



UNIVERSIDAD EAN

BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE LA SEMILLA DE AGUACATE

AUTORES

**CAMILO ANDRÉS HIGUERA SARMIENTO
NICOLAS RODRIGUEZ FIGUEROA
KELLY JOHANNA ZULUAGA ORJUELA**

**PROFESORA
LILIANA MEZA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
BOGOTÁ, 2021**

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS.....	4
LISTA DE TABLAS	5
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	6
2 OBJETIVOS	9
2.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	9
3. JUSTIFICACIÓN	10
4. MARCO TEÓRICO.....	12
4.1 RIESGOS GLOBALES	12
4.2 LOS PLÁSTICOS Y SU CLASIFICACIÓN	14
4.3 IMPACTO DEL USO DE PLÁSTICOS	16
4.4 DEL CONSUMO LINEAL A LA IMPORTANCIA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR.	17
4.5 BIOPLÁSTICOS COMO ALTERNATIVA	18
4.5.1 Bioplásticos de Almidón:.....	19
4.6 NORMATIVA COLOMBIANA	26
5.1 ANÁLISIS DE ESTUDIOS PREVIOS	28
5.1.1 Biopolímeros de almidón de Yuca:.....	28
5.1.2 Biopolímeros de almidón de Maíz:.....	29
5.1.3 Biopolímeros de almidón a partir de semilla de mango:	29
5.1.4 Biopolímeros de almidón a partir de semilla de aguacate:	30
5.2 ANÁLISIS DE RESTRICCIONES	31
5.2.1 Aspecto Ambiental:	31

5.2.2 Aspecto Económico:	33
5.2.3 Aspecto Legal:	34
5.2.4 Aspecto Sociocultural:	34
6. SOLUCIÓN DE INGENIERÍA	35
6.1 PROPUESTA METODOLÓGICA	35
6.1.1 Extracción de almidón y formación de película:	35
6.1.2 Análisis de las propiedades mecánicas:	36
6.1.3 Fabricación de la bolsa plástica:	37
6.2 PLAN DE DESARROLLO	39
6.3 SIMULACIONES INICIALES	45
7. ANÁLISIS DE COSTOS	47
7.1 COSTOS FIJOS	47
8. CONCLUSIONES	52
9. REFERENCIAS	54
10.1 Lluvia de Ideas	60
10.2 Matriz MET	63
10.3 Tabla Selección del Concepto	65

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Top de riesgos globales por probabilidad de ocurrencia durante los últimos 5 años	13
Figura 2: Tipos de polímeros, sus propiedades y usos comunes	15
Figura 3: Distribución total por cada tipo polímero de a partir del consumo total de plásticos en 2015.....	16
Figura 4: Producción y Pronóstico de la fabricación de Bioplásticos hasta 2024	19
Figura 5: Estructura de la amilosa y la amilopectina	20
Figura 6: Estructura química de la amilosa y la amilopectina	21
Figura 7: Ciclo de vida de los empaques de plástico biodegradable compostables.....	22
Figura 8: Resultado del análisis termogravimétrico	23
Figura 9: Pérdida de masa con respecto al tiempo en tres ambientes simulados.....	24
Figura 10: comparación de tres métodos de producción para fabricar bioplásticos	25
Figura 11: Diagrama de flujo práctica experimental	36
Figura 12: Extrusora para bolsas plásticas.....	37
Figura 13: Horno secador de biomasa	38
Figura 14: Máquina cortadora y selladora	39
Figura 15: Diagrama de Gantt con las fases del proyecto	40
Figura 16: Estructura cristalina del Cobre (Cu).....	45
Figura 17: Movimiento estructural de un polímero sometido a calentamiento	46
Figura 18: Tasa interna de retorno obtenida del análisis financiero	50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Normas Colombianas relacionadas con las gestión y mitigación de plásticos (parte 1).	26
Tabla 2: Normas Colombianas relacionadas con las gestión y mitigación de plásticos (parte 2)	27
Tabla 3: Cuadro resumen de alternativas realizadas con 4 fuentes distintas de almidón	32
Tabla 4: Especificaciones técnicas de la extrusora	37
Tabla 5: Especificaciones técnicas del horno de secado.....	38
Tabla 6: Especificaciones técnicas de la maquina cortadora y selladora.....	38
Tabla 7: Costo de maquinaria	47
Tabla 8: Costo de materia prima.....	47
Tabla 9: Costo total por kilogramo de bolsa biodegradable	48
Tabla 10: Gastos administrativos.....	48
Tabla 11: Descripción de cargos del personal requerido	49
Tabla 12: Estados financieros del proyecto de películas biodegradables (Simulador financiero).	49
Tabla 13: Balance general del proyecto.....	50
Tabla 14: Flujo de caja del proyecto.....	50

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En 1869 John Weslye Hyatt revolucionó el mundo cuando fabricó industrialmente el primer polímero sintético de nitrocelulosa derivada de la fibra de algodón con alcanfor; pues su propósito era encontrar una alternativa que reemplazara el marfil ya que se utilizaba como la principal materia prima en la producción de las bolas de billar (Chalmin, 2019). Fue hasta 1907, que Leo Hendrik Baekeland gracias a la implementación de técnicas para la reacción fenol-formaldehído inventó la Baquelita, que se caracteriza por ser el primer plástico que no contenía moléculas de origen natural (Fundación Heinrich Böll & Break Free From Plastic, 2020). Posteriormente, en el año 1920 Hermann Staudinger, un químico alemán famoso por sus exploraciones sobre las cetenas, propuso que los polímeros tanto naturales como sintéticos son la unión covalente de macromoléculas, y para demostrarlo llevó a cabo una gran variedad de reacciones químicas sobre los polímeros, investigaciones por las que posteriormente le otorgarían un premio nobel por sus descubrimientos en el campo de las macromoléculas en 1953 (Virgil & Qi, 2020).

Este hecho no solo impulsó la creación de nuevos materiales, sino que ha cambiado la forma en la que vivimos debido a que en los últimos 50 años estos productos se han vuelto una parte esencial de nuestra cotidianidad (Balaji & Liu, 2021), (European Bioplastics, 2020).

Los polímeros sintéticos se caracterizan por estar formados por macromoléculas o múltiples unidades repetitivas de cadenas carbonadas. Este arreglo molecular hace que el material sea útil porque se presentan propiedades químicas, mecánicas y térmicas excepcionales (Coreño & Mendez, 2010), que generan características tan preciadas como: resistencia a las agresiones del medio, poco peso comparado con otros materiales que se emplean para la misma finalidad, flexibilidad y bajo costo debido a su producción a gran escala (Meneses et al., 2007).

De acuerdo con Parker (2020), los plásticos salvan vidas diariamente y han contribuido en múltiples ámbitos, algunos de sus beneficios más representativos son: que han facilitado los viajes al espacio, han permitido que se ahorre combustible debido a que aligeran coches y aviones, en el ámbito nutricional protegen y prolongan la vida de alimentos, también permiten conservar y

distribuir agua potable para el consumo humano. Además se encuentran en cascos, airbags, e incubadoras salvaguardando la integridad de los usuarios (Impact Hub, 2019). Ahora bien, una de las ventajas más importantes de los plásticos son los usos médicos y la aplicaciones en salud pública dentro de las que se resaltan soluciones innovadores como: suturas absorbibles, prótesis y hasta la fabricación de tejidos (Proshad et al., 2017)

En la actualidad, gran parte de la economía tiene una dependencia de la fabricación de plásticos, una prueba de ello es la gran cantidad de polímeros sintéticos utilizada anualmente en la industria. Se estimó que para el 2015, se habían producido cerca de 6.300 millones de toneladas métricas, de las cuales el 79% se envió a rellenos sanitarios o terminó en fuentes hídricas, el 12% se incineró y tan solo el 9% se recicló (Geyer et al., 2017). Otras afectaciones de estos polímeros son: que en el proceso de producción hay emisiones de gases de efecto invernadero, en especial de los óxidos de nitrógeno (NO_x), que son altamente contaminantes pues destruyen el ozono atmosférico. Adicionalmente los residuos plásticos son contaminantes tanto en medios terrestres como en medios acuáticos, por tal razón, se afirma que su producción en general no es sostenible desde el punto de vista ambiental, en efecto se necesita una alternativa que sea más viable (Chen et al., 2020).

Pese a ser un material de gran utilidad debido a sus múltiples aplicaciones, se establece que más del 90% de los plásticos se producen a partir de compuestos petroquímicos, es decir, provienen de fuentes fósiles (Greenpeace, 2018). Es aquí donde la estabilidad molecular de las largas cadenas determina la solidez entre los átomos, haciendo que estos productos no se descompongan rápidamente, por ejemplo, un tenedor de plástico que tan solo se usa durante 15 minutos puede tardar 450 años o más en degradarse (Hub Impact, 2019).

Lamentablemente el consumo insostenible de estos polímeros sintéticos ha ocasionado impactos devastadores no solo en espacios como ciudades y ecosistemas, sino en los seres vivos (Manzoor et al., 2020). Según (Parker, 2020b), de no cambiar los patrones actuales de consumo, en los próximos 10 años se podrán depositar 99 millones de toneladas por año en los océanos. Sin embargo, en un escenario conservador, donde las nuevas regulaciones y el enfoque en los Objetivos de Desarrollo Sostenible son los protagonistas, se pronosticó que se depositarían de 22

a 58 millones de toneladas por año, lo que equivaldría a disponer una volqueta llena de plásticos cada minuto, todos los días durante 1 año. A pesar de los esfuerzos indicados, se afirma que estas cifras no dejan de ser preocupantes porque de no controlar los desperdicios plásticos en los océanos se estaría amenazando toda la red trófica marina.

Teniendo en cuenta los datos anteriores se confirma que el consumo lineal del plástico y el rudimentario proceso de disposición de los residuos sólidos ha causado que este producto persistente se acumule por años en el agua, el suelo, la flora y fauna y se filtre hacia los ecosistemas globales. (Balaji & Liu, 2021).

Ante la problemática descrita previamente se han generado los bioplásticos que son compuestos de alto peso molecular, que se caracterizan por elaborarse a partir de fuentes naturales de bajo costo, también cuentan con alta disponibilidad, y lo más importante es que son de carácter renovable (Avellán et al., 2020). Por tal razón, con este proyecto se pretende plantear el desarrollo de un bioplástico que sea biodegradable que permita empacar los residuos orgánicos de las viviendas colombianas.

Lo anterior nos lleva a preguntarnos: ¿Cómo producir biopolímeros a partir de almidón que puedan competir con el plástico producido a partir de películas de Polietileno de baja densidad (LDPE)? y ¿Qué compuestos químicos están involucrados en la fabricación de biopolímeros a partir de almidón?

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Plantear el desarrollo de un biopolímero a partir de almidón a nivel de laboratorio y evaluar los beneficios ambientales, económicos y socioculturales que se obtendrán de este.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una revisión bibliográfica de la documentación existente en Colombia y el mundo relacionado con el desarrollo de biopolímeros a partir del almidón.
- Establecer el diseño y las especies de almidones más convenientes para el desarrollo del proyecto.
- Determinar las ventajas y desventajas del almidón en bolsas eco-amigables.
- Seleccionar las materias primas necesarias para desarrollar la película bioplástica y verificar el proceso de fabricación para una bolsa.
- Evaluar las características y requerimientos técnicos para la fabricación del producto sustituto para las bolsas plásticas.

3. JUSTIFICACIÓN

Se estima que en el país cada hogar colombiano genera alrededor de 4.3 kg de basura por día y cada año se consumen aproximadamente 1.250.000 toneladas de plástico, lo que se traduce en que cada compatriota en promedio genera 24 kg/año de este tipo de desperdicios. También se establece que en Bogotá se producen cerca de 6.300 toneladas de residuos sólidos diariamente, de los cuales 56% son plásticos de diversos tipos que en su gran mayoría terminan en los rellenos sanitarios lo que los hace intratables y, finalmente, contaminantes para el medio ambiente. (Medio ambiente y Salud Pública (MASP) & Greenpeace Colombia, 2019)

El panorama se torna más desalentador pues Holguín (2019), ha establecido que el consumo de bolsas plásticas por habitante es exagerado, ya que un colombiano utiliza un promedio de 6 diariamente, lo que permite calcular un total de 288 de estos elementos en un año. Ahora, si se tiene en cuenta que la media de la expectativa de vida es 77 años, significa que cada persona llegaría a utilizar cerca de 22.176 bolsas a lo largo de toda su existencia.

Teniendo en cuenta que en Bogotá se utilizan aproximadamente 3.500 toneladas de plástico por día (Medio ambiente y Salud Pública (MASP) & Greenpeace Colombia, 2019), urge plantear una alternativa desde la ingeniería que cumpla las condiciones establecidas por la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA) para la producción de plásticos biodegradables que reemplacen a los plásticos de un solo uso.

Un aspecto clave para tener en cuenta es el esfuerzo que realizan muchos de los gobiernos para reducir el consumo de plástico, En el caso colombiano en el 2016 se reglamentó mediante la Resolución 668 el uso racional de bolsas de este material imponiendo un gravamen financiero sobre este elemento. Desde la implementación de esta Ley y hasta principios del año pasado, se obtuvieron resultados alentadores pues se consiguió una reducción cercana al 60% del uso de bolsas en los puntos de pago de supermercados y establecimientos de régimen común. En adición, la fabricación de bolsas representa el 3% de la industria plástica nacional, razón por la que el

Ministerio de Desarrollo Sostenible busca reemplazar el 100% de estas por bolsas biodegradables o reutilizables. (Solórzano, 2020).

En contra parte, cabe la pena resaltar que por motivos de seguridad ante la pandemia por el Coronavirus SARS-CoV-2, se ha presentado un crecimiento en los patrones de uso y consumo de elementos plásticos de un solo uso, no solo en el ámbito hospitalario sino en el doméstico (Patrício et al., 2020). Incluso se afirma que las nuevas metodologías que han empleado muchos establecimientos como restaurantes y almacenes con servicios a domicilio, ha sido incrementar la cantidad de envolturas de estos polímeros sintéticos con los que suelen ser empacados los productos. Lo anterior indica que este material llega en mayores proporciones a los hogares, así mismo, se utilizan más bolsas de plástico para disponer los residuos y desechos, que terminan siendo arrojados en los rellenos sanitarios sin ningún aprovechamiento. (Portafolio, 2020)

Con la propuesta del proyecto se busca crear plásticos a partir del almidón, lo cual se presenta como una alternativa sostenible, basada en principios de economía circular. Se espera que en un futuro próximo la producción de almidones termoplásticos sea más asequible y evite la generación de más pasivos ambientales. También este tipo de investigaciones permiten empoderar a la población y a las empresas para que realicen actividades cotidianas más responsables y con una mayor conciencia ambiental enfocados en mitigar el impacto que se genera al utilizar bolsas fabricadas a base LDPE sobre los ecosistemas.

4. MARCO TEÓRICO

4.1 RIESGOS GLOBALES

Desde el 2006 el *World Economic Forum (WEF)*, ha generado un informe anual en el que un panel de expertos de diversas áreas del conocimiento y provenientes de diferentes regiones del mundo, evalúan los riesgos que podría enfrentar la humanidad en términos de probabilidad e impacto potencial. Este documento tiene como propósito suministrar herramientas que permitan prepararse para afrontar eficientemente estos peligros. En su 16^{ava} versión se recibieron 841 respuestas de especialistas científicos, economistas, geopolíticos, sociólogos y ambientalistas que según su percepción valoraron 35 amenazas globales persistentes y/o emergentes (World Economic Forum, 2021).

