



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**Ingeniería
Ambiental y Sanitaria**



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**Ingeniería
Ambiental y Sanitaria**

**EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO ELABORADO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE
PAPA COMO ALTERNATIVA PARA LA SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS
CONVENCIONALES EN VALLEDUPAR**

NATALIA GISELL CELEDÓN LOZANO

IRINA PAOLA RAMIREZ LIÑAN

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR
2021**



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



**Ingeniería
Ambiental y Sanitaria**

**EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO ELABORADO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE
PAPA COMO ALTERNATIVA PARA LA SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS
CONVENCIONALES EN VALLEDUPAR**

NATALIA GISELL CELEDÓN LOZANO

IRINA PAOLA RAMIREZ LIÑAN

DIRECTOR: WALNER LOPEZ MENA

CODIRECTOR: MELISSA MARTINEZ MAESTRE

**UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLÓGICAS
PROGRAMA DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y SANITARIA
VALLEDUPAR - CESAR
2021**

DEDICATORIA

Nuestro proyecto de grado se lo dedicamos con mucho amor y cariño a Dios primeramente y a nuestra familia, en especial a nuestros padres y hermanos, que con mucho amor, esfuerzo y sacrificio se han esmerado para apoyarnos económica y moralmente a lo largo de estos cinco años de estudio de nuestra carrera universitaria.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Dios primeramente por permitirnos alcanzar una meta más en nuestra vida, gracias a nuestros padres Jimmy Celedón Reyes, Sara Lozano Bolaño, Jose Ramírez Herrera e Irina Liñán González por estar presentes en nuestro caminar diario e impulsarnos a perseguir nuestros sueños, gracias por sus consejos sabios, por sus orientaciones, por los sacrificios que han hecho todo este tiempo por nosotras, gracias a nuestros hermanos, familiares y amigos que han sido de mucho apoyo en este camino estudiantil, gracias al ingeniero Walner López Mena por ser de apoyo y orientación para que este proyecto saliera adelante, gracias a todas las personas que nos impulsaron a culminar este proyecto, sin duda alguna cada uno de sus aportes fue indispensable para lograr finalizar todo este proyecto de grado que entregamos hoy y que muy seguramente será de gran utilidad para las futuras generaciones.

Natalia Celedón Lozano e Irina Ramírez Liñán



RESUMEN

Los plásticos, aunque son materiales de gran utilidad en nuestra cotidianidad debido a sus múltiples aplicaciones, son causantes de contaminaciones por los grandes volúmenes de residuos que generan ya que la mayoría de ellos terminan en las corrientes de aguas superficiales, el medio marino, espacios naturales y rellenos sanitarios causando gran afectación al medio ambiente por su largo tiempo de degradación.

En el proyecto que a continuación se presenta se elaboró un producto plástico a partir de almidón de papa, materia prima que debido a sus propiedades de origen natural puede formar películas plásticas al combinarse con glicerina, vinagre blanco y agua destilada. En el proceso de elaboración del bioplástico, se estudiaron diferentes características físicas como la densidad, resistencia a la tracción y biodegradabilidad tanto en agua como en suelo buscando evaluar el producto obtenido, siendo este bastante satisfactorio.

Palabras claves: Almidón de papa, Bioplástico, Materia Prima, Contaminación, Medio Ambiente.

ABSTRACT

The Plastics, although they are very useful materials in our daily lives due to their multiple applications, are responsible for contamination by the large volumes of waste they generate because most of them end up in the currents of surface waters, the marine environment, natural spaces and landfills causing great environmental impact due to their long time of degradation.

In the project presented below, a plastic product was made from potato starch, a raw material that due to its properties of natural origin can form plastic films when combined with glycerin, white vinegar and distilled water. In the bioplastic production process, different physical characteristics such as density, tensile strength and biodegradability were studied both in water and in soil, seeking to evaluate the product obtained, which was quite satisfactory.

Keywords: Potato Starch, Bioplastic, Raw Material, Pollution, Environment.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	VI
LISTA DE FIGURAS	VIII
INTRODUCCIÓN	1
1. EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO ELABORADO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE PAPA COMO ALTERNATIVA PARA LA SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS CONVENCIONALES EN VALLEDUPAR	2
2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA	2
3. JUSTIFICACIÓN	4
4. OBJETIVOS	5
4.1 Objetivo General	5
4.2 Objetivos Específicos	5
5. MARCO REFERENCIAL	6
5.1 Antecedentes	6
5.2 Marco Teórico	9
5.2.1 <i>Plásticos</i>	9
5.2.1.1 Clasificación De Los Plásticos.	10
5.2.1.1.1 <i>Termoplásticos</i>	10
5.2.1.1.2 <i>Termoestables</i>	11
5.2.1.1.3 <i>Elastómeros</i>	11
5.2.1.2 Usos De Los Plásticos	12
5.2.1.3 Impacto Ambiental	12
5.2.2 <i>Bioplásticos</i>	13
5.2.2.1 Clasificación De Los Bioplásticos	13
5.2.3 <i>Almidón</i>	14
5.2.3.1 Almidón De Papa	14
5.2.3.1.1 <i>Propiedades Del Almidón De Papa</i>	14
5.3 Marco Conceptual	14
5.4 Marco Contextual	16
5.4.1 <i>Población</i>	17
5.4.2 <i>Clima</i>	17
5.4.3 <i>Actividad económica</i>	17

5.4.4	<i>Empleo en la ciudad</i>	17
5.4.5	<i>Servicio Públicos</i>	17
5.4.5.1	Empresa Prestadora De Servicio Público De Aseo	18
5.4.5.1.1	<i>Caracterización De Los Residuos Sólidos</i>	18
5.4.5.2	Empresa Prestadora De Servicio Público de Agua Potable	18
5.4.5.3	Empresa Prestadora De Servicio De Energía Eléctrica	18
5.5	Marco Legal	18
6.	MARCO METODOLÓGICO	21
6.1	Línea Y Sublínea De Investigación	21
6.2	Tipo De Investigación	21
6.3	Nivel De Investigación	21
6.4	Población De Estudio	21
6.5	Muestra Poblacional	21
6.6	Desarrollo Metodológico	21
6.6.1	<i>Etapa 1 - Caracterizar La Materia Prima Objeto De Estudio Para La Elaboración De Bioplástico A Partir De Almidón De Papa.</i>	21
6.6.2	<i>Etapa 2 - Diseñar La Mezcla Con Proporciones Adecuadas Para La Elaboración De Bioplástico.</i>	27
6.6.3	<i>Etapa 3 - Determinar Las Características Físicas Del Bioplástico Elaborado A Partir De Almidón De Papa.</i>	32
6.6.4	<i>Etapa 4 - Analizar El Impacto Ambiental, Viabilidad Técnica Y Económica De La Producción Del Bioplástico Elaborado A Partir Del Almidón De Papa.</i>	36
7.	RESULTADOS Y ANÁLISIS	38
7.1	Etapa 1 - Caracterizar La Materia Prima Objeto De Estudio Para La Elaboración De Bioplástico A Partir De Almidón De Papa.	38
7.2	Etapa 2 – Diseñar La Mezcla Con Proporciones Adecuadas Para La Elaboración De Bioplástico.	42
7.3	Etapa 3 - Determinar Las Características Físicas Del Bioplástico Elaborado A Partir De Almidón De Papa.	47
7.4	Etapa 4 - Analizar El Impacto Ambiental, Viabilidad Técnica Y Económica De La Producción Del Bioplástico Elaborado A Partir Del Almidón De Papa.	56
8.	CONCLUSIONES	68
9.	RECOMENDACIONES	69
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Propiedades De Los Termoplásticos.....	10
Tabla 2. Propiedades De Los Termoestables	11
Tabla 3. Propiedades De Los Elastómeros.....	11
Tabla 4. Matriz De Identificación De Aspectos Legales - Normativa General	18
Tabla 5. Matriz De Identificación De Aspectos Legales - Normativa Especifica	19
Tabla 6. Materiales Usados Para Elaborar El Bioplástico A Partir De Almidón De Papa.	28
Tabla 7. Resultados Procedimiento Distribución Del Tamaño Del Granulo De Almidón De Papa	39
Tabla 8. Porcentaje De Retención En Tamizaje Del Almidón De Papa	40
Tabla 9. Dosificación Muestra # 1	43
Tabla 10. Dosificación Muestra # 2	44
Tabla 11. Dosificación Muestra # 3	45
Tabla 12. Dosificación Muestra # 4.....	46
Tabla 13. Resistencia A La Tracción - Lámina De Bioplástico.....	49
Tabla 14. Resistencia A La Tracción - Lámina De Plástico Oxo-Biodegradable.....	50
Tabla 15. Pérdida De Masa En La Láminas De Bioplástico Sumergidas En Agua.....	52
Tabla 16. Pérdida De Masa De Láminas De Bioplástico En Suelo	55
Tabla 17. Factor Medio Abiótico.....	58
Tabla 18. Factor Medio Socioeconómico Y Cultural	58
Tabla 19. Análisis De La Información Procesada.....	59
Tabla 20. Matriz De Leopold.....	60
Tabla 21. Viabilidad Técnica De Acuerdo A La Características Físicas Del Bioplástico Elaborado A Partir De Almidón De Papa	62
Tabla 22. Recursos Necesarios Para La Elaboración De Bioplástico.....	63
Tabla 23. Análisis De Precio Unitario - Obtención Del Almidón De Papa.....	64
Tabla 24. Análisis De Precio Unitario - Elaboración De Láminas De Bioplástico	65

Tabla 25. Análisis De Precio Unitario - Realización De Pruebas De Laboratorio	66
Tabla 26. Presupuesto	67



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. ¿Para Qué Se Utilizan Los Plásticos?.....	12
Figura 2. Clasificación De Bioplásticos	13
Figura 3. Ubicación Geografica De Valledupar	16
Figura 4. Selección De La Materia Prima.....	22
Figura 5. Secuencia Del Pretratamiento De La Materia Prima.....	22
Figura 6. Pretratamiento De Material Prima.....	23
Figura 7. Procedimiento Para Distribución Del Tamaño Del Granulo.....	25
Figura 8. Procedimiento Para El Contenido De Materia Seca Del Almidón.....	26
Figura 9. Determinación Del Color	27
Figura 10. Pruebas De Bioplástico Con Diferentes Proporciones De Ingredientes.....	27
Figura 11. Proceso De Elaboración Del Bioplástico A Partir De Almidón De Papa	31
Figura 12. Balanza Analítica	32
Figura 13. Calibrador Vernier.....	32
Figura 14. Resistencia A La Tracción - Lámina De Bioplástico Elaborada A Partir De Almidón De Papa.....	33
Figura 15. Resistencia A La Tracción - Lamina De Plástico Oxo-Biodegradable	34
Figura 16. Montaje Del Procedimiento Que Se Llevó A Cabo Para La Biodegradabilidad En Agua	35
Figura 17. Montaje Del Procedimiento Que Se Llevó A Cabo Para La Biodegradabilidad En Suelo	35
Figura 18. Secado De Almidón.....	38
Figura 19. Almidón De Papa	38
Figura 20. Fracciones De Almidones	39
Figura 21. Color De Los Almidones.....	42
Figura 22. Resultado De La Muestra # 1 De Bioplástico	43
Figura 23. Resultado De La Muestra # 2 De Bioplástico	44
Figura 24. Resultado De La Muestra # 3 De Bioplástico	45
Figura 25. Resultado De La Muestra # 4 De Bioplástico	46

Figura 26. Bioplástico Obtenido Con La Mezcla Optima	47
Figura 27. Punto De Rotura - Lámina De Bioplástico Elaborada A Partir De Almidón De Papa	48
Figura 28. Gráfica Resistencia A La Tracción Lámina De Bioplástico	49
Figura 29. Punto De Rotura - Lámina De Plástico Oxo-Biodegradable.....	50
Figura 30. Gráfica Resistencia A La Tracción Lámina De Plástico Oxo-Biodegradable	51
Figura 31. Biodegradabilidad En Agua	52
Figura 32. Grafica Biodegradabilidad De Lámina De Bioplástico En Agua.....	53
Figura 33. Secuencia De Biodegradación En Suelo	54
Figura 34. Grafica De Biodegradabilidad De Laminas De Bioplástico En Suelo.....	55
Figura 35. Diagrama De Entradas, Procesos Y Salidas.....	57

INTRODUCCIÓN

El uso de los plásticos ha crecido de una manera exorbitante al ser materiales versátiles y de bajo costo que con su auge de producción han traído preocupación por los altos índices de volúmenes que se están generando y el daño ambiental que este conlleva, ya que los plásticos son elaborados a partir de compuestos petroquímicos que tienen un alto peso molecular y estabilidad química, lo cual hace que su proceso de degradación sea muy lento.

Gracias a la agricultura se pueden cultivar plantas de maíz, papa o yuca, que contienen almidón y este, sirve como base para producir polímeros biodegradables con los cuales se pueden elaborar distintos empaques bioplásticos que no tienen un alto grado de afectación al medio ambiente; en este caso, como alternativa a esta problemática, los bioplásticos elaborados a partir de almidón de papa son un material competitivo respecto a los plásticos convencionales por su rápida biodegradación y su rentabilidad económica al elaborarlo.

La presente investigación busca evaluar la elaboración de un producto plástico que sea amigable con el medio ambiente, aprovechando las propiedades que posee el almidón de papa debido a que este polisacárido tiene un bajo costo, una buena competitividad económica en relación al petróleo y hay disponibilidad de la materia prima que se requiere en la ciudad de Valledupar; es por ello que el objetivo principal de este proyecto pretende evaluar bioplástico elaborado a partir del almidón de papa como alternativa para la sustitución de plásticos convencionales en Valledupar.

**1. EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO ELABORADO A PARTIR DEL ALMIDÓN
DE PAPA COMO ALTERNATIVA PARA LA SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS
CONVENCIONALES EN VALLEDUPAR**

2. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMA

A pesar de que el plástico es un material de gran utilidad y muy versátil hoy en día dado a sus múltiples usos representa un problema medioambiental por la alta acumulación de este en los ecosistemas, afectando directamente las corrientes de aguas superficiales, el medio marino y el suelo debido a que por su composición el plástico es muy resistente, lo que hace que su tiempo de degradación sea muy extenso. De acuerdo a Gómez (2016) la producción de plástico se está dando de una manera descontrolada generando una sensación de comodidad, pero el mal radica en la disposición final de estos, ya que un porcentaje de plásticos mal gestionados pueden acabar en el mar, siendo estos los responsables de muertes de especies marinas o aves que lo ingieren.

En el mundo se están produciendo aproximadamente “300 millones de toneladas de residuos plásticos cada año y actualmente solo 14% se recolecta para el reciclaje. De todos los desechos plásticos que se han producido en nuestra historia, solo 9% se ha reciclado” Organización De Naciones Unidas (ONU, ONU Programa Para El Medio Ambiente, 2019) y este porcentaje tan bajo de reciclaje se debe a que no todo el plástico se puede reciclar, como ejemplo de ellos están los envases de alimentos contaminados con restos alimenticios que hacen que el reciclaje sea difícil y costoso. Además, es importante resaltar que el consumo del material plástico en Colombia es de “1.250.000 ton/año en materias primas, materiales y empaques consumidos y comprados” (DANE, 2019, citado por Greenpeace, 2019).

En la ciudad de Valledupar existen muchos puntos ecológicos en instituciones o empresas, pero debido a la falta de conciencia ambiental en la comunidad no hay una eficiencia en depositar adecuadamente los residuos sólidos y la disposición final de estos son en las recicladoras que hay en la ciudad o el relleno sanitario; según (Valencia, R; comunicación personal, 9 de octubre de 2021) Director regional de operaciones Aseo Del Norte S.A. E.S.P, de la cantidad de volúmenes de residuos que ingresan al relleno sanitario Los Corazones, los plásticos corresponden a un 16% del total de residuos sólidos que ingresaron al relleno en su última caracterización de residuos

sólidos domiciliarios realizada en el año 2020 y en cuanto al proceso de aprovechamiento, solo se aprovechan los plásticos a través de los puntos ecológicos ubicados en el relleno sanitario, reutilizando los envases de plásticos para sembrar plantas en el vivero.

Con el fin de disminuir el consumo de plástico en la ciudad se creó como estrategia en el Plan de Desarrollo municipal (2020) optar por utilizar materiales biodegradables que no causen daños medioambientales y que reduzcan la contaminación generada por el uso excesivo principalmente de los plásticos en lugares inhóspitos y públicos. Para utilizar materiales biodegradables que estén al alcance de todas las sociedades con el fin mejorar la calidad de vida de las personas y el medio ambiente, las autoras de esta tesis optaron por crear bioplásticos usando el almidón de papa como materia prima en busca de hallar respuesta a la siguiente pregunta problema:

¿El bioplástico elaborado a partir del almidón de papa, es una alternativa para la sustitución de plásticos convencionales en la ciudad de Valledupar?

