

**EVALUACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS ELABORADOS A PARTIR DE
ALMIDÓN DE YUCA Y MAÍZ**

AUTOR (ES):

MARIA JOSE DE LA HOZ RAMÍREZ
PAOLA ANDREA FERNÁNDEZ FLORIÁN

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

**EVALUACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS ELABORADOS A PARTIR DE
ALMIDÓN DE YUCA Y MAÍZ**

AUTOR (ES):

MARIA JOSE DE LA HOZ RAMÍREZ
PAOLA ANDREA FERNÁNDEZ FLORIÁN

DIRECTOR:

ING. WALNER ENRIQUE LÓPEZ MENA

CODIRECTOR:

ING. KARINA PAOLA TORRES CERVERA

ASESOR:

ING. MELISSA MILETH MARTÍNEZ MAESTRE

**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**



DEDICATORIA

A Dios, a nuestros padres, familiares y amigos, por el gran apoyo y el amor, que durante años nos han motivado a cumplir nuestras metas y hoy en día nos permiten hacer realidad nuestros objetivos y sueños.





**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios por bendecirnos y guiarnos a lo largo de todo este camino, por brindarnos calma y tranquilidad en los momentos de angustia y desespero, por ser nuestro sosten en este complejo pero maravilloso trasegar.

A nuestros padres por ser el apoyo incondicional que nos motivaron a culminar con éxito este arduo y significativo proceso de vida.

A nuestros hermanos, familiares y amigos por ser estimulantes en el apoyo colaborativo que nos indica un camino hacia la generosidad.

A nuestro equipo de trabajo por ser guías y luz en este hermoso trasegar, siempre de la mano de Dios nos brindaron confianza y seguridad para que en este día estemos en estas instancias.

Y finalmente a todas las personas que nos brindaron su apoyo de una manera desinteresada y colocaron un grano de arena para culminar este hermoso proceso.



RESUMEN

El uso de los plásticos convencionales ha aumentado debido a su bajo costo, pero como resultado se ha obtenido la incrementación de estos en los rellenos sanitarios, los problemas derivados de esta acumulación de residuos procedentes del petróleo, ha llevado a la búsqueda de nuevas alternativas como lo son los bioplásticos que, en comparación con los antes mencionados son degradados en el ambiente al momento de ser expuestos a ciertas condiciones en un lapso de tiempo corto. En esta investigación se estudió el porcentaje de degradabilidad, resistencia e impacto ambiental generado por los bioplásticos. De los resultados obtenidos se encontró que los bioplásticos tienen comportamientos similares a los antes mencionados, con la diferencia que su degradabilidad en los medios acuáticos y terrestres se realiza en tiempos corto y su resistencia es buena y que su impacto ambiental genera de manera positiva con poco porcentaje negativo.

Palabras Claves: Bioplásticos; degradabilidad; impacto ambiental; resistencia; almidón de yuca y maíz.

ABSSTRACT

The use of conventional plastics has increased due to their low cost, but as a result there has been an increase in these in sanitary landfills, the problems derived from this accumulation of waste from oil, has led to the search for new alternatives such as it is the bioplastics that, compared to the aforementioned are degraded in the environment at the time of being exposed to certain conditions in a short period of time. In this research, the percentage of degradability, resistance and environmental impact generated by bioplastics was studied. From the results obtained, it was found that bioplastics have behaviors similar to those mentioned above, with the difference that their degradability in aquatic and terrestrial environments is carried out in a short time and their resistance is good and that their environmental impact generates positively with little negative percentage.

Keywords: Bioplastics; degradability; environmental impact; endurance; cassava and corn starch.

TABLA DE CONTENIDO

Contenido

1. EVALUACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS ELABORADOS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA Y MAÍZ.....	11
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	11
3. JUSTIFICACIÓN.....	13
4. OBJETIVOS	15
4.1. OBJETIVO GENERAL	15
4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	15
5. MARCO REFERENCIAL	16
5.1. ANTECEDENTES.....	16
5.2. MARCO TEÓRICO	19
5.2.1. Los polímeros	19
5.2.2. Los plásticos	19
5.2.3. Residuo sólido o desecho	21
5.2.4. El almidón	21
5.2.5. Resistencia a la tracción.....	24
5.3. MARCO CONCEPTUAL.....	24
5.3.1. Plastificantes	24
5.3.2. Rellenos.....	24
5.3.3. Fibras	25
5.3.4. Reducir	25
5.3.5. Reutilizar	25
5.3.6. Reciclar	25
5.3.7. Plástico de un solo uso.....	25
5.4. MARCO CONTEXTUAL.....	26
5.5. MARCO LEGAL.....	27
6. MARCO METODOLÓGICO	31
6.1. LÍNEA Y SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN.....	31



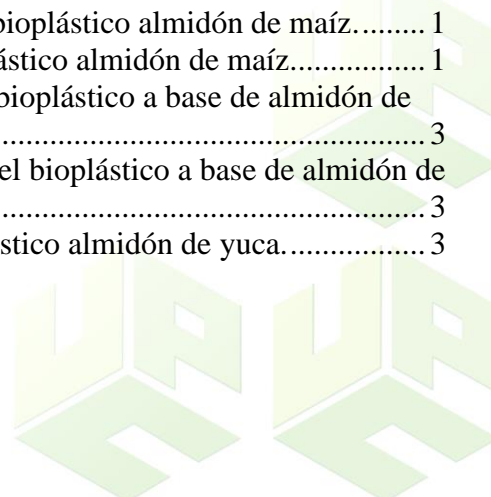
6.2.	TIPO DE INVESTIGACIÓN	31
6.3.	NIVEL DE INVESTIGACIÓN	31
6.4.	POBLACIÓN DE ESTUDIO	32
6.5.	MUESTRA POBLACIONAL.....	32
6.6.	DESARROLLO METODOLÓGICO.....	32
6.6.1.	Etapa 1: Caracterización de las propiedades físicas del almidón de yuca y maíz. 32	
6.6.2.	Etapa 2: Establecer las mezclas óptimas del almidón de yuca y maíz para la elaboración de los bioplásticos.	35
6.1.3	Etapa 3: Comprobar el porcentaje de degradación y la resistencia a la tracción de los bioplásticos elaborados.....	42
7.	RESULTADO Y ANÁLISIS	47
7.1.1.	Etapa 1: Caracterización de las propiedades físicas del almidón de yuca y maíz. 47	
7.1.2	Etapa 2: Establecer las mezclas óptimas del almidón de yuca y maíz para la elaboración de los bioplásticos.	53
7.1.3.	Etapa 3: Comprobación del porcentaje de degradación y la resistencia a la tracción de los bioplásticos elaborados.....	62
7.1.4.	Etapa 4: Determinar las propiedades físicas y los aspectos técnicos, económicos y ambientales de los bioplásticos elaborados.....	74
8.	CONCLUSIONES	5
9.	RECOMENDACIONES	6
10.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	7
Ilustración 1	Localización Geográfica del Municipio de Valledupar	27
Ilustración 2	Inicio del proceso para la extracción del almidón de yuca	35
Ilustración 3	Inicio del proceso para la extracción del almidón de maíz.....	36
Ilustración 4	Trituración para la extracción del almidón de yuca.....	37
Ilustración 5	Trituración para la extracción del almidón de maíz.....	37
Ilustración 6	Filtración de los almidones	38
Ilustración 7	Extracción del jugo de la yuca	39
Ilustración 8	Extracción del jugo del maíz	39
Ilustración 9	Almidón decantado a temperatura ambiente.....	40
Ilustración 10	Almidón de yuca tamizado	41
Ilustración 11	Almidón de maíz tamizado	41