Para los peligros actuales que comprenden un periodo de 0 a 2 años, se revela la preocupación por la vida y por los medios de subsistencia. Razón por la cual se indican los siguientes riesgos como los de mayor probabilidad e impacto: (a) **las enfermedades infecciosas** y el mejor ejemplo es la situación que el mundo entero enfrentó en 2020 por la pandemia. (b) **la crisis laboral** como resultado de las presiones financieras traducidas en la quiebra de empresas, desempleo y recesión. (c) **la desigualdad digital** reflejada en la falta de acceso a internet y el desconocimiento de herramientas y tecnologías. Y (d) **el desencanto en los jóvenes** pues es la segunda vez en una generación que se enfrentan a una crisis mundial (Marsh, 2021)

A mediano plazo (3 -5 años) y a largo plazo (5-10 años), los encuestados creen que el mundo se verá amenazado por riesgos económicos y tecnológicos, armas de destrucción masiva, colapso del estado y pérdida de biodiversidad. Sin embargo, en el panorama general de riesgo global, se afirma que dentro del top 5 hay 4 peligros medioambientales que encabezan la lista: clima extremo, fracaso de la acción climática, daño humano al medio ambiente, y pérdida de biodiversidad. Finalmente se establece que “no existe vacuna contra los riesgos climáticos”. Entonces a media que se van superando los eventos y efectos generados por el Covid-19, es esencial reducir la desigualdad, mejorar la sanidad y proteger el planeta a través de la

implementación de programas sostenibles que mejoren la capacidad de respuesta ante estas perturbaciones (Grupo Zurich, 2021) .

Figura 1: Top de riesgos globales por probabilidad de ocurrencia durante los últimos 5 años



Fuente: World Economic Forum, 2021.

De acuerdo con Donovan (2020), el impacto generado por las actividades humanas sobre el medio ambiente, se ha convertido en uno de los principales temas de investigación en todo el planeta. Factores como la superpoblación, la quema de combustibles fósiles, la deforestación, la contaminación y el consumo desmedido de recursos, han generado la erosión del suelo, una mala calidad de aire, la contaminación de fuentes hídricas y el cambio climático todo porque se está sobrepasando y debilitando la capacidad de recuperación de los ecosistemas (Cresswell, 2012). Hay que resaltar que sin la integridad y el equilibrio del entorno no solo se está amenazando la supervivencia de la especie humana, sino la de todos los organismos que habitan la tierra.

La contaminación plástica representa una de las principales amenazas para la biodiversidad, pues la interacción de organismos con este tipo de desechos da lugar a una amplia gama de consecuencias (Pinto Da Costa et al., 2020). Como ejemplos se pueden resaltar perjuicios o incluso la muerte de animales marinos ya sea por enredo lo que evita el movimiento e impide que se consigan alimentos. O por ingestión debido a que los polímeros son ricos en aditivos y compuestos orgánicos persistentes que pueden acumularse en los tejidos y biomagnificarse en los depredadores superiores. Así mismo, se establece que este tipo de polución tiene el potencial de

reducir la eficiencia y la productividad de la pesca comercial, limitando la principal fuente de proteína animal para más de 1.400 millones de personas (Beaumont et al., 2019).

A pesar de todos los impactos descritos anteriormente, no cabe ninguna posibilidad de renunciar a la producción y al uso de los plásticos que por décadas ha estimulado el bienestar social y el progreso económico. No obstante, tanto la industria como los consumidores deben concientizarse de todos los retos que deben para alcanzar la sostenibilidad y les compete plantear soluciones y alternativas que contribuyan a disminuir su huella y a cuidar el medio ambiente.

4.2 LOS PLÁSTICOS Y SU CLASIFICACIÓN








De acuerdo con (Fundación Heinrich Böll & Break Free From Plastic, 2020) la palabra plástico indica un grupo de materiales sintéticos que se forman a partir de hidrocarburos mediante un proceso denominado polimerización.

Aunque hay distintas formas de clasificarlos, para este documento se tendrá en cuenta la distribución según su respuesta termodinámica así: (a) los **Termoplásticos** se caracterizan por estar compuestos de cadenas lineales y ramificadas que al ser sometidas a altas temperaturas se funden adoptando nuevas formas. (b) los **Termofijos** presentan estructuras más complejas en las que los enlaces forman redes por lo que al aplicarles calor no se funden, en cambio se degradan y carbonizan por esto sus fuentes de aprovechamiento suelen requerir procesos químicos y (c) los **Elastómeros** cuentan con una elevada elasticidad gracias a que sus moléculas se unen de forma desordenada, razón por la que a pesar de ser sometidos a esfuerzos pueden recuperar su forma original (Vázquez Morillas et al., 2014) & (Madrigal & Shastri, 2011).

Vale la pena mencionar que cerca del 80% de los plásticos producidos están dentro de la categoría de termoplásticos y que gracias a sus propiedades son materiales perfectos para reutilizarse porque pueden moldearse nuevamente. En 1988, *The Plastics Industry Association* (SPI) desarrolló una escala para que tanto consumidores como recicladores pudieran diferenciar

los tipos de plástico (Vázquez Morillas et al., 2014), a continuación se indican las resinas más utilizadas con su respectiva descripción y código.

Figura 2: Tipos de polímeros, sus propiedades y usos comunes

Código	Tipo de polímero plástico	Propiedades	Usos comunes
	Polietileno Tereftalato (PET)	Claridad, dureza, resistencia, barrera a los gases y al vapor.	Botellas para bebidas y de condimentos para ensaladas; frascos de manteca de mani y mermeladas
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	Dureza, resistencia, resistencia a la humedad, permeabilidad al gas.	Baldes, envases para leche, jugo y agua; bolsas de compras, envases de champú y perfumes.
	Policloruro de vinilo (PVC)	Versatilidad, facilidad de mezclado, dureza, resistencia.	Tubos, perfiles, aislación flexible, pisos, tarjetas, lonas para publicidad y cartelería, techados, cuero ecológico, calzado, suelas para calzado, botas, tela impermeabilizada, etc.
	Polietileno de baja densidad (LDPE)	Facilidad de procesamiento, dureza, resistencia, flexibilidad, fácil de sellar, barrera al vapor.	Bolsas para alimentos congelados; botellas exprimibles, ejemplo: miel, mostaza; tapas flexibles para contenedores.
	Polipropileno (PP)	Dureza, resistencia, resistencia al calor, productos químicos, grasa y aceite, versátil, barrera al vapor.	Vajilla reusable para microondas; elementos de cocina; contenedores para yogur; contenedores descartables para alimentos que se pueden poner en el microondas; tazas descartables; platos.
	Poliestireno (PS)	Versatilidad, claridad, fácil de darle forma.	Cajas para huevos, tazas, platos, bandejas y cubiertos descartables; contenedores descartables
	Otros	Dependiente de los polímeros o combinación de polímeros	Botellas, biberones, Usos del policarbonato distintos de embalaje: discos compactos; cristales "irrompibles"; gabinetes de aparatos electrónicos; lentes incluidos lentes para sol, lentes recetados, lámparas para automóviles, escudos para manifestaciones, paneles de instrumentos;

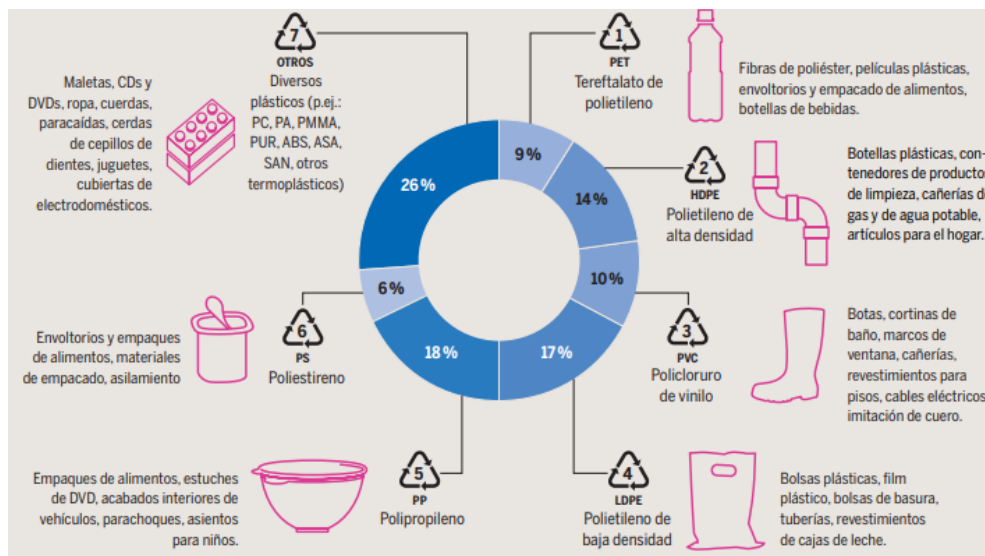
Fuente: Cerda, 2020.

Teniendo en cuenta la información anterior, se establece que los plásticos son una parte integral de nuestra vida moderna, anualmente se producen más de 360 millones de este material (European Bioplastics, 2020). Ellos juegan un papel esencial en la provisión, protección y la entrega de productos de alta calidad en casi todos los segmentos de mercado a consumidores de todo el mundo (Avellán et al., 2020). Además se han empleado en diversos campos que van desde las industrias manufactureras, la medicina y hasta los automóviles. (Venkatachalam & Palaniswamy, 2020).

4.3 IMPACTO DEL USO DE PLÁSTICOS

El plástico, pese a ser un material de gran utilidad dadas sus múltiples aplicaciones, se fabrica a partir de reservas fósiles (Avellán et al., 2020). La principal problemática de estos polímeros es la contaminación del agua, el aire y del suelo (Manzoor et al., 2020). Tanto así que investigaciones han estimado que en 2010 se depositaron entre 4.8 y 12.7 millones de toneladas en el océano y estudios recientes han demostrado que este tipo de material es muy tóxico para animales acuáticos tales como tortugas, mamíferos marinos y aves que rodean este ecosistema (Beaumont et al., 2019; Meaza et al., 2021). Así mismo se afirma que debido a el consumo desmedido del plástico se acumulan grandes cantidades de residuos que perduran en la naturaleza por largos períodos de tiempo, lo que es completamente insostenible y afecta no solo a las futuras generaciones sino a la población actual. (Venkatachalam & Palaniswamy, 2020).

Figura 3: Distribución total por cada tipo polímero de a partir del consumo total de plásticos en 2015



Fuente: Fundación Heinrich Böll & Break Free From Plastic, 2020.

4.4 DEL CONSUMO LINEAL A LA IMPORTANCIA DE LA ECONOMÍA CIRCULAR

De acuerdo con (Jacob & Pedersen, 2018), el pensamiento lineal tiene sus orígenes en la tercera revolución industrial y desde ese entonces ha permeado las culturas alrededor del mundo. Una de las ventajas más representativas de este modelo es que ha permitido el desarrollo económico y por tanto ha brindado prosperidad a la sociedad. Sin embargo, se afirma que también ha contribuido ampliamente a magnificar los problemas de insostenibilidad, debido a que este patrón implica la explotación irresponsable de recursos, además se generan grandes volúmenes de residuos que terminan impactando el medio ambiente.

Una de las estrategias que se está manejando a nivel mundial es la implementación de la economía circular que se define brevemente por el parlamento europeo como el modelo para compartir, reutilizar, renovar y reciclar. Donde los productos y los materiales se valorizan y los desechos son reducidos al mínimo. Además ayuda a mantener los recursos en uso durante el mayor tiempo posible, para extraer el máximo valor de estos mientras se están usando. También busca recuperar y generar nuevos productos y/o materiales al final de la vida útil. En síntesis, la economía circular da la oportunidad para minimizar el impacto negativo de los plásticos mientras se magnifica el aprovechamiento del producto proporcionando no solo beneficios ambientales, sino económicos y sociales (Balaji & Liu, 2021).

A principios de 2018, la Comisión Europea publicó una comunicación en la que trataba la estrategia para alcanzar un sistema de producción de plásticos mucho más eficiente en el uso de los recursos. Su principal foco es impulsar la transición del sistema lineal a uno circular (European Bioplastics, 2018).

Por otra parte, Balaji & Liu (2021), indican que hay varias estrategias disponibles para la implementación de la economía circular, especialmente en las industrias del embalaje. Los investigadores y los analistas han construido una lista de factores clave y ciertos desafíos que deben considerarse para adoptar un camino del éxito hacia la economía circular. Una serie de retos se discuten a continuación: (a) **Encontrando valor:** El plástico reciclado a veces es más caro que la materia prima de plástico virgen. Aunque el plástico reciclado es caro, la calidad suele ser

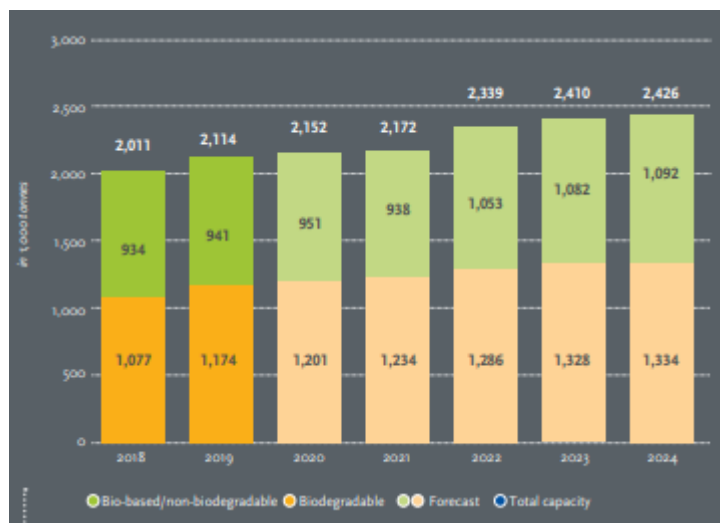
cuestionable. Por tal razón es necesario encontrar valor agregado a los materiales plásticos reciclados. (b) **Rediseño:** muchos productos se fabrican de tal manera que el contenido de plástico no se puede separar fácilmente, entonces un enfoque sostenible debe adoptar el diseño de productos que sean fáciles de reciclar. Asimismo, se deben desarrollar nuevos materiales ecológicos que no solo ofrezcan facilidad en el reciclaje sino que sean eco-amigables. (c) **Incrementar disponibilidad:** Encontrar materiales alternativos sostenibles es un aspecto de gran importancia al tratar de implementar la Economía Circular en este sector. (d) **Procesos de manufactura:** El rediseño de nuevos materiales alternativos puede afectar los procesos actuales de fabricación. Por lo tanto también es necesario encontrar aplicaciones eficientes que no intervengan en el proceso productivo existente y en donde los costos sean asequibles.

4.5 BIOPLÁSTICOS COMO ALTERNATIVA

El plástico biodegradable es una opción eco-amigable porque se deriva de fuentes renovables como aceite vegetal, maíz almidón, almidón de guisante o microbiota y con menos huella de carbono. Una de las grandes virtudes de los bioplásticos es su degradabilidad que se puede producir por cualquier cambio en la estructura de la molécula, como resultado de luz, calor, humedad, condiciones químicas o actividades biológicas. Un plástico biodegradable se compone de polímeros de derivados biológicos que se degradan por la actividad de los microorganismos. Se generan productos como dióxido de carbono y agua sin ningún efecto dañino sobre el medio ambiente (Venkatachalam & Palaniswamy, 2020).