3. JUSTIFICACIÓN

La alta producción de plásticos genera residuos contaminantes, trayendo consigo problemas ambientales a causa de elaborar grandes cantidades de plásticos que perduran en la naturaleza por grandes periodos de tiempo, generando desechos y partículas tóxicas que afectan al medio ambiente; teniendo en cuenta la problemática existente en la ciudad de Valledupar debido a los grandes volúmenes de plásticos que se están generando y el poco aprovechamiento que se está haciendo de los mismos, nace la necesidad de crear un plástico biodegradable elaborado a partir de almidón de papa debido a su “alta disponibilidad, bajo costo, carácter renovable, biodegradabilidad y competitividad económicamente en relación al petróleo” (Chariguamán, 2015).

Los bioplásticos tienen una excelente proyección en términos de disponibilidad para el desarrollo de una película plástica a partir de almidón de papa, “debido a que éste es un biopolímero abundante y de bajo costo, cuya estructura permite la obtención de éste biomaterial, aunque con bajas propiedades mecánicas y de barrera, que bien pueden ser mejoradas con diversos plastificantes” (Charro, 2015). En la industria agrícola, el almidón es visto como un producto de rechazo del lavado de las papas en el proceso de pelado, rallado y picado o como un producto derivado de escaso interés para el consumo humano. Por esta razón, se decidió elaborar un producto en el que se utilice una materia prima que genere grandes beneficios a futuro, tanto ambientales por la elaboración de las películas biodegradables como en el aprovechamiento del material de desecho de papa.

Con la producción de este bioplástico también se puede generar una nueva visión tanto económica como social en la ciudad, de acuerdo a Ballesteros (2014) “el uso de subproductos a partir de la agricultura para producir plásticos de base biológica crearía una oportunidad para dar valor económico a estos materiales de desecho, reducir los costos de producción, minimizar la cantidad de tierras utilizadas para la producción de polímeros en lugar de la producción de alimentos, y crear nuevos puestos de trabajo”(p.12), es una innovación que le dará un nuevo valor a esta materia prima, al convertirse en un producto que no impactará negativamente al medio ambiente y que ayudará a que no se dé una gran contaminación que afecte a la sociedad.



4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo General

Evaluar bioplástico elaborado a partir del almidón de papa como alternativa para la sustitución de plásticos convencionales en Valledupar.

4.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar la materia prima objeto de estudio para la elaboración de bioplástico a partir de almidón de papa.
- Diseñar la mezcla con las proporciones adecuadas para la elaboración de bioplástico a partir de almidón de papa.
- Determinar las características físicas del bioplástico elaborado a partir del almidón de papa.
- Analizar el impacto ambiental, viabilidad técnica y económica de la producción del bioplástico elaborado a partir del almidón de papa.

5. MARCO REFERENCIAL

5.1 Antecedentes

Granda & Ramos (2019) desarrollaron la investigación titulada “Estudio de la resistencia a la tracción y deformación de bioplásticos obtenidos a partir de almidón de solanum tuberosum a diferentes porcentajes de plastificante, en la Universidad Nacional De Trujillo, con la finalidad de explicar la influencia del porcentaje de plastificante existente sobre la resistencia y deformación en tracción generado en los bioplásticos obtenidos a partir de almidón de Solanum Tuberosum. Esta investigación se llevó a cabo en tres etapas; estas fueron: ETAPA 1: Determinar la resistencia a la tracción y deformación en tracción de bioplásticos a base de almidón de papa a diferentes porcentajes de glicerina. ETAPA 2: Determinar las mejores condiciones del proceso que conduzcan a las mejores propiedades de resistencia mecánica y deformación en tracción para bioplásticos a base de almidón de papa. ETAPA 3: Determinar los porcentajes óptimos de glicerina que permitan obtener la mejor resistencia y deformación en tracción de bioplásticos a base de almidón de papa. Como resultado de la investigación se concluye que el aumento del porcentaje en peso de la plastificante glicerina, influye de manera negativa en la resistencia máxima a la tracción, así como también el porcentaje de deformación de los bioplásticos a base de almidón de papa. La tesis mencionada nos aporta al presente estudio que se debe explorar hasta hallar la dosificación óptima de glicerina para que no influya negativamente en la resistencia a la tracción.

Holguín (2019) desarrolló la investigación titulada Obtención De Un Bioplástico A Partir De Almidón De Papa; para optar el título de ingeniero químico, en la Fundación Universidad De América, con la finalidad de desarrollar un bioplástico partiendo de almidón de papa a nivel laboratorio. Esta investigación se llevó a cabo en cuatro etapas; estas fueron: ETAPA 1: selección del proceso y las materias primas para la obtención de un bioplástico en esta fase de la investigación, el autor definió el método adecuado para la obtención de un bioplástico. ETAPA 2: Determinación de la mejor formulación para la fabricación del bioplástico, en segunda instancia el autor procedió a realizar la modificación química del almidón nativo para luego realizar una confirmación de la acilación y por último al tener el almidón modificado realizó el procedimiento de la obtención del bioplástico planteado. ETAPA 3: Definición de las especificaciones técnicas

de relevantes del proceso de fabricación del bioplástico, aquí el autor concluyó que el número de equipos es reducido y que teóricamente se puede replicar lo hecho en el laboratorio. ETAPA 4: Desarrollo de una evaluación financiera por medio del indicador VPN, por último, el autor determinó los costos y la viabilidad financiera de la propuesta para la obtención de un bioplástico como teniendo como materia prima el almidón de papa modificado. Los resultados de la investigación fueron, la obtención del bioplástico planteado y una evaluación financiera detallada de los costos para la elaboración del bioplástico. Esta investigación realiza un gran aporte al ser muy detallada en aspectos como las pruebas realizadas al bioplástico y la determinación de la dosis adecuada para la elaboración del bioplástico.

Guamán (2019) desarrolló la investigación titulada Obtención De Plásticos Biodegradables A Partir De Almidón De Cascaras De Papa Para Su Aplicación Industrial; para optar el título de ingeniera química, en la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo (Ecuador), con la finalidad de desarrollar un plástico biodegradable cuya materia prima sea el almidón que se encuentra en los residuos de papa variedad superchola. Esta investigación se llevó a cabo en cuatro etapas; estas fueron: ETAPA 1: Extracción de almidón a partir de la cáscara de papa de acuerdo a investigaciones enfocadas a este proceso, en esta fase de la investigación, el autor siguió un método de extracción por decantación natural con un proceso de ocho pasos los cuales son: selección de la variedad de papa, clasificación de la cascara de papa y lavado, secado y pesado, triturado, lavado y filtrado, decantado, secado y acondicionamiento. ETAPA 2: Planteamiento de formulaciones óptimas para la elaboración de bioplásticos, en esta segunda etapa el autor planteó formulaciones en base al diseño factorial 2^2 con 5 tratamientos y 3 repeticiones, siendo la formulación uno (1) la más óptima. ETAPA 3: Comparación del bioplástico obtenido con la formulación a partir de almidón comercial de papa, para esta etapa el autor hizo ensayos de simulaciones. ETAPA 4: Evaluación del bioplástico obtenido con respecto a parámetros físicos como: espesor de acuerdo a la norma INEN 2542, humedad, permeabilidad, biodegradabilidad y parámetros mecánicos como el ensayo de resistencia a la tracción de acuerdo a la norma INEN 2637, por último, se evaluó el bioplástico con respecto a la norma INEN 2542 e INEN 2637. Los resultados de la investigación fueron láminas de bioplástico que cumplieron con las características de degradación física, cuyo

material se desintegró en un 92 % de su totalidad en fragmentos pequeños y dentro del plazo determinado por la norma EN 13432. Esta investigación es necesaria porque es un estudio pionero debido a que brinda mucha información acerca de la elaboración de bioplásticos y como se llegó a la dosis óptima.

Meza (2016) desarrolló la investigación titulada “Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio”; para optar el título de Ingeniero Ambiental, en la Universidad Nacional Agraria La Molina, con la finalidad de elaborar bioplásticos a nivel de laboratorio a partir de residuos de *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* var. ‘Yungay’ y evaluar su biodegradabilidad tomando como referencia la Norma ISO 17556:2012. Esta investigación se llevó a cabo en cinco etapas; estas fueron: ETAPA 1: evaluar una metodología para extraer almidón a partir de los residuos de papa. ETAPA 2: determinar el porcentaje de eficiencia con respecto a la cantidad de residuo sólido en el procedimiento de extracción elegido. ETAPA 3: caracterizar el almidón obtenido. ETAPA 4: evaluar una metodología para elaborar bioplásticos y caracterizar dicho material. ETAPA 5: determinar la biodegradabilidad aeróbica del bioplástico tomando como referencia la Norma ISO 17556:2012. Como resultado de la investigación se logró elaborar bioplásticos a nivel de laboratorio a partir de residuos de *Solanum tuberosum* ssp. *tuberosum* var. ‘Yungay’ tomando como referencia la Norma ISO 17556:2012; el bioplástico elaborado presenta un alto nivel de biodegradación alcanzando un valor de 64.21% en 92 días. La tesis mencionada nos aporta al presente estudio tanto en la parte teórica como en la parte experimental sobre la elaboración de un bioplástico a partir de almidón de papa.

Batuani (2015) desarrolló la investigación titulada “Estudio de la obtención de plásticos biodegradables a partir del almidón de la papa por adición de agentes plastificantes”; para optar el título de Licenciado en Química Industrial, en la Universidad Mayor De San Andrés, con la finalidad de optimizar el proceso de desarrollo de un plástico biodegradable a partir del almidón presente en la papa mediante la adición de agentes plastificantes. Esta investigación se llevó a cabo en cuatro etapas; estas fueron: ETAPA 1: Estudiar los parámetros involucrados en la producción del plástico biodegradable. ETAPA 2: Determinar el rendimiento de los agentes plastificantes

utilizados mediante un balance de materia. ETAPA 3: Realizar el estudio del producto plástico final mediante un análisis Físico. ETAPA 4: Analizar las aplicaciones que el producto plástico desarrollado puede presentar en el mercado. Como resultado de la investigación se concluye que la correcta adición de los agentes plastificantes ayudó a optimizar las propiedades físicas del producto plástico obtenido en este proyecto de grado. La tesis mencionada nos aporta al presente estudio que es necesario realizar las mezclas de los ingredientes a diferentes proporciones hasta encontrar la dosis óptima, ya que, variando esos ingredientes, varían las características fisicoquímicas del bioplástico obtenido.

Ortiz *et al* (2013) desarrollaron la investigación titulada Desarrollo de una película plástica a partir del almidón extraído de papa residual; publicada en el libro Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook, con la finalidad de proponer una formulación de un plástico biodegradable en la cual se pueda aumentar su resistencia y sus características físicas a partir del almidón de papa residual. Esta investigación se llevó a cabo en tres etapas; estas fueron: ETAPA 1: extracción de almidón de la papa residual, en esta fase de la investigación, los autores tomaron lotes de aproximadamente 2 kg de papa para la extracción de almidón. ETAPA 2: Elaboración del bioplástico, en segunda etapa para la elaboración se consiguió una mezcla homogénea con 8 gramos de almidón, 75 ml de agua, 11 ml de glicerol y 6 ml de HCl. ETAPA 3: Pruebas, por último, se realizaron pruebas de laboratorio tales como densidad o resistencia. Los resultados de la investigación fueron películas plásticas 100% biodegradables. Los aportes directos al presente estudio son todo lo consignado en la etapa dos y tres para el desarrollo de una película plástica biodegradable.

5.2 Marco Teórico

5.2.1 Plásticos

El plástico es el primer material sintético creado por el hombre, antes de la creación de estos eran muy utilizados resinas naturales como la goma o el betún para cumplir el papel de plástico de aquella época.

Los plásticos sintéticos aparecieron en 1863, en los Estados Unidos, cuando la empresa fabricante de bolas de billar Pheland y Collander ofreció una recompensa de 10 000 dólares

a quien encontrara un material que permitiera fabricar bolas de billar más ligeras que las de marfil. El inventor John Wesley Hyatt propuso un tipo de plástico elaborado con nitrato de celulosa, alcohol y alcanfor, material que patentó con el nombre de celuloide. Hyatt no ganó el premio, pero su plástico se utilizó para hacer placas dentales y cuellos de camisas. Este episodio inició la carrera por obtener un material plástico sintético con mejores propiedades. (Medina, 2006, pág. 24)

5.2.1.1 Clasificación De Los Plásticos. Los plásticos se clasifican en tres grupos. Termoplásticos, Termoestables y Elastómeros.

5.2.1.1.1 Termoplásticos. Según Tejina (2011) este tipo de plásticos se deforman con el calor, solidifican al enfriarse, pueden ser procesados varias veces sin perder sus propiedades.

Tabla 1.

Propiedades De Los Termoplásticos

Nombre	Propiedades	Aplicaciones
PVC (Cloruro de polivinilo)	Presenta un amplio rango de dureza Impermeable	Tuberías, suelas de zapatos, guantes, trajes impermeables, mangueras.
Poliestireno (PS)	Duro Transparente Pigmentable	Filmes transparentes para embalajes y envoltorios de productos alimenticios.
	Expandido	Embalaje, envasado
Polietileno (PE)	Alta densidad	Utensilios domésticos y juguetes
	Baja densidad	Blando y ligero Transparente
Metacrilato (plexiglás)	Trasparente	Ventanas, carteles luminosos, relojes
Teflón (fluoro carbono)	Deslizante Antiadherente	Utensilios de cocina, como las sartenes y superficies encimeras.
Celofán	Transparente Flexible y resistente Brillante y adherente	Envasado y empaquetado
Nailon (PA o poliamida)	Translucido, brillante de cualquier color	Tejidos, cepillo de dientes, cuerda de raquetas.

Resistente, flexible e impermeable.

Fuente: (Tejina, 2011)

5.2.1.1.2 Termoestables. De acuerdo a Batuani (2015) los termoestables son materiales que al sufrir el proceso de calentamiento-fusión y formación-solidificación, se transforman en materiales rígidos que no vuelven a fundirse. Generalmente para su obtención se parte de un aldehído.

Tabla 2.

Propiedades De Los Termoestables

Nombre	Propiedades
Poliuretano (PUR)	Esponjoso y flexible Blando y macizo Elástico y adherente
Resinas fenólicas (pH): baquelitas	Con fibras, resistentes al choque. Con amianto, resistente térmico. Color negro o muy oscuro
Melamina	Ligero No tiene olor y sabor Aislante térmico

Fuente: (Tejina, 2011)

5.2.1.1.3 Elastómeros. Según Batuani (2015), estos plásticos son sustancias naturales o sintéticas dotadas de gran elasticidad, sus macromoléculas tienen una disposición de arrollamiento, que permite estirarse cuando se le aplica una fuerza de tracción que cuando recobra su forma inicial.

Tabla 3.

Propiedades De Los Elastómeros

Tipos	Obtención	Propiedades
Caucho natural	Látex	Resistente Inerte
Caucho sintético	Derivados del petróleo	Resistente a agentes químicos.
Neopreno	Caucho sintético	Es más duro y resistente Impermeable

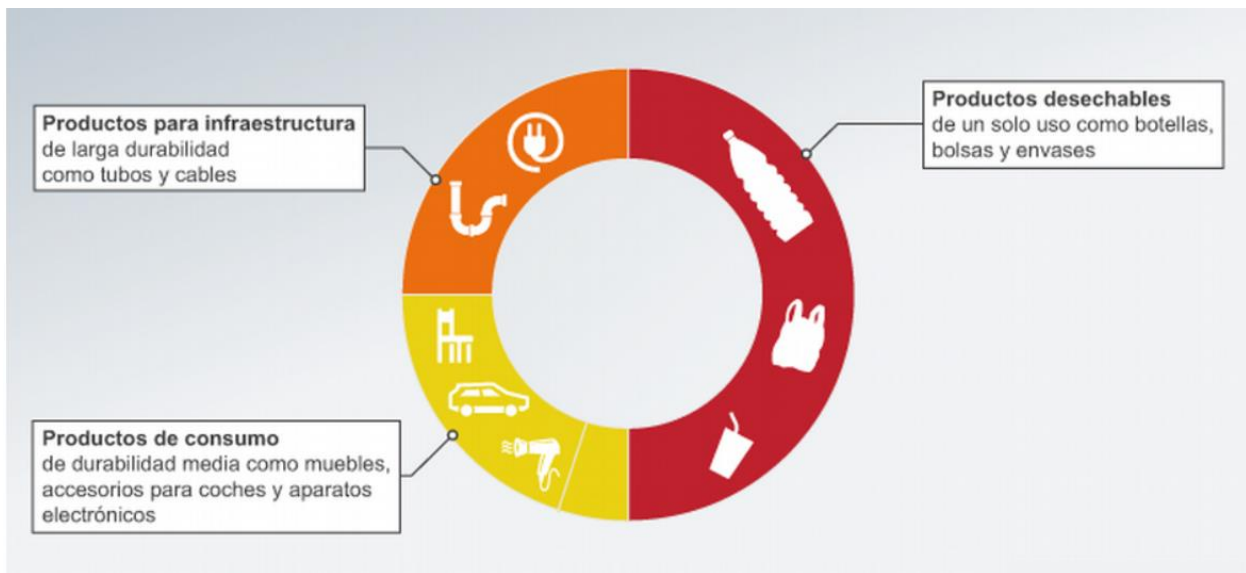
Fuente: (Tejina, 2011)

5.2.1.2 Usos De Los Plásticos. El plástico se ha vuelto indispensable para la creación de innumerables productos y aplicaciones, algunos de ellos se fabrican para que tengan una vida útil prolongada, y otros están catalogados como “desechables” al ser de un solo uso, ya que después de utilizarlos pasan de la mano de una persona al medio ambiente, tales como colillas de cigarrillo, botellas de bebidas, bolsas plásticas de supermercados, pitillos, envoltorios de alimentos entre otros.