Ilustración 12	Prueba de color del almidón de yuca	47
Ilustración 13	Prueba de color del almidón de maíz	48
Ilustración 14	Pesos de los crisoles	49
Ilustración 15	Pesos de los crisoles del almidón de maíz	50
Ilustración 16	Peso Tamiz N°50	51
Ilustración 17	Peso tamiz N° 80.....	51
Ilustración 18	Peso tamiz N° 140.....	51
Ilustración 19	Prueba N°1 del almidón de yuca.....	54
Ilustración 20	Prueba N° 2 del almidón de yuca.....	55
Ilustración 21	Prueba N° 3 del almidón de yuca.....	56
Ilustración 22	Prueba N° 4 del almidón de yuca.....	57
Ilustración 23	Prueba N°1 Almidón de maíz	58
Ilustración 24	Prueba N°2 Almidón de maíz	59
Ilustración 25	Prueba N°3 Almidón de maíz	60
Ilustración 26	Prueba N°4 Almidón de maíz	61
Ilustración 27	Lámina del bioplástico después del medio acuático	65
Ilustración 28	Lámina del bioplástico después del medio acuático	67
Ilustración 29	Lámina del bioplástico después del medio terrestre	69
Ilustración 30	Lámina del bioplástico después del medio terrestre	71
Ilustración 31	Montaje de resistencia.....	72
Ilustración 32	Peso de las láminas del bioplástico elaborado	74
Ilustración 33	Medidas de las láminas del bioplástico.....	75
Ilustración 34	Procesos y/o actividades necesarias para la elaboración de los bioplásticos.	78
Ilustración 35	Diagrama de procesos de aspectos ambientales para la elaboración del bioplástico.....	84
Ilustración 36	Matriz de Leopold.....	85
Gráfica 1	Deterioro de las láminas del bioplástico a base de almidón de yuca en el medio acuático.....	64
Gráfica 2	Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de maíz en el medio acuático.....	66
Gráfica 3	Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de yuca en el medio terrestre	68
Gráfica 4	Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de maíz en el medio terrestre	70
Gráfica 5	Resistencia de la lámina del bioplástico a base del almidón de maíz	72
Gráfica 6	Resistencia de la lámina del bioplástico a base del almidón de yuca.....	73
Gráfica 7	Comportamiento de la lámina del bioplástico	2



Gráfica 8 Comportamiento de la lámina del bioplástico	4
Tabla 1 Matriz de identificación de aspectos legales	27
Tabla 2 Prueba N° 1 del almidón de yuca	53
Tabla 3 Prueba N° 2 del almidón de yuca	54
Tabla 4 Prueba N° 3 del almidón de yuca	55
Tabla 5 Prueba N° 4 del almidón de yuca	56
Tabla 6 Prueba N°1 Almidón de maíz.....	58
Tabla 7 Prueba N°2 Almidón de maíz.....	59
Tabla 8 Prueba N°3 Almidón de maíz.....	60
Tabla 9 Prueba N°4 Almidón de maíz.....	61
Tabla 10 Deterioro de las láminas del bioplástico a base de almidón de yuca en el medio acuático.....	63
Tabla 11 Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de maíz en el medio acuático.....	65
Tabla 12 Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de yuca en el medio terrestre.....	68
Tabla 13 Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de maíz en el medio terrestre.....	69
Tabla 14 Recursos necesarios para la elaboración de bioplásticos a partir de las dosis óptimas	79
Tabla 15 Análisis de precios unitarios para la elaboración de los bioplásticos.....	80
Tabla 16 Análisis de precios unitarios para la elaboración de los bioplásticos.....	81
Tabla 17 Análisis de precios unitarios para la elaboración de los bioplásticos.....	82
Tabla 18 N° de tratamientos y cargas en el análisis del bioplástico elaborado a base de almidón de maíz	1
Tabla 19 N° de tratamientos y repeticiones del análisis bioplástico almidón de maíz.....	1
Tabla 20 Análisis de varianza de las tensiones del bioplástico almidón de maíz.....	1
Tabla 21 N° de tratamientos y cargas, en el análisis del bioplástico a base de almidón de yuca.....	3
Tabla 22 N° de tratamientos y repeticiones del análisis del bioplástico a base de almidón de yuca.....	3
Tabla 23 Análisis de varianza de las tensiones del bioplástico almidón de yuca.....	3



INTRODUCCIÓN

La gran producción de plásticos convencionales en el mundo ha generado una enorme contaminación y esto a su vez un gran impacto ambiental, debido a que estos componentes se obtienen a partir de un recurso no renovable como lo es el petróleo y a su inmensa utilización en las grandes industrias comerciales. Por otro lado, existen los bioplásticos los cuales son plásticos biodegradables elaborados a partir de materia prima renovables como lo es en este caso el almidón. Estos se han convertido en una gran competencia para los plásticos convencionales debido a que los plásticos ejercen una gran amenaza al medio ambiente por su larga durabilidad, estos permanecen en el ecosistema por largos periodos de tiempo y persisten incluso a condiciones ambientales adversas, mientras que los bioplásticos reducen los residuos no biodegradables y a su vez la contaminación en el medio ambiente.

Las producciones de bioplásticos a base de almidón son las más conocidas y utilizadas. En este caso en particular se escogió evaluar las características de los bioplásticos elaborados a base de almidón de yuca y maíz, debido a su alta productividad en la ciudad de Valledupar.

La elaboración de los bioplásticos producidos a partir de las pulpas de yuca y maíz representa una gran importancia en el desarrollo sostenible, desde un punto de vista ambiental; en la baja producción de residuos sólidos debido a su gran aprovechamiento en los procesos de descomposición en los medios acuáticos y terrestres. Desde el punto de vista económico este proyecto generaría un incremento de la tasa de empleos generados en el sector agrícola, ya que se necesita gran producción de materia prima para la obtención del almidón para la elaboración de los bioplásticos.

De acuerdo con los razonamientos presentados anteriormente, el objetivo de este proyecto es la evaluación de los bioplásticos elaborados a base de almidón de yuca y maíz, con la finalidad de determinar qué tan viable son estos para la producción de bolsas, envases y otros derivados que se pueden crear a partir de estos.



1. EVALUACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS ELABORADOS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA Y MAÍZ.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El manejo inadecuado de los Residuos Sólidos está generando graves problemas de contaminación, el cual tiene efectos negativos en la salud de los seres humanos y el medio ambiente. La acumulación de los desechos sólidos presenta problemas de fertilidad en los suelos, contaminan las aguas freáticas con nitratos y metales, los cuales se filtran a través de los residuos; de igual forma durante el proceso de descomposición de los residuos se generan gases, estos representan peligro para las personas que viven cerca de los vertederos de desechos y contaminan la atmósfera.

“El crecimiento de la población y concentración en las áreas urbanas, el desarrollo, los cambios de hábitos de consumo y mejor nivel de vida han hecho que el problema de los residuos sólidos aumente cada día” (Ojeda & Quintero, 2008).

El plástico es un producto que posee características como durabilidad, resistencia, peso y bajo costo. Esta particularidad ha hecho de este un material fundamental en la vida diaria de las personas, con esto la producción de plástico ha tomado un papel importante.

En la actualidad los plásticos forman parte del principal problema ambiental, puesto que para llevar a cabo su producción se requiere de combustibles fósiles provocando una excesiva presión sobre las limitadas fuentes de energía no renovables, estos polímeros permanecen en la naturaleza largos periodos de tiempo por causa de su composición. De acuerdo con el Informe Estado del Plástico 2018 de ONU Ambiente, la gran mayoría de plásticos que utilizamos están elaborados para “usarse y tirarse” y solo una insignificante parte de estos es reciclada, a causa de esto cada año se producen millones de toneladas de basura plástica, estimándose así que para el año 2050 esta producción alcanzará los 12.000 millones de toneladas.



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Esta problemática ha conllevado a buscar soluciones que ayuden a mitigar el impacto generado por los plásticos, una alternativa que ha tomado mucha importancia es la elaboración de plásticos biodegradables a base de almidón. Los bioplásticos ofrecen ventajas al compararse con el plástico tradicional, este al ser un material elaborado de productos naturales puede desintegrarse en un periodo de tiempo más corto.