La industria de los bioplásticos es un sector joven e innovador con un enorme potencial económico y ecológico para establecer una bioeconomía circular baja en carbono que utilizaría los recursos más eficientemente. Se prevé que el mercado mundial de bioplásticos crezca continuamente durante los próximos años. Se estima que las capacidades de producción de aumentarán de alrededor de 2,11 millones de toneladas en 2019 a aproximadamente 2,42 millones de toneladas para 2024. (European Bioplastics, 2020).

Figura 4: Producción y Pronóstico de la fabricación de Bioplásticos hasta 2024



Fuente: European Bioplastics, 2020.

Sin embargo, una de las desventajas es que el costo de producción de los bioplásticos es mayor que el de un plástico sintético. Pero en un futuro cuando se industrialicen los procesos y tanto la demanda como la oferta se incrementen, se espera que esta situación cambie (Venkatachalam & Palaniswamy, 2020).

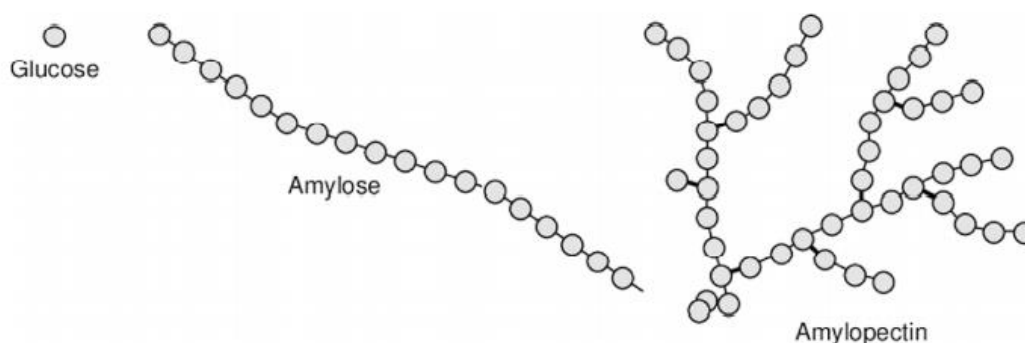
4.5.1 Bioplásticos de Almidón: Dentro de los antecedentes en investigación respecto a la producción de plásticos biodegradables en base al almidón obtenido a partir de diversas fuentes son una alternativa viable a las diversas problemáticas que la utilización de plásticos producidos a partir de hidrocarburos como el LDPE, entre ellas, la contaminación de los océanos alrededor del mundo.

Como se afirma en un estudio publicado en la revista *Journal of Hazardous Materials*, los plásticos biodegradables, además de reducir la contaminación, facilita los procesos de tratamiento correspondientes con el objetivo de reducir el impacto ambiental del producto tras su utilización (Manfra et al., 2021). Adicionalmente, debido a que el almidón se obtiene de una gran cantidad de fuentes naturales, se han propuesto diversas alternativas para la fabricación de películas

plásticas a partir de biopolímeros, dentro de las fuentes más utilizadas se encuentra la yuca, la papa y el maíz, mango, sin embargo, también se explora la posibilidad de hacer las películas de bioplástico a partir de semillas de aguacate.

Dentro de las propiedades más importantes del almidón se encuentra su composición, ya que está hecha a partir de dos polisacáridos que pueden sintetizar biopolímeros que son amigables con el ambiente y reducen la contaminación desde su producción y ciclo de vida, estos son la amilosa y la amilopectina, y constituyen aproximadamente el 98% de peso del almidón, siendo la amilopectina la más abundante dentro del compuesto (Shafqat et al., 2021).

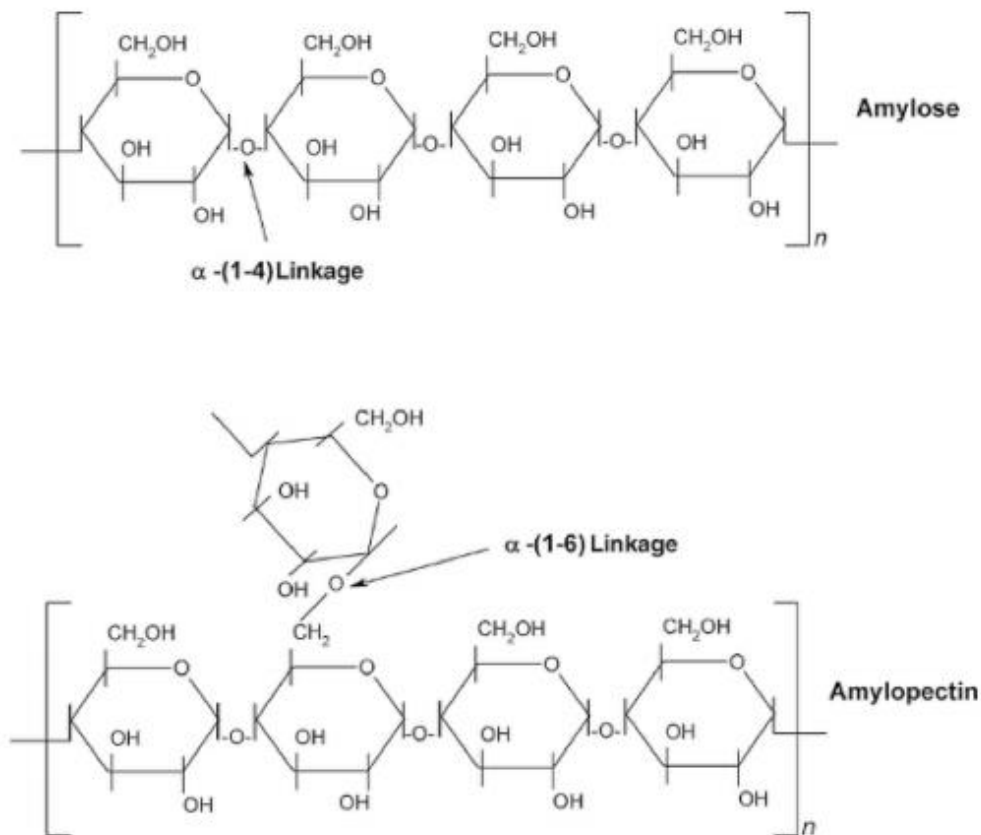
Figura 5: Estructura de la amilosa y la amilopectina



Fuente: Shafqat et al, 2020

Adicionalmente se menciona que, al ser un elemento tan abundante en la naturaleza y tan utilizado frecuentemente en diversos sectores, el almidón sería una buena alternativa para la producción de biopolímeros, sin embargo, los biopolímeros obtenidos a partir de almidón poseen algunas desventajas frente a los plásticos producidos a partir de combustibles fósiles, dentro de los cuales los más importantes son la solubilidad en agua del biopolímero fabricado a partir de almidón, para lo cual se realizaron diversos experimentos con plastificadores, siendo la glicerina uno de los más efectivos (Shafqat et al., 2021).

Figura 6: Estructura química de la amilosa y la amilopectina



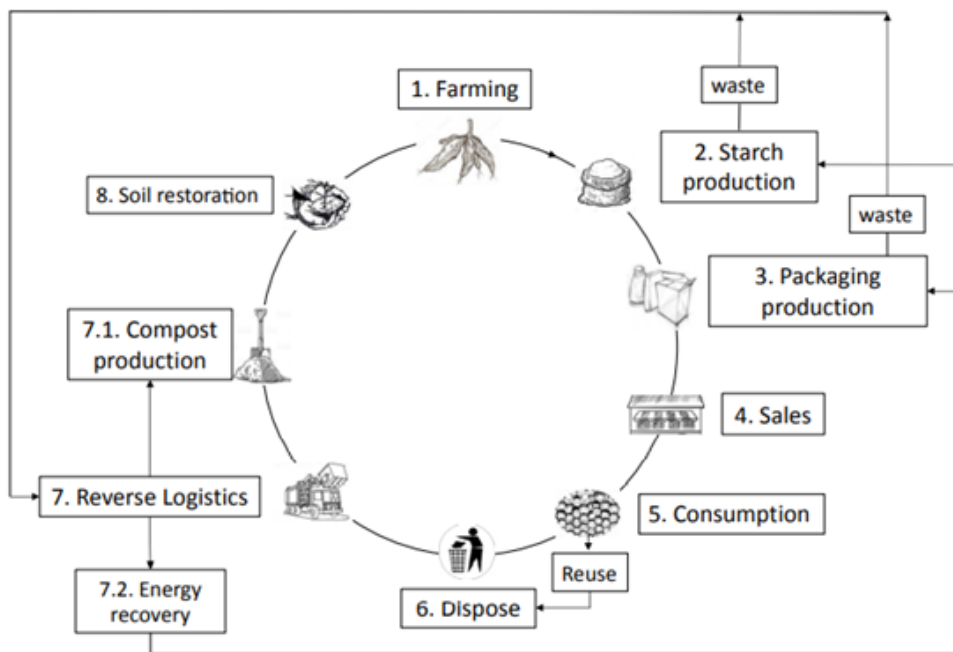
Fuente: Shafqat et al, 2020

Otro de los candidatos ampliamente estudiados como alternativa para la producción de plásticos biodegradables es la yuca, ya que posee una buena cantidad de almidón y, según un estudio de sostenibilidad y economía circular publicado en la revista Journal Of Cleaner Production, la yuca es una alternativa viable para reemplazar el concepto de economía lineal que se desarrolló con la producción de bolsas y recipientes plásticos fabricados a partir de hidrocarburos, esto teniendo en cuenta el ciclo de vida de los plásticos biodegradables generados a partir de la yuca y de las cantidades de recursos utilizados durante el proceso de fabricación, adicionalmente se debe tener en cuenta que la yuca utilizada para el proceso es la yuca conocida como yuca industrial, que, al poseer una gran cantidad de toxinas se utiliza principalmente para

procesos de extracción de almidón, por lo que no se interfiere con la producción de yuca para alimentos. (Casarejos et al., 2018).

Adicionalmente se realiza una propuesta con la que se busca aprovechar el plástico biodegradable que ya se haya utilizado mediante procesos de compostaje, haciendo que, en vez de convertirse en un residuo, se pueda aprovechar el plástico compostado como materia prima de nuevos productos como bolsas o empaques, en la figura 7 se observa el ciclo de vida de los empaques plásticos según el concepto trabajado en el artículo mencionado anteriormente.

Figura 7: Ciclo de vida de los empaques de plástico biodegradable compostables



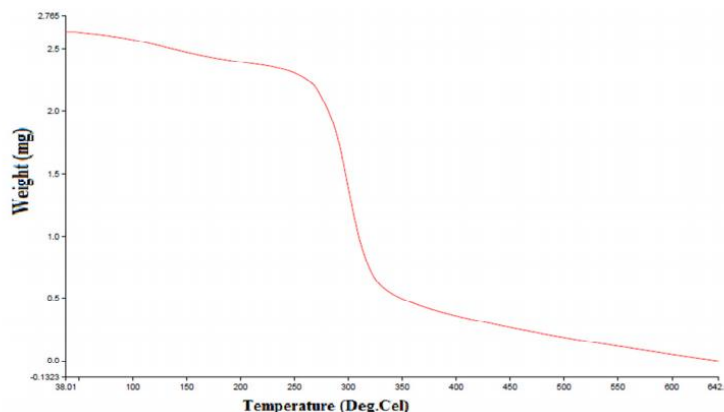
Fuente: Ashok et al, 2018.

Adicionalmente en el estudio se propone disponer del producto biodegradable en su totalidad mediante biodigestores que permiten la descomposición del polímero en dióxido de carbono (CO₂) y agua (H₂O) y, en algunos casos, como energía en forma de gas que puede

utilizarse para otros procesos o, inclusive como muestra el ciclo de vida, para el proceso de extracción de almidón de yuca.

Por otra parte, se realizaron estudios de caracterización y resistencia física de los materiales obtenidos a partir del almidón, sometiendo los productos a pruebas de aumento de temperatura para determinar la influencia de esta sobre los biopolímeros, los resultados de estos análisis termogravimétricos determinaron que el biopolímero se descompone rápidamente al haber cambios bruscos de temperatura, como se observa en la gráfica obtenida en el estudio (Ashok et al., 2018).

Figura 8: Resultado del análisis termogravimétrico



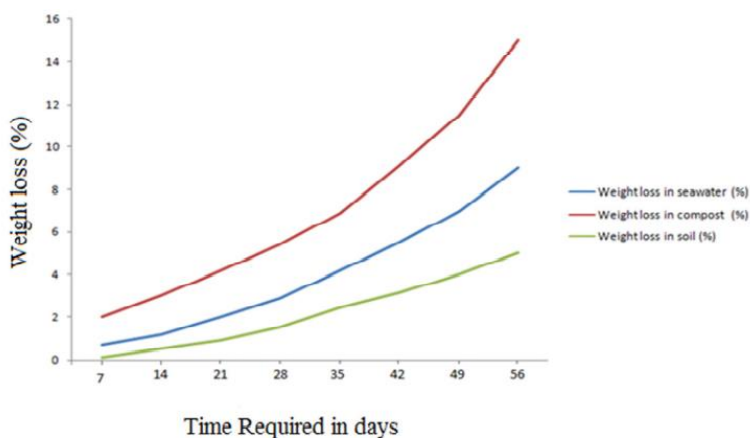
Fuente: Ashok et al, 2018

Adicionalmente realizaron diversos experimentos en los cuales sometían los biopolímeros a diversas condiciones, simulando los procesos de estar en presencia de agua marina, siendo materia prima para compostaje y finalmente simulando las condiciones del suelo para determinar la velocidad de degradación mediante una pérdida de peso con respecto al tiempo, los resultados obtenidos en el estudio se pueden apreciar a continuación.

Una vez comprobado que los biopolímeros se degradan en presencia de ambientes húmedos se realizan otros estudios que buscan mejorar las propiedades físico-mecánicas de los biopolímeros mediante procesos amigables con el ambiente. Un artículo publicado por la revista International Journal of Macromolecules menciona que las propiedades fisicoquímicas para hacer del producto más resistente frente a estas condiciones se pueden obtener mediante la exposición de la película

de biopolímero seca y que contiene benzoato de sodio a una fuente de rayos ultravioleta (U.V), sin embargo, se especifica que al utilizar materias primas como el benzoato de sodio, el proceso no es verde, y se recomienda buscar alternativas en estudios nano moleculares (Shahabii et al., 2019).

Figura 9: Pérdida de masa con respecto al tiempo en tres ambientes simulados



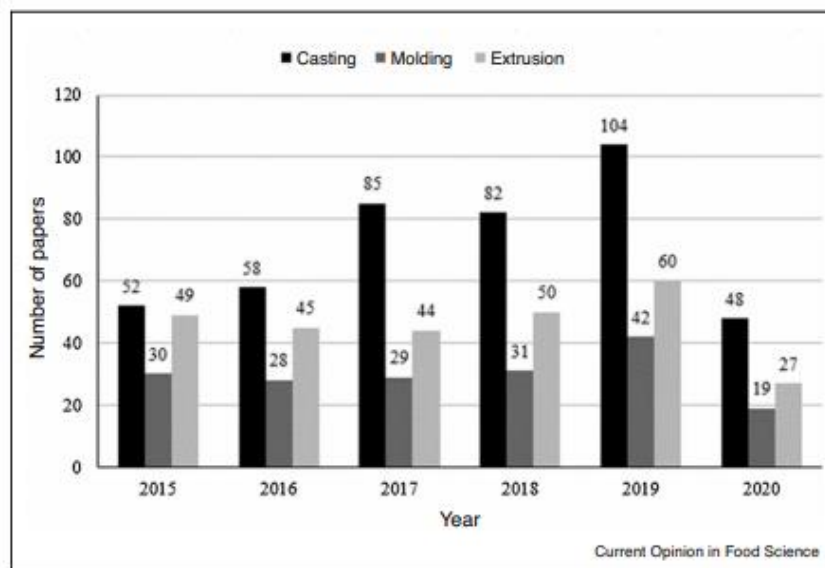
Fuente: Ashok et al, 2018.