Se utilizan plásticos en hogares, empresas, industrias de empaquetado, construcción, artículos médicos y el sector agrícola.

Figura 1.

¿Para Que Se Utilizan Los Plásticos?



Fuente: (Semana, 2017)

5.2.1.3 Impacto Ambiental. De acuerdo a Arboleda (2008) es el cambio que se ocasiona sobre una condición o característica del ambiente por efecto de un proyecto, obra o actividad y que este cambio puede ser benéfico o perjudicial ya sea que la mejore o la deteriore, puede producirse en cualquier etapa del ciclo de vida de los proyectos y tener diferentes niveles de significancia.

El plástico afecta al suelo, el agua y el aire, su largo tiempo de degradación provoca innumerables daños en los ecosistemas, debido a la alta producción y consumo del mismo; en el caso del agua, el plástico afecta a las especies marinas, ya que muchos de estos terminan siendo

consumidos por las especies marinas e incluso provocando su muerte, con respecto al aire, tanto en la elaboración como en la quema de plásticos, se liberan grandes cantidades de toxinas siendo uno de los principales contaminantes del medio ambiente.

5.2.2 Bioplásticos

“Un bioplástico es un plástico de origen natural producido por un organismo vivo y con carácter biodegradable, sintetizado a partir de fuentes de energía renovables, por lo que apenas produce contaminación” (Lopez, 2009).

5.2.2.1 Clasificación De Los Bioplásticos. Según Fernández y Vargas (2015) los bioplásticos se pueden clasificar en dos grupos; está un primer grupo, donde se encuentran los bioplásticos procedentes de recursos renovables, cuyos monómeros proceden de la biomasa (almidón y celulosa) y el otro grupo, son los bioplásticos sintetizados por vía biotecnológica, existen dos vías que permiten la producción de bioplásticos. La primera vía consiste en la obtención biotecnológica de los monómeros y la otra vía es la síntesis integral de los bioplásticos mediante procedimientos biotecnológicos.

Además, existen clasificaciones más “estrictas”, en donde clasifican los bioplásticos únicamente en función de su procedencia bien sea a partir de fuentes fósiles (derivados del petróleo) o de materias primas naturales, denominándose entonces bioplástico.

Figura 2.

Clasificación De Bioplásticos



Fuente: Adaptado de Fernández y Vargas (2015)

5.2.3 Almidón

El almidón es un polímero natural, un gran hidrato de carbono que las plantas sintetizan durante la fotosíntesis y sirve como reserva de energía (Iñiguez & Castillo, 2011), además, presenta un bajo costo, es renovable y totalmente biodegradable, El almidón comercial se puede obtener de las semillas de cereales como son las del maíz, trigo, varios tipos de arroz y de algunas raíces y tubérculos como la papa. (Fernandez & Vargas, 2015).

5.2.3.1 Almidón De Papa. El almidón de papa es el componente principal de la papa, el cual está presente entre el 15 al 28 por ciento del peso de esta, para aplicaciones industriales alimentarias se considera al almidón de papa como muy puro a comparación de otros tipos de almidones (BONNES, 2010).

5.2.3.1.1 Propiedades Del Almidón De Papa. El almidón es muy utilizado en la industria alimentaria debido a sus propiedades tales como su baja temperatura de gelatinización y su baja tendencia a la retrogradación, las variaciones en las propiedades de los geles de almidón podrían ser causadas por diferentes factores, tales como el tamaño del gránulo de almidón (Vargas, Martinez, & Velezmoro, 2016).

5.3 Marco Conceptual

- **Ácido láctico:** “El ácido láctico es un compuesto producido cuando la glucosa se descompone y se oxida” (acidolactico, 2019).
- **Amilopectina:** Es un polímero ramificado de unidades de glucosa unidas en un 94-96% por enlaces α (1-4) y en un 4-6% con uniones α (1-6). La amilopectina es parcialmente soluble en agua caliente y en presencia de yodo produce un color rojizo violeta (GUAN, 2004).
- **Amilosa:** La amilosa es un polímero lineal de unidades de glucosa unidas por enlaces α (1-4), en el cual algunos enlaces α (1-6) pueden estar presentes. Esta molécula no es soluble en agua, pero puede formar micelas hidratadas por su capacidad para enlazar moléculas vecinas por puentes de hidrógeno y generar una estructura helicoidal que es capaz de desarrollar un color azul por la formación de un complejo con el yodo (KNUTSON & GROVE, 1194).
- **Biodegradable:** Que puede descomponerse en “elementos químicos naturales por la acción de agentes biológicos, como el sol, el agua, las bacterias, las plantas o los animales” (Bolsas Pura Vida, 2019).

- **Biomasa:** Materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía. (RAE, 2018)
 - **Materia prima:** Son aquellos recursos naturales que el hombre utiliza para la obtención de productos.
 - **Material sintético:** “son aquellos materiales que están hechos de polímeros sintetizados o de pequeñas moléculas. Los compuestos usados para realizar estos materiales vienen de químicos derivados del petróleo o petroquímicos” (Robles). Los materiales sintéticos componen casi la mitad de todos de los materiales que son utilizados en todos los campos de la tecnología textil. Existen distintos métodos para fabricar estos materiales, pero el más común es el torneado en estado de fusión. En este proceso, se utilizan altas temperaturas para cambiar y moldear la forma y las dimensiones de las fibras o materiales sintéticos (Robles).
 - **Polímeros:** Proviene de las palabras griegas Poly y Mers, que significa muchas partes, son grandes moléculas o macromoléculas formadas por la unión de muchas pequeñas moléculas: sustancias de mayor masa molecular entre dos de la misma composición química, resultante del proceso de la polimerización (Ysacura, Labrador, & Crespo, 2009).
 - **Resinas naturales:** Según GEMELABS (2018) es una secreción o flujo orgánico de textura pastosa o sólida que producen muchas plantas, este tipo de resina es producida particularmente por los árboles del tipo conífera, como por ejemplo el pino.

Existen 5 tipos de resinas naturales:

- ✓ **Ámbar:** Proveniente principalmente de restos de coníferas y algunas angiospermas. Muchas veces se usa para la elaboración de piedras preciosas parecidas a la gema.
- ✓ **Gomoresinas:** Es una secreción vegetal protectora de color blanco y de textura lechosa, formada por una mezcla de goma y resina que se emulsiona al mezclarse con agua, se puede utilizar como un pegamento natural.
- ✓ **Oleoresinas:** Surge de una mezcla entre la resina natural y aceite esencial, hoy en día se usa para la industria alimentaria como colorante.

- ✓ **Bálsamos:** Es una secreción vegetal compuesta de resina, ácidos aromáticos, alcoholes y ésteres.
- ✓ **Lactorresinas:** Resina vegetal procedente del látex coagulado, como por ejemplo el caucho.
- **Tracción:** Es el esfuerzo al que se somete un objeto cuando hay dos fuerzas que resultan opuestas y tienden, a partir de su aplicación, a alargarlo o estirarlo.
- **Teflón:** Polímero muy resistente al calor y a la corrosión, usado en muy diversos campos como medicina e ingenierías, y en utensilios de cocina. (RAE, 2018)

5.4 Marco Contextual

El proyecto se desarrolló en la ciudad de Valledupar la capital del departamento del Cesar, ubicado geográficamente al nororiente de la costa caribe, entre la Sierra Nevada de Santa Marta y la Serranía del Perijá, al margen de los ríos Cesar y Guatapurí.

Figura 3.

Ubicación Geográfica De Valledupar



Fuente: (GoogleMaps, 2021)

5.4.1 Población

Según el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE, 2019) Valledupar cuenta con un total de 459.349 personas censadas.

5.4.2 Clima

En Valledupar, los veranos son cortos, tórridos, bochornosos y secos; los inviernos son opresivos, mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 22 °C a 37 °C y rara vez baja a menos de 20 °C o sube a más de 39 °C (weatherspark).

5.4.3 Actividad económica

La economía municipal gira alrededor del sector ganadero, la ganadería es de tipo extensivo, es resultado del cruce de tipos criollos con el cebú. La región es productora de carne y de leche, otros productos agrícolas importantes son el algodón y el arroz, además, Valledupar al igual que los demás municipios del departamento, buscan el desarrollo principalmente en proyectos agroindustriales; es importante la industria lechera, de la cual se destacan las empresas Dairy Partners Americas - DPA (antiguo Cicolac), Coolesar, Klaren's y Lácteos La Primavera (AlcaldíaMunicipal, 2020).

5.4.4 Empleo en la ciudad

De acuerdo a la Alcaldía Municipal (2020), Valledupar en la actualidad y teniendo en cuenta solo el ámbito urbano de la ciudad, las fuentes de empleo surgen del sector terciario de la economía (empresas dedicadas a prestar servicios de salud, telecomunicaciones bancarios y al desarrollo del comercio) pues la industria no despegó aún y la agricultura si bien genera ingresos globales en cifras departamentales no genera empleo para la fuerza laboral de la ciudad estimada en 200.000 personas.

“Durante el trimestre móvil noviembre-enero de 2019-2020, la tasa de desempleo de Valledupar se ubicó por encima de la registrada en las 23 ciudades” Ministerio de Comercio, Industria y Turismo (Mincit, 2020).

5.4.5 Servicio Públicos

La cobertura de servicios públicos consta de agua potable, electricidad y gas natural.

5.4.5.1 Empresa Prestadora De Servicio Público De Aseo. La empresa Aseo Del Norte S.A. E.S.P. es la encargada de prestar el servicio público de aseo en Valledupar y de acuerdo al Instituto Colombiano De Bienestar Familiar (ICBF, 2017), esta empresa empezó a operar desde el año 2000 con la recolección de basuras de 92.850 suscriptores de nuestra ciudad y de la cual Emdupar posee el 10% de sus acciones.

5.4.5.1.1 Caracterización De Los Residuos Sólidos. Según (Díaz, 2017) primero se realiza una recolección domiciliaria que se efectúa mediante una flota de camiones compactadores, la empresa Aseo Del Norte S.A. E.S.P. dispone para la ciudad servicios como barrido de las calles y espacio públicos mediante barredoras mecánicas y personal en las calles. Para la disposición final de los residuos sólidos se cuenta con el Relleno Sanitario Los Corazones.

5.4.5.2 Empresa Prestadora De Servicio Público de Agua Potable. Emdupar S.A. - E.S.P. es la empresa prestadora de servicios públicos de acueducto y alcantarillado de la ciudad de Valledupar.

5.4.5.3 Empresa Prestadora De Servicio De Energía Eléctrica. La empresa Afinia del grupo EPM es la empresa que genera energía eléctrica en la ciudad de Valledupar.

5.5 Marco Legal

A continuación, se relacionan las principales normas vigentes que dan soporte, avalan y/o respaldan el desarrollo del tema objeto de estudio del presente proyecto.

Tabla 4.

Matriz de identificación de aspectos legales - Normativa General

Norma	Normativa General	
	Articulado	Descripción
Constitución política de Colombia	8	Es deber del Estado y de los particulares proteger las riquezas naturales de la nación.
	79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano.



80 El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, su conservación, restauración o sustitución. Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados. Así mismo, cooperará con otras naciones en la protección de los ecosistemas situados en las zonas fronterizas.

Fuente: Autores, 2021

Tabla 5.

Matriz de identificación de aspectos legales - Normativa Especifica

Norma	Articulado	Normativa Especifica	
		Descripción	Aplicabilidad
Ley 1819 de 2016	207-208	Expedida por el Congreso de la República, se adopta una reforma tributaria estructural, se fortalecen los mecanismos para la lucha contra la evasión y la elusión fiscal, y se dictan otras disposiciones, creando así el impuesto nacional al consumo de bolsas plásticas	El impuesto a las bolsas plásticas impulsa al uso de bolsas biodegradables o reutilizables.
Resolución 668 de 2016	Completo	Expedida por el Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, en esta resolución se reglamenta el uso racional de las bolsas plásticas y se adoptas otras disposiciones.	Establecer a cargo de los distribuidores de bolsas plásticas a que se refiere esta norma, la obligación de formular, implementar y mantener actualizado un Programa de Uso Racional de Bolsas Plásticas, distribuidas en los puntos de pago en todo el territorio nacional.

Resolución 1407 de 2018	Completo	Expedida por el Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible, se reglamenta la Gestión Ambiental de los residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio, metal y se toman otras disposiciones.	Mejorar el uso de los envases o empaques con un proceso mediante el cual se recuperen los materiales por medio de reciclaje, reutilización o cualquier otro método,
Resolución Conjunta 1558 de 2019	Completo	Expedida por el Ministerio De Ambiente Y Desarrollo Sostenible; en esta resolución se reglamenta la prohibición de ingreso de plásticos de un solo uso en las áreas del sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia y se adoptan otras disposiciones.	Gracias a esta resolución no es posible ingresar plásticos de un solo uso a los parques nacionales, ahí es donde los bioplástico entrarían a ser una solución o alternativa.

Fuente: Autores, 2021

6. MARCO METODOLÓGICO

6.1 Línea Y Sublínea De Investigación

El programa de Ingeniería Ambiental y Sanitaria de la Universidad Popular del Cesar cuenta con una línea de investigación y nueve sublíneas que a su vez contienen líneas terciarias.

Línea de Investigación

Sostenibilidad y Gestión Ambiental

Sub-línea de investigación

La sublínea que rige este proyecto es Producción Más Limpia y Tecnologías Ambientales y Sanitarias; porque busca la minimización del impacto ambiental a través de procesos y producción de productos amigables con el medio ambiente.

6.2 Tipo De Investigación

La investigación es de tipo experimental “por tener como objeto de estudio la manipulación de variables experimentales bajo condiciones controladas” (García A. , 2015) y exploratoria puesto que se realiza con el “propósito de obtener datos fieles y seguros que sirvan de base en estudios futuros” (García A. , 2015).

6.3 Nivel De Investigación

En cuanto al nivel, la investigación experimental es explicativa, debido a que el propósito de esta investigación es “demostrar que los cambios en la variable dependiente fueron causados por la variable independiente” (Arias, 2012).

6.4 Población De Estudio

Bioplástico a partir del almidón de papa.

6.5 Muestra Poblacional

Láminas de bioplástico utilizadas para realizar las distintas pruebas de laboratorio.

6.6 Desarrollo Metodológico

6.6.1 Etapa 1 - Caracterizar La Materia Prima Objeto De Estudio Para La Elaboración De Bioplástico A Partir De Almidón De Papa.

- **Actividad 1.1: Selección de la materia prima.**

- **Descripción:** Se seleccionó la materia prima para pretratamiento y obtención de almidón.

Para fines prácticos de esta investigación se obtuvo la materia prima de manera comercial, la papa fue seleccionada y luego pasó a un pretratamiento para poder obtener el almidón.

Figura 4.

Selección De Materia Prima



• **Actividad 1.2: Pretratamiento de la materia prima.**

- **Descripción:** Se realizó un pretratamiento de la materia prima para luego obtener el almidón de papa; el pretratamiento consistió en: lavado de materia prima (papa), remoción de cáscaras, licuado, tamizado, decantación y secado.

Figura 5.

Secuencia Del Pretratamiento De Materia Prima



Nota. (1) Las papas lavadas y montadas para pesaje, (2) a las papas se le removieron las cascaras, se trocearon y se colocaron en un recipiente con agua, (3) Licuado, (4) y (5) Tamizado, (6) decantación.

