 sugieren que el uso del almidón de yuca en el bioplástico de cáñamo puede mejorar sus propiedades mecánicas. El cáñamo es un material de alta resistencia y rigidez, por lo que su aumento en la mezcla contribuye a mejorar las propiedades del bioplástico.

A pesar de que el cáñamo es rico en celulosa, es ideal combinarlo con almidón. Esta combinación mejora de manera significativa las propiedades físicas y la biodegradabilidad del material resultante. La mezcla de estos polímeros puede generar plásticos biodegradables más resistentes y flexibles que se descomponen de manera más efectiva en comparación con los plásticos tradicionales.

Como resultado de los experimentos, se concluye que con el método utilizado no se puede generar un bioplástico a partir del cáñamo de cannabis, esto no quiere decir que no sea

posible del todo, sino que el método no fue el ideal. A través de los intentos realizados y el seguimiento a los prototipos elaborados, se comprobó que, al añadir almidón a la mezcla, las propiedades de resistencia y flexibilidad mejoran notablemente. Además, se ha observado que el bioplástico a partir de cáñamo de cannabis puede adquirir diversas formas dependiendo el molde utilizado y de la composición de los tipos y cantidades de insumos empleados. Esto implica que puede ser aplicado en distintos campos de la industria del plástico, adaptándose a diferentes propósitos. La versatilidad de este material se ve influenciada por factores como la temperatura de cocción de la mezcla y la presión ejercida durante el proceso, lo que permite su aplicación en una variedad de contextos industriales.

Desde la perspectiva socioeconómica, a pesar de que los bioplásticos pueden llegar a tener un costo de producción más elevado en comparación a los plásticos convencionales, se destacan sus ventajas ambientales y su contribución a fomentar una conciencia ecológica en las industrias y en el consumo responsable del plástico. Basándonos en investigaciones llevadas a cabo en Colombia acerca de la viabilidad de fabricar bioplástico a partir de cáñamo de cannabis, se ha establecido que el país cuenta con abundante materia prima y una zona geográfica estratégica e ideal para la producción de esta. Estos hallazgos resaltan el potencial de los recursos locales y la investigación innovadora para transformar la industria del plástico, promoviendo prácticas más responsables y amigables con el medio ambiente.

En el aspecto legal, el gobierno de Colombia está trabajando para reducir la contaminación ambiental y promover el desarrollo sostenible, se implementó la ley 2233 de 2022 respaldada por regulaciones que limitan la producción y el consumo de plásticos de un solo uso, además se ha establecido un marco regulatorio completo y detallado para el uso medicinal y científico del cannabis en el país. La ley 1787 de 2016 sentó las bases para este marco legal,

creando normativas que permiten el acceso seguro e informado al cannabis y sus derivados con fines médicos y científicos en el territorio colombiano. Las disposiciones detalladas en el decreto 613 de 2017 y las resoluciones subsiguientes, como la resolución 579, 2891 y 577 de 2017, complementan la ley 1787 al establecer procedimientos específicos, criterios de evaluación y regulaciones técnicas. Estas medidas no solo garantizan la calidad y seguridad de los productos derivados del cannabis, sino que también proporcionan orientación clara a los cultivadores, productores y comercializadores del sector.

El trabajo de investigación desarrollado en esta tesis se centró en el estudio exhaustivo y sistemático de la fibra de cáñamo de cannabis como un material sostenible y atractivo para la creación de bioplásticos, estos se diferencian de los plásticos derivados del petróleo por su degradabilidad, pues su componente principal es a base de materiales biológicos. Se llevaron a cabo análisis y experimentos que arrojaron nuevas perspectivas sobre el uso del cannabis, permitiendo descubrir facetas previamente desconocidas y profundizar en la comprensión de los mecanismos subyacentes. Los resultados obtenidos no solo han enriquecido el conocimiento en la creación de bioplásticos, sino que también han planteado interrogantes que servirán como punto de partida para futuras investigaciones.