Adicionalmente, diversos estudios determinaron que el plástico biodegradable como alternativa amigable con el ambiente es necesaria y, como se ven en muchos países en la actualidad, se toman medidas con respecto a las restricciones del uso de plásticos producidos a partir de combustibles fósiles, como, por ejemplo, el aumento en el impuesto de las bolsas e incluso la prohibición de su uso, por lo que la industria de los plásticos biodegradables se encuentra en contante crecimiento y cada vez más posee la necesidad de implementar nuevos procesos y optimizar los que ya existen, dentro de los diseños de plantas más utilizados para este tipo de procesos se encuentran son la extrusión de tornillo sencillo, la extrusión de tornillo doble, la co-extrusión y la extrusión reactiva, sin embargo, estos métodos llevados a una escala industrial suelen ser costosos y aun poseen bastantes trabas (Siqueira et al., 2021).

De los modelos que se analizaron durante el estudio presentados anteriormente se realizan especificaciones, empezando por el método tape casting, el cual se menciona como un método en el cual se utiliza una solución con el objetivo de formar una película de biopolímero, pero que esta adicionalmente debe tener un control riguroso de secado mediante exposición al aire caliente, el espesor de las películas formadas por este método se encuentran en un rango de entre 20 μm a

Imm, el segundo método especificado hace referencia a una técnica llamada molding, la cual se divide en subcategorías dependiendo del producto final que se desea obtener en la fábrica, se utilizan moldes en los cuales se presiona o se inyecta el polímero para darle la forma, y, si bien se considera un método más económico que los demás, no suele ser tan efectivo, usualmente se reporta que se utiliza este método acompañado de alguno de los otros dos presentados para mejorar la calidad del producto, y finalmente se especifica el proceso de extrusión, el cual consiste en hacer pasar el material, ya sea en estado sólido o semilíquido, y mediante una serie de discos se le da forma a la película de biopolímero. (Siqueira et al., 2021).

Figura 10: comparación de tres métodos de producción para fabricar bioplásticos



Fuente: Siqueira et al, 2020.

Un estudio determinó que aproximadamente el 26% de la semilla del aguacate se compone de almidón, el cual puede ser extraído y utilizado en otros productos, entre ellos, los envases de plásticos biodegradables, los cuales poseen cada vez una mayor demanda en el mercado (Chel et al., 2016). Adicionalmente, se realizaron estudios con respecto a las propiedades del almidón obtenido a partir de la semilla de aguacate, se trabajaron dos soluciones que contenían la semilla triturada, llegando a la conclusión de que la cantidad de almidón presente en la semilla depende

del fruto que se utilice, un punto de comparación clave es la cantidad de amilasa presente, dando como resultado para la primera solución estudiada una cantidad de $14.94 \pm 0.03\%$, mientras que para la segunda solución se obtuvo un porcentaje de amilosa de $15.78 \pm 0.02\%$. (Chel et al., 2016).

4.6 NORMATIVA COLOMBIANA

De acuerdo con (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019), Colombia tiene la necesidad de avanzar en la implementación de las políticas ambientales y sectoriales. Tanto así, que para el año 2030, se espera que Colombia haya implementado medidas concretas para una gestión sostenible del plástico. A continuación, se presenta la lista de normas colombianas que regulan el manejo y uso del plástico.

Tabla 1: Normas Colombianas relacionadas con las gestión y mitigación de plásticos (parte 1).

Norma	Resumen
Resolución 668 de 2016. Minambiente.	Por la cual se reglamenta el uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones
Resolución 2184 de 2019.	Por la cual se modifica la Resolución 668 de 2016 sobre uso racional de bolsas plásticas y se adoptan otras disposiciones
Resolución 1481 de 2018. Minambiente.	Por la cual se establece la forma y requisitos para presentar ante la Autoridad Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), las solicitudes de certificación para efectos de lo dispuesto en el párrafo 1° del artículo 512-15 y los numerales 3 y 4 del artículo 512-16 del Estatuto Tributario, relacionados con el Impuesto Nacional al Consumo de Bolsas Plásticas
Estrategia Nacional de Economía Circular. Noviembre 2018	introduce con la Estrategia nacional de economía circular nuevos elementos para fortalecer el modelo de desarrollo económico, ambiental y social del país.
Resolución 4143 de 2012. Minsalud.	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.
Resolución 1407 de 2018. Minambiente	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.

Fuente: Acoplásticos, 2021.

Tabla 2: Normas Colombianas relacionadas con las gestión y mitigación de plásticos (parte 2)

Norma	Resumen
Política Nacional de Producción y Consumo. Minambiente 2011.	Hacia una cultura de consumo sostenible y transformación productiva.
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 el departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina e Islas menores que lo componen, y se dictan otras disposiciones.
Resolución Conjunta número 1558 de 2019.	Por la cual se prohíbe el ingreso de plásticos de un solo uso en las áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia y se adoptan otras disposiciones.

Fuente: Elaboración propia a partir de información Acoplásticos, 2021.

5. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Algunas de las opciones que se han empleado para desarrollar biopelículas alrededor del mundo y determinar su viabilidad para la generación de bolsas plásticas son los biopolímeros basados en almidón de yuca, maíz, mango y aguacate. La producción de estas alternativas se han realizado mediante diferentes procesos y los resultados poseen propiedades únicas que permiten evaluar su uso en distintos ambientes y oficios. En esta sección se divide en dos partes. El análisis de estudios previos y el análisis del entorno

5.1 ANÁLISIS DE ESTUDIOS PREVIOS

En esta sección se muestran algunos de los resultados obtenidos en estudios previos, así como los pros y contras y se finaliza con una comparación entre los resultados evidenciados para las 4 materias primas.

5.1.1 Biopolímeros de almidón de Yuca: Se han encontrado muchos beneficios sobre el almidón de yuca y en varios diseños experimentales se ha verificado las características mecánicas y la viabilidad de formar biopelículas en el laboratorio. A continuación, se tendrán en cuenta los resultados de dos estudios.

El primero, se realizó en el 2014 en Colombia, lo interesante e innovador de esta alternativa es que se reforzó la malla molecular de harina de yuca y glicerol con la adición de la fibra de fique. Otro punto para resaltar de este proyecto es que se evaluaron distintas condiciones de temperatura y presión en un total de 7 muestras, con el propósito de encontrar las condiciones más estables. Dentro de las conclusiones más relevantes se puede mencionar que someter a las películas a condiciones de altas presiones y temperaturas, no favorecieron el comportamiento mecánico del material porque, las fibras proteicas del fique al desnaturalizarse produjeron aglomeraciones en la amilasa y en la amilopectina modificando la estructura de la matriz termoplástica. Así mismo se afirmó que en 180°C y a 0 psi presentaron los mayores valores en Esfuerzo en la Rotura y Modulo elástico (Navia & Bejarano, 2014).

La Escuela Superior de Agricultura Luiz de Queiroz de la Universidad de São Paulo, produjo películas biodegradables a partir de almidón de yuca mediante la técnica de fundición. Para esta investigación se utilizó glicerol como plastificante, y agua como disolvente. Así como en el estudio mencionado previamente, en este también hubo un toque de innovación, el cual consistió aplicar través de un dispersor de gas 41 mg/L de ozono (O₃) en 2 de las 3 muestras durante 15 y 30 minutos respectivamente. Mientras que la otra estuvo en condiciones normales sin recibir ozono (O₃). Los resultados obtenidos de la película de yuca no modificada fueron cercanos a los reportados por otros estudios. Otras de las conclusiones indicaron que la morfología de las películas ozonizadas fue más homogénea, compacta y con superficies lisas. Finalmente se afirma que el material obtenido a partir del almidón ozonizado fue 44% más resistente (La Fuente et al., 2019).

5.1.2 Biopolímeros de almidón de Maíz: El objetivo de esta investigación consistió en extraer almidón de los granos de maíz para luego emplearlo con glicerina y ácido acético en la elaboración de una lámina de bioplástico. En primera instancia el maíz se recolectó en la provincia de Manabí, Ecuador. Luego las muestras se trasladaron al laboratorio y se inició la extracción del almidón siguiendo un proceso de varias etapas. Para la maceración se tomaron 100 g de granos del cereal y se mezclaron con 300 mL de agua purificada. Después de efectuar todo el procedimiento de la extracción de almidón se calculó el porcentaje del rendimiento de la extracción que fue del 5,72% un valor muy pequeño comparado con otras investigaciones. Para la producción del bioplástico se agregaron: 5.72 g de almidón, 17 mL de agua destilada, 1.7 mL de Glicerina, y 3 mL de Ácido Acético al 3% v/v. Por último, se formó una lámina de bioplástico que presentó un alto nivel de degradación con un porcentaje de 89,40% en 42 días (Avellán et al., 2020).

5.1.3 Biopolímeros de almidón a partir de semilla de mango: La investigación que se describirá tuvo lugar en Indonesia, donde semillas de mango simplemente se tratan como un residuo. Como las semilla contiene reservas de macromoléculas en grandes cantidades y además tienen un contenido de almidón que se puede utilizar porque no es un sustituto de alimento básico, se decidió emplearlas para la fabricación de bioplásticos. Los niveles de amilosa en semillas de mango proporcionan propiedades mecánicas óptimas, y los niveles de amilopectina proporcionan

pegajosidad. En este estudio, el relleno utilizado fue arcilla y el glicerol actuó como el plastificante (Maulida et al., 2018).

El almidón derivado de semillas de mango se obtuvo de comerciantes de jugo en Medan, arcilla con tamaño de partícula 10,813 μm y glicerol al 99% se obtuvo de Rudang Jaya Medan. Las semillas de mango (100 gramos). Las semillas de mango ralladas se pelaron y colocaron en batidora. El almidón resultante fue un polvo grisáceo con un tamaño de partícula de malla ± 100 . El rendimiento de la extracción del almidón obtenido fue del 43,2%, lo que indica que por 100 g de semilla de mango seco se obtienen 43,2 g de almidón. Los bioplásticos con refuerzos de arcilla mejoraron su resistencia a la tracción (5.707MPa) con respecto a los bioplásticos de almidón puro (1.567 MPa). La mejora de los bioplásticos con refuerzo de arcilla podría atribuirse al fuerte enlace de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de la interfaz de ambos rellenos de arcilla y la matriz de almidón. El bioplástico con la mayor resistencia a la tracción se dosificó con el 6% de arcilla y un 25% de glicerol (Maulida et al., 2018).

5.1.4 Biopolímeros de almidón a partir de semilla de aguacate: Al ser un fruto ampliamente cultivado a lo largo de América latina y África, el aguacate se convierte en una alternativa sostenible para la producción de películas biodegradables principalmente por el hecho de que la mayor concentración de almidón se encuentra en la semilla, que es usualmente desechada por los consumidores, estudios realizados en la universidad de Yucatán (Chel et al., 2016), indican que esta semilla se compone al menos en un 51% de almidón, las propiedades físicas del almidón obtenido a partir de la semilla de aguacate poseen similitudes con el almidón obtenido a partir del maíz, adicionalmente, estudios de reología indican que el material mantiene una viscosidad constante frente a los cambios de temperatura, lo que indica que una película de biopolímeros hechos a base de semilla de aguacate son resistentes a los cambios de temperatura; otro aspecto importante de este análisis es el comportamiento de la sustancia a bajas temperaturas, comprobando un comportamiento de viscosidad constante (Chel et al., 2016).

Una de las mayores ventajas de utilizar la semilla de aguacate como fuente de almidón para la producción de bolsas biodegradables es su alta disponibilidad, pues estudios geológicos afirman que Colombia posee una tierra ideal para la producción óptima del aguacate, adicionalmente, es

una alternativa responsable debido a que cumple con el concepto de seguridad alimentaria establecido por la FAO debido a que los cultivos, si bien producen la materia prima necesaria para llevar a cabo el proceso, el primer uso del mismo se centra en el consumo humano.

Otro aspecto importante para destacar de la producción de plástico biodegradable a partir de las semillas del aguacate es la posibilidad de mejorar la calidad del plástico mediante estudios micro moleculares, un estudio realizado en la universidad de Sumatera Utara en Indonesia (Lubis et al., 2018) propone utilizar microcristales de celulosa y glicerol como agente plastificante para mejorar las propiedades de los plásticos biodegradables obtenidos a partir de las semillas de aguacate, los resultados indican que la resistencia a la tensión y la elasticidad del plástico mejoran, cumpliendo incluso los estándares de calidad establecidos, y a su vez, siendo capaz de competir en el mercado. En la tabla 3 se presenta un cuadro comparativo de alternativas.

5.2 ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

A continuación, se evaluarán distintos aspectos que determinan la factibilidad de la producción de bioplástico a partir de las semillas de aguacate. Debido al alcance del proyecto, se plantearán diferentes etapas que le darán mayor robustez a la investigación, pues es de vital importancia comprender que gracias a los estadios y a sus respectivos resultados se alcanzarán distintas metas.

5.2.1 Aspecto Ambiental: Teniendo en cuenta que la producción de bioplásticos a partir de almidón brinda una luz de esperanza en la mitigación de impactos negativos sobre ecosistemas y animales y la sociedad. Además, se debe tener presente que la fabricación de esta clase de plásticos debe ser planeada para optimizar los recursos empleados. Por ejemplo Cerda (2020), indicó los factores críticos para la gestión eficiente del recurso hídrico. Por otra parte, se están desarrollando campañas y actividades a lo largo del territorio nacional que buscan concientizar a los productores de su responsabilidad en el ciclo de vida del producto y a los consumidores se llega con planes de educación ambiental que permitan hacerlos conscientes para lograr un consumo sostenible y una disposición adecuadas de los residuos (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2019).

Tabla 3: Cuadro resumen de alternativas realizadas con 4 fuentes distintas de almidón

Almidón	Estudio	Plastificantes	Innovación	Resultados
Yuca	(Navia & Bejarano, 2014)	Glicerol	Se agrega fibra de fique	La temperatura de 180°C y la presión a 0 psi mejoró condiciones mecánicas del material
	(La Fuente et al., 2019)	Glicerol	Ozonización del almidón	Biopelícula 44% más resistente
Maíz	(Avellán et al., 2020)	Glicerina	Se empleó ácido acético	5,72% de extracción y se degradó el 89,40% en 42 días
Mango	(Maulida et al., 2018)	Glicerol	Arcilla	Extracción del almidón obtenido fue del 43,2%. Los bioplásticos con refuerzos de arcilla mejoraron su resistencia a la tracción
Aguacate	(Chel et al., 2016)	Caracterización fisicoquímica y reológica de los almidones aislado	Uso de dos disolventes	Estructura molecular mejorada a temperatura ambiente
	(Lubis et al., 2018)	Celulosa y Glicerol	Estudios moleculares	Se mejora la resistencia a la tensión. Se mejora la elasticidad. Permite competir en el mercado

Fuente: Elaboración Propia, 2021.