Después de seleccionar la materia prima y pesarla, se procedió a lavarla para ser pesada nuevamente, se removieron las cascaras y la papa fue troceada añadiéndola en un recipiente con 1lt de agua. Una vez toda la papa fue troceada y añadida en el recipiente se pasó a licuarla hasta obtener una mezcla homogénea.

La mezcla obtenida fue tamizada de la siguiente forma: en otro recipiente se colocó un colador cubierto con un paño limpio y luego se vertió la papa triturada, se esperó a que pasara toda la mezcla y la pulpa/fibra que quedó en el paño fue añadida nuevamente a la licuadora con un poco de agua por 10 segundos y luego se repitió el mismo proceso una segunda vez, ya terminado el proceso de tamizado se procedió a dejar decantar el almidón al menos 8 horas.

Figura 6.

Pretratamiento De Materia Prima



Nota. Diagrama de flujo que describe el proceso del pretratamiento de la materia prima después de haber sido seleccionada.

- **Actividad 1.3: Obtención de almidón.**

- **Descripción:** Se obtuvo el almidón de papa a partir de los pretratamientos previos.

Una vez pasado el tiempo de decantación, con mucho cuidado retiramos el sobrante (lo que no se decantó), la pasta blanca que se formó en el fondo del recipiente es el almidón, esto lo dejamos secando en una bandeja por 24 horas y ya seco lo trituramos.

- **Actividad 1.4: Medición de las características físicas del almidón.**

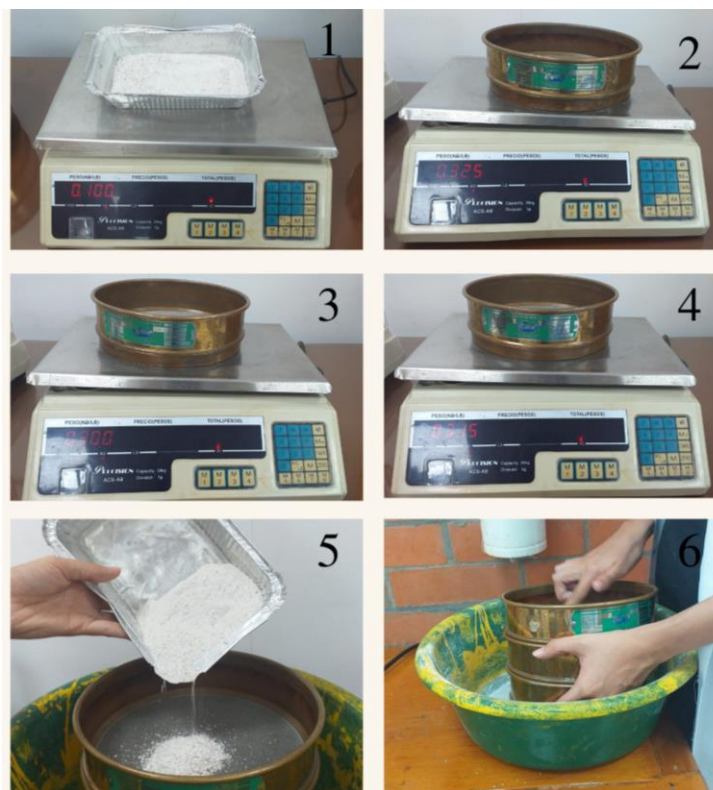
- **Descripción:** Se realizaron pruebas de laboratorio para conocer las características físicas (Color, Materia seca y distribución del tamaño del granulo) del almidón de papa obtenido. Las tres pruebas fueron realizadas de acuerdo a la Guía Técnica Para Producción Y Análisis De Almidón De Yuca de (Aristizábal & Sánchez, 2007) en su capítulo 8, análisis físico químico del almidón.

- Para saber la distribución del tamaño del granulo se usó la técnica (ISI, 1999), descrita en el documento anteriormente mencionado, en la realización de esta técnica se pesaron 100 gr de almidón de papa, se usaron tres tamices de tamaños n°50, n°80 y n°140 (los cuales se pesaron antes de empezar la prueba), se agruparon los tamices (50, 80 y 140) y los 100 gramos de

almidón se transfirieron desde la parte superior de los tamices para ser agitados hasta que no se trasfiriera más almidón desde el primer tamiz hasta el segundo y así con los dos restantes, al final se pesaron cada uno de los tamices y el fondo con sus respectivas fracciones de almidón.

Figura 7.

Procedimiento Para Distribución Del Tamaño Del Granulo



Nota. (1) Peso de los 100 gr de almidón, (2) peso tamiz n°50 vacío, (3) peso tamiz n°80 vacío, (4) peso tamiz n°140 vacío, (5) incorporación de los 100 gr de almidón de papa desde la parte superior del grupo de tamices, (6) agitación de tamices.

- El contenido de materia seca del almidón se realizó de acuerdo a la técnica (INCONTEC,2002), con esta prueba se conoce la pérdida en peso durante el período de calentamiento el cual es considerado igual al contenido de materia seca; para llevar a cabo esta técnica se necesitó un crisol, balanza analítica, horno, desecador y almidón de papa. Primero se lavó el crisol y se dejó secar a 80°C en el horno por 5 horas, una vez seco, se dejó enfriar en el

deseCADador para luego pesarlo y así obtener el peso 1 (P1), seguidamente se pesaron entre 20 a 30 gramos de almidón, los cuales fueron agregados al crisol y se pesó nuevamente (P2), por último, se llevó el crisol al horno a 80°C por 24 horas; cumplidas estas horas el crisol pasó a enfriarse en el desecador para así pesarlo por última vez (P3).

Figura 8.

Procedimiento Para El Contenido De Materia Seca Del Almidón



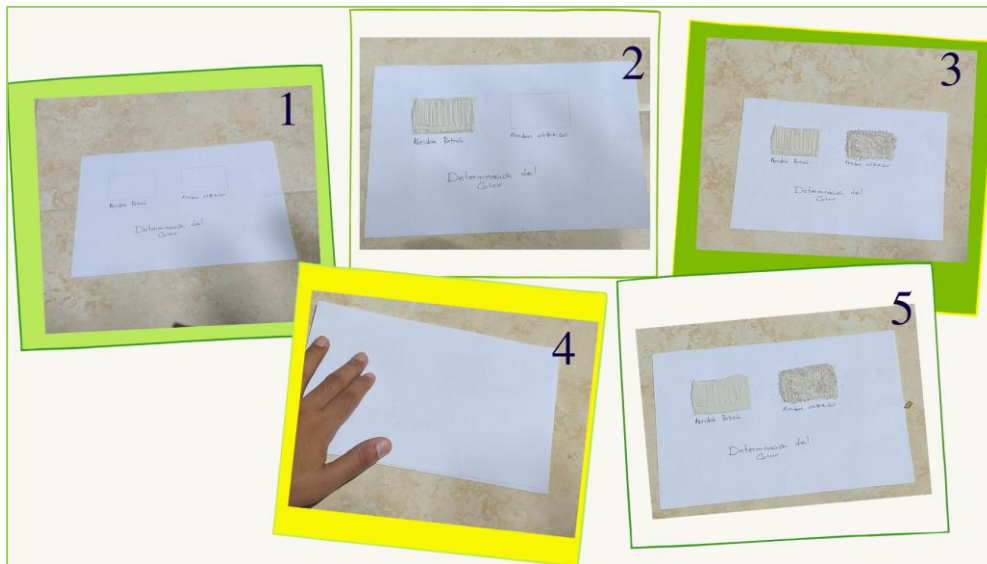
Nota. (1) Crisol que se utilizó, (2) Crisol en el horno después de lavarlo, (3) Enfriado del crisol en el desecador, (4) Peso 1, (5) Pesado de 20,497 gr de almidón de papa, (6) Peso 2, (7) Crisol en el horno, (8) Enfriado del crisol en el desecador, (9) Peso 3.

- La determinación de color se hizo conforme a la técnica (Grace,1977), se usó un almidón patrón (almidón comercial) y el almidón obtenido con el cual trabajamos en la elaboración del bioplástico; para llevar a cabo esta prueba tomamos una cantidad suficiente de cada uno de los almidones e hicimos dos rectángulos en una hoja blanca, luego se colocó un papel limpio sobre las dos muestras y presionamos suavemente para igualar la superficie superior, por último

visualizamos con ayuda de la luz del día las dos muestras de almidones, esto para saber si el almidón obtenido era igual de blanco al almidón muestra.

Figura 9.

Determinación Del Color



Nota. Montaje para la determinación del color, (1) Rectángulos de base para los almidones, (2) almidón patrón, (3) almidón patrón y almidón obtenido, (4) Aplicación de presión sobre la superficie de arriba de los rectángulos de almidones, (5) Almidón patrón y almidón obtenido después de aplicar presión listos para comparar visualmente.

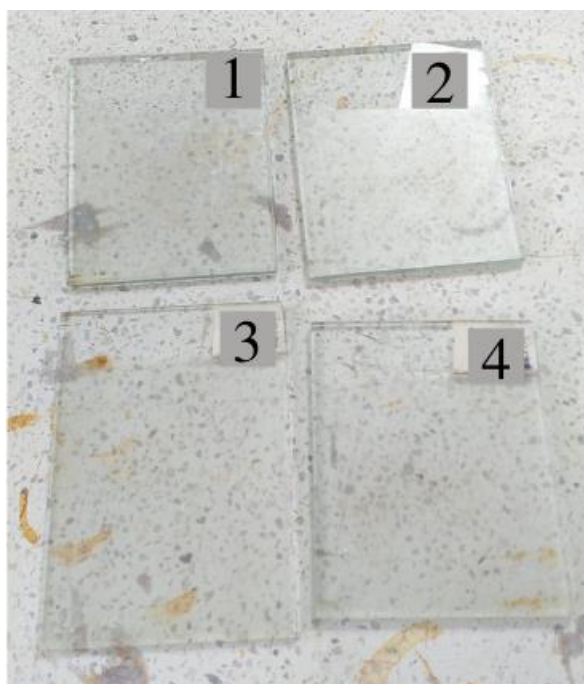
6.6.2 Etapa 2 - Diseñar La Mezcla Con Proporciones Adecuadas Para La Elaboración De Bioplástico.

- **Actividad 2.1:** Establecer mediante ensayos de laboratorio las proporciones adecuadas para una mezcla eficiente.

- **Descripción:** Se realizaron varias pruebas de ensayos con diferentes proporciones de almidón de papa, glicerina, vinagre blanco y agua destilada para determinar cuál proporción nos permitió obtener la mezcla óptima para elaborar láminas de bioplástico.

Figura 10.

Pruebas De Bioplástico Con Diferentes Proporciones De Ingredientes



Nota. En la figura 7 se evidencian cuatro láminas de vidrio que tienen esparcido sobre ellas el bioplástico elaborado con diferentes dosificaciones de los ingredientes.

- **Actividad 2.2:** Elaborar bioplástico con la mezcla obtenida.


- Descripción: Una vez determinada la proporción adecuada para obtener la mezcla óptima, se elaboró el bioplástico con el almidón obtenido en la etapa anterior.

- **Materiales usados.**

Para elaborar el bioplástico a partir de almidón de papa se usaron los siguientes materiales.

Tabla 6.

Materiales Usados Para Elaborar El Bioplástico A Partir De Almidón De Papa.

Material	Cantidad	Foto
Almidón de papa	15 gr	



Vinagre blanco

7,5 ml



Glicerina

7,5 ml



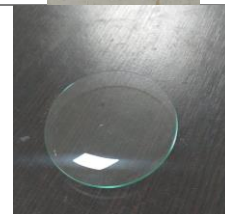
Agua destilada

150 ml



Vidrio de reloj

1



Pipeta

2



**Balanza analítica de
laboratorio**

1



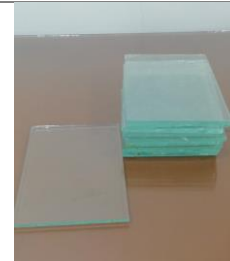
Olla casera

1



Láminas de vidrio

10



Espátula

1



Estufa

1



Horno

1



Fuente: Los autores (2021)

- **Procedimiento.**

Inicialmente se hizo pesaje de los 15 gr del almidón de papa obtenido, se colocó el almidón en un vidrio de reloj y luego se llevó a la balanza analítica del laboratorio, posterior a esto se dispuso el almidón en la olla, se le añadieron 7,5 ml de vinagre blanco, 7,5 ml de glicerina y 150 ml de agua destilada; se procedió a revolver los ingredientes hasta que se evidenció visualmente una mezcla homogénea. Luego, se llevó la olla a la estufa a fuego bajo por 2 minutos revolviendo constantemente la mezcla y luego se subió el fuego a temperatura media revolviendo constantemente por 3 minutos más hasta que la mezcla espesara.

Previamente se colocó a calentar el horno a una temperatura de 35°C, simulando la temperatura ambiente de la ciudad de Valledupar, se bajó la olla de la estufa y se procedió a esparcir la mezcla de manera homogénea en las láminas de vidrio, se llevaron las láminas al horno y se dejaron secar por un tiempo de 39 horas y 20 minutos; luego de que las láminas de bioplástico estuvieron secas, se sacaron del horno y se retiraron de las láminas de vidrio.

Figura 11.

Proceso De Elaboración Del Bioplástico A Partir De Almidón De Papa



Nota. (1) almidón de papa, mezclado con vinagre y se está pipeteando la glicerina, (2) mezcla de todos los ingredientes de (1) más el agua destilada, (3) ingredientes puestos a fuego en la estufa, siendo mezclados contantemente, (4) mezcla de bioplástico obtenida, (5) esparcimiento de mezcla de bioplástico en una lámina de vidrio.

6.6.3 Etapa 3 - Determinar Las Características Físicas Del Bioplástico Elaborado A Partir De Almidón De Papa.

- **Actividad 3.1: Realizar pruebas para saber las características físicas del bioplástico obtenido.**

- **Descripción:** El bioplástico se sometió a pruebas de densidad, resistencia a la tracción, biodegradabilidad.

- La determinación de la densidad del bioplástico se planteó de acuerdo a la ecuación física, $\rho = \frac{\text{masa (gr)}}{\text{volumen (cm}^3\text{)}}$, la masa fue determinada en una balanza analítica (figura 12) y el volumen fue determinado de acuerdo a la ecuación del volumen de un prisma rectangular, $V = \text{largo} * \text{ancho} * \text{altura}$, y para encontrar esas longitudes se utilizó el calibrador vernier (figura 13).

Figura 12.
Balanza Analítica



Nota. La balanza analítica es usada en laboratorios para medir pequeñas masas.

Figura 13.
Calibrador Vernier



Nota. El calibrador Vernier es un instrumento de alta precisión, ideal para mediciones directas y precisas.

- Para la resistencia a la tracción se hizo un ensayo básico de manera empírica que consistió en aplicarle tensión a una lámina de bioplástico que tenía las siguientes dimensiones: 7 cm de ancho, 6,3 cm de longitud y 0,1 cm de grosor. El proceso se basó en aplicarle distintas cargas de manera progresiva a la lámina de bioplástico con el objetivo de medir la deformación que sufrió el bioplástico hasta el punto en que la lámina se rompió; este mismo procedimiento se realizó con una lámina de plástico recortada de una bolsa oxo-biodegradable de la empresa Mi Futuro, la lámina tenía de dimensiones, 10 cm de ancho y 9 cm de longitud.

Figura 14.

Resistencia A La Tracción - Lámina De Bioplástico Elaborada A Partir De Almidón De Papa



Nota. Procedimiento para la resistencia a la tracción de una lámina de bioplástico elaborada a partir de almidón de papa, (1) montaje del ensayo, (2) aplicación de la primera carga, (3) segunda carga

agregada, (4) tercera carga agregada, (5) cuarta y última carga agregada al ensayo, (6) punto de rotura de la lámina de bioplástico.

Figura 15.

Resistencia A La Tracción - Lamina De Plástico oxo-biodegradable



Nota. El procedimiento de resistencia a la tracción para una lámina de plástico oxo-biodegradable (1) es el mismo que el anterior; se hizo un ensayo básico de manera empírica (2) y a la lámina de plástico oxo-biodegradable se le aplicaron varias cargas como se puede observar en (3), (4) y (5) hasta obtener el punto de rotura (6).

- El análisis de biodegradabilidad se dio de acuerdo a los resultados velocidad de biodegradación y porcentaje de pérdida de peso que obtuvimos después de realizar los ensayos a diferentes láminas de bioplástico tanto en medio acuático como en suelo; para los ensayos de biodegradabilidad en agua (medio acuático), tomamos 12 láminas de bioplástico en donde cada lámina tuvo una masa de 3,324 gr, sumergimos cada lámina de bioplástico de manera individual en 250 ml de agua del Rio Guatapurí, debido a que el agua de rio actúa como un reactor aeróbico.