Considerando los diversos antecedentes de la contaminación generada por los residuos plásticos, junto con la amenaza prolongada que representan para nuestro entorno y bienestar, la búsqueda de alternativas sostenibles se ha convertido en una prioridad. El plástico convencional además de tardar siglos en descomponerse, perpetua una crisis ambiental de alcance global, amenazando la sostenibilidad de nuestros ecosistemas y la calidad de vida de las generaciones presentes y futuras. En la actualidad, no existe un sistema de reciclaje ideal capaz de tratar la enorme cantidad de residuos que se generan sin una gestión adecuada. Esta falta de un sistema

eficaz impide que los materiales desechados sean reintegrados de manera adecuada para un uso posterior.

Por tanto, se ha desarrollado una propuesta que incorpora a los bioplásticos derivados del cáñamo de cannabis como una alternativa prometedora en la industria. Estos bioplásticos no solo representan un enfoque eco amigable para la producción de envases y diversos productos, sino que también aprovechan el potencial renovable y versátil de la planta de cannabis. Los bioplásticos derivados del cáñamo se descomponen de forma natural sin dejar residuos tóxicos, lo que no solo preserva el medio ambiente, sino que también reduce nuestra dependencia de los recursos derivados del petróleo. Esta acción no solo disminuye la huella de carbono, sino que también contribuye significativamente a mitigar los efectos adversos del cambio climático.

Dentro de las revisiones bibliográficas, se encontraron numerosos experimentos relacionados con la obtención de bioplásticos mediante diversos procesos, lo que demuestra el creciente interés por encontrar alternativas sostenibles. A partir de procesos experimentales detallados, se exploraron diferentes proporciones de glicerina y vinagre con el objetivo de analizar las propiedades fisicoquímicas del bioplástico obtenido a partir del cáñamo de cannabis en comparación al plástico convencional. El experimento 1 se enfocó en la obtención de almidón del cáñamo de cannabis, comenzando con la selección del tallo, seguida de las etapas de licuado y tamizado para obtener un cáñamo de menor tamaño y textura mejorada. Posteriormente, se pesaron cuidadosamente 30 g de cáñamo de cannabis, cantidad establecida por el método usado, y se procedió a la mezcla homogénea de este almidón con agua, vinagre y glicerina en un vaso precipitado. La mezcla homogenizada se calentó con precisión a una temperatura controlada de 70-90°C durante 8 minutos, realizando movimientos constantes para evitar la adherencia y alcanzar la viscosidad deseada. Una vez obtenida la viscosidad requerida, la mezcla se vertió con

cuidado en un molde plano, previamente aceitado para evitar adherencias, y se dejó secar al aire libre a temperatura ambiente durante aproximadamente 48 horas hasta obtener una muestra consistente. En el experimento 2, se llevó a cabo mediante un procedimiento paso a paso, similar al experimento 1, con modificaciones en las cantidades de glicerina y vinagre para crear muestras de bioplástico con variaciones en sus características fisicoquímicas. Este enfoque permitió comparar y determinar cuál de las muestras ofreció mejores resultados.

Las pruebas realizadas a las muestras se enfocaron en evaluar diferentes propiedades mecánicas y de degradabilidad del bioplástico derivado del cáñamo de cannabis. Ambas muestras exhibieron una falta de rigidez y dureza, lo que resultó en deformaciones y fracturas. Sin embargo, en cuanto a su capacidad de degradación, se expuso una muestra al aire libre durante 30 días, revelando una notable biodegradación del 60%, lo que cumple con los estándares establecidos por la normativa colombiana (Ley 2232 de 2022) que exige un mínimo del 50% de biodegradación en tres años y del 85% en cuatro años.

A pesar de que el cáñamo es rico en celulosa, es ideal combinarlo con almidón. Esta combinación mejora de manera significativa las propiedades físicas y la biodegradabilidad del material resultante. La mezcla de estos polímeros puede generar plásticos biodegradables más resistentes y flexibles que se descomponen de manera más efectiva en comparación con los plásticos tradicionales.