Para terminar, desde el principio se debe asegurar el uso adecuado de la materia prima (antes residuo) para evitar un uso extensivo de tierra cultivable que conllevaría no solo a deforestación sino podría comprometer el abastecimiento de alimentos y podría tener problemas para el reciclaje (Arikan & Ozsoy, 2015).

5.2.2 Aspecto Económico: El Banco Mundial (2021), confirmó que la economía colombiana en 2019 creció un 3.3% y aunque para el 2020 se preveía una aceleración mayor, la pandemia de Covid-19, generó el efecto contrario golpeando de tal forma este sector con una contracción del 6.8%. El panorama se vislumbra como la peor recesión en casi medio siglo. Es más, el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas ha confirmado que el 42.5% de los habitantes está en condiciones de pobreza y el desempleo está por el orden del 15% (DANE, 2021) .

Aunque todavía no se puede hablar de una reapertura económica, se afirma que la creación de empresas motivaría al sector financiero y se estaría creando empleo. Además se sabe que el potencial de la industria de bioplásticos está en constante crecimiento (European Bioplastics, 2020). Sin embargo, las inversiones para maquinaria y equipos son una restricción, pero no un impedimento para poner en marcha la producción de bioplásticos. Por tal razón y dependiendo de la etapa del proyecto se plantean las siguientes alternativas:

- Como se espera que el siguiente semestre se puedan hacer uso de los laboratorios, se plantearía en un semillero de investigación la fase del aislamiento del almidón, la creación de la bio-película y la evaluación de propiedades físicas.
- Después de determinar las concentraciones y verificar que la película es funcional, se podría plantear el proyecto ante ángeles inversionistas como Fondo Emprender.
- A partir de estos resultados se podría plantear la inversión en equipos y arrendamiento para fabricar las bolsas y empezar su comercialización.

5.2.3 Aspecto Legal: En cuanto a términos legales, se establece que Colombia cuenta con uno de los marcos normativos más completos, lo que guiaría y determinará la visión de las diferentes etapas del proyecto, por ejemplo, en la etapa de experimentación nos acogeremos a normas técnicas colombianas que garantizan la calidad del producto. En la etapa investigación y desarrollo se podría generar una patente y en la etapa de creación de producto se deben seguir todos los requisitos para formalizar la empresa.

5.2.4 Aspecto Sociocultural: En cuanto al aspecto sociocultural se establece que actualmente hay un despertar individual que hace las personas estén interesados por salvaguardar su lugar de residencia. Este punto se complementa con políticas como la de Producción y Consumo Sostenible y con los programas de educación ambiental que pretender enganchar al consumidor.

6. SOLUCIÓN DE INGENIERÍA

En el proceso de selección de materia prima para llevar a cabo la solución de ingeniería se tiene en cuenta lo mencionado en el capítulo 5 de análisis de alternativas, a primera vista se descartan la yuca y el maíz, debido a que trabajando en el marco de la sostenibilidad y la seguridad alimentaria, no se van a utilizar materias primas destinadas directamente al consumo humano, por lo tanto, las alternativas a tener en cuenta son las semillas de aguacate y las semillas de mango; tras realizar la comparación entre las alternativas, se determina que se utilizará la semilla de aguacate debido a las similitudes entre el almidón obtenido a partir de esta y el que se obtiene a partir del maíz, siendo prometedor para el desarrollo de películas biodegradables.

6.1 PROPUESTA METODOLÓGICA

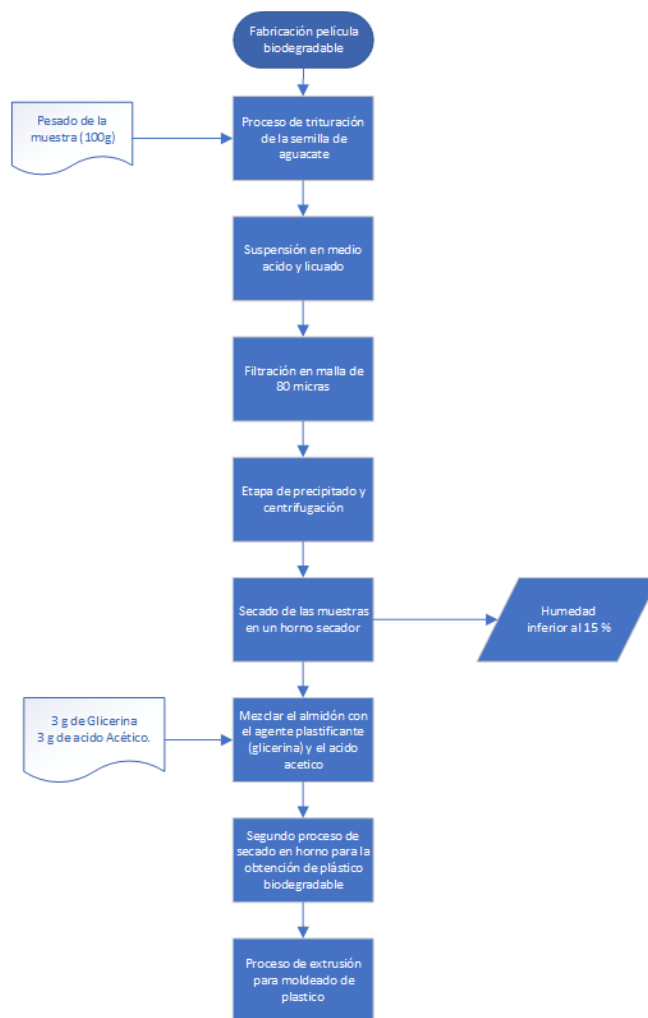
Con el objetivo de obtener una película biodegradable que se diferencie de las demás desde su fabricación, se han evaluado diferentes alternativas desde las materias primas necesarias para su fabricación, encontrando que, bajo el marco de la química verde es posible reemplazar sustancias como ácidos inorgánicos como el ácido clorhídrico (HCl) por sustancias más amigables con el medio ambiente, como lo es el ácido acético ($C_2H_4O_2$) para disolver la celulosa presente en la semilla del aguacate, adicionalmente, se busca alcanzar propiedades que cumplan con los estándares de calidad establecidos para los plásticos de un solo uso en Colombia.

Dentro de los protocolos de evaluación están las pruebas térmicas, en las cuales se debe analizar el efecto de los cambios de temperatura en la estabilidad del polímero, pruebas de resistencia, con el objetivo de determinar el peso y la tensión máximos que puede soportar el biopolímero y finalmente pruebas de biodegradabilidad, con el objetivo de corroborar que el bioplástico obtenido posee la capacidad de biodegradarse más rápidamente que los plásticos obtenidos a partir del LDPE.

6.1.1 Extracción de almidón y formación de película: Debido a la situación actual que enfrenta el mundo con la pandemia, a causa de la propagación de la enfermedad por el virus SARS-CoV:2, no fue posible realizar las practicas experimentales correspondientes al proceso de fabricación de

la película de biopolímero obtenida a partir de almidón en la semilla de aguacate, sin embargo, la metodología que se planeaba llevar a cabo en el laboratorio se describe en la figura 11.

Figura 11: Diagrama de flujo práctica experimental



Fuente: Elaboración propia, 2021

Como resultado de la práctica experimental se esperaba obtener una película de plástico biodegradable que tuviera propiedades similares y comparables a las analizadas en la literatura.

6.1.2 Análisis de las propiedades mecánicas: Se esperaba llevar a cabo un análisis de resistencia del plástico biodegradable con el objetivo de determinar la tensión máxima que soporta la película antes de romperse, la elasticidad y la biodegradabilidad de esta, basándonos en la literatura

analizada para el planteamiento del proyecto se esperaban obtener cifras cercanas a los valores reportados en los documentos de investigación sobre análisis de biodegradación en ambientes controlados de las películas biodegradables, esto con el objetivo de que sea una alternativa a el problema de contaminación de los mares por plástico; otra propiedad importante a resaltar es la solubilidad de estos bioplásticos en agua, lo que permite una mejor disposición tras su utilización.

6.1.3 Fabricación de la bolsa plástica: Para el proceso de producción de bolsas plásticas biodegradables se plantea escalar el proceso de laboratorio a una escala industrial, teniendo como objetivo la producción de 280 kilogramos de película plástica diarias, dentro de la maquinaria requerida para el proceso se encuentran el horno secador de biomasa, la extrusora y una máquina de sellado y cortado para llevar a cabo el proceso separación en lotes del producto final, a continuación se pueden observar las especificaciones técnicas de la maquinaria del proceso.

Tabla 4: Especificaciones técnicas de la extrusora

Extrusora	
Salida (Kg/h)	35-40
Voltaje	380V,220V,440V
Certificación	CE
Espesor de la película	0.002-0.15
Método utilizado	Moldeo por soplado

Fuente: Alibaba, 2021.

Figura 12: Extrusora para bolsas plásticas



Fuente: Alibaba, 2021.

Otro equipo fundamental para el proceso de producción de bolsas biodegradables es el horno secador de biomasa, este equipo posee las siguientes especificaciones técnicas.

Tabla 5: Especificaciones técnicas del horno de secado

Horno Secador	
Volumen (L)	53
Voltaje	220 V
Numero de placas	2 a 5
método de calefacción	calefacción eléctrica

Fuente: Alibaba, 2021

Figura 13: Horno secador de biomasa



Fuente: Alibaba, 2021

Finalmente se debe tener en cuenta la máquina de sellado y cortado para las bolsas biodegradables la cual se utilizará con el objetivo de sellar y cortar las bolsas obtenidas a partir del proceso de extrusión y moldeado, las especificaciones técnicas del equipo se presentan en la tabla 5.

Tabla 6: Especificaciones técnicas de la maquina cortadora y selladora

Máquina de sellado y cortado	
Potencia de corte por calor (KW)	0.4
Peso del rollo de película (Kg)	<200
Dimensiones (LxWxH)(mm)	5000*2000*1000
Potencia de entrega de bolsas (KW)	0.37

Fuente: Alibaba, 2021.

Figura 14: Máquina cortadora y selladora



Fuente: Alibaba, 2021.

6.2 PLAN DE DESARROLLO

Utilizando la herramienta Microsoft Project 2019, se establece el cronograma de actividades necesarias que se deben llevar a cabo con el objetivo de implementar la planta de producción de plásticos biodegradables. A continuación, se indican las fases a considerar dentro del cronograma que se presenta en la figura 15.

- Adecuación de las instalaciones para la planta de producción.
- Etapa de compra de equipos e instrumentación.
- Etapa de instalación de equipos.
- Plan de seguridad y salud en el trabajo.
- Plan de gestión de residuos.
- Fase de operación de la planta.
- Gestión de recursos humanos.
- Análisis financiero.
- Gestión de la distribución.
- Auditoría interna.

Figura 15: Diagrama de Gantt con las fases del proyecto

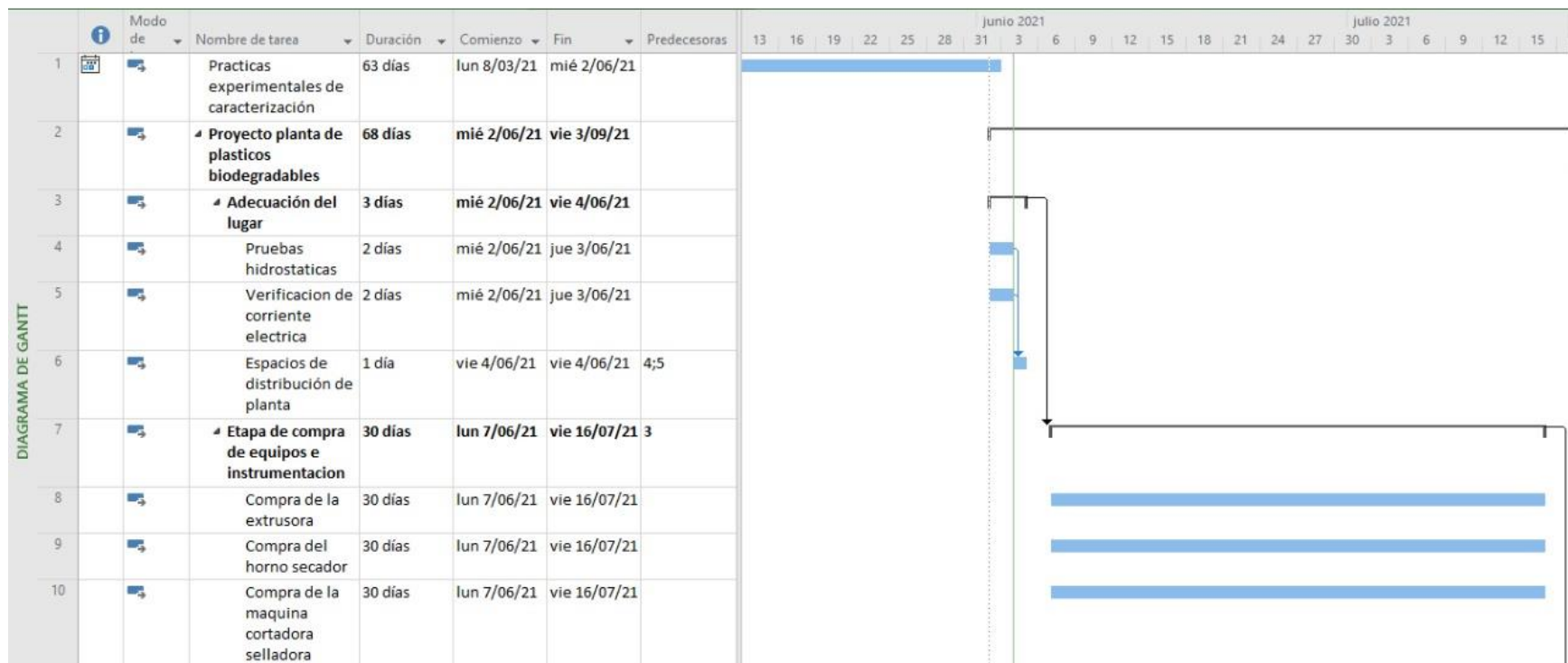
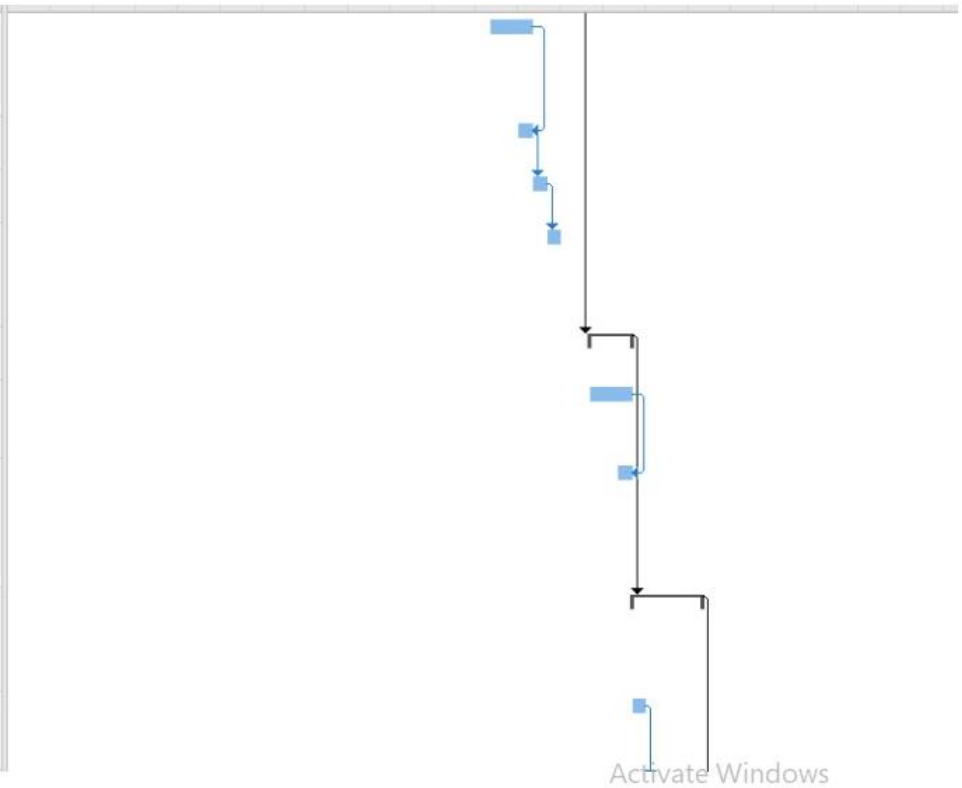