Inicialmente las láminas al no presentar cambios inmediatos se dejaron sumergidas por 4 días, luego se sacó diariamente una lámina de bioplástico, se dejó secar por 24 horas y se pesó para conocer la masa que iba perdiendo con el pasar de los días, este proceso se repitió con todas las láminas y se llevó a cabo en un total de 22 días.

Figura 16.

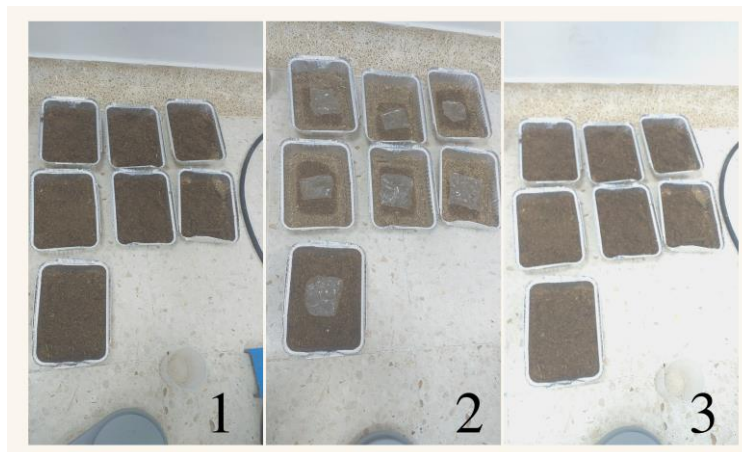
Montaje Del Procedimiento Que Se Llevó A Cabo Para La Biodegradabilidad En Agua



Con respecto a la biodegradabilidad en suelo, se hizo un procedimiento similar al anterior, previamente fueron pesadas 7 láminas de bioplástico, cada lámina tuvo una masa de 1,432 gr; el proceso consistió en depositar 100 gr de suelo rico en materia orgánica en moldes de aluminio, luego se colocó cada lamina sobre los 100 gr de suelo y se cubrieron con otros 100 gr de suelo rico en materia orgánica; inicialmente las láminas se dejaron sembradas por 7 días y luego se sacaron en intervalos de 3 días para ser pesadas, este proceso se repitió con todas las láminas y se llevó a cabo en un total de 25 días.

Figura 17.

Montaje Del Procedimiento Que Se Llevó A Cabo Para La Biodegradabilidad En Suelo



Nota. (1) Moldes con los primeros 100 gr de suelo rico en materia orgánica, (2) Láminas de bioplástico ubicadas en cada molde, (3) Montaje finalizado.

El porcentaje de pérdida de peso del bioplástico se determinó mediante la siguiente ecuación:

$$\%Perdida\ de\ peso = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100;$$
 y para la velocidad de biodegradabilidad en agua y suelo de cada lámina de bioplástico se usó la ecuación física de velocidad, pero se adecuó a nuestro estudio, resultando la siguiente ecuación:
$$V = \frac{M_i - M_f}{t}.$$

6.6.4 Etapa 4 - Analizar El Impacto Ambiental, Viabilidad Técnica Y Económica De La Producción Del Bioplástico Elaborado A Partir Del Almidón De Papa.

- **Actividad 4.1: Analizar el impacto ambiental que genera el bioplástico elaborado a partir de almidón de papa.**

- **Descripción:** Se analizó el impacto ambiental que generó la elaboración del bioplástico a partir del almidón de papa mediante un estudio de impacto ambiental centrado en conocer, identificar y valorar las actividades propias del presente proyecto para conocer las afectaciones tanto positivas como negativas que influyen sobre los diferentes componentes del medio debido a que “ el estudio de los impactos ambientales de un proyecto se constituye en un instrumento para la toma de decisiones y la planificación ambiental” (Amarilo S.A.S, 2018).

- **Actividad 4.2: Verificar la viabilidad técnica.**

- **Descripción:** Se evaluó la viabilidad técnica del bioplástico elaborado a partir de almidón de papa de acuerdo a las características físicas (resistencia a la tracción, densidad y

biodegradabilidad) así como el comportamiento en distintas pruebas de laboratorio, para conocer qué tan factible y rentable es el bioplástico.

- **Actividad 4.3: Analizar la viabilidad económica generada.**

- **Descripción:** Ya conocida la dosis óptima para la elaboración de bioplásticos a partir de almidón de papa se procedió a analizar la viabilidad económica a través de un análisis de precios unitarios y el respectivo presupuesto del proyecto para comprobar que tan rentable es económicamente el bioplástico elaborado.

La manera en cómo se analizó la viabilidad económica del bioplástico elaborado fue suponiendo que el proceso de la elaboración del bioplástico se dio en un sitio externo al laboratorio de ingeniería ambiental y sanitaria de la Universidad Popular Del Cesar ya que al utilizar los materiales y equipos de un laboratorio externo para realizar las pruebas necesarias se pueden conocer los costos o esfuerzo económico que se requiere para la elaboración del bioplástico a partir del almidón de papa.

7. RESULTADOS Y ANÁLISIS

7.1 Etapa 1 - Caracterizar La Materia Prima Objeto De Estudio Para La Elaboración De Bioplástico A Partir De Almidón De Papa.

- *Actividad 1.3: Obtención de almidón.*

Después de pasar 24 horas secando (Figura 18) se trituro el almidón hasta obtener partículas más finas (Figura 19)

Figura 18.

Secado De Almidón



Figura 19.

Almidón De Papa

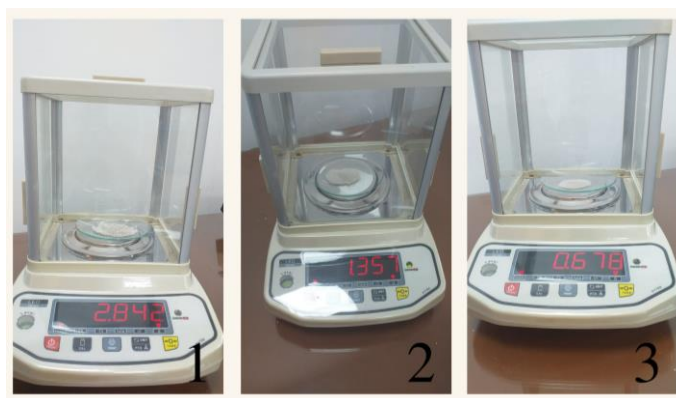


- *Actividad 1.4: Medición de las características físicas del almidón.*
- *Distribución Del Tamaño Del Gránulo*

Siguiendo el procedimiento de la técnica (ISI,1999) para la distribución del tamaño del gránulo se obtuvieron los siguientes resultados.

Figura 20.

Fracciones De Almidones



Nota. Una fracción de almidón es el almidón que queda en el fondo del tamiz después de agitación.

Tabla 7.

Resultados Procedimiento Distribución Del Tamaño Del Gránulo De Almidón De Papa

# Tamiz	Peso Inicial (Tamiz vacío)	Fracción De Almidón	Peso Final
50	325 gr	2,84 gr	327,84 gr
80	315 gr	1,36 gr	316,36 gr
140	300 gr	0,68 gr	300,68 gr

Fuente: Los autores (2021)

- **Cálculos**

Primero se hallaron los pesos netos individuales para luego hacer una suma de estos y así saber la cantidad de almidón que pasó a través del grupo de tamices.

Entonces:

$$\text{Peso Neto Individual} = (\text{Peso Tamiz} + \text{Fracción de almidón}) - \text{Peso de cada tamiz vacío}$$

Para Tamiz n°50

$$\text{Peso Neto Individual} = (325 \text{ gr} + 2,84 \text{ gr}) - 325 \text{ gr}$$

$$\text{Peso Neto Individual} = 2,84 \text{ gr}$$

Para Tamiz n°80

$$\text{Peso Neto Individual} = (315 \text{ gr} + 1,36 \text{ gr}) - 315 \text{ gr}$$

$$\text{Peso Neto Individual} = 1,36 \text{ gr}$$

Para Tamiz n°140

$$\text{Peso Neto Individual} = (300 \text{ gr} + 0,68 \text{ gr}) - 300 \text{ gr}$$

$$\text{Peso Neto Individual} = 0,68 \text{ gr}$$

Gran Total

$$\text{Gran Total} = \sum \text{pesos netos individuales}$$

$$\text{Gran Total} = 2,84 \text{ gr} + 1,36 \text{ gr} + 0,68 \text{ gr}$$

$$\text{Gran Total} = 4,88 \text{ gr}$$

- Análisis del resultado**

Luego de realizado los cálculos, como análisis de la distribución del tamaño del gránulo del almidón de papa tenemos que:

Tabla 8.

Porcentaje De Retención En Tamizaje Del Almidón De Papa

N° Tamiz	Almidón De Papa
	(%)
50	2,84
80	1,36
140	0,68
Colector	95,12

Total	100
--------------	------------

Fuente. Los autores (2021)

Según la técnica (ISI,1999) el 100 o 95 % de los gránulos de almidón deben pasar a través de un tamiz de malla 140, de acuerdo a la tabla 8 se puede evidenciar que pasó un 95,12% de los gránulos del almidón de papa, lo que quiere decir que si se le dio un cumplimiento a la norma anteriormente mencionada.

- **Contenido De Materia Seca Del Almidón**

De acuerdo a la técnica utilizada (INCONTEC, 2002) el contenido de materia seca de los almidones debe estar entre 87-90 %, para conocer este contenido se desarrolló la siguiente ecuación:

$$\%Materia\ Seca = \frac{100 (P_3 - P_1)}{(P_2 - P_1)}$$

Donde:

P_1 = Peso de crisol vacío después de 5 horas en el horno.

P_2 = Peso de crisol + 20-30 gramos de almidón.

P_3 = Peso de crisol después de 24 horas en el horno.

Entonces:

$P_1 = 48.030\ gr$

$P_2 = 20.497\ gr\ de\ almidón + 48.030\ gr = 68.527\ gr$

$P_3 = 65.930\ gr$

Desarrollando la ecuación:

$$\%Materia\ Seca = \frac{100 (65.930\ gr - 48.030\ gr)}{(68.527 - 48.030\ gr)}$$

$$\%Materia\ Seca = 87.329\ \%$$

Análisis del resultado

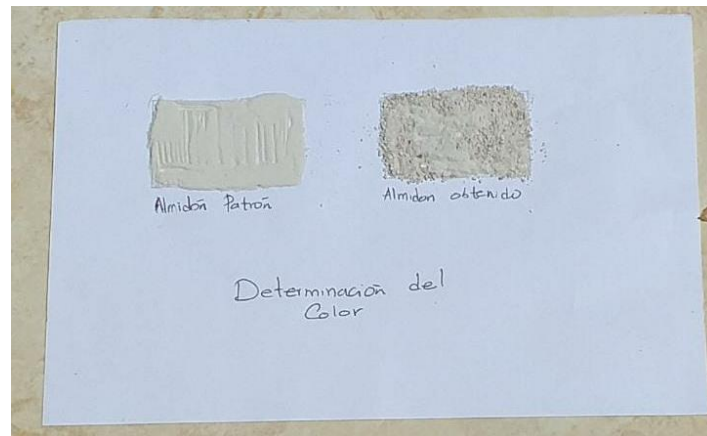
El porcentaje de contenido de materia seca esta entre el rango de 87-90% especificado en la técnica, por lo que se infiere que el almidón no tiene probabilidad de contaminación de hongos u otros microorganismos.

- Determinación De Color

Siguiendo las indicaciones de la técnica (Grace,1977), después comparar ambos almidones a luz de día, se puede ver en la figura (21) que el color del almidón obtenido es solo un poco más oscuro que el almidón patrón, siendo un blanco hueso el color del almidón obtenido.

Figura 21.

Color De Los Almidones



Nota. Comparación de color de almidón patrón y almidón obtenido.

7.2 Etapa 2 – Diseñar La Mezcla Con Proporciones Adecuadas Para La Elaboración De Bioplástico.

- **Actividad 2.1: Establecer mediante ensayos de laboratorio las proporciones adecuadas para una mezcla eficiente.**

Todos los ensayos que se realizaron con las diferentes dosificaciones de los materiales se hicieron siguiendo el mismo procedimiento de elaboración de bioplástico descrito en el desarrollo metodológico.

- **Ensayo de la muestra # 1**

Para este primer ensayo se optó por hacer la mezcla con la siguiente dosificación:

Tabla 9.

Dosificación Muestra # 1

Material	Dosis
Almidón de papa	15 gr
Vinagre blanco	7,5 ml
Glicerina	7,5 ml
Agua destilada	45 ml

Fuente: Los autores (2021)

Luego de realizar el procedimiento y elaborar la mezcla se evidenció que el tiempo que tardó la mezcla en espesar cuando estuvo puesta a fuego en la estufa fue de 4 minutos, y se observó que la mezcla elaborada tuvo una consistencia semi pastosa, de acuerdo a Batuani (2015) “esto se debe a que la poca cantidad de agua dejo como producto un material bastante viscoso al tacto, sin capacidad de rigidez ni capacidad de ser moldeado, es bastante frágil y no puede ser manipulado con facilidad”, por lo que se dificultó un poco al momento de esparcirla en la lámina de vidrio.

Luego de 24 horas de secado en el horno el bioplástico aún estaba húmedo, razón por la cual se dejó en el horno por 15 horas y 20 minutos más; pasado este lapso de tiempo se pudo desmoldar la lámina de bioplástico de la lámina de vidrio, como se puede observar en la (figura 22) el bioplástico presentó un aspecto rugoso y se cuarteó.

Figura 22.

Resultado De La Muestra # 1 De Bioplástico



- **Ensayo de la muestra # 2**

Para este segundo ensayo se optó por hacer la mezcla con la siguiente dosificación:

Tabla 10.

Dosificación Muestra # 2

Material	Dosis
Almidón de papa	10 gr
Vinagre blanco	5 ml
Glicerina	5 ml
Agua destilada	50 ml

Fuente: Los autores (2021)

En este segundo ensayo se aumentó un poco la cantidad de agua destilada y se disminuyó la cantidad de glicerina, almidón de papa y vinagre con la convicción de que la consistencia de la mezcla mejorara, pero no fue así; el tiempo que tardó la mezcla en espesar cuando estuvo puesta a fuego en la estufa fue de 3 minutos y de similar manera a la anterior muestra se evidenció una consistencia semi pastosa por lo que se dificultó un poco al momento de esparcirla en la lámina de vidrio.

Luego de 39 horas y 20 minutos de secado en el horno, se pudo desmoldar la lámina de bioplástico de la lámina de vidrio y como se puede observar en la (figura 23) el bioplástico presentó un aspecto rugoso aún después de secado en el horno.

Figura 23.

Resultado De La Muestra # 2 De Bioplástico



- **Ensayo de la muestra # 3**

Para este tercer ensayo se optó por hacer la mezcla con la siguiente dosificación:

Tabla 11.

Dosificación Muestra # 3

Material	Dosis
Almidón de papa	10 gr
Vinagre blanco	5 ml
Glicerina	5 ml
Agua destilada	100 ml

Fuente: Los autores (2021)

En este tercer ensayo se aumentó un poco la cantidad de agua destilada manteniendo la misma cantidad de glicerina, almidón de papa y vinagre del ensayo de muestra # 2, el tiempo que tardó la mezcla en espesar cuando estuvo puesta a fuego en la estufa fue de 7 minutos y se evidenció una mejor consistencia en comparación con las dos muestras anteriores, sin embargo aún se producía un efecto muy viscoso, al momento de esparcir la mezcla en la lámina de vidrio fue más fácil en comparación de las dos muestras anteriores.

Luego de 39 horas y 20 minutos de secado en el horno se pudo desmoldar la lámina de bioplástico de la lámina de vidrio, pero el bioplástico obtenido fue muy frágil; como se puede observar en la (figura 24) el bioplástico presentó un aspecto mucho más agradable visualmente pero aún tenía una textura áspera.

Figura 24.

Resultado De La Muestra # 3 De Bioplástico



- **Ensayo de la muestra # 4**

Para este cuarto ensayo se optó por hacer la mezcla con la siguiente dosificación:

Tabla 12.

Dosificación Muestra # 4

Material	Dosis
Almidón de papa	15 gr
Vinagre blanco	7,5 ml
Glicerina	7,5 ml
Agua destilada	150 ml

Fuente: Los autores (2021)

En este último ensayo se aumentó la cantidad de agua destilada, glicerina, almidón de papa y vinagre con respecto a la muestra anterior, el tiempo que tardó la mezcla en espesar cuando estuvo puesta a fuego en la estufa fue de 5 minutos y se evidenció una excelente consistencia en comparación con todas muestras anteriores y al momento de esparcir la mezcla en la lámina de vidrio fue más fácil que las muestras anteriores.