La elaboración de plásticos biodegradables es una alternativa que puede resultar beneficiosa para el medio ambiente, ya que el plástico convencional sería reemplazado por este, debido a las características que poseen, además el impacto ambiental generado por este puede disminuir en gran medida.

Teniendo en cuenta lo anteriormente planteado surge la siguiente pregunta de investigación.

¿Cuál de los almidones estudiados presenta mejores características físicas para la elaboración del bioplástico?



3. JUSTIFICACIÓN

Dadas las condiciones ambientales que cada día se vienen presentando, se ha hecho notorio el grave problema de contaminación que durante los últimos años ha estado aumentando. La alta producción de plástico hoy día es quien ocupa la mayor parte del problema ambiental que sufre nuestro planeta. Este proyecto se basa en elaborar un plástico biodegradable que permita mitigar la problemática antes dicha.

El bioplástico es una de las grandes esperanzas para la humanidad. En la actualidad el plástico más utilizado es el derivado de combustibles fósiles, elaborar un plástico a partir de sustancias vegetales tiene la ventaja de descomponerse más fácilmente, siendo una opción más sustentable.

Los plásticos biodegradables cada vez más llegan a la luz pública, como alternativa para mitigar tanto las emisiones de CO_2 como el calentamiento global que hoy día se ha convertido en una seria preocupación por todos. La producción de plásticos convencionales requiere una introducción de carbono en la ecósfera, mientras que los bioplásticos liberan el CO_2 mediante la biomasa, lo que quiere decir que este carbono es potencialmente neutral en su ciclo de vida (Ballesteros, 2014).

La tierra produce plantas que contienen almidón, como lo son la yuca, papa, maíz, entre otras. El almidón puede utilizarse como base para elaborar plásticos biodegradables y fabricarse empaques para diferentes productos. Este por provenir de materias primas naturales, pueden ser procesadas por organismos vivos y al ser compostado puede producir abono orgánico sirviendo como fertilizante para los suelos.

La mayoría de los desechos sólidos se descartan empacados en bolsas de plástico. Es por eso, que al obtener un bioplástico que satisfaga los requerimientos de material de empaque en cuanto a sus propiedades mecánicas; se proporcionaría a la industria del empaque un material biodegradable/compostable, que pueda sustituir productos altamente contaminantes, como por ejemplo el poliestireno expandido (durapax) y la ya tradicional bolsa de plástico (García, 2015).



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Por lo anterior cabe resaltar que la realización de este proyecto trae consigo una oportunidad para nuestro planeta, puesto que al elaborar plásticos biodegradables se estaría aprovechando los residuos generados por la yuca y el maíz, como también, el uso del plástico convencional se estaría reduciendo en gran cantidad en los rellenos sanitarios. Con todo esto aumentaría las perspectivas para mejorar el problema de contaminación que hoy se vive.





4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar los bioplásticos elaborados a partir de almidón de yuca y maíz.

4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar las propiedades físicas del almidón de yuca y maíz.
- Establecer las mezclas óptimas del almidón de yuca y maíz para la elaboración de los bioplásticos.
- Comprobar el porcentaje de degradación y la resistencia a la tracción de los bioplásticos elaborados.
- Determinar de las propiedades físicas y los aspectos técnicos, económicos y ambientales de los bioplásticos elaborados.



5. MARCO REFERENCIAL

Se presentará en primera instancia los estudios internacionales y nacionales coherentes con el tema central de la investigación.

5.1. ANTECEDENTES

(Ruiz, 2005), desarrolló la investigación titulada “Polímeros biodegradables a partir del almidón de yuca”, para optar el título de magister en ingeniería de procesamiento de polímeros en la universidad EAFIT, con la finalidad de determinar las condiciones para obtener un plástico biodegradable a partir del almidón de yuca. Esta investigación se llevó a cabo en tres etapas, las cuales fueron: ETAPA 1: el autor desarrolló la evaluación de las condiciones para la obtención del polímero biodegradable. ETAPA 2: en segunda instancia el autor elaboró la evaluación de las condiciones para el procesamiento por extrusión. ETAPA 3: por último, evaluó las características mecánicas y fisicoquímicas del polímero biodegradable obtenido. Los resultados de la investigación obtenidos indicaron que las mezclas ensayadas con el polímero obtenido proporcionaron una resistencia a la tensión moderada lo mismo que su deformación en el punto de fractura.

(García, 2015), desarrolló la investigación titulada “Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz”, en compañía con la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA–FEPADE, su proyecto tuvo como finalidad reducir la contaminación ambiental generada por los plásticos convencionales y realizar un producto amigable con el ambiente, el cual permitiera la sustitución del plástico convencional. Esta investigación se llevó a cabo en cuatro etapas, las cuales fueron: ETAPA 1: el autor desarrolló formulas prototipo del bioplástico de almidón de maíz. ETAPA 2: se realizó análisis de resistencia a la tracción del bioplástico obtenido. ETAPA 3: por otra parte, el autor evaluó el espesor del bioplástico. ETAPA 4: finalmente, se procedió a determinar la biodegradabilidad del

bioplástico. Los resultados de la investigación obtenidos fueron la creación de dos prototipos de plásticos (películas y bandejas) a partir del almidón de maíz.

(Fernández & Vargas, 2015), desarrolló la investigación titulada “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”; para optar el título de ingeniería industrial en la universidad militar nueva granada, con la finalidad de formular y evaluar la factibilidad de la producción de bioplásticos a partir de papa para mitigar los efectos de la contaminación en Colombia. Esta investigación se llevó a cabo realizando un estudio de mercado en los almacenes de cadena como Jumbo y Metro y concluyeron que la implementación de bolsas biodegradables tendría una gran viabilidad ya que en esas tiendas las demandas de bolsas plásticas son altas, además esta implementación le daría un valor agregado al ambiente ya que los polímeros biodegradables tardan menos tiempo en degradarse que un plástico convencional.

(Farfán Floriano & Et al, 2018), desarrollaron la investigación titulada “Diseño de un sistema productivo para la obtención de bolsas biodegradables a partir del almidón de yuca en la empresa Polímeros del Norte S.A.C”, llevado a cabo en la universidad de Piura, con la finalidad de diseñar una bolsa con plástico biodegradable a partir del almidón de yuca la cual debía cumplir con los estándares de calidad de esta empresa, que fuera viable y rentable con el ambiente. Esa investigación se llevó a cabo en dos etapas; estas fueron: ETAPA 1: se desarrolló el proceso de la elaboración de las bolsas biodegradables a partir del almidón de yuca (proceso del almidón, extrusión, laminado, corte, entre otros). ETAPA 2: el autor elaboró el proceso productivo de las bolsas biodegradables y posteriormente realizo pruebas de experimentación de estas mismas. Los resultados de esta investigación fueron las bolsas biodegradables obtenidas a base del almidón de yuca. Los aportes directos al presente estudio es el almidón que fue colocado a prueba permitiéndonos tener una guía base de este. Esta

investigación es necesaria porque es un estudio reciente de cómo podemos aprovechar productos naturales con el fin de promover una conciencia verde.

(Holgin Cardona, 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 la obtención de un bioplástico teniendo como materia prima el almidón nativo de papa. Esta investigación se llevó a cabo en tres etapas; estas fueron, ETAPA 1: se desarrolló la selección de las materias primas para la obtención del bioplástico. ETAPA 2: posteriormente, se procedió a determinar la mejor formulación para la fabricación del bioplástico. ETAPA 3: finalmente, las especificaciones técnicas relevantes del proceso de fabricación del bioplástico. Los resultados obtenidos de esta investigación fueron la obtención del bioplástico a base del almidón de papa a través de diferentes procesos con características mecánicas y físicas similares al de un plástico convencional. Los aportes directos al presente estudio parten del hecho que esta investigación se haya realizado a base de almidón. Esta investigación es necesaria por las formulaciones planteadas por el autor para la elaboración del bioplástico se pueden replicar para una producción a escala piloto.