DIAGRAMA DE GANTT

12		Seguimiento del plan de distribución de planta	3 días	lun 19/07/21	mié 21/07/21	
13		Instalacion de extrusora	1 día	mié 21/07/21	mié 21/07/21	12FF
14		Instalacion de horno secador	1 día	jue 22/07/21	jue 22/07/21	13
15		Instalacion de maquina cortadora y selladora	1 día	vie 23/07/21	vie 23/07/21	14
16		4 Gestion de materias primas	3 días	lun 26/07/21	mié 28/07/21	11
17		Negociación con proveedores	3 días	lun 26/07/21	mié 28/07/21	
18		Verificación de las tarifas de servicios públicos (suscripción)	1 día	mié 28/07/21	mié 28/07/21	17FF
19		4 Plan de gestión de salud y seguridad en el trabajo	3 días	jue 29/07/21	lun 2/08/21	16
20		Evaluacion de riesgos para la salud	1 día	jue 29/07/21	jue 29/07/21	



Activate Windows

21		Plan de evacuacion en caso de incendio	1 día	vie 30/07/21	vie 30/07/21	20
22		Capacitaciones en planes de manejo de emergencias	1 día	lun 2/08/21	lun 2/08/21	21
23		Analisis de riesgos locativos	1 día	vie 30/07/21	vie 30/07/21	21FF
24		Plan de gestion de residuos	7 días	mar 3/08/21	mié 11/08/21	19
25		Plan de gestion de residuos solidos	7 días	mar 3/08/21	mié 11/08/21	
26		Plan de gestion de residuos liquidos	7 días	mar 3/08/21	mié 11/08/21	
27		Definicion de indicadores de consumo	2 días	mar 3/08/21	mié 4/08/21	
28		Fase de Operación de la planta	6 días	jue 12/08/21	jue 19/08/21	24
29		Establecimiento de zona de descarga de materias	3 días	jue 12/08/21	lun 16/08/21	

DIAGRAMA DE GANTT

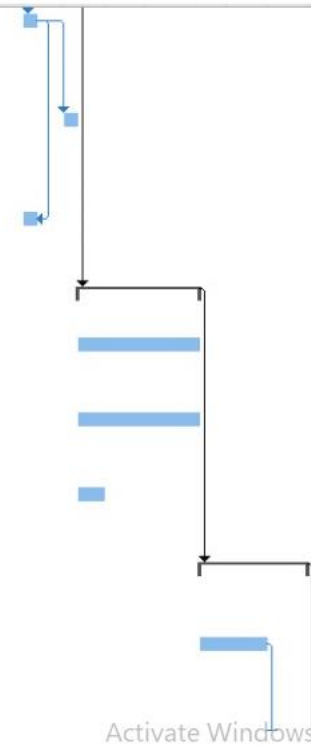
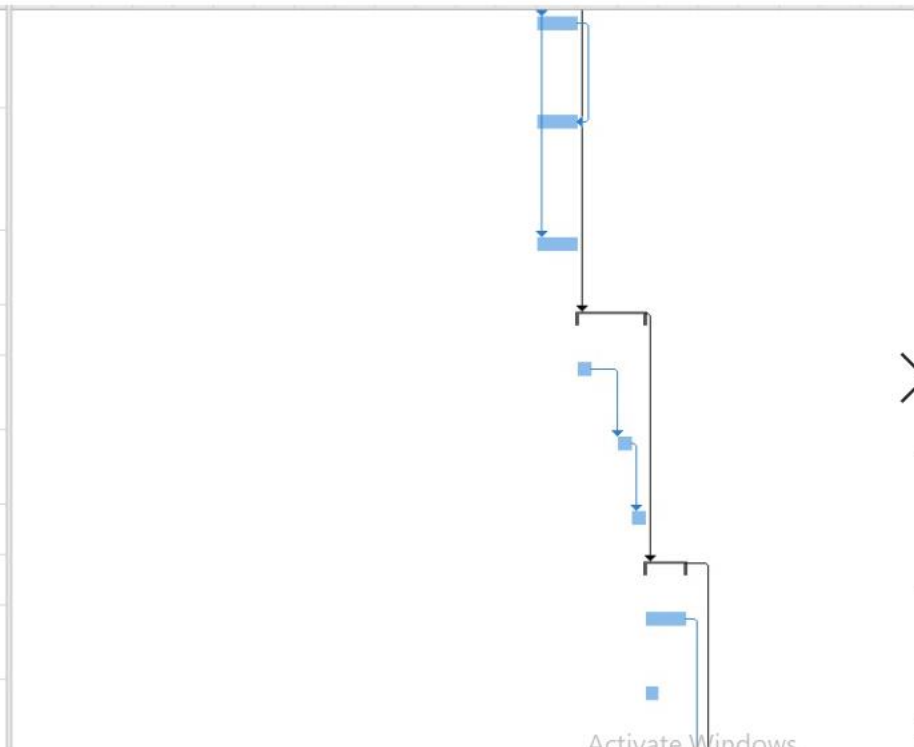


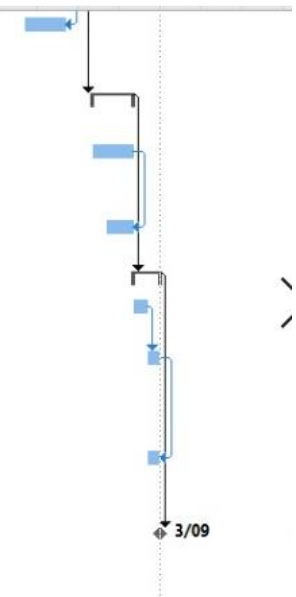
DIAGRAMA DE GANTT

30		Establecimiento de zona de carga de plasticos	3 días	mar 17/08/21	jue 19/08/21	29
31		Adecuacion de bodegas y almacen de materia prima e insumos	3 días	mar 17/08/21	jue 19/08/21	30FF
32		Adecuacion de almacen para productos	3 días	mar 17/08/21	jue 19/08/21	29
33		▲ Gestion de recursos humanos	3 días	vie 20/08/21	mar 24/08/21	28
34		Establecimiento de puestos de trabajo	1 día	vie 20/08/21	vie 20/08/21	
35		Verificacion de perfiles profesionales	1 día	lun 23/08/21	lun 23/08/21	34
36		Planeacion de capacitaciones	1 día	mar 24/08/21	mar 24/08/21	35
37		▲ Analisis financiero	3 días	mié 25/08/21	vie 27/08/21	33
38		Proyeccion de demanda del producto	3 días	mié 25/08/21	vie 27/08/21	
39		Analisis de tasa de retorno de inversion	1 día	mié 25/08/21	mié 25/08/21	



40		Proyeccion de la oferta del producto	3 días	mié 25/08/21	vie 27/08/21	38FF
41		▲ Gestion de la distribución	3 días	lun 30/08/21	mié 1/09/21	37
42		Alianza con empresa de transporte	3 días	lun 30/08/21	mié 1/09/21	
43		Gestion de rutas de envios	2 días	mar 31/08/21	mié 1/09/21	42FF
44		▲ Auditoria interna	2 días	jue 2/09/21	vie 3/09/21	41
45		Reunion de auditoria	1 día	jue 2/09/21	jue 2/09/21	
46		Verificacion de cumplimiento de requisitos de calidad	1 día	vie 3/09/21	vie 3/09/21	45
47		Reunion de cierre de auditoria	1 día	vie 3/09/21	vie 3/09/21	46FF
48		Inauguracion de la planta de producción	0 días	vie 3/09/21	vie 3/09/21	44

DIAGRAMA DE GANTT



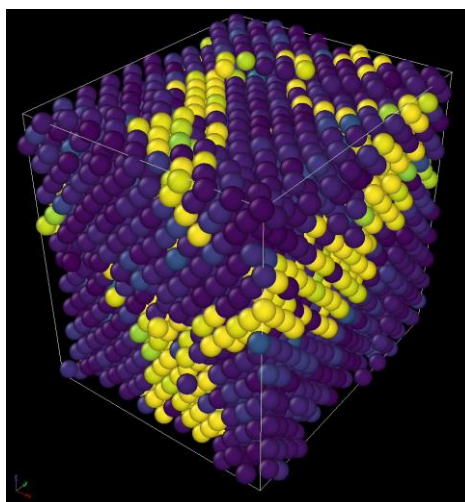
Fuente: Elaboración propia, 2021.

6.3 SIMULACIONES INICIALES

Se hizo una búsqueda de software de simulación de átomos y moléculas con el objetivo de realizar y plantear un prototipo. Se encontraron las siguientes herramientas: Ansys y LAMMP. Por restricciones de software libre se decidió usar LAMMPS. Como resultado se obtuvieron dos simulaciones que muestran el análisis de átomos bajo efectos de compresión y un polímero expuesto a una fuente de temperatura. Las simulaciones son básicas dada la curva de aprendizaje requerida para realizar casos avanzados.

En primera instancia se determinaron las funcionalidades de inicio del programa para lograr entender las variables. Después se verificó el tutorial que permitió hacer la Simulación atómica de compresión unidireccional, en la dirección $\langle 100 \rangle$ de un cristal de cobre a una tasa de compresión de 10^{10} s^{-1} y una temperatura de 300K. En color se observa el centro de simetría de cada átomo. Este centro de simetría indica que tan cerca de su posición están los átomos de una red cristalina perfecta. El color morado, indica una cercanía alta a la posición cristalina correcta, mientras que el amarillo, muestra que el átomo está en una posición incorrecta dentro de la red cristalina y por lo tanto puede estar vibrando por fuera de la estructura.

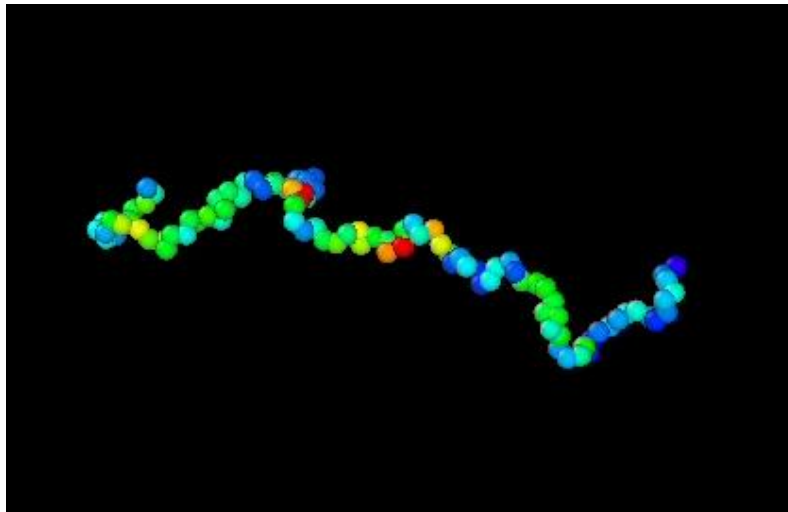
Figura 16: Estructura cristalina del Cobre (Cu)



Fuente: Elaboración propia, 2021 a partir de LAMMPS.

Después se buscó el módulo de biopolímeros, pero no cuentan con esta funcionalidad. Sin embargo, se encontró que hay un espacio para simular el movimiento estructural de un polímero causado por fuerzas moleculares entre átomos y la temperatura. En la simulación se obtuvo un polímero de 100 átomos. El color azul indica baja energía potencial, mientras que los colores verde y rojo muestran una energía potencial alta.

Figura 17: Movimiento estructural de un polímero sometido a calentamiento



Fuente: Elaboración propia, 2021 a partir de LAMMPS.

Aunque previamente se han descrito varias puntos positivos sobre los bioplásticos, también se debe mencionar que tiene muchos aspectos por mejorar dentro de los que se enumeran los costos, el procesamiento y el rendimiento. Entre las propiedades más delicadas para determinar su viabilidad están la sensibilidad a la humedad y la resistencia al calor. Con base a estas características de importancia se realizó una simulación sobre un polímero para determinar su comportamiento ante una fuente de calor, se espera que en un futuro próximo este tipo de simuladores cuenten con una sección para bioplásticos con el fin de comparar los resultados obtenidos en laboratorios y que contribuya en los procesos de calidad del material.

7. ANÁLISIS DE COSTOS

Los costos del proyecto se distribuyen en diversos grupos, entre ellos se encuentran los costos directos asociados a la producción de los plásticos biodegradables hechos a partir de almidón, dentro de estos costos se encuentran los valores de maquinaria, materia prima, mano de obra y servicios asociados a el proceso de producción. Para la determinación del presupuesto requerido para desarrollar el proyecto planteado se empleó el simulador financiero (Reyes, 2015).

7.1 COSTOS FIJOS

Dentro de los costos fijos asociados al proyecto se tienen los costes de maquinaria, estos costos fueron obtenidos de la tienda virtual Alibaba de maquinaria

Tabla 7: Costo de maquinaria

Maquinaria	Cantidad	Costo
Horno para biomasa	1	9.270.000 COP
Extrusora	1	37.080.000 COP
Máquina de corte y sellado	1	2.200.000 COP

Fuente: Elaboración propia, 2021

Adicionalmente, se debe contemplar la materia prima la cual se adquiere de diversos proveedores.

Tabla 8: Costo de materia prima

Materia prima	Costo (COP)
Semillas de aguacate (Kg)	48.315
Glicerina (Kg)	27.000
Agua (m ³)	3.902

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Debido a que es necesario determinar la cantidad de materia prima requerida para la producción de un kilogramo de la película biodegradable, basándose en un estudio realizado en la universidad de Piura en el cual se realizaron pruebas experimentales en los cuales se afirma que “para producir un kilogramo de bolsa se requieren de 143 gramos de almidón, 143 gramos de

glicerina y 572 ml de agua” (Yamunaqué et al., 2018). Y que el almidón presente en una semilla de aguacate es aproximadamente el 30 % de su masa total, se estima que el costo de producción de un kilogramo de bolsa biodegradable en Colombia es:

Tabla 9: Costo total por kilogramo de bolsa biodegradable

Materia prima	Cantidad	Costo (COP)
Almidón (g)	143	23.030.15
Glicerina (g)	143	3.861
Agua (ml)	572	2,23
Costo total/Kg de bolsa	26.893,38 COP	

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Otros costos para considerar en el análisis financiero son los gastos generales los cuales contemplan lo siguiente: Gastos Administrativos, estos gastos son simulados al requerir una bodega de aproximadamente 375 m² con un gasto de servicio públicos de estrato tres localizada en el municipio de Sopó.