Al igual que todos los ensayos anteriores la muestra # 4 se secó al cabo de 39 horas y 20 minutos, y pasado ese tiempo se desmoldó la lámina de bioplástico de la lámina de vidrio; como se puede observar en la (figura 25) el bioplástico presentó un aspecto con una textura lisa, agradable visualmente, aparentemente resistente y moldeable.

Figura 25.

Resultado De La Muestra # 4 De Bioplástico



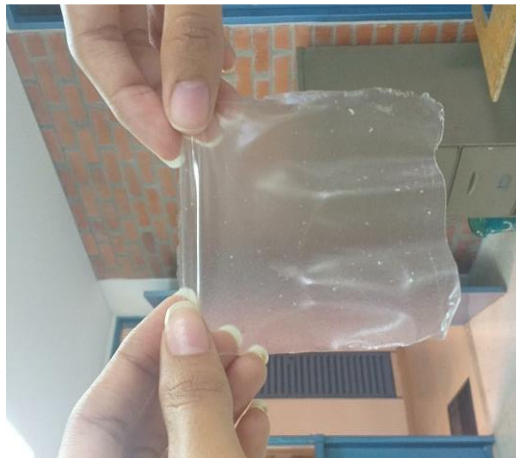
Luego de observar los resultados obtenidos con la dosificación de los materiales en la muestra # 4 se decidió que esta fuera la dosificación óptima para elaborar bioplástico a partir de almidón de papa debido a que el bioplástico obtenido con la dosificación de los materiales en la muestra # 4 presentó los mejores resultados obtenidos de los cuatro ensayos realizados.

- **Actividad 2.2: Elaborar bioplástico con la mezcla obtenida.**

Como resultado de la elaboración de bioplástico posterior a haber establecido mediante ensayos de laboratorio las proporciones adecuadas para una mezcla eficiente, se obtuvo una lámina de bioplástico con una textura lisa, agradable visualmente, aparentemente resistente y moldeable.

Figura 26.

Bioplástico Obtenido Con la mezcla Óptima



7.3 Etapa 3 - Determinar Las Características Físicas Del Bioplástico Elaborado A Partir De Almidón De Papa.

- **Densidad Del Bioplástico**

De acuerdo a la ecuación física de la densidad, $\rho = \frac{\text{masa (gr)}}{\text{volumen (cm}^3\text{)}}$

Masa= 3,324 gr

Volumen= altura (espesor) * largo * ancho

Volumen= 0,1 cm * 9,5 cm * 9 cm

Volumen= 8,55cm³

Entonces:

$$\rho = \frac{3,324 \text{ gr}}{8,55 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 0,388 \text{ gr/cm}^3$$

Análisis del resultado

De acuerdo a PlasticEurope (2019) la densidad de materiales plásticos como el polipropileno (PP) oscila entre 0,895 y 0,92 g/cm³, en comparación con la densidad del bioplástico elaborado a partir de almidón de papa (0,388 gr/cm³) se puede deducir que la densidad del bioplástico es menor; esta característica según Meneses *et al* (2007) implica usar menor cantidad de materia prima para formar bioplástico reduciendo costos en la producción y así ganar competitividad frente a otros plásticos convencionales como el polipropileno.

- **Resistencia A La Tracción**

De acuerdo al ensayo básico empírico que se hizo para la resistencia a la tracción de una lámina de bioplástico elaborada a partir de almidón de papa y una lámina de plástico oxo-biodegradable se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Para La Lámina De Bioplástico Elaborada A Partir De Almidón De Papa**

Figura 27.

Punto De Rotura - Lámina De Bioplástico Elaborada A Partir De Almidón De Papa



Tabla 13.

Resistencia A La Tracción - Lámina De Bioplástico

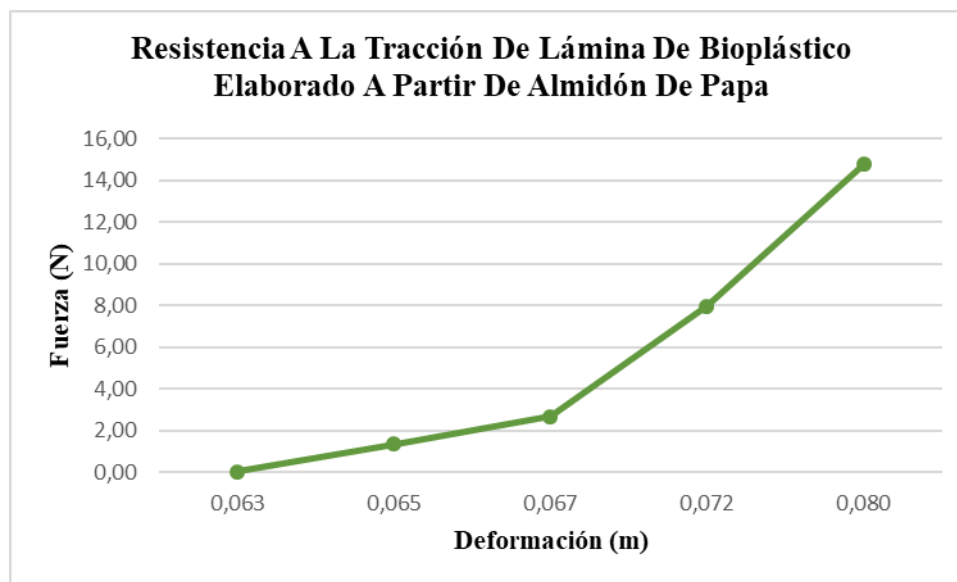
Masa (Kg)	Fuerza (N)	Deformación (m)
0,00	0,00	0,063
0,14	1,32	0,065
0,27	2,65	0,067
0,81	7,94	0,072
1,51	14,76	0,080

Fuente: Los autores (2021)

Nota. De esta tabla se puede inferir que el peso máximo que soportó la lámina de bioplástico elaborado a partir de almidón de papa fue de 1,51 Kg hasta llegar al punto de rotura de la lámina, y esta tuvo una deformación máxima de 8cm.

Figura 28.

Gráfica Resistencia A La Tracción Lámina De Bioplástico



Nota. En la figura 28 se puede observar que a al momento de realizar el ensayo de resistencia a la tracción con la lámina de bioplástico, a medida que se fue aumentando la fuerza hubo una mayor deformación de la lámina, lo que quiere decir que el aumento de la fuerza en este caso es directamente proporcional a la deformación obtenida.

- Para La Lámina De Plástico Oxo-Biodegradable

Figura 29.

Punto De Rotura - Lámina De Plástico Oxo-Biodegradable

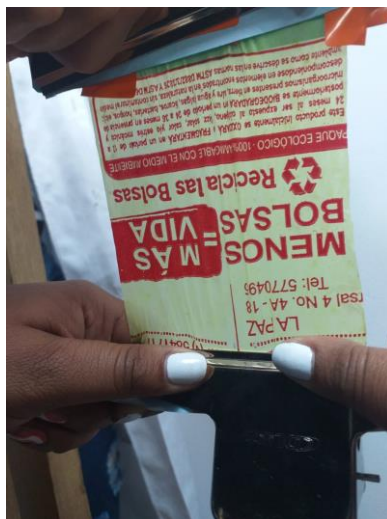


Tabla 14.

Resistencia A La Tracción - Lámina De Plástico Oxo-Biodegradable

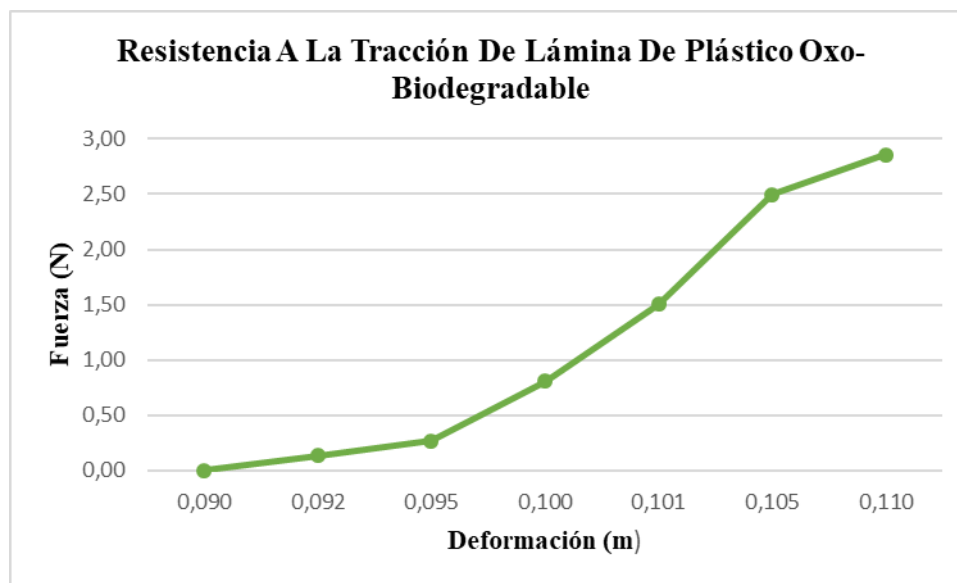
Masa (Kg)	Fuerza (N)	Deformación (m)
0,00	0,00	0,090
0,14	1,32	0,092
0,27	2,65	0,095
0,81	7,94	0,100
1,51	14,76	0,101
2,50	24,47	0,105
2,86	28,00	0,110

Fuente: Los autores (2021)

Nota. De la tabla 14 se puede inferir que el peso que soportó la lámina de plástico oxo-biodegradable fue de 2,86 Kg hasta llegar al punto de rotura de la lámina, y esta tuvo una deformación máxima de 11cm.

Figura 30.

Gráfica Resistencia A La Tracción Lámina De Plástico Oxo-Biodegradable



Nota. En la figura 30 se puede observar que a al momento de realizar el ensayo de resistencia a la tracción con la lámina de plástico oxo-biodegradable, a medida que se fue aumentando la fuerza hubo una mayor deformación de la lámina, lo que quiere decir que el aumento de la masa en este caso es directamente proporcional a la deformación obtenida.

Después de haber realizado el ensayo de resistencia a la tracción se muestra que la lámina de bioplástico elaborada a partir de almidón de papa sufrió una rotura desde el borde izquierdo de la lámina hacia el centro de la misma al aplicarle una fuerza de 14,76 N y se estiró 1,7 cm más de su largo inicial a diferencia de la lámina de plástico oxo-biodegradable que sufrió una rotura desde la parte central inferior de la lámina al aplicarle una fuerza de 28 N y se estiró 2 cm más de su largo inicial.

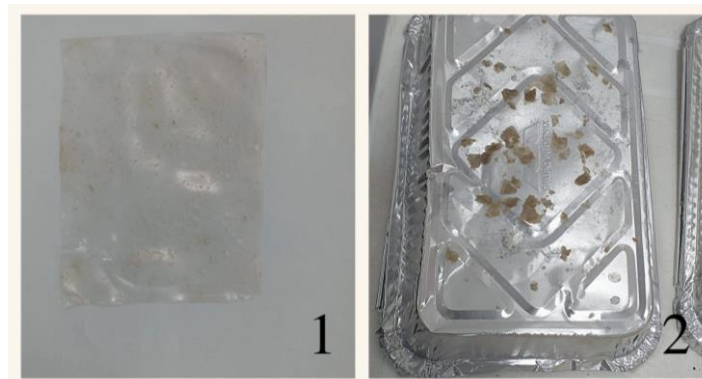
En cuanto a resistencia a la tracción, el plástico oxo-biodegradable es un poco más resistente que el bioplástico elaborado a partir de almidón de papa debido a que soportó una carga mayor antes de que tuviese una rotura la lámina.

- **Biodegradabilidad En Agua**

Como se mencionó en el desarrollo metodológico, 12 láminas de bioplástico elaborado a partir de almidón de papa fueron sumergidas individualmente en 250 ml de agua del Rio Guatapurí, las cuales mostraron los siguientes cambios:

Figura 31.

Biodegradabilidad En Agua



Nota. (1) Muestra N°1 antes de sumergirse en agua del Rio Guatapurí, (2) Muestra N°12 después de 22 días sumergida en agua del Rio Guatapurí.

Tabla 15.

Pérdida De Masa En La Láminas De Bioplástico Sumergidas En Agua

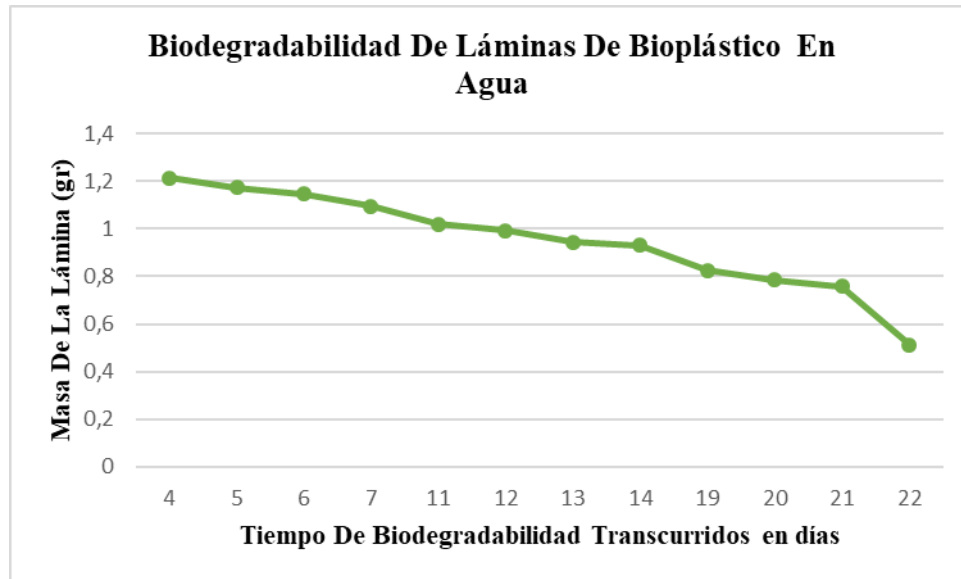
N° Muestra	Masa Inicial (gr)	Día	Masa Final (gr)
1	3,324	4	1,214
2	3,324	5	1,173
3	3,324	6	1,146
4	3,324	7	1,095
5	3,324	11	1,018
6	3,324	12	0,993
7	3,324	13	0,944
8	3,324	14	0,929
9	3,324	19	0,826
10	3,324	20	0,785
11	3,324	21	0,758
12	3,324	22	0,512

Fuente: Los autores (2021)

-Velocidad De Biodegradabilidad

Figura 32.

Grafica Biodegradabilidad De Lámina De Bioplástico En Agua



-Cálculo Velocidad De Biodegradabilidad

$$V = \frac{M_i - M_f}{t}$$

Donde:

$$M_i = \text{Masa inicial de la lámina} = 3,324 \text{ gr}$$

$$M_f = \text{Masa final de la lámina} = 0,512 \text{ gr}$$

$$t = \text{Tiempo de biodegradabilidad} = 22 \text{ dias}$$

Entonces:

$$V = \frac{3,324 \text{ gr} - 0,512 \text{ gr}}{22 \text{ dias}}$$

$$V = 0,127 \text{ gr} / \text{dias}$$

-%Pérdida De Peso

$$\% \text{Pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Donde:

$$P_i = \text{Peso (masa) inicial de la lámina} = 3,324 \text{ gr}$$

$$P_f = \text{Peso (masa) final de la lámina} = 0,512 \text{ gr}$$

Entonces:

$$\% \text{Pérdida de peso} = \frac{3,324 \text{ gr} - 0,512 \text{ gr}}{3,324 \text{ gr}} * 100$$

$$\% \text{Pérdida de peso} = 0,845 * 100$$

$$\% \text{Pérdida de peso} = 84,5 \%$$

- Análisis De Resultados

En la prueba de biodegradabilidad en agua, inicialmente las láminas de bioplástico tenían una forma rectangular de 9,5 cm * 9cm y al sumergirlas en agua con el pasar de los días fueron reduciendo su peso, volumen y forma como se evidencia en la (figura 32). Hasta el punto de biodegradarse en un 84,5% de su masa inicial con una velocidad de biodegradabilidad de $0,127 \text{ gr} / \text{días}$ en 22 días y esto se debe a que el bioplástico está elaborado a partir de un material orgánico (papa) que al sumergirlo en agua de río tiene la capacidad de descomponerse en sustancias más sencillas (figura 31) debido a la actividad enzimática de microorganismos que actúan sobre el bioplástico.