Como resultado de los experimentos, se concluye que con el método utilizado no se puede generar un bioplástico a partir del cáñamo de cannabis, esto no quiere decir que no sea posible del todo, sino que el método no fue el ideal. A través de los intentos realizados y el seguimiento a los prototipos elaborados, se comprobó que, al añadir almidón a la mezcla, las propiedades de resistencia y flexibilidad mejoran notablemente. Además, se ha observado que el

bioplástico a partir de cáñamo de cannabis puede adquirir diversas formas dependiendo el molde utilizado y de la composición de los tipos y cantidades de insumos empleados. Esto implica que puede ser aplicado en distintos campos de la industria del plástico, adaptándose a diferentes propósitos. La versatilidad de este material se ve influenciada por factores como la temperatura de cocción de la mezcla y la presión ejercida durante el proceso, lo que permite su aplicación en una variedad de contextos industriales.



Desde la perspectiva socioeconómica, a pesar de que los bioplásticos pueden llegar a tener un costo de producción más elevado en comparación a los plásticos convencionales, se destacan sus ventajas ambientales y su contribución a fomentar una conciencia ecológica en las industrias y en el consumo responsable del plástico. Basándonos en investigaciones llevadas a cabo en Colombia acerca de la viabilidad de fabricar bioplástico a partir de cáñamo de cannabis, se ha establecido que el país cuenta con abundante materia prima y una zona geográfica estratégica e ideal para la producción de esta. Estos hallazgos resaltan el potencial de los recursos locales y la investigación innovadora para transformar la industria del plástico, promoviendo practicas más responsables y amigables con el medio ambiente.

En el aspecto legal, el gobierno de Colombia está trabajando para reducir la contaminación ambiental y promover el desarrollo sostenible, se implementó la ley 2233 de 2022 respaldada por regulaciones que limitan la producción y el consumo de plásticos de un solo uso, además se ha establecido un marco regulatorio completo y detallado para el uso medicinal y científico del cannabis en el país. La ley 1787 de 2016 sentó las bases para este marco legal, creando normativas que permiten el acceso seguro e informado al cannabis y sus derivados con fines médicos y científicos en el territorio colombiano. Las disposiciones detalladas en el decreto 613 de 2017 y las resoluciones subsiguientes, como la resolución 579, 2891 y 577 de 2017,

complementan la ley 1787 al establecer procedimientos específicos, criterios de evaluación y regulaciones técnicas. Estas medidas no solo garantizan la calidad y seguridad de los productos derivados del cannabis, sino que también proporcionan orientación clara a los cultivadores, productores y comercializadores del sector.

12 BIBLIOGRAFÍA

- AIMPLAS. (2023, junio 15). *¿Qué es la biodegradación de plásticos?* - AIMPLAS.
<https://www.aimplas.es/blog/que-es-la-biodegradacion-de-plasticos/>
- Arévalo, E. (2019). *Formulación del plan de manejo ambiental de la rallería “la niña” en la vereda blanca del municipio de rosas*. CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y DESARROLLO SOSTENIBLE PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA.
- Proyecto de acuerdo n° 006 de 2020, (2020).
<https://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals/goal-12-responsible->
- Balart Gimeno, R. A. (2018, octubre 22). *Ensayo de impacto Charpy en materiales poliméricos. Preparación de muestra y desarrollo del | | UPV - YouTube*.
<https://www.youtube.com/watch?v=JoDaNj9Rs-c>
- Brayan, B., & Natalia, Z. (2017). *Huella ecológica de la empresa almidones de occidente en el año 2016*. Universidad ICESI.
- Cardenas, S. H., Stefany, M., & Santos, T. (2021). *Bioprospección del Cáñamo Soportada en Procesos Verdes para la Industria Colombiana*.
- Casas Huaca, J. David., & Guerrero Daza, L. Lorena. (2021). *ESTUDIO DE LA VIABILIDAD DE LOS BIOPLÁSTICOS A BASE DE ALMIDÓN EN COLOMBIA POR MEDIO DEL ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE DOS MATERIAS PRIMAS: LA PAPA Y EL MAÍZ*.
<https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/8761/1/52214-2021-2-GP.pdf>
- Castaño, K. (s/f). *Cáñamo en América Latina*. LAIHA. Recuperado el 18 de septiembre de 2023, de <https://laiha.org/canamo-en-america-latina/>
- Congreso de Colombia. (2022, julio 8). *Leyes desde 1992 - Vigencia expresa y control de constitucionalidad [LEY_2232_2022]*.
http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2232_2022.html
- El-Kadi, S. (2010). *Bioplastic production from inexpensive sources: bacterial biosynthesis, cultivation system, production and biodegradability*. 145. <https://www.lifeder.com/bioplasticos/>
- Fassio, A., Rodríguez, M., & Ceretta, S. (2013). *Cáñamo (Cannabis sativa L.)*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria. <http://www.inia.org.uy>
- Fernández, J., & Vargas, P. (2015). *Elaboración de un plan de negocios para determinar la factibilidad de la producción de bioplásticos a partir de papa en contra de la contaminación en Colombia*. Universidad Militar Nueva Granada.
- Gibbens, S. (2018a). *Todo lo que necesitas saber sobre los bioplásticos*. *National Geographic*.
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/11/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-bioplasticos>