(Muñoz Perez & Ramos Colpas, 2021), desarrollaron la investigación titulada “obtención de bioplásticos obtenidos a partir de mango y ñame”, para optar el título de ingeniero ambiental y sanitario en la universidad popular del Cesar, con la finalidad de elaborar bioplásticos a partir del almidón del mango y ñame. Esta investigación se llevó a cabo en cinco etapas; estas fueron: ETAPA 1: determinación de las proporciones óptimas de los almidones de ñame y mango para la elaboración de los bioplásticos. ETAPA 2: determinación de las características físicas de los bioplásticos. ETAPA 3: determinación de la velocidad de degradación de los bioplásticos. ETAPA 4: determinación de los costos de elaboración de los bioplásticos elaborados. ETAPA 5: evaluaron el impacto ambiental de la

producción de bioplásticos elaborados. Los resultados obtenidos fueron bioplásticos que se degradan mucho más rápido que un plástico convencional en el medio acuático y terrestre. Los aportes directos al presente estudio es el trabajo realizado por los autores debido a que será una guía en cuanto a los procedimientos realizados.

5.2. MARCO TEÓRICO

El presente apartado tiene por finalidad ofrecer una base de apoyo referencial para este estudio, el cual servirá como apoyo conceptual al fenómeno que se investiga

5.2.1. Los polímeros

Los polímeros son macromoléculas formada por la unión covalente de unidades estructurales básicas. Las unidades que se repiten se llaman monómeros y pueden ser de uno o varios tipos. (Martínez, 1983)

Los polímeros pueden ser de origen natural o sintéticos. Como polímeros naturales encontramos los polisacáridos, las proteínas, los lípidos, y como polímeros sintéticos encontramos los plásticos.

5.2.2. Los plásticos

Wittcoff y Reuben, (1985; 1987) citado por Arevalo, (1996) definen como plásticos aquel material fabricado a partir de un polímero que se obtiene del petróleo que se hace fluir bajo presión.

Según Martínez, (1983), los plásticos son materiales que se deforman por la aplicación de una fuerza y pueden conservar su nueva forma en ausencia de ella. Dependiendo de la resistencia para deformarse, los plásticos pueden ser rígidos o flexibles.

5.2.2.1. Tipos de plásticos

5.2.2.1.1. PET (Polietileno Tereftalato)

Está compuesto de petróleo, gas y aire, “el paraxileno es extraído a partir del petróleo crudo y es oxidado con el aire para la obtención del ácido tereftálico” (Mansilla & Ruiz, 2009). Este poliéster hace parte de la familia de los termoplásticos, estos se moldean fácilmente cuando el nivel de temperatura es el correspondiente, sus características han hecho de este un polímero exitoso. El PET es utilizado principalmente en la producción de botellas, láminas y películas.

5.2.2.1.2. HDPE (Polietileno de alta densidad)

Es un polímero de cadena no ramificada, su densidad y las fuerzas intermoleculares son altas. Este polímero se obtiene mediante el procedimiento de polimerización catalítica a baja presión “Ziegler-Natta”, se utiliza para la fabricación de envases, utensilios domésticos, tapas de cierre, entre otros.

5.2.2.1.3. LDPE (Polietileno de baja densidad)

Es un polímero de estructura altamente ramificada, es producido a altas presiones, posee fuerzas intermoleculares débiles y tienen menor fuerza de la resistencia a la atracción. El LDPE es utilizado para fabricar objetos fuertes y flexibles, recubrimientos, envolturas, bolsas, entre otros.

5.2.2.1.4. V (Cloruro de polivinilo)

Es un polímero compuesto de cloruro de sodio y petróleo. Debido a sus características este material es utilizado en diferentes áreas, como la construcción, artículos de uso diario, salud, energía, entre otros.

5.2.2.1.5. PP (Polipropileno)

Es un polímero termoplástico, se produce a presiones bajas y se obtiene mediante catalizadores tipo “Ziegler-Natta” que se introducen en hidrocarburos saturados. El PP tiene alta resistencia a la tensión y compresión, como también resiste a la mayoría de los ácidos; este material es utilizado en producción de fibras, impresiones en 3D, depósitos para sustancias químicas, prótesis, recipientes de alimentos, entre otros.

5.2.2.1.6. Plásticos biodegradables

Narayan et al, (1991) citado por Arevalo, (1996) definen como plásticos biodegradables aquellos plásticos que su degradación se realiza mediante la acción de microorganismos que habitan en la naturaleza. Según G, F More and S. M Saunders (1997) citado por Camarena, Policarpo, Cosme, & Alarcon, (2018), el interés por los polímeros biodegradables durante las últimas dos décadas ha estado aumentando. Inicialmente el interés por estos surgió en los campos de la medicina para la producción de fibras degradables para suturas, y en la agricultura para la elaboración de películas para acolchado y liberación controlada de plaguicidas. En los últimos años el interés se ha visto en pro del ambiente, se busca eliminar la cantidad de residuos sólidos que se genera cada año.

5.2.3. Residuo sólido o desecho

Es cualquier tipo de material en estado sólido o semisólido que se genera como consecuencia de una actividad realizada por el hombre y al mismo tiempo es abandonado o rechazado, debido a que están descompuestos, rotos o no tienen otro uso o valor, incluyendo los residuos domésticos, de establecimientos comerciales, instituciones y algunas fuentes industriales.

5.2.4. El almidón

El almidón es un polímero natural, un gran carbohidrato que la planta sintetiza durante la fotosíntesis y le sirve como reserva de energía (Carballo, 2009). Cereales como el

maíz, trigo, diferentes tipos de arroces, raíces o tubérculos como la papa y yuca, legumbres como la arveja y frutas como el tomate y el banano contienen gran cantidad de almidón.

Los gránulos de almidón están formados por macromoléculas en capas, tamaño y la morfología de estos varían dependiendo de la fuente vegetal. “El almidón está compuesto por dos estructuras poliméricas como lo son la amilosa (20%) y la amilopectina (80%)” (García, 2015).

Las moléculas de amilosa, situadas en las capas interiores, están compuestas de aproximadamente 200 a 20.000 moléculas de glucosa unidas por enlaces glicosídicos α -1,4 en cadenas no ramificadas o enrolladas en forma de hélice. Muchas moléculas de amilosa tienen algunas ramificaciones α -D-(1,6), aproximadamente entre 0.3 a 0.5% del total de los enlaces. Éstas generalmente, no son ni muy largas ni muy cortas y están separadas por grandes distancias permitiendo a las moléculas actuar, esencialmente como un polímero lineal, formando películas y fibras fuertes y retrogradando fácilmente. Como consecuencia de la formación de cadenas en forma de hélice las fibras y películas de amilosa son más elásticas que las de celulosa.

La estructura de la amilopectina, situada en las capas exteriores, es diferente a la de la amilosa. Las moléculas de la amilopectina contienen enlaces glicosídicos α -1,4 y α -1,6. Los enlaces glicosídicos unen las moléculas de glucosa en la cadena principal de amilopectina. Con frecuencia se encuentran ramificaciones de la cadena principal, las cuales se deben a los enlaces glicosídicos α -1,6 con otras moléculas de glucosa. Las moléculas de amilopectina son significativamente más grandes que las moléculas de amilosa; algunas contienen entre 10.000 y 20.000.000 unidades de glucosa.

Según Matzinos, Bikiaris, Kokkou, & Panayiotou, (2000) citado por Ruiz, (2005) “el peso molecular de la amilosa se encuentra entre 0.1 y un millón de g/mol y el de la amilopectina está entre (10.000 a 1.000 millones) g/mol”.

5.2.4.1. El almidón de yuca

El cultivo de yuca posee grandes ventajas ya que este crece en una variada gama de condiciones tropicales: en los trópicos húmedos y cálidos de tierras bajas; en los trópicos de altitud media y en los subtrópicos con inviernos fríos y lluvias de verano. Aunque la yuca prospera en suelos fértiles, su ventaja comparativa con otros cultivos más rentables es su capacidad para crecer en suelos ácidos, de escasa fertilidad, con precipitaciones esporádicas o largos períodos de sequía (Aristizábal & Sánchez, 2007).