- **Biodegradabilidad En Suelo**

7 láminas de bioplásticos fueron sembradas cada una en 200 gr de suelo rico de materia orgánica para conocer la biodegradabilidad en suelo de un bioplástico elaborado a partir de almidón de papa y estos fueron los resultados luego de 25 días:

Figura 33.

Secuencia De Biodegradación En Suelo



Tabla 16.

Pérdida De Masa De Láminas De Bioplástico En Suelo

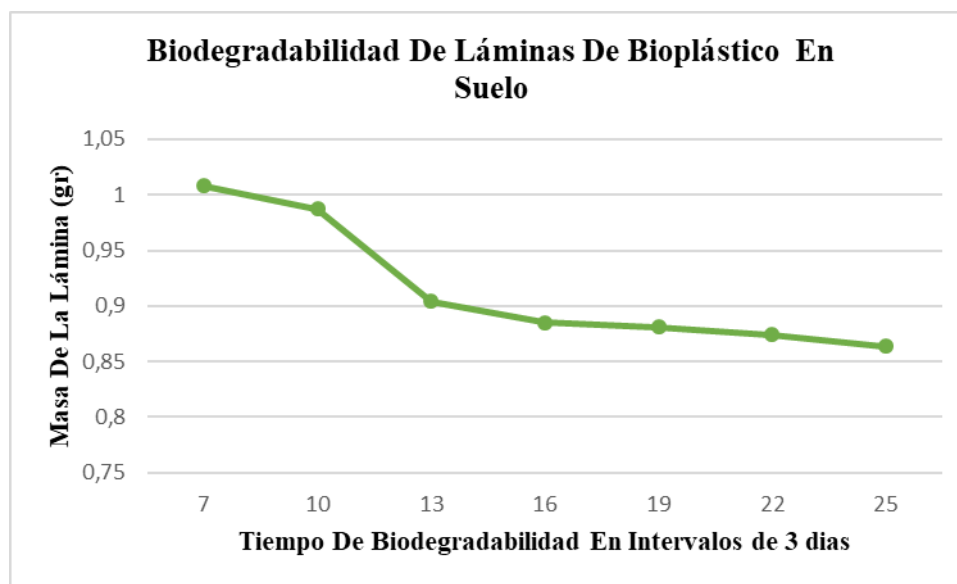
Nº Muestra	Masa Inicial (gr)	Día	Masa Final (gr)
1	1,432	7	1,008
2	1,432	10	0,987
3	1,432	13	0,904
4	1,432	16	0,885
5	1,432	19	0,881
6	1,432	22	0,874
7	1,432	25	0,864

Fuente: Los autores (2021)

-Velocidad De Biodegradabilidad

Figura 34.

Grafica De Biodegradabilidad De Laminas De Bioplástico En Suelo



-Calculo Velocidad De Biodegradabilidad

$$V = \frac{M_i - M_f}{t}$$

Donde:

$$M_i = \text{Masa inicial de la lámina} = 1,432 \text{ gr}$$

$$M_f = \text{Masa final de la lámina} = 0,864 \text{ gr}$$

$$t = \text{Tiempo de biodegradabilidad} = 25 \text{ días}$$

Entonces:

$$V = \frac{1,432 \text{ gr} - 0,864 \text{ gr}}{25 \text{ días}}$$

$$V = 0,022 \text{ gr/días}$$

-%Pérdida De Peso

$$\% \text{Pérdida de peso} = \frac{P_i - P_f}{P_i} * 100$$

Donde:

$$P_i = \text{Peso (masa) inicial de la lámina} = 1,432 \text{ gr}$$

$$P_f = \text{Peso (masa) final de la lámina} = 0,864 \text{ gr}$$

Entonces:

$$\% \text{Pérdida de peso} = \frac{1,432 \text{ gr} - 0,864 \text{ gr}}{1,432 \text{ gr}} * 100$$

$$\% \text{Pérdida de peso} = 0,396 * 100$$

$$\% \text{Pérdida de peso} = 39,6 \%$$

- Análisis De Resultados

En la prueba de biodegradabilidad en suelo, inicialmente las láminas de bioplástico tenían una forma rectangular de 9,5 cm * 9cm y su apariencia era transparente, al sembrarlas en suelo fueron perdiendo su peso y volumen con el pasar de los días, además, presentaron un oscurecimiento en su coloración como se evidencia en la (figura 33), hasta el punto de biodegradarse en un 39,6% de su masa inicial con una velocidad de biodegradabilidad de $0,022 \text{ gr/días}$ en 25 días debido a que las láminas de bioplástico al ser de origen vegetal (papa) se biodegradaron naturalmente en el suelo rico de materia orgánica en presencia de microorganismos.

7.4 Etapa 4 - Analizar El Impacto Ambiental, Viabilidad Técnica Y Económica De La Producción Del Bioplástico Elaborado A Partir Del Almidón De Papa.

- **Actividad 4.1: Analizar el impacto ambiental que genera el bioplástico elaborado a partir de almidón de papa.**

- **Acciones Susceptibles A Producir Impacto:** Para conocer las acciones susceptibles a producir impacto se realizó un diagrama de flujo de entradas, procesos y salidas, con el propósito de mostrar de forma secuencial y sistemática la forma en cómo se elaboró el bioplástico a partir de almidón de papa, permitiéndonos así identificar fácilmente aquellos procesos donde se presentan actividades que se relacionan con el medio ambiente.

Figura 35.

Diagrama De Entradas, Procesos Y Salidas



- **Factores Ambientales A Producir Impacto:** Los factores ambientales susceptibles a los efectos de la elaboración del bioplástico a partir de almidón de papa y sobre los cuales se enfocó la caracterización del ambiente son los factores físicos (abiótico) y los factores del medio socioeconómico y cultural.

Tabla 17.

Factor Medio Abiótico

COMPONENTE	ASPECTO	IMPACTO
SUELO	Uso del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en la capacidad productiva del suelo • Cambio en el uso actual del suelo
	Calidad del suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en las propiedades fisicoquímicas del suelo
AIRE	Calidad del aire	<ul style="list-style-type: none"> • Gases • Olores
AGUA	Factores de calidad	<ul style="list-style-type: none"> • Olor • Color • Transparencia

Fuente: Los autores (2021)

Tabla 18.

Factor Medio Socioeconómico Y Cultural

COMPONENTE	ASPECTO	IMPACTO
DIMENSIÓN GEOGRÁFICA	<ul style="list-style-type: none"> • Calidad de vida 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio en la calidad de vida por nuevos ingresos (empleo)

Fuente: Los autores (2021)

Tabla 19.

Análisis De La Información Procesada

		FACTORES SUCEPTIBLES A PRODUCIR IMPACTO (FARI)			
		SUELO	AIRE	AGUA	DIMENSIÓN GEOGRÁFICA
ACCIONES SUCEPTIBLES	Recepción De Materia Prima				
	Pretratamiento De La Materia Prima	X		X	
	Obtención Del Almidón		X		X
	Mezclado De Insumos Para El Bioplástico		X		
	Secado				
	Bioplástico	X		X	X

Fuente: Los autores (2021)

De acuerdo a la (Tabla 19) se puede inferir que el ASPI más susceptible a producir impacto es el bioplástico, afectando a tres factores (suelo, agua y dimensión geográfica).

- Valoración Del Impacto Ambiental De La Elaboración De Bioplástico A Partir De Almidón De Papa: Se usó la metodología de Leopold para evaluar los impactos ambientales producto de la elaboración de bioplásticos a partir de almidón de papa; en este método se califican las interacciones (magnitud/importancia) entre el proyecto y el ambiente.

Para la evaluación de las interacciones (magnitud/importancia) se estableció una escala de 0 a 10 con valores positivos para la importancia que podría causar el impacto (siendo 0 una afectación casi nula y 10 una gran afectación), y se estableció la magnitud con otra escala de 0 a 10 para conocer el rango de afectación que podría tener dicho impacto, en la magnitud se tomaron valores positivos o negativos de acuerdo al aprovechamiento o afección que puede causar en el medio ambiente. La Matriz de Leopold elaborada quedó de la siguiente manera:

Tabla 20.

Matriz De Leopold

ACCIONES DEL PROYECTO	FACTORES AMBIENTALES				MEDIO ABIOTICO			MEDIO SOCIOECONOMICO Y CULTURAL		SINTESIS		
	SUELO		AIRE	AGUA	DIMENSION GEOGRAFICA	CALIDAD DE VIDA	NÚMERO DE INTERACCIONES	+	-	Σ	+	-
	USO DEL SUELO	CALIDAD DEL SUELO	CALIDAD DEL AIRE	FACTORES DE CALIDAD	CALIDAD DE VIDA							
Recepción De Materia Prima												
Pretratamiento De La Materia Prima	-2/7	+5/7			-3/5		1	2	5/7	5/12		
Obtención Del Almidón			-1/3			+6/8	1	1	6/8	1/3		
Mezclado De Insumos Para El Bioplástico			-3/3					1		3/3		
Secado												
Bioplástico	-5/6	-2/9			-2/5	+7/9	1	3	7/9	9/20		
SINTESIS		1				2	6					
	+	2	1	2	2			14				
	-	5/7	2/9	4/6	5/10	13/17				23/31		49/93
PROMEDIO DEL PROYECTO		7/13	2/9	4/6	5/10	13/17				3.8/5.1		
										3.5/6.6		

Al obtener los resultados de la matriz de Leopold, se observa que las acciones ambientales que causaron un mayor impacto fueron el bioplástico causando tres afectaciones negativas al medio abiótico y el pretratamiento de la materia prima causando dos afectaciones negativas al medio abiótico; además este medio tuvo una mayor afectación en cuanto a los factores ambientales ya que recibió un mayor impacto en sus componentes suelo, agua y aire. La calificación global de los impactos negativos fue de 3.5/6.6 y de los impactos positivos fue de 3.8/5.2 de esto se infiere que el proyecto, genera algunos impactos al medio ambiente pocos considerables y que el ambiente es capaz de recuperarse de dichas afectaciones producidas por la elaboración de bioplástico a partir del almidón de papa.

- ***Actividad 4.2: Verificar la variabilidad Técnica.***

En la elaboración de bioplástico a partir de almidón de papa se tuvieron en cuenta 4 características físicas que fueron analizadas en la etapa 3 (determinar las características físicas del bioplástico elaborado a partir de almidón de papa) del presente proyecto; la primera característica es la densidad que de acuerdo al valor obtenido ($0,388 \text{ gr/cm}^3$) y en comparación con los plásticos convencionales, el bioplástico elaborado tiene una densidad menor pero al tener esta característica hace que en su elaboración se reduzcan costos en la producción usando menor cantidad de materia prima.

En cuanto a resistencia a la tracción, la fuerza máxima que el bioplástico soportó antes de su punto de rotura fue de 14,76 N, soportando 1,51 Kg, lo cual indica que el bioplástico elaborado puede llegar a ser usado para fabricar empaques de alimentos como vasos, platos, cubiertos o portacomidas debido a que estos empaques no tienen la necesidad de resistir tanto peso; además, son una buena opción de competencia en el mercado ya que los productos que se fabriquen de bioplástico elaborado a partir de almidón de papa serían amigables con el medio ambiente al tener una buena biodegradabilidad tanto en suelo como en agua; esta característica (biodegradabilidad) se puede corroborar en la (figura 31) donde se ve claramente que la lámina de bioplástico se biodegradó en un 84,5% en medio acuático y un 39,6% en suelo como se ve en la (figura 33) ; lo anterior mencionado se evidenció durante el desarrollo de las pruebas de laboratorio de este proyecto.



Tabla 21.

Viabilidad Técnica De Acuerdo A La Características Físicas Del Bioplástico Elaborado A Partir De Almidón De Papa.

Viabilidad Técnica			
Característica Física	Resultado	Viabilidad	Observación
Densidad	0,388 gr/cm ³	Si	Densidad baja, permite que la elaboración de bioplástico sea menos costosa ya que se usa menos materia prima.
Resistencia A La Tracción	14,76 N	Si	Resistencia adecuada para elaborar empaques de bioplástico que requieran soportar poco peso.
Biodegradabilidad En Agua	84,50%	Si	Rápida biodegradación en agua, descomponiéndose en sustancias más sencillas debido a la actividad enzimática de microorganismos que actúan sobre el bioplástico.
Biodegradabilidad En Suelo	39,60%	Si	En comparación a la biodegradación en agua, esta biodegradación es más lenta.

Fuente: Los autores (2021)

- *Actividad 4.3: Analizar la viabilidad económica generada.*

- Determinación De Los Recursos Necesarios Para La Elaboración De Bioplástico A Partir De Almidón De Papa.

Conociendo la dosis óptima que se requiere para la elaboración del bioplástico a partir del almidón de papa se determinaron los recursos necesarios para elaborar las láminas de bioplástico mediante la siguiente tabla:

Tabla 22.

Recursos Necesarios Para La Elaboración De Bioplástico

ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICO A PARTIR DE LA DOSIS OPTIMA		
Materia prima y recursos humanos	Unidad	Cantidad
Almidón de papa	gr	15
Glicerina	ml	7,5
Agua destilada	ml	150
Mano de obra	h/h	2
Vinagre Blanco	ml	7,5

Fuente: Los autores (2021)

- Análisis De Precios Unitarios.

Se realizaron tres análisis de precios unitarios de acuerdo a la actividad necesaria para la elaboración de bioplástico a partir de almidón de papa y sus ensayos de laboratorio.

Tabla 23.

Análisis De Precio Unitario - Obtención Del Almidón De Papa

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR						
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
PROYECTO	EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO ELABORADO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE PAPA COMO ALTERNATIVA PARA LA SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS CONVENCIONALES EN VALLEDUPAR					
ACTIVIDAD 1	OBTENCIÓN DE ALMIDÓN DE PAPA					
I. EQUIPO						
Descripción	Tipo	Tarifa/Día	Rendimiento	Vr.Unitario		
Licadora				\$ 59.900,00		
Tamiz				\$ 5.000,00		
Recipiente Para Decantado				\$ 5.000,00		
				Subtotal	\$ 69.900,00	
II.MATERIALES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr.Unitario		
Papa	KG	3	\$ 2.000,00	\$ 6.000,00		
Agua	L	6	\$ 0,00	\$ 0,00		
				Subtotal	\$ 6.000,00	
III.TRANSPORTES						
Descripción	Unidad	Cantidad	Distancia	Tarifa	Vr.Unitario	
					\$ 0,00	
				Subtotal	\$ 0,00	
IV. MANO DE OBRA						
Trabajador	Jornal	(%)	Jornada Total	Rendimiento	Vr.Unitario	
					\$ 0,00	
				Subtotal \$	\$ 0,00	
					Total Costos Directos \$	\$ 75.900,00

Fuente: Los autores (2021)



Tabla 24.

Análisis De Precio Unitario - Elaboración De Láminas De Bioplástico

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO	EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO ELABORADO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE PAPA COMO ALTERNATIVA PARA LA SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS CONVENCIONALES EN VALLEDUPAR				
ACTIVIDAD 2	ELABORACIÓN DE LÁMINAS DE BIOPLÁSTICO				
I. EQUIPO					
Descripción	Unidad	Tarifa/Día	Rendimiento	Vr.Unitario	
Horno Eléctrico	UN			\$ 199.900,00	
Estufa Eléctrica	UN			\$ 78.900,00	
				Subtotal	\$ 278.800,00
II.MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr.Unitario	
Almidón De Papa	GR	30	\$ 0,00	\$ 0,00	
Glicerina	ML	500	\$ 31,00	\$ 15.500,00	
Vinagre Blanco	ML	500	\$ 2,92	\$ 1.460,00	
Agua Destilada	ML	300	\$ 0,00	\$ 0,00	
Lámina De Vidrio	UN	12	\$ 1.500,00	\$ 18.000,00	
				Subtotal	\$ 34.960,00
III.TRANSPORTES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Distancia	Tarifa	Vr.Unitario
					\$ 0,00
				Subtotal	\$ 0,00
IV. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	(%)	Jornada Total	Rendimiento	Vr.Unitario
					\$ 0,00
				Subtotal	\$ 0,00
Total Costos Directos					\$ 313.760,00

Fuente: Los autores (2021)



Tabla 25.