- Gibbens, S. (2018b). Todo lo que necesitas saber sobre los bioplásticos. *National Geographic*.
<https://www.nationalgeographic.es/medio-ambiente/2018/11/todo-lo-que-necesitas-saber-sobre-los-bioplasticos>
- Juriscol. (2022, julio 8). *LEY 2233 DE 2022*. <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30044416>
- La Verdad. (2020, marzo 9). *Cultivo de CÁÑAMO podría reducir la contaminación y ayudar al medio ambiente*. <https://laverdadnoticias.com/ecologia/Cultivo-de-CANAMO-podria-reducir-la-contaminacion-y-ayudar-al-medio-ambiente-20200309-0101.html>
- Maestre, Luisa. (2022, noviembre 5). *El reciclaje del plástico se queda corto en Colombia | EL PAÍS América Colombia*. <https://elpais.com/america-colombia/2022-11-05/el-reciclaje-del-plastico-se-queda-corto-en-colombia.html>
- Miranda, David. (2023, junio 5). *20 datos sobre el problema del plástico en el mundo*.
https://www.nationalgeographic.com.es/medio-ambiente/20-datos-sobre-problema-plastico-mundo_15282
- Mora, J. (2020). *Análisis de ciclo de vida en cultivo de Cannabis sp. medicinal* [Universidad de La Salle].
https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_ambiental_sanitaria
- ONU. (2021, octubre 21). *Informe de la ONU sobre contaminación por plásticos advierte sobre falsas soluciones y confirma la necesidad de una acción mundial urgente*.
<https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/informe-de-la-onu-sobre-contaminacion-por-plasticos>
- ONU. (2023, mayo 16). *ONU propone medidas para reducir un 80 % la contaminación por plástico para 2040* » *Portal Medios Públicos*. <https://mediospublicos.uy/onu-propone-medidas-para-reducir-un-80-la-contaminacion-por-plastico-para-2040/>
- Perfiles de 15 de las principales fibras de origen vegetal y animal*. (2009). Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org/natural-fibres-2009/about/15-natural-fibres/es/>
- Pharmacology. (2021). *CAÑAMO: Beneficios ambientales de la planta de los mil usos*.
<https://www.google.com.co/books/edition/CA%C3%91AMO/we5MEAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&kptab=overview>
- Pino, O. (2019). *Trabajo de titulación previo a la obtención del título de licenciado multilingue en negocios y relaciones internacionales*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR .
- Portafolio. (2019, junio 11). *Requisitos para obtener una licencia para cultivar cannabis medicinal*.
 Portafolio. <https://www.portafolio.co/economia/los-requisitos-para-obtener-una-licencia-para-cultivar-cannabis-530480>
- Ramírez, J., Naranjo, J., & Torres, A. (2019). *La industria del cannabis medicinal en Colombia*. Fedesarrollo.
- Reciclaje. (2021).  *Como hacer BIOPLÁSTICO CASERO | RÁPIDO y FÁCIL*  (Funciona) - YouTube.
<https://www.youtube.com/watch?v=fHFX3gb7Yjk&t=79s>