El almidón de yuca es un polisacárido natural, obtenido de la raíz de la yuca, extremadamente versátil y alcanza una eficiencia incomparable en todas sus aplicaciones entre ellas las películas biodegradables.

Según (Aristizábal & Sánchez, ob.cit) el almidón de yuca posee un alto contenido de amilosa, este es la segunda fuente de almidón en el mundo después del maíz, pero por delante de la papa y el trigo; se usa principalmente sin modificar, es decir como almidón nativo, pero también es usado modificado con diferentes tratamientos para mejorar sus propiedades de consistencia, viscosidad, estabilidad a cambios del pH y temperatura, gelificación, dispersión y de esta manera poder usarlo en diferentes aplicaciones industriales que requieren ciertas propiedades particulares.

De acuerdo con Gontard, (1993) citado por (Trujillo, 2014), el almidón de yuca puede clasificarse como agrio y nativo. El almidón agrio es sometido a un proceso de fermentación, durante este proceso los alimentos obtienen sus características apetecibles; el almidón nativo es utilizado en la industria, este no se somete al proceso de fermentación. Según Fritz et al, (1994) citado por Trujillo, (2014) afirman que el tamaño de los granulos del almidón de yuca varían entre 3 – 35 μm , tienen una forma redonda y contenido de amilosa del 17%.

5.2.4.2. El almidón de maíz

El almidón de maíz es un polisacárido, forma parte de los carbohidratos que se ingieren de manera habitual a través de los alimentos; en estado natural se presenta como

partículas complejas que, en presencia de agua, forman suspensiones de poca viscosidad. Su composición es principalmente de glucosa, aunque puede haber otros componentes presentes en menor cantidad. (García, 2015)

Según (Paredes, Guevara, & Bello, 2009), afirman que los gránulos del almidón de maíz están compuestos por un 23% de amilosa y 73% de amilopectina.

5.2.5. Resistencia a la tracción

El ensayo de tracción de un material consiste en someter a una probeta normalizada fabricada con dicho material a un esfuerzo axial de tracción creciente hasta que se produzca la rotura de la probeta. Este ensayo mide la resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente. (Díaz, 2011)

5.3. MARCO CONCEPTUAL

En continuidad con la realización de esta investigación se presentan los términos técnicos más frecuentes que se van a manejar en el desarrollo del proyecto, con el fin de hacer más fácil y comprensible el trabajo para todos

5.3.1. Plastificantes

Según (Mexpolímeros, s.f.) los plastificantes son sustancias que se incorporan a una matriz polimérica para aumentar su flexibilidad y facilitar su transformación, estos son capaz de reducir la viscosidad del fundido y disminuir el módulo elástico del fundido. En el almidón, los plastificantes más utilizados son la glicerina y el agua.

5.3.2. Rellenos

Son utilizados para mejorar las propiedades, aumentar el volumen para reducir costos de los termoplásticos. Los rellenos inorgánicos son los más utilizados, como por ejemplo el caolín que mejora el acabado superficial y disminuye la porosidad (Ruiz, 2005).

5.3.3. Fibras

Son aditivos utilizados para aumentar la flexibilidad, tenacidad, resistencia a la flexión y tensión de los termoplásticos. Existen fibras de tipo natural que se obtienen del algodón, hojas de plantas, entre otros, este tipo de fibras es el más utilizado debido a que son más ecológicos, y las fibras de tipo orgánicas son obtenidas a partir del metal, vidrio, sílice, entre otros (Ruiz, 2005).

5.3.4. Reducir

Según (Leonardo, 2017), reducir es minimizar la cantidad de energía, materia prima, agua y bienes de consumo utilizados, al reducir el consumo de estos, los residuos sólidos generados disminuyen y además se mitiga el impacto ambiental.

5.3.5. Reutilizar

Es extender la vida útil de un producto, utilizarlos para su mismo propósito o darle un uso diferente, cuando se reutiliza el volumen de residuos disminuye (Leonardo, 2017).

5.3.6. Reciclar

De acuerdo con (Leonardo, 2017), reciclar es tener un buen manejo en la gestión de los residuos que permita obtener nuevos productos; el reciclaje posibilita tener menor impacto ambiental, ahorro de energía, materia prima, agua, tiempo y dinero.

5.3.7. Plástico de un solo uso

Son aquellos que solo pueden ser usados una sola vez, es decir, son fabricados con el propósito de ser desechados al momento de ser utilizados, algunos de estos productos son los popotes, envases de poliestireno (Tecnopor), bolsas comerciales de bodegas, mercados y supermercados; colillas de cigarrillos, botellas de plástico para bebidas, entre otros (Gil, 2018).

5.4. MARCO CONTEXTUAL

Valledupar es la capital del departamento del Cesar, Colombia. Está ubicada al nororiente de la Costa Caribe colombiana, a orillas del río Guatapurí, en el valle del río Cesar formado por la Sierra Nevada de Santa Marta y la serranía del Perijá. La ciudad de Valledupar cuenta con un clima tropical, los inviernos son muchos más lluviosos que los veranos, además de esto cuenta con temperaturas promedios de 27. 9° centígrados y con precipitaciones promedios de 1124 mm.

La ciudad cuenta con educación pública superior y con los servicios públicos de energía, gas natural, agua potable y saneamiento básico; la cobertura de acueducto y alcantarillado de la ciudad es del 99.1% y 98.3% respectivamente, además dispone de dos plantas de tratamiento de tipo convencional que manejan un caudal de 2.200 *lps* y dos sistemas de tratamiento de aguas residuales; la recolección de los residuos sólidos de la ciudad se hace a través de camiones compactadores y su disposición final se hace en el relleno sanitario los Corazones, este se encuentra ubicado en el municipio de Pailitas a 7 km de la ciudad, la extensión del terreno del relleno sanitario es de 120 hectáreas, en la ciudad se produce aproximadamente 11.800 toneladas de residuos sólidos de manera mensual y unas 450 toneladas por día, del porcentaje total de residuos sólidos que van a dar al relleno sanitario, el 20% es de plásticos.

Valledupar posee una estratificación que va desde el estrato 1 hasta el estrato 6; siendo el índice de estrato uno muy bajo y el índice de estrato 6 muy alto. La economía de la ciudad es una de las más bajas del país, estamos ubicados en el tercer puesto como la ciudad con mayor índice de pobreza monetaria y en el segundo puesto como una de las ciudades con más.