Tabla 10: Gastos administrativos

Otros costos	Mes	Año
Arriendo	\$ 3.400.000	\$ 40.800.000
Agua	\$ 200.000	\$ 2.400.000
Luz	\$ 165.000	\$ 1.980.000
Internet	\$ 150.000	\$ 1.800.000
Total	\$ 3.915.000	\$ 46.980.000

Fuente: Elaboración propia, 2021.

Se realizó el estudio de los costos en capital de trabajo para poder comenzar con la operación, se requiere la cantidad de diez personas de las cuales cuatro son técnicos en maquinaria pesada, un coordinador de operaciones, dos agentes comerciales, un contador, un recepcionista, un asesor de mercadeo (freelance) y un director operativo en el siguiente grafico se muestran los salarios de cada uno de los colaboradores al mes y en un año.

Tabla 11: Descripción de cargos del personal requerido

Personal Requerido	Salario Mes	Salario Año
Técnico en maquinaria pesada	\$1.373.900	\$ 16.486.800
Técnico en maquinaria pesada	\$1.373.900	\$ 16.486.800
Técnico en maquinaria pesada	\$1.373.900	\$ 16.486.800
Técnico en maquinaria pesada	\$1.373.900	\$ 16.486.800
Coordinador operativo	\$ 2.000.000	\$ 24.000.000
Agente comercial 1	\$ 2.000.000	\$ 24.000.000
Agente comercial 2	\$ 2.000.000	\$ 24.000.000
Contador	\$ 2.174.638	\$ 26.095.656
Recepcionista	\$963.533	\$ 11.562.396
Director operativo	\$4.500.000	\$ 54.000.000
Freelance Mercadeo	\$1.300.240	\$ 15.602.880
Total	\$19.133.771	\$ 229.605.252

Fuente: Elaboración propia, 2021.

A partir de los costos mencionados anteriormente se realiza una proyección a cinco años con el objetivo de determinar la rentabilidad del proyecto, con ayuda de un simulador financiero se obtiene un basándose en una producción anual de 24 toneladas de película biodegradable.

Tabla 12: Estados financieros del proyecto de películas biodegradables (Simulador financiero).

	2021	2022	2023	2024	2025
VENTAS	\$ 1.320.000.000	\$ 1.427.580.000	\$ 1.573.906.950	\$ 1.768.284.458	\$ 2.042.368.549
COSTO VENTAS	\$ 709.985.232	\$ 753.223.333	\$ 814.611.034	\$ 897.782.821	\$ 1.017.187.936
UTILIDAD BRUTA	\$ 610.014.768	\$ 674.356.667	\$ 759.295.916	\$ 870.501.637	\$ 1.025.180.613
GASTOS ADTIVOS Y VTAS	\$ 229.605.252	\$ 241.085.515	\$ 253.139.790	\$ 265.796.780	\$ 279.086.619
GASTOS FIJOS DEL PERIODO	\$ 179.813.364	\$ 188.804.032	\$ 198.244.234	\$ 208.156.446	\$ 218.564.268
OTROS GASTOS	\$ 15.602.880	\$ 16.070.966	\$ 16.553.095	\$ 17.049.688	\$ 17.561.179
DEPRECIACIÓN	\$ 8.443.780	\$ 8.443.780	\$ 8.443.780	\$ 8.443.780	\$ 8.443.780
UTILIDAD OPERATIVA	\$ 176.549.492	\$ 219.952.374	\$ 282.915.016	\$ 371.054.944	\$ 501.524.768
GASTOS FINACIEROS	\$ 92.999.317	\$ 82.522.744	\$ 69.003.775	\$ 51.558.897	\$ 29.048.027
UTILIDAD ANTES DE IMPTOS	\$ 83.550.175	\$ 137.429.630	\$ 213.911.241	\$ 319.496.046	\$ 472.476.741
IMPUESTOS	\$ 25.900.554	\$ 42.603.185	\$ 66.312.485	\$ 99.043.774	\$ 146.467.790
UTILIDAD NETA	\$ 57.649.621	\$ 94.826.444	\$ 147.598.756	\$ 220.452.272	\$ 326.008.951

Fuente: Elaboración propia a partir del Simulador financiero, 2021.

Tabla 13: Balance general del proyecto

	AÑO 0	2021	2022	2023	2024	2025
ACTIVO						
CAJA/BANCOS	\$ 283.751.682	\$ 339.669.285	\$ 355.439.596	\$ 380.293.094	\$ 416.804.908	\$ 478.201.741
FIJO NO DEPRECIABLE	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
FIJO DEPRECIABLE	\$ 66.493.900	\$ 66.493.900	\$ 66.493.900	\$ 66.493.900	\$ 66.493.900	\$ 66.493.900
DEPRECIACIÓN ACUMULADA	\$ -	\$ 8.443.780	\$ 16.887.560	\$ 25.331.340	\$ 33.775.120	\$ 42.218.900
ACTIVO FIJO NETO	\$ 66.493.900	\$ 58.050.120	\$ 49.606.340	\$ 41.162.560	\$ 32.718.780	\$ 24.275.000
TOTAL ACTIVO	\$ 350.245.582	\$ 397.719.405	\$ 405.045.936	\$ 421.455.654	\$ 449.523.688	\$ 502.476.741
PASIVO						
Impuestos X Pagar	\$ -	\$ 25.900.554	\$ 42.603.185	\$ 66.312.485	\$ 99.043.774	\$ 146.467.790
TOTAL PASIVO CORRIENTE	\$ -	\$ 25.900.554	\$ 42.603.185	\$ 66.312.485	\$ 99.043.774	\$ 146.467.790
Obligaciones Financieras	\$ 320.245.582	\$ 284.169.230	\$ 237.616.306	\$ 177.544.413	\$ 100.027.642	\$ -
PASIVO	\$ 320.245.582	\$ 310.069.785	\$ 280.219.491	\$ 243.856.897	\$ 199.071.416	\$ 146.467.790
PATRIMONIO						
Capital Social	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000	\$ 30.000.000
Utilidades del Ejercicio	\$ -	\$ 57.649.621	\$ 94.826.444	\$ 147.598.756	\$ 220.452.272	\$ 326.008.951
TOTAL PATRIMONIO	\$ 30.000.000	\$ 87.649.621	\$ 124.826.444	\$ 177.598.756	\$ 250.452.272	\$ 356.008.951
TOTAL PAS + PAT	\$ 350.245.582	\$ 397.719.405	\$ 405.045.936	\$ 421.455.654	\$ 449.523.688	\$ 502.476.741

Fuente: Elaboración propia a partir del Simulador financiero, 2021.

Adicionalmente para el flujo de caja se obtuvo que:

Tabla 14: Flujo de caja del proyecto

	AÑO 0	2021	2022	2023	2024	2025
Activos Corrientes	\$ 283.751.682	\$ 339.669.285	\$ 355.439.596	\$ 380.293.094	\$ 416.804.908	\$ 478.201.741
Pasivos Corrientes	\$ -	\$ 25.900.554	\$ 42.603.185	\$ 66.312.485	\$ 99.043.774	\$ 146.467.790
KTNO	\$ 283.751.682	\$ 313.768.731	\$ 312.836.411	\$ 313.980.609	\$ 317.761.134	\$ 331.733.951
Activo Fijo Neto	\$ 66.493.900	\$ 58.050.120	\$ 49.606.340	\$ 41.162.560	\$ 32.718.780	\$ 24.275.000
Depreciación Acumulada	\$ -	\$ 8.443.780	\$ 16.887.560	\$ 25.331.340	\$ 33.775.120	\$ 42.218.900
Activo Fijo Bruto	\$ 66.493.900	\$ 66.493.900	\$ 66.493.900	\$ 66.493.900	\$ 66.493.900	\$ 66.493.900
Total Capital Operativo Neto	\$ 350.245.582	\$ 371.818.851	\$ 362.442.751	\$ 355.143.169	\$ 350.479.914	\$ 356.008.951

Fuente: Elaboración propia a partir del Simulador financiero, 2021.

De estos análisis se puede obtener la rentabilidad del proyecto y el retorno de la inversión, como se puede ver en la siguiente figura.

Figura 18: Tasa interna de retorno obtenida del análisis financiero

VALOR PRESENTE NETO DEL PROYECTO =	\$ 239.389.959
TASA INTERNA DE RETORNO =	43,42%

Fuente: Simulador financiero, 2021.

Este valor indica que, tras 5 años de operación, la empresa, además de haber recuperado la inversión inicial, obtendría ganancias de 239.389.958 COP, lo que demuestra que realizar las películas a base de almidón de semilla de aguacate y extrapolar su fabricación a bolsas de bioplástico no solo es viable sino rentable.

8. CONCLUSIONES

Los bioplásticos son una de las mejores alternativas para sustituir el uso de polímeros sintéticos provenientes de petroquímicos. Mitigan muchos impactos negativos porque disminuyen la huella de carbono de la industria, provienen de fuentes renovables, en su producción usan menos energía comparado con la fabricación convencional, producen menos gases de efecto invernadero y se degradan. Sin embargo su proceso productivo es muy costoso porque son escasos, puede poner en juego la seguridad alimentaria, sus propiedades todavía están en estudio pero su resistencia y su estabilidad son bajas y hay una producción limitada que depende tierras cultivables.

Teniendo en cuenta la situación actual del país, reconocida no solo porque se encuentra enfrentando el mayor pico presentado por contagios de Covid-19, sino también por la coyuntura generada por 1 mes de manifestaciones en las que la ciudadanía se ha empoderado por abogar condiciones de igualdad, se afirma que no fue posible utilizar el laboratorio para hacer la extracción de almidón planteado y la creación de la biopelícula para avanzar con el ensayo de materiales.

En la primera etapa de realización del proyecto que consiste en la revisión bibliográfica y en la simulación, no se está contribuyendo a la disminución de impactos sobre el entorno. Incluso ni en la etapa de experimentación en el laboratorio, ni en los primeros años de comercialización se harán tangibles estos cambios. Todo esto ocurrirá a largo plazo cuando la producción sea a gran escala y se hayan casi desplazado los plásticos convencionales. Pero desde las fases iniciales si se lograra ver un avance en la implementación de la economía circular, debido a que se está dejando de lado la noción lineal de extracción, consumo y disposición y se está incorporando un residuo como materia prima.

En contraparte se buscó la posibilidad de simular en un software de materiales, los resultados de estudios previos, para obtener un prototipo digital. En esta búsqueda se encontró el software LAMMP el cual permite verificar las relaciones intermoleculares de situaciones específicas. Lamentablemente todavía se encuentran en desarrollo y no cuentan con módulos avanzados para el comportamiento de biopolímeros, lo que permite concluir que en este campo de

la ciencia hay un potencial de crecimiento y desarrollo. Sin embargo requiere de especialistas en programación, análisis de materiales e innovación.

A nivel económico sería completamente beneficioso e importarte poder construir y aportar para el desarrollo financiero, sin embargo hay que pasar diversas etapas y buscar fondos que permitan tener la inversión inicial del proyecto y mantenerse mientras se consigue el punto de equilibrio. Se podría contratar mano de obra, pero la experticia y la innovación serían pilares fundamentales en la generación de un nuevo producto.

9. REFERENCIAS

- Acoplásticos. (2021). *Normatividad Ambiental*. <https://www.acoplasticos.org/index.php/mnu-nos/mnu-nos-ma/opm-ma-noram>
- Arikan, E. B., & Ozsoy, H. D. (2015). *A Review: Investigation of Bioplastics*. 9, 188–192. <https://doi.org/10.17265/1934-7359/2015.02.007>
- Ashok, A., Abhijith, R., & Rejeesh, C. R. (2018). Material characterization of starch derived bio degradable plastics and its mechanical property estimation. *Materials Today Proceedings*, 5(1), 2163–2170. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.09.214>
- Avellán, A., Díaz, D., Mendoza, A., Zambrano, M., Zamora, Y., & Riera, M. A. (2020). Obtención de bioplástico a partir de almidón de Maíz (*Zea mays* L.). *Revista Colón Ciencias, Tecnología y Negocios*, 7(1), 1–17. <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/215/215974004/index.html>
- Balaji, A. B., & Liu, X. (2021). Plastics in Circular Economy: A Sustainable Progression. In L. Liu & S. Ramakrishna (Eds.), *Introduction to Circular Economy* (1st ed., pp. 159–178). Springer Singapore. https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/EnvironmentalReports/2019/ENVReport2019_pg275-278.pdf
- Banco Mundial. (2021). *Colombia: panorama general*.
- Beaumont, N. J., Aanesen, M., Austen, M. C., Börger, T., Clark, J. R., Cole, M., Hooper, T., Lindeque, P. K., Pascoe, C., & Wyles, K. J. (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin*, 142(January), 189–195. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.022>
- Casarejos, F., Bastos, C. R., Ru, C., & Frota, M. N. (2018). Rethinking packaging production and consumption vis-a-vis _ circular economy: A case study of compostable cassava starch-based material. *Journal of Cleaner Production*, 201, 1019–1028. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.08.114>
- Cerda, I. P. (2020). *Análisis de la Huella Hídrica a lo Largo del Ciclo de Vida de Producción de*

Bioplásticos (Issue February, pp. 1–207).