- Rico, X. (s/f). *¿Qué es el almidón? Características y funciones de este nutriente*. Recuperado el 5 de octubre de 2023, de <https://azsalud.com/nutricion/almidon>
- Rodríguez, Diana. (2022, junio 2). *Colombia produce 1,4 millones de toneladas de plástico al año | Economía | Portafolio*. <https://www.portafolio.co/economia/colombia-produce-1-4-millones-de-toneladas-de-plastico-al-ano-566367>
- Rodríguez, Héctor. (2019, septiembre 2). *La degradación del plástico potencia el efecto invernadero*. https://www.nationalgeographic.com.es/ciencia/actualidad/degradacion-plastico-potencia-efecto-invernadero_13126
- Ruiz Galeano, C. (2022). *OBTENCIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE LOS RESIDUOS DE PAPA CAPIRO*. <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/9059/4/6171130-2022-2-IQ.pdf>
- Saenz, A. (s/f). *Tecnología de la Celulosa. La industria papelera*. Química Orgánica Industrial. Recuperado el 8 de octubre de 2023, de <https://www.eii.uva.es/organica/qoi/tema-03.php#:~:text=La%20celulosa%20es%20el%20componente,%2C%20pectinas%20y%20%C3%A1cidos%20grasos>.
- Salazar, Á. (s/f). *Cómo hacer negocios con Cannabis Medicinal*. Invest in Bogotá. Recuperado el 15 de octubre de 2023, de <https://es.investinbogota.org/como-invertir/como-hacer-negocios-con-cannabis-medicinal/>
- Sánchez, J. (s/f). *¿Qué es el almidón?* INECOL Instituto de Ecología A.C. Recuperado el 9 de octubre de 2023, de <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/ct-menu-item-25/ct-menu-item-27/17-ciencia-hoy/1376-que-es-el-almidon>
- Tobar, Felipe. (s/f). *Cáñamo: la oportunidad de Colombia de romper el paradigma – ANEIA – Universidad de Los Andes*. Recuperado el 16 de octubre de 2023, de <https://aneia.uniandes.edu.co/2019/04/canamo-la-oportunidad-de-colombia-de-romper-el-paradigma/>
- Trotti, F. (2022, enero 26). *Ensayo Charpy: ¿Cómo se realiza y qué determina?* <https://www.weerg.com/es/guias/ensayo-charpy-como-se-realiza-y-que-determina>
- UNCTAD. (2022, diciembre 13). *La versatilidad y sostenibilidad del cáñamo ofrecen enormes oportunidades a los países en desarrollo*. UNCTAD. <https://unctad.org/es/news/la-versatilidad-y-sostenibilidad-del-canamo-ofrecen-enormes-oportunidades-los-paises-en>
- Vázquez, A., Espinosa, R., Beltrán, M., & Velasco, M. (s/f). *Bioplásticos y plásticos degradables*.
- Villaruel, P., Gómez, C., Vera, C., & Torres, J. (2018, septiembre 1). *Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos*. Revista chilena de nutrición; Sociedad Chilena de Nutrición, Bromatología y Toxicología. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182018000400271>
- WWF. (2022, junio 8). *Contaminación por plásticos: el eterno problema de los océanos | WWF*. <https://www.wwf.org.co/?375810/Que-tan-grave-es-la-contaminacion-por-plasticos>

ZEApplast. (s/f). *Plásticos biodegradables: historia de los bioplásticos*. Recuperado el 24 de septiembre de 2023, de <http://www.zeaplast.cl/plasticos-biodegradables/historia-de-los-bioplásticos+-20>

Alarcón M., Freddy., Dufour, Dominique., Motta, F., & Rodríguez, G. (1998). *Almidón agrio de yuca en Colombia* (Vol. 1). CIAT.

CONtexto ganadero. (2023, April 5). *¿Sabía que Colombia cuenta con un Catálogo digital de Variedades de Yuca? Aquí le contamos de que se trata | CONtexto Ganadero*.

<https://www.contextoganadero.com/agricultura/sabia-que-colombia-cuenta-con-un-catalogo-digital-de-variedades-de-yuca-aqui-le-contamos-de-que-se-trata>

UCM. (2023, October 12). *Por transparencia y brillo: estudian almidón de yuca para producir plástico sustentable - Universidad Católica del Maule*. <https://portal.ucm.cl/noticias/transparencia-brillo-estudian-almidon-yuca-producir-plastico-sustentable>