Análisis De Precio Unitario - Realización De Pruebas De Laboratorio

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR					
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
PROYECTO	EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO ELABORADO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE PAPA COMO ALTERNATIVA PARA LA SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS CONVENCIONALES EN VALLEDUPAR				
ESTAPA 3	REALIZACIÓN DE PRUEBAS DE LABORATORIO				
I. EQUIPO					
Descripción	Tipo	Tarifa/Día	Rendimiento	Vr.Unitario	
Balanza Analítica	Laboratorio			\$ 275.238,00	
				Subtotal	\$ 275.238,00
II.MATERIALES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr.Unitario	
Agua De Un Cuerpo Natural	L	3	\$ 0,00	\$ 0,00	
Suelo Rico En Materia Orgánica	KG	1,4	\$ 7.500,00	\$ 10.500,00	
Moldes De Aluminio	UN	21	\$ 750,00	\$ 15.750,00	
				Subtotal	\$ 26.250,00
III.TRANSPORTES					
Descripción	Unidad	Cantidad	Distancia	Tarifa	Vr.Unitario
Recolección De Agua	KM	2	6,7	2000	\$ 4.000,00
				Subtotal	\$ 4.000,00
IV. MANO DE OBRA					
Trabajador	Jornal	(%)	Jornada Total	Rendimiento	Vr.Unitario
					\$ 0,00
				Subtotal	\$ 0,00
Total Costos Directos					\$ 305.488,00

Fuente: Los autores (2021)

- Presupuesto Para La Elaboración De Bioplástico A Partir De Almidón De Papa.

Tabla 26.

Presupuesto

UNIVERSIDAD POPULAR DEL CESAR				
PROYECTO				
EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO ELABORADO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE PAPA COMO ALTERNATIVA PARA LA SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS CONVENCIONALES EN VALLEDUPAR				
PRESUPUESTO				
ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	TOTAL
1	Obtención de almidón de papa	GR	150,00	\$ 75.900,00
2	Elaboración de laminas	UN	20,00	\$ 313.760,00
3	Realización de pruebas de laboratorio	UN	2,00	\$ 305.488,00
Costo Total Directo				\$ 695.148,00

Fuente: Los autores (2021)

El presupuesto presentado en la tabla 26 estima el costo total directo para la evaluación de bioplástico elaborado a partir de almidón de papa; la realización de este proyecto es viable desde el punto de vista económico debido a que con los recursos que se contaron, este proyecto es capaz de generar benéficos y tener una rentabilidad suficiente.

8. CONCLUSIONES

Se caracterizó la materia prima para elaborar bioplástico a partir de almidón de papa y se observó que la obtención de dicho almidón es un proceso muy sencillo, además éste presentó una gran similitud respecto al almidón de papa comercial al determinar las características físicas de color, contenido de materia seca y distribución del tamaño del gránulo.

Se determinó la dosificación adecuada de almidón de papa, glicerina, vinagre blanco y agua destilada para elaborar bioplástico puesto que estos materiales son los responsables de afectar la consistencia, elasticidad y estabilidad de este biopolímero, ya de ellos depende que el bioplástico sea factible o no, luego de realizar cuatro pruebas con diferentes dosificaciones se llegó a la conclusión que la dosis óptima para elaborar bioplástico a partir de almidón de papa requiere de 15 gr de almidón, 7,5 ml de glicerina, 7,5 ml de vinagre blanco y 150 ml de agua destilada y su temperatura de secado en horno fue de 35°C por 39 horas con 20 minutos, simulando la temperatura ambiente de la ciudad de Valledupar.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el bioplástico elaborado a partir de almidón de papa es una muy buena alternativa respecto a los plásticos convencionales, ya que con este se pueden elaborar productos o empaques que no requieran una resistencia a la tracción muy alta y que no deban estar expuestos a agua por mucho tiempo puesto que se degrada en cuestión de días; Por lo tanto la fabricación de embalajes o empaques a partir del bioplástico elaborado de almidón de papa es una buena alternativa para sustituir aquellos productos que generan una cantidad masiva de residuos plásticos a nivel mundial, con el fin de tratar de solucionar la no biodegradabilidad de los plásticos convencionales.

Se determinó que la elaboración de bioplásticos a partir de almidón de papa, no causa impactos negativos significativos al medio ambiente y, además, el costo de la elaboración de dichos bioplásticos no requiere de mucha inversión económica, es un proceso sencillo y se requiera de poca maquinaria.

9. RECOMENDACIONES

- Se recomienda, tener en cuenta la temperatura de mezclado y secado ya que, estas cumplen un papel importante en la elaboración de bioplástico, y un exceso temperatura puede afectar la calidad del bioplástico.
- Se sugiere que las láminas de bioplástico se dejen sembradas en suelo por mucho más tiempo para evidenciar resultados más precisos en su biodegradación.
- Es menester continuar optimizándose el proceso de elaboración de bioplástico, se recomienda seguir con la experimentación de otros compuestos químicos que puedan aportar características significativas al bioplástico, tales como mejor resistencia, elasticidad, entre otros.
- Se recomienda establecer el procesamiento del bioplástico para la elaboración de un producto final diferente a láminas.

10. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- acidolactico. (2019). Obtenido de <https://www.acidolactico.org/>
- AlcaldiaMunicipal. (2020). *Alcaldia Municipal De Valledupar*. Obtenido de <http://www.valledupar-cesar.gov.co/MiMunicipio/Paginas/Economia.aspx>
- Amarilo S.A.S. (2018). COMPONENTE AMBIENTAL – DOCUMENTO TECNICO DE SOPORTE. Bogotá. Obtenido de http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/6.estu_amb_cap_5.pdf
- Arboleda, J. (2008). Manual De Impacto Ambiental, De Proyectos, Obras O Actividades. Medellín.
- Arias, F. (2012). El Proyecto De Investigación - Introducción a la metodología científica. Caracas: Episteme.
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía Técnica Para Producción Y Análisis De Almidón De Yuca. 61-64. Obtenido de <https://www.fao.org/3/a1028s/a1028s.pdf>
- Ballesteros, L. (2014). LOS BIOPLASTICOS COMO ALTERNATIVA VERDE Y SOSTENIBLE DE LOS PLASTICOS BASADOS EN PETROLEO. Obtenido de http://bibliotecadigital.usb.edu.co:8080/bitstream/10819/2247/1/Los%20Biopl%C3%A1sticos_Laura%20Ballestero_USBCTG_2014.pdf
- Batuani, R. (2015). Estudio De La Obtención De Plasticos Biodegradables A Partir Del Almidón De La Papa Por Adición De Agentes Plastificantes. La Paz, Bolivia. Obtenido de <https://repositorio.umsa.bo/xmlui/bitstream/handle/123456789/9295/PG-1593-Batuani%20Larrea%2cRodny%20Andree.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Bolsas Pura Vida. (13 de Junio de 2019). *Bolsas Pura Vida*. Obtenido de http://www.bolsaspuravida.com.ar/bolsas_pura_vida/index.php?option=com_content&view=article&id=12:ique-es-la-biodegradabilidad&catid=8:ique-es-la-biodegradabilidad&Itemid=7
- BONNES. (2010). PRODUCCION DE BIOPLASTICO A PARTIR DEL AMIDON PARA LA ELABORACION DE PLATOS DESECHABLES.
- Celedón, N., & Ramirez, I. (04 de 2020). EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO ELABORADO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE PAPA COMO ALTERNATIVA PARA LA

SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS CONVENCIONALES EN VALLEDUPAR.
*EVALUACIÓN DE BIOPLÁSTICO ELABORADO A PARTIR DEL ALMIDÓN DE PAPA
COMO ALTERNATIVA PARA LA SUSTITUCIÓN DE PLÁSTICOS CONVENCIONALES
EN VALLEDUPAR.* Valledupar, Colombia.

Chariguamán, J. (2015). Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado on albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.). Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>

Charro, M. (2015). OBTENCIÓN DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE PATATA. Quito, Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec:8080/bitstream/25000/3788/1/T-UC-0017-97.pdf>

DANE. (2018).

DANE. (5 de Septiembre de 2019). DANE. Obtenido de <https://www.dane.gov.co/files/censo2018/informacion-tecnica/presentaciones-territorio/050919-CNPV-presentacion-Cesar.pdf>

Diaz, R. (2017). GESTION INTEGRAL DE RESIDUOS SOLIDOS. Valledupar. Obtenido de https://www.academia.edu/33201786/UNIVERSIDAD_NACIONAL_ABIERTA_Y_A_DISTANCIA_UNAD_GESTION_INTEGRAL_DE_RESIDUOS_SOLIDOS_Unidad_1_Fase_1_2_y_3_-Identificaci%C3%B3n_y_an%C3%A1lisis?auto=download

Fernandez, J., & Vargas, P. (2015). ELABORACIÓN DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE PAPA EN CONTRA DE LA CONTAMINACIÓN EN COLOMBIA. Bogotá, Colombia. Obtenido de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13350/PRODUCCI%C3%93N%20DE%20BIOPL%C3%81STICOS.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

García, A. (Enero de 2015). OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAIZ. 24. Santa Tecla. Obtenido de <http://www.redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/2436/4/05%20Obtenci%C3%B3n%20de%20un%20pol%C3%ADmero%20biodegradable-convertido.pdf>

- García, A. (2015). Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA – FEPADE. Obtenido de <https://doi.org/10.1142/S0217979211101259>
- GEMALABS. (6 de Agosto de 2018). Obtenido de <https://www.gemalabs.cl/que-son-las-resinas-naturales/>
- Gómez, J. (2016). DIAGNÓSTICO DEL IMPACTO DEL PLÁSTICO - BOTELLAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE: UN ESTADO DEL ARTE. Facatativá, Colombia. Obtenido de <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/10047/Gomez2016.pdf?sequence=1>
- Gonzales, M. C. (2020). "Valledupar en orden 2020-2023" Plan De Desarrollo Municipio De Valledupar. Valledupar, Cesar, Colombia.
- GoogleMaps. (2021). *Google Maps*. Obtenido de <https://www.google.com/maps/place/Valledupar,+Cesar/data=!4m2!3m1!1s0x8e8ab9b5d6cf71d7:0x84a43625b14c234a?sa=X&ved=2ahUKEwj78umm27bzAhVUrpUCHYzXD EYQ8gF6BAgFEAE>
- Granda, J., & Ramos, Y. (Agosto de 2019). ESTUDIO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y DEFORMACIÓN DE BIOPLÁSTICOS OBTENIDOS A PARTIR DE ALMIDÓN DE SOLANUM TUBEROSUM A DIFERENTES PORCENTAJES DE PLASTIFICANTE. Trujillo, Perú. Obtenido de <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/13393/GRANDA%20S%C3%81NCHEZ%2C%20Jorge%20Jeyson%3B%20RAMOS%20CONTRERAS%2C%20Yenny%20Merly.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Greenpeace. (2016). Plásticos En Los Océanos. Obtenido de https://archivo-es.greenpeace.org/espana/Global/espana/2016/report/plasticos/plasticos_en_los_oceanos_LR.pdf
- Greenpeace. (Noviembre de 2019). SITUACIÓN ACTUAL DE LOS PLÁSTICOS EN COLOMBIA Y SU IMPACTO EN EL MEDIO AMBIENTE. Obtenido de http://greenpeace.co/pdf/2019/gp_informe_plasticos_colombia_02.pdf
- Guamán, J. (2019). OBTENCIÓN DE PLÁSTICOS BIODEGRADABLES A PARTIR DE ALMIDÓN DE CASCARAS DE PAPA PARA SU APLICACIÓN INDUSTRIAL.

- Riobamba, Ecuador. Obtenido de
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/11069/1/96T00540.pdf>
- GUAN, H. (2004). Extruir espumas de acetato de almidón de maíz nativo.
- Hernandez, J., & Vargas, P. (2015). ELABORACIÓN DE UN PLAN DE NEGOCIOS PARA DETERMINAR LA FACTIBILIDAD DE LA PRODUCCIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE PAPA EN CONTRA DE LA CONTAMINACIÓN EN COLOMBIA.
- Holguin, J. (Febrero de 2019). OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA. Bogotá.
- ICBF. (2017). PROGRAMA MANEJO DE RESIDUOS REGIONAL CESAR. Obtenido de
https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/procesos/pg32.sa_programa_manejo_residuos_solidos_regional_cesar_v2.pdf
- Iñiguez, A., & Castillo, A. (2011). Obtención Del Acido Lactico A Partir Del Almidón De Papa (Solanum Tuberosum), Como Materia Prima Para La Fabricación De Material Descartable Biodegradable. Cuenca. Obtenido de
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1514/12/UPS-CT002110.pdf>
- KNUTSON, C., & GROVE, M. (1994). *Rapid Method for Estimation of Amylose in Maize Starches*. Obtenido de
<https://www.scielo.br/j/cta/a/BFmq3pZQMP33pwHsyNjk9Yf/?format=pdf&lang=es>
- Lopez, L. (19 de Octubre de 2009). Perdigonos 100% biodegradables y aparato para su elaboración. España. Obtenido de
<https://patentimages.storage.googleapis.com/88/98/75/66c4854c9264a4/ES2373161B1.pdf>
- Medina, R. (14 de Septiembre de 2006). Plásticos Biodegradables. *¿Como me ves?(79)*, 24. Obtenido de https://www.cientec.or.cr/ambiente/pdf/plasticos_biodegradables2005-CIENTEC.pdf
- Meneses, J., Corrales, C., & Valencia, M. (2007). SÍNTESIS Y CARACTERIZACIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DEL ALMIDÓN DE YUCA. *Revista EIA*, 57-67. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1794-12372007000200006

- Meza, P. (2016). ELABORACIÓN DE BIOPLÁSTICOS A PARTIR DE ALMIDÓN RESIDUAL OBTENIDO DE PELADORAS DE PAPA Y DETERMINACIÓN DE SU BIODEGRADABILIDAD A NIVEL DE LABORATORIO. Lima, Perú. Obtenido de <http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/UNALM/2016/Q60-M49-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Mincit. (Marzo de 2020). *Ministerio de comercio, industria y turismo*. Obtenido de <http://www.mincit.gov.co/getattachment/6463f761-e0f6-485a-889e-f87a21e0de18/Cesar>
- ONU. (2018). El Estado De Los Plásticos. Perspectiva Del Día Mundial Del Medio Ambiente 2018. Obtenido de https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/25513/state_plastics_WED_SP.pdf?isAllowed=y&sequence=5
- ONU. (2 de Enero de 2019). ONU Programa Para El Medio Ambiente. *Reciclaje De Plástico El Sector Esta Listo Para Un Nuevo Impulso*. Obtenido de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/reciclaje-de-plastico-el-sector-esta-listo-para-un-nuevo-impulso>
- Ortiz, M., Villalobos, M., Peña, A., Avalos, T., Martínez, M., De León, J., & Prado, M. (2013). *Ciencias de la Ingeniería y Tecnología, Handbook*. Valle De Santiago, Mexico: ECORFAN. Obtenido de https://www.ecorfan.org/handbooks/Ciencias%20de%20la%20Ingenieria%20y%20Tecnologia%20T-I/Ciencias_Ingenier%c3%ada_Tecnolog%c3%ada_Handbook_T-I_18.pdf
- PlasticEurope. (1 de Mayo de 2019). *PlasticEurope Productores De Materias Plásticas*. Obtenido de <https://www.plasticseurope.org/es/about-plastics/what-are-plastics/large-family>
- RAE. (2018). *Diccionario de la Real Academia Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=5YtOE4H>
- RAE. (2018). *Diccionario Real De La Academia Española*. Obtenido de <https://dle.rae.es/?id=ZJiUnid>
- Robles, F. (s.f.). *Lifeder.com*. Obtenido de <https://www.lifeder.com/materiales-sinteticos/>
- Semana. (7 de Septiembre de 2017). Las fibras de plástico invaden el agua potable. *SEMANA*. Obtenido de <https://www.semana.com/medio-ambiente/articulo/plastico-invade-el-agua-potable-alrededor-del-mundo-y-el-peligro-para-la-salud/38584/>

- Superservicios. (2018). *Informe de Disposición Final de Residuos Sólidos – 2017*. Obtenido de https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Publicaciones/Publicaciones/2018/Dic/2._disposicion_final_de_residuos_solidos_-_informe_2017.pdf
- Tejina. (Septiembre de 2011). *Aprendamos en Tecnología*. Obtenido de <https://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2011/09/plasticos-tejina.pdf>
- Valencia, R. (9 de Octubre de 2021). Respuesta Oficio No. 280921303 – Solicitud de información. Valledupar, Cesar, Colombia.
- Vargas, G., Martinez, P., & Velezmoro, C. (2016). Propiedades funcionales de almidón de papa (*Solanum tuberosum*). *Scientia Agropecuaria*, 224.
- weatherspark. (s.f.). *weatherspark*. Obtenido de <https://es.weatherspark.com/y/24425/Clima-promedio-en-Valledupar-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Ysacura, M., Labrador, D., & Crespo, Y. (2009). *Polímeros y biomoléculas*. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com>