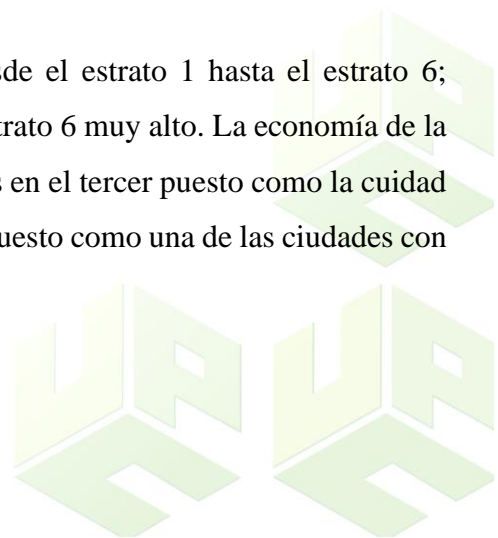
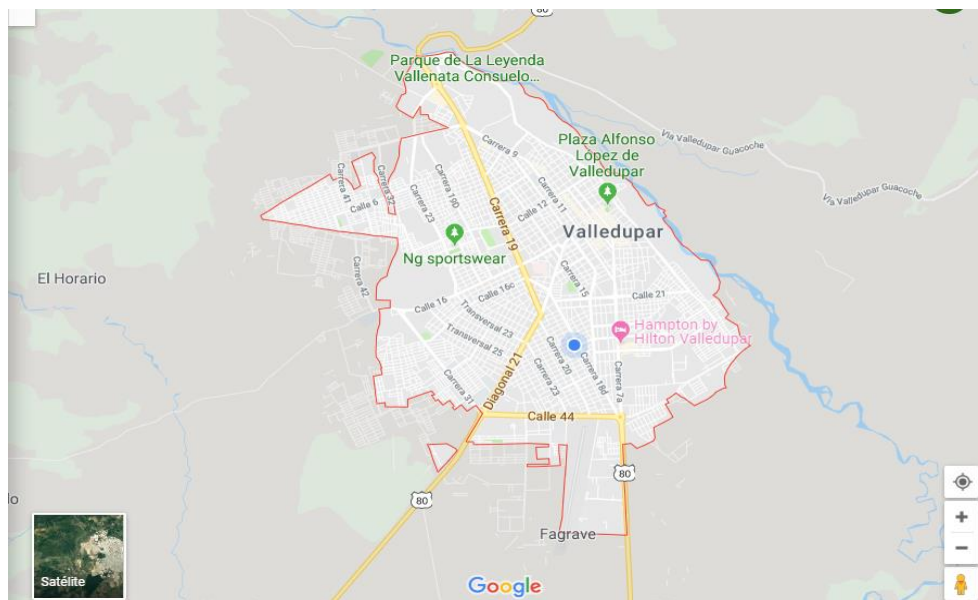


Ilustración 1

Localización Geográfica del Municipio de Valledupar



Fuente: Tomado de Google Maps, 2019

5.5. MARCO LEGAL

Se hace necesario realizar un marco legal para concientizar a las personas sobre los problemas que causa no tener un buen manejo de los residuos sólidos generados por el plástico.

Tabla 1

Matriz de identificación de aspectos legales

NORMATIVA	DESCRIPCIÓN	APLICABILIDAD
	Constitución política	
Artículo 79	Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. Es deber del Estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las	Este artículo va relacionado con nuestra meta final la cual es tratar de reducir la contaminación por los



	áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.	residuos sólidos generados por los plásticos.
Artículo 80	El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar su desarrollo sostenible, 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.	Esta norma sustenta como podemos hacer uso de productos naturales como lo son el almidón de yuca y maíz y prevenir el deterioro ambiental por parte del daño causado por las actividades del hombre.

Leyes

Ley 23 de 1973	Su objeto es prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del Territorio Nacional.	Esta ley va relacionada con nuestro proyecto debido a que con los bioplásticos que se elaboraran se colocara a prueba que tan rápido se degrada, de ser positivo el ensayo, la contaminación sería mucho menos en cuanto a estos residuos sólidos.
Ley 1973 de 2019	Esta ley busca establecer medidas de reducción del impacto ambiental producido por el ingreso, comercialización y uso de algunos materiales plásticos en el Departamento Archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina.	Esta normatividad resalta el impacto causado a través de los años por la contaminación del plástico convencional a las fuentes hídricas.
Proyecto ley 080 de 2019	Esta ley tiene por objeto establecer medidas tendientes a la reducción de la producción, el consumo y disposición final de los plásticos de un solo uso en el territorio nacional.	Este proyecto con los bioplásticos elaborados como una alternativa biodegradable cuya degradación no genere contaminación, lo anterior



con el fin de resguardar los derechos fundamentales a la vida, salud y el goce de un ambiente sano.

Decretos

**Decreto 1875
de 1979**

Por el cual se dictan normas sobre la prevención de la contaminación del medio marino y otras disposiciones.

Se entiende por contaminación marina, la introducción por el hombre, directa o indirecta de sustancias o energía en el medio marino cuando produzca o pueda producir efectos nocivos, por lo tanto, esta norma es de importancia para esta investigación debido a la contaminación hídrica relacionada con el plástico convencional.

Resoluciones

**Resolución 668
de 2016**

Esta resolución tiene como objeto establecer a cargo de los distribuidores de bolsas plásticas 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.

El programa implementado en esta resolución es una opción viable para la utilización de los bioplásticos para el uso de bolsas para uso comercial.

**Resolución
1407 de 2018**

Esta resolución tiene como objeto reglamentar la gestión ambiental de residuos de envases y empaques de papel, cartón, plástico, vidrio y metal.

Los envases generados por el bioplástico elaborado a partir de los almidones se deberá acoger a la gestión ambiental de dicha resolución.

**Resolución
1558 de 2019**

Esta resolución tiene como objeto prohibir el ingreso y uso de plásticos de un solo uso en las Áreas del

Nuestros bioplásticos en el medio acuático será puesto a prueba durante los ensayos



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Sistema de Parques Nacionales Naturales con vocación ecoturística, con excepción de los plásticos de un solo uso destinados a propósitos y usos médicos, por razones de asepsia e higiene.

realizados para verificar que tanto demoran en degradarse, por lo tanto, esta norma aplicaría directamente a nuestro proyecto de investigación.

Fuente: (Minambiente, 2019)



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 sub-líneas que a su vez contienen líneas terciarias.

Línea de investigación

Sostenibilidad y Gestión Ambiental.

Sub – línea de investigación

PML (Producción Más Limpia) y Tecnologías Ambientales; porque busca la minimización del impacto ambiental a través de procesos y producción de productos amigables con el ambiente.

6.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Esta investigación es de tipo explicativo, según el autor (Ponce, 2019) este tipo de investigación se basa en la adquisición de datos fieles y seguros que en nuestro caso será la mezcla puesta en marcha para la obtención del bioplástico, replicando un fenómeno concreto y observando el grado en que la o las variables implicadas y manipuladas producen un efecto determinado.

6.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Nivel experimental; porque se realizará la caracterización del bioplástico elaborado. Según lo mencionado anteriormente (Ponce, 2019) menciona que como los datos se obtienen de muestras aleatorizadas, de manera que se presupone que la muestra de la cual se obtienen es representativa de la realidad. Permite establecer diferentes hipótesis y contrastarlas a través de un método científico.

6.4. POBLACIÓN DE ESTUDIO

Bioplástico elaborado a partir del almidón de yuca y maíz.

6.5. MUESTRA POBLACIONAL

El número de muestras se determinarán mediante un método estadístico, en este caso por muestreo aleatorio simple para variables cuantitativas en una población infinita.

$$N = \frac{Z^2 * S^2}{E^2}$$

Donde:

n: tamaño de la muestra

Z: nivel de confianza

E: error de estimación máximo aceptado

S²: varianza

6.6. DESARROLLO METODOLÓGICO

6.6.1. Etapa 1: Caracterización de las propiedades físicas del almidón de yuca y maíz.

Actividad 1.1. Realización de pruebas físicas al almidón de yuca y maíz.

En esta actividad se realizaron las pruebas físicas al almidón de yuca y de maíz, tales como: color, masa seca y distribución del tamaño del granulo.

- **Color:** Para el desarrollo de esta actividad se hizo necesario la utilización de un método cualitativo (Grace,1977) el cual consistió en comparar visualmente la



brillantez y/o blancura de cada uno de los almidones con un patrón de referencia, el debido procedimiento se realizó dibujando un rectángulo en una hoja de color blanco, posteriormente se fue aplicando la cantidad de almidón correspondiente y luego se ubicó una hoja limpia encima de cada uno de estos y se realizó presión, consecutivamente se compararon las muestras de almidón a una luz neutral (luz del día) evitando reflejos y sombras con la muestra patrón (almidón comercial) (Aristizábal & Sánchez, 2007).