- Chalmin, P. (2019). The history of plastics: From the capitol to the tarpeian rock. *Field Actions Science Report*, 19(Special Issue), 6–11. <https://journals.openedition.org/factsreports/5071>
- Chel, L., Barbosa, E., Martínez, A., González, E., & Betancur, D. (2016). Some physicochemical and rheological properties of starch isolated from avocado seeds. *International Journal of Biological Macromolecules*, 86, 302–308.
- Chen, W. Q., Ciacci, L., Sun, N. N., & Yoshioka, T. (2020). Sustainable cycles and management of plastics: A brief review of RCR publications in 2019 and early 2020. *Resources, Conservation and Recycling*, 159(April). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104822>
- Coreño, J. A., & Mendez, M. (2010). Relación estructura-propiedades de polímeros. *Educación Química*, 21(4), 291–299.
- Cresswell, S. (2012). *Human Challenges to Earth 's Ecosystems* (pp. 1–9). https://www.researchgate.net/publication/236214909_Human_Impact_on_Ecosystems
- DANE. (2021). *Información Pobreza monetaria nacional 2020*. <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-monetaria>
- Donovan, A. (2020). *11 Ways Humans Impact the Environment*. <https://interestingengineering.com/11-ways-humans-impact-the-environment>
- European Bioplastics. (2018). *Plastic Strategy - Contribution of Bioplastics to a Sustainable Circular Plastics Economy* (p. 2). https://docs.european-bioplastics.org/publications/pp/EUBP_PP_Plastics_Strategy.pdf
- European Bioplastics. (2020). European Bioplastics Facts and figures. *Chemical and Engineering News*, 50(23), 16. <https://doi.org/10.1021/cen-v050n023.p003>
- Fundación Heinrich Böll, & Break Free From Plastic. (2020). *El Atlas del Plástico 2019*. [https://co.boell.org/sites/default/files/2021-02/Plastic Atlas 2019 cambio.pdf](https://co.boell.org/sites/default/files/2021-02/Plastic%20Atlas%202019%20cambio.pdf)
- Geyer, R., Jambeck, J. R., & Law, K. L. (2017). Production, use, and fate of all plastics ever

- made. *Science Advances*, 3(7), 25–29. <https://doi.org/10.1126/sciadv.1700782>
- Greenpeace. (2018). Colombia, mejor sin plásticos. *Campaña Plásticos*, 10. http://greenpeace.co/pdf/reporte_plasticos.pdf
- Grupo Zurich. (2021). *El mundo necesita reaccionar ante los riesgos a largo plazo*. <https://www.zurich.es/nota-prensa/el-mundo-necesita-reaccionar-ante-los-riesgos-a-largo-plazo-global-risks-report-2021>
- Holguin, J. S. (2019). Obtención de un bioplástico a partir de almidón de papa. In *Proyecto Integral de Grado para optar al título de INGENIERO QUÍMICO* (Vol. 8, Issue 5, p. 151). <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/7388/1/6132181-2019-1-IQ.pdf>
- Hub Impact. (2019). *Plastic: The Problem And Its Impact*. <https://impacthub.net/plastic-the-problem-and-its-impact/>
- Jacob, L., & Pedersen, T. (2018). The Circular Rather than the Linear Economy. In *RESTART SUSTAINABLE BUSINESS MODEL INNOVATION* (pp. 103–120). <https://link-springer-com.bdbiblioteca.universidadean.edu.co/book/10.1007/978-3-319-91971-3>
- La Fuente, C., Tamiris, A., Tadini, C. C., & Esteves, P. (2019). Macromolecules Ozonation of cassava starch to produce biodegradable films ☆. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 713–720. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.09.028>
- LAMMPS. (n.d.). *LAMMPS Molecular Dynamics Simulator*. <https://www.lammps.org/>
- Lubis, M., Harahap, M. B., Hendra S, M., Sartika, M., & Azmi, H. (2018). Production of bioplastic from avocado seed starch reinforced with microcrystalline cellulose from sugar palm fibers. *Journal of Engineering Science and Technology*, 13(February 2020), 381–393. https://www.researchgate.net/publication/323276614_Production_of_bioplastic_from_avocado_seed_starch_reinforced_with_microcrystalline_cellulose_from_sugar_palm_fibers/link/5e41517fa6fdccd965972532/download
- Madrigal, J. F., & Shastri, R. (2011). *Manual de plásticos para diseñadores* (pp. 1–165). <http://evirtual.uaslp.mx/Habitat/innobitat01/CAHS/Artículos/MANUALES/Manual de>

Plásticos para diseñadores Shastri Corr 4.pdf

- Manfra, L., Marengo, V., Libralato, G., Costantini, M., Falco, F. De, & Cocca, M. (2021). Biodegradable polymers : A real opportunity to solve marine plastic pollution ? *Journal of Hazardous Materials*, 416(December 2020), 125763. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.125763>
- Manzoor, J., Sharma, M., Sofi, I. R., & Dar, A. A. (2020). Plastic Waste Environmental and Human Health Impacts. In *Handbook of Research on Environmental and Human Health Impacts of Plastic Pollution* (pp. 29–37). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-9452-9.ch002>
- Marsh. (2021). *Informe Global de Riesgos 2021*. <https://www.marsh.com/mx/press-centre/informe-global-de-riesgos-2021.html>
- Maulida, Kartika, T., Harahap, M., & Ginting, M. (2018). Utilization of mango seed starch in manufacture of bioplastic reinforced with microparticle clay using glycerol as plasticizer. *Materials Science and Engineering*, 309(1), 012068. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/309/1/012068>
- Meaza, I., Toyoda, J. H., & Wise, J. P. (2021). Microplastics in Sea Turtles, Marine Mammals and Humans: A One Environmental Health Perspective. *Frontiers in Environmental Science*, 8(February), 1–16. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2020.575614>
- Medio ambiente y Salud Publica (MASP), U. de los A., & Greenpeace Colombia. (2019). Situación actual de Colombia y su impacto en el medio ambiente. In *Campaña Plásticos* (p. 14). http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf
- Meneses, J., Corrales, C. M., & Valencia, M. (2007). Síntesis y Caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de Yuca. *New Electron*, 12(5), 57–67.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). *Plan Nacional para la Gestión Sostenible de los Plásticos de un solo uso* (pp. 1–30).
- Navia, D. P., & Bejarano, N. (2014). *DE BIOPLÁSTICOS TERMO-COMPRIMIDOS*

EVALUATION OF PHYSICAL PROPERTIES OF THERMOPRESSING BIOPLASTICS MADE FROM CASSAVA FLOUR DE TERMO-COMPRIMIDOS BIOPLÁSTICOS. 12(2), 40–48.

Parker, L. (2020a). Ahogados en un mar de plástico. *National Geographic*.

https://www.nationalgeographic.com.es/naturaleza/grandes-reportajes/ahogados-mar-plastico_12712/3

Parker, L. (2020b). Plastic pollution is a huge problem—and it’s not too late to fix it. *National Geographic*. <https://www.nationalgeographic.com/science/article/plastic-pollution-huge-problem-not-too-late-to-fix-it>

Patrício, A. L., Prata, J. C., Walker, T. R., Duarte, A. C., Ouyang, W., Barcelò, D., & Rocha-santos, T. (2020). Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. *Chemical Engineering Journal, 405*(January).

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7430241/pdf/main.pdf>

Pinto Da Costa, J., Rocha Santos, T., & Duarte, A. (2020). The environmental impacts of plastics and micro-plastics use , waste and pollution: EU and national measures. In *European Union* (Vol. 0, Issue 0). <https://doi.org/gb5k>

Portafolio. (2020). *Coronavirus aumentó consumo de plástico de “un solo uso” en Colombia*.

<https://www.portafolio.co/economia/las-realidades-del-consumo-del-plastico-en-medio-de-la-pandemia-541211>

Proshad, R., Kormoker, T., Islam, M. S., Haque, M. A., Rahman, M. M., & Mithu, M. M. R. (2017). Toxic effects of plastic on human health and environment : A consequences of health risk assessment in Bangladesh. *International Journal of Health, 6*(1), 5.

<https://doi.org/10.14419/ijh.v6i1.8655>

Reyes, M. (2015). *Simulador de Costos*.

Shafqat, A., Al-zaqri, N., Tahir, A., & Alsalmé, A. (2021). Synthesis and characterization of starch based bioplastics using varying plant-based ingredients , plasticizers and natural fillers. *Saudi Journal of Biological Sciences, 28*(3), 1739–1749.

<https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2020.12.015>

Shahabii, I., Goudarzi, V., & Babaei, A. (2019). Production of starch based biopolymer by green photochemical reaction at different UV region as a food packaging material : Physicochemical characterization. *International Journal of Biological Macromolecules*, 122, 201–209. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.10.154>

Siqueira, L., La Fuente, C., Maniglia, B., Chieragato, B., & Tadini, C. (2021). Starch-based biodegradable plastics: methods of production , challenges and future perspectives. *Food Science*, 122–130. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.10.020>

Solórzano, S. (2020). *El uso de bolsas plásticas en los supermercados colombianos ha bajado 65% en tres años*. La República. <https://www.larepublica.co/responsabilidad-social/el-uso-de-bolsas-plasticas-en-los-supermercados-colombianos-ha-bajado-65-en-tres-anos-2964072>

Vázquez Morillas, A., Velasco Pérez, M., Beltrán Villavicencio, M., & Espinosa Valdemar, R. M. (2014). *El reciclaje de los plásticos* (Issue May, pp. 1–12). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4440.1527>

Venkatachalam, H., & Palaniswamy, R. (2020). Bioplastic World: a Review. ... *of Advanced Scientific ...*, 11(3), 43–53. http://www.sciensage.info/journal/1359303580JASR_3006121.pdf

Virgil, P., & Qi, X. (2020). From organic chemistry to chemical biology via macromolecules with Hermann Staudinger. *Giant*, 4, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.giant.2020.100036>

World Economic Forum. (2021). The Global Risks Report 2021: 16th Edition. In *Weforum.Org*. http://www3.weforum.org/docs/WEF_The_Global_Risks_Report_2021.pdf

Yamunaqué, K., Farfán, M. del P., Maza, J., Navarro, E., & Saavedra, O. (2018). *Kevin Yamunaqué , Milagros del Pilar* (pp. 1–102).

10. ANEXOS

10.1 Lluvia de Ideas

Idea	Aspectos importantes identificados	Ideas de mejora
Biodigestores	Residuos orgánicos se convierten en MMPP para obtener gas. Aprovechamiento energético. Varios Campos de acción.	Re-Circular el gas que implica reducción de costos.
RCD	Residuos construcción se convierten en MMPP para obtener concreto. Ahorro de costos logísticos. Disminución impactos ambientales. Lo exige la normativa.	Re-circular material que antes se desechaba sin terminar su ciclo de vida.
Plásticos Degradables	Plásticos fuente de contaminación Tarda muchos años en degradarse Afecta fauna marina Bioacumulación en cadenas tróficas	Buscar alternativa que mitigue impactos ambientales y de toxicidad en las especies.
Productos de cuidado personal (2)	Productos químicos que son nocivos para el cuerpo humano. Producto amigable con el medio ambiente y natural. No testeado en animales.	Extractos naturales aprovechando flora endémica.
Paneles solares térmicos/fotovoltaicos	Fuente de energía renovable. Disminución de huella de carbono.	Verificación eficiencia e impacto social (ZNI)

Biodigestores

- Corto: aplicaciones en universidades y fincas pequeñas
- Mediano: Aplicado a un proceso productivo de mediana escala.
- Largo: Aplicado a una industria

Residuos de Construcción y Demolición

- **Corto: Prototipo para verificar pruebas técnicas en bloques**
- Mediano: Comercialización de bloques a pequeña escala
- Largo: Producción de Concreto a partir de MMPP recicladas

Plásticos Biodegradables

- Corto: Prototipo experimental que cumpla con requerimientos
- **Mediano: Generación de bolsas plásticas**
- Largo: Producción en masa que tenga beneficios Vs. La bolsa común.

Productos de Cuidado Personal

- **Corto: Diseño del producto general al tener en cuenta las propiedades físicas y químicas.**
- Mediano: Pruebas de laboratorio para verificar que el diseño cumpla con normatividad de INVIMA y que no cause perjuicios para la salud.
- Largo: Comercialización del producto.

Paneles Solares

- **Corto: Pruebas de nuevos materiales que nos permitan determinar su conductividad**
- Mediano: Pruebas experimentales para determinar si mejora la eficiencia de los paneles.
- Largo: Comercialización del producto.

Aspectos Ambientales

- **Biodigestores**
 - Combustión de gases que generan emisiones que afectan la atmósfera.
- **Residuos de Construcción y Demolición**
 - Minimizan efectos de la explotación minera a cielo abierto
 - Disminuyen huella de carbono y producción a partir de combustibles fósiles
- **Plásticos Biodegradables**
 - Elimina la acumulación de plásticos nocivos para la fauna de ecosistemas acuáticos de la cadena trófica.
 - Se reducen las micropartículas de plástico que son nocivas para la salud durante el proceso de fabricación de elementos plásticos.
- **Productos de Cuidado Personal**
 - Evita generación de productos sintéticos que pueden afectar el ser humano
 - Lucha en contra del testeo en animales, evitando su sufrimiento.
- **Paneles Solares**

- No se generan emisiones tóxicas que afectan los ecosistemas y la salud
- Disminuye efectos de cambio climático y calentamiento global

Ejemplos que contienen Economía Circular

- Biodigestores
- RCD
- Plástico Biodegradable

10.2 Matriz MET

PRODUCTO: Plástico Biodegradable			
1. ETAPA DE PRODUCCION (MATERIALES, PROCESOS, TRANSPORTES)			
MATERIAL O PROCESO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS Y ANALISIS
Almidón de yuca	Kg	Material polimérico	Bajo costo, se producen grandes cantidades en Colombia
Glicerina	Litros	Material plastificante	Fácil adquisición
Agua	Litros	Material plastificante	Proviene del acueducto
2. USO (TRANSPORTE, ENERGIA Y MATERIALES AUXILIARES)			
MATERIAL O PROCESO	CANTIDAD	INDICADOR	RESULTADO DEL ANALISIS
Colorante Natural	Kg	Reutilización de hojas de verduras	Disposición final en rellenos sanitarios
Cartón para Embalaje	Kg	Material Reciclable	Material Reciclable
Transporte de material	gal/km	Consumo de gasolina Emisiones GEI	Contaminación atmosférica
Reactor	1	Maquinaria en acero inoxidable para realización de la polimerización	Consumo de energía
Extrusora		Máquina industrial	Consumo de energía
3. RESIDUOS (PARA CADA TIPO DE MATERIAL)			
MATERIAL	CANTIDAD	INDICADOR	RESULTADO DEL ANALISIS
Residuos Orgánicos	Kg	Material Orgánico	Fin de vida útil rellenos sanitarios
Residuos de Cartón	Kg	Material Reciclables	Fin de vida útil rellenos sanitarios

PRODUCTO 2: Biodigestor			
1. ETAPA DE PRODUCCION (MATERIALES, PROCESOS, TRANSPORTES)			
MATERIAL O PROCESO	CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	RESULTADOS Y ANALISIS
Materia Orgánica	Kg	Alimentación del proceso	Sustancias biodegradables y de fácil acceso
Tanque	Kg	Polímero	Tanque hecho de polímeros en el cual se pueda envasar el agua para su respectivo proceso
Tubería	Kg	PVC	Tubos de PVC los cuales crean las uniones de elementos entrantes y salientes
Válvula	Kg	Metal	Herramienta mecánica que se puede iniciar y detener al realizar el paso de líquidos.
Cultivo Microorganismos	UFC	Biodegradable	Cantidad de Bacterias las cuales ayuden a realizar el proceso de biodigestión
Cámara de residuos	Kg	Polímero	Lugar donde se acumule los desechos
2. USO (TRANSPORTE, ENERGIA Y MATERIALES AUXILIARES)			
MATERIAL O PROCESO	CANTIDAD	INDICADOR	RESULTADO DEL ANALISIS
Camión		Consumo de Gasolina	Contaminación por fuente móvil
Soldadura liquida PVC		Pegamento	Tóxico
3. RESIDUOS (PARA CADA TIPO DE MATERIAL)			
MATERIAL	CANTIDAD	INDICADOR	RESULTADO DEL ANALISIS
Residuos del biodigestor	G	Lodos	Sirve como fertilizante por la rica concentración de Nitrógeno
Subproducto	Litros	Sulfuro de Hidrógeno	Gas tóxico y corrosivo

10.3 Tabla Selección del Concepto

PRODUCTO 1: Plástico Biodegradable			
CORRESPONDENCIA CON LA GESTION AMBIENTAL: SI_ X NO_			
CRITERIOS POR CONSIDERAR	NOTA	PONDERACIÓN	RESULTADO
ECODISEÑO			
Funcionalidad	4.5	0.4	1.8
Durabilidad			
COMERCIALIZACIÓN			
Costo	4.3	0.4	1.72
Comercialización			
Otros			
Fiabilidad	4.6	0.2	0.92
Sostenibilidad			
EVALUACIÓN FINAL			4.44

PRODUCTO 2: Biodigestor			
CORRESPONDENCIA CON LA GESTION AMBIENTAL: SI x NO_			
CRITERIOS POR CONSIDERAR	NOTA	PONDERACIÓN	RESULTADO
ECODISEÑO			
Funcionalidad	4.3	0.3	1.29
Durabilidad			
COMERCIALIZACION			
1. Costo	4.0	0.4	1.6
2. Distribución			
OTROS			
Fiabilidad			
Sostenibilidad	4.0	0.3	1.20
EVALUACIÓN FINAL			4.09