- **Contenido de masa seca:** El desarrollo de esta actividad se realizó mediante el método de pérdida de peso durante un periodo de calentamiento, basándonos en el método de referencia para determinar el contenido de materia seca que posee el almidón según los autores (Aristizábal & Sánchez, 2007). Este procedimiento consistió en pesar los crisoles vacíos y limpios después de secar durante cinco horas en un horno a 80 °C , inmediatamente se procedió a pesar el crisol con 20 gramos de cada uno de los almidones y realizado este procedimiento se procedió a colocar el crisol con la muestra en el horno a una temperatura de 80°C durante 24 horas, posteriormente se colocaron a enfriar los crisoles con las muestras de almidón en el desecador durante 30 a 45 minutos y por último se pesaron los crisoles con las muestras de almidones.

Posteriormente se procedió a realizar los cálculos para saber el porcentaje de masa seca de cada uno de los almidones, este procedimiento se realizó mediante la ecuación N^o1.

Ecuación 1

$$\% \text{ Masa seca} = \frac{100 \times (P_3 - P_1)}{(P_2 - P_1)}$$

Dónde:

P_1 = Peso del crisol vacío.



P_2 = Peso del crisol con la muestra.

P_3 = Peso del crisol con la muestra luego se salir del desecador.

- **Distribución del tamaño del granulo:** La distribución del tamaño del granulo del almidón se realizó mediante la utilización de un grupo de tamices con cribas de malla 140 (106 μm), 80 (180 μm) y 60 (250 μm) (Lámina 40). Inicialmente se pesó cada tamiz con su fondo, vacíos y limpios y posteriormente se pesaron 100 g de la muestra de almidón de yuca y de almidón de maíz que fueron agregados al tamiz superior (140) del grupo de tamices, se fue agitando constantemente hasta que la cantidad de almidón que pasó a través de la parte superior del grupo de tamices fue insignificante (aproximadamente 10 minutos), se removió el tamiz de la parte superior y se fue realizando el mismo procedimiento con los demás tamices y por último se pesó cada uno de estos con sus respectivas fracciones de almidón.

Por último, se calcularon los pesos netos individuales de cada tamiz según lo planteado en la guía técnica para producción y análisis de almidón establecido por los autores (Aristizábal & Sánchez, 2007) de la siguiente manera

Ecuación 2

$$\text{Peso neto individual} = (\text{peso de tamiz} + \text{fraccion de almidon}) - (\text{peso de tamiz vacio})$$

Luego de haber conseguido el peso neto de cada uno de los tamices, se procede a hallar la sumatoria de los pesos individuales mediante la ecuación N°3:

Ecuación 3

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

6.6.2. Etapa 2: Establecer las mezclas óptimas del almidón de yuca y maíz para la elaboración de los bioplásticos.

Actividad 2.1. Obtención de la materia prima.

Consistió en adquirir la yuca a través de vendedores comerciales que tienen cosechas cerca de la frontera entre Colombia y Venezuela ubicada en Manaure, Cesar y el maíz a través de establecimientos comerciales donde principalmente reciben estos cereales de los mayores productores.

- Se realizó la obtención de la materia prima (yuca y maíz) y se procedió a la extracción del almidón con el fin de realizar los objetivos planteados para el desarrollo de esta investigación; se obtuvo el tubérculo y el cereal de manera comercial, con el objetivo de realizar de manera precisa la debida producción de los bioplásticos; se procedió a la separación de las cáscaras y posteriormente se extrajo el material necesario para la elaboración del almidón, que en este caso son las pulpas.
- **Ilustración 2**
Inicio del proceso para la extracción del almidón de yuca



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Ilustración 3

Inicio del proceso para la extracción del almidón de maíz



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Actividad 2.2. Extracción del almidón de yuca y maíz.

La extracción de los respectivos almidones se realizó mediante el proceso de trituration y maceración de las pulpas de la yuca y el maíz.

- Se procedió a la maceración de cada una de las pulpas (yuca y maíz), con el fin de la obtención de los almidones de cada uno, este proceso se realizó triturando de manera muy fina y diminuta las pulpas de yuca y maíz para la obtención del bagazo.

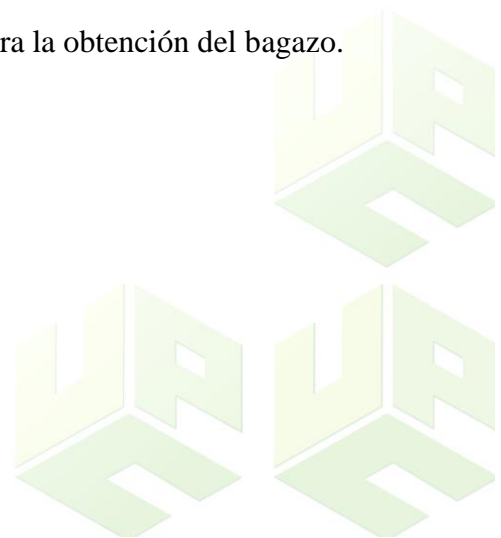


Ilustración 4

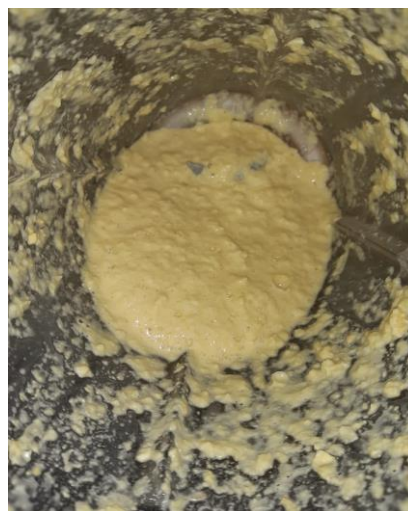
Trituración para la extracción del almidón de yuca



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Ilustración 5

Trituración para la extracción del almidón de maíz



Fuente: Fotos de Campo, 2021

- Luego de la obtención del bagazo, se realizó una filtración de manera artesanal, con una fracción de tela de algodón, debido a que esta posee ciertas características que nos permitieron una mayor efectividad al momento de ejecutar el proceso de filtración.

Ilustración 6

Filtración de los almidones



Fuente: Fotos de Campo, 2021

- Posteriormente el líquido obtenido en el procedimiento anterior se situó en un recipiente de gran profundidad con el fin de lograr que la decantación de los almidones fuese veloz y efectivo.

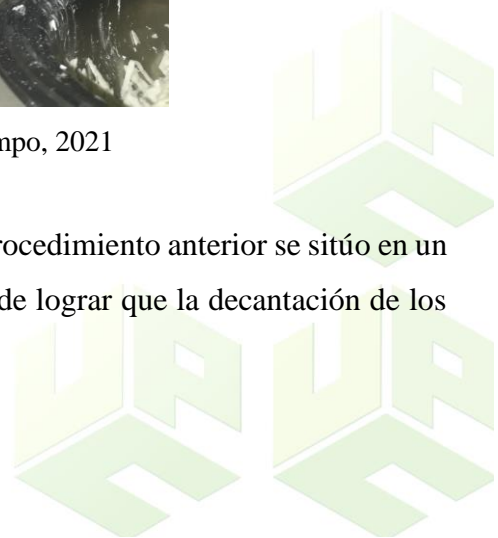


Ilustración 7

Extracción del jugo de la yuca



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Ilustración 8

Extracción del jugo del maíz



Fuente: Fotos de Campo, 2021



**Universidad
Popular del Cesar**

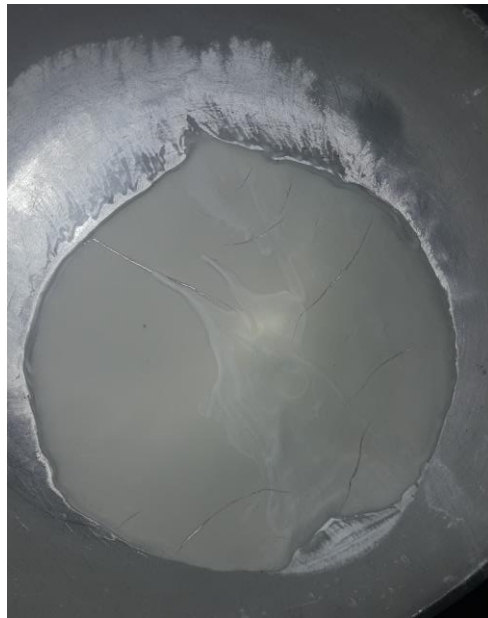
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



- A medida que el bagazo de los almidones va decantando en el fondo del recipiente se iba retirando el líquido que se localizaba en la parte superior del mismo, de tal modo que en el recipiente solo quedara el almidón.

Ilustración 9

Almidón decantado a temperatura ambiente



Fuente: Fotos de Campo, 2021

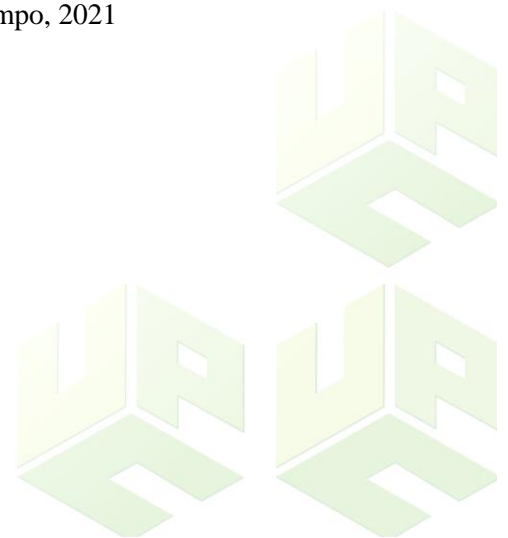


Ilustración 10

Almidón de yuca tamizado



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Ilustración 11

Almidón de maíz tamizado



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Actividad 2.3. Elaboración de la mezcla óptima.

Se realizó la mezcla inicialmente de acuerdo con las dosificaciones establecidas en los documentos citados en los antecedentes. Las muestras inicialmente se realizaron adicionando a cada uno de los almidones extraídos, agua destilada, ácido acético y glicerina, llevándolos a la estufa hasta que cada una de las mezclas tomaba una textura viscosa. Se realizaron varios ensayos hasta que se logró que los componentes mezclados estuvieran homogéneos; una vez obtenida la mezcla se dejó reposar en un lapso de 30 segundos para luego ser extendida en una placa de vidrio y finalmente llevada al horno.

6.1.3 Etapa 3: Comprobar el porcentaje de degradación y la resistencia a la tracción de los bioplásticos elaborados.

Actividad 3.1 Simulación del grado de descomposición del bioplástico en medio acuático

Para llevar a cabo la realización de esta actividad se incorporaron varias muestras del bioplásticos previamente pesadas obteniendo así en el bioplástico de maíz un peso aproximadamente entre (3gr y 3,5gr) y en el bioplástico de yuca entre (2,5gr y 3gr) llevándolos a biodegradabilidad en agua cruda superficial del río Guatapurí, la cual presenta presencia de microorganismos como: Bacterias, Hongos, algunos Protozoos como es el caso de los autótrofos y algas microscópicas (García & Zequeira, 2018) se decidió no hacer uso de otro tipo de agua debido a que se quería evaluar el comportamiento del bioplástico en poca presencia de materia orgánica, posteriormente las muestras fueron retiradas del agua con intervalos de tiempo semanales.

Actividad 3.2 Simulación del grado de descomposición del bioplástico en medio terrestre.

Consecutivamente, se realizó el procedimiento en suelo, con la misma metodología mencionada anteriormente, en el cual se procedió a colocar las muestras de bioplástico en un

suelo rico en materia orgánica. Estas fueron pesadas sucesivamente al tiempo en que fueron retiradas en intervalos de días.

Actividad 3.3. Resistencia a la tracción

Esta actividad se desarrolló de manera experimental la cual consistió en someter a ambos bioplásticos a una tensión con distintas cargas para lograr medir el alargamiento y deformación que sufre el bioplástico hasta el punto en que éste presentó una fractura como su punto de quiebre y luego determinar cuanta masa fue capaz de cargar.

Etapa 4: Determinar las propiedades físicas y los aspectos técnicos, económicos y ambientales de los bioplásticos elaborados.

Actividad 4.1. Realizar pruebas físicas a cada uno de los plásticos elaborados.

Se realizaron pruebas para determinar masa, volumen y densidad. La densidad de los plásticos elaborados se determinó mediante la fórmula física $\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}}$, para llevar a cabo la ejecución de este paso se anticipó la medición de la masa de los bioplásticos pesándolos en una balanza analítica, posteriormente se halló el volumen utilizando un instrumento de alta precisión como lo es el Calibrador Vernier con el cual se determinó el ancho, largo y alto de las láminas del bioplástico.

Los valores bajos de densidad son una característica deseada en los bioplásticos obtenidos en este estudio, debido a la disminución de costos al utilizar menor cantidad de material en la obtención de la mezcla óptima y por otro lado el producto tendría menor peso favoreciendo sus condiciones de comercialización.

Actividad 4.2. Determinación de los procesos y/o actividades necesarias para la elaboración de los bioplásticos.

Se determinaron los procesos y las actividades necesarias para la elaboración de los bioplásticos mediante un diagrama de flujo, el cual describe de manera concisa los procedimientos y métodos que se utilizaron para dicha elaboración.

Actividad 4.3. Determinación de una lista de chequeo de los recursos utilizados en el proceso de elaboración de cada uno de los bioplásticos.

Se realizó una lista de chequeo según (Ramirez, 2017) con el fin de recopilar información de los recursos utilizados en cada proceso de elaboración de los bioplásticos y del mismo modo se realizó un análisis minucioso del mismo.

Tabla 2

Lista de chequeo

Materia prima y recursos humanos	Unidad	Cantidad
Almidón de Yuca		
Almidón de Maíz		
Glicerina		
Ácido acético		
Agua destilada		
Mano de Obra		

Fuente: (Ramirez, 2017)

Actividad 4.4. Determinación de los costos unitarios para la elaboración de los bioplásticos elaborados.

Se determinaron costos unitarios teniendo en cuenta las dosis optimas encontradas anteriormente para la elaboración de los bioplásticos. Se utilizó como unidad de medida el (Kg) ya que este es la unidad mediante el cual se comercializan los productos en términos de masa en el país.

Actividad 4.5. Determinación de los aspectos ambientales.

Se realizó la investigación de las referencias mencionadas en nuestros antecedentes para establecer la relación que existe entre los bioplásticos (yuca y maíz) con el ambiente. Para esto se ilustro dicha relación mediante diagramas de procesos de entrada y salida.

Actividad 4.6. Realizar una valoración de impacto ambiental a los plásticos elaborados.

La metodología para calcular el impacto que genera cada uno de los bioplásticos elaborados se realizó mediante la matriz de evaluación de impactos Leopoldo según (Ramirez, 2017), la cual es una matriz que tiene en el eje horizontal las acciones que causan impacto ambiental; y en el eje vertical las condiciones ambientales existentes que puedan verse afectadas por esas acciones.

Tabla 3

Matriz impacto ambiental

ACCIONES DEL PROYECTO	FACTORES AMBIENTALES	MEDIO FISICO			MEDIO BIOTICO	MEDIO SOCIAL	SINTESIS		
		AIRE	SUELO	CLIMA	AGUA	VEGETACION	ECONÓMICO		
		MATERIAL PARTICULADO RUIDO OLORES GASES RESIDUOS SOLIDOS LIXIVIADOS TEMPERATURA CONSUMO VERTIENTOS				PAISAJE	NIVEL DE PRODUCTIVIDAD	NUMERO DE INTERACCIONES	Σ
ELABORACION DE LOS BIOPLASTICOS									
REMOCIÓN									
TRITURACIÓN									
MEZCLA DE MATERIALES									
ELABORACION DE PASTA									
ELABORACION DE BIOPLASTICO									
PRODUCCION DE BIOPLASTICO									
NUMERO DE INTERACCION	+								
	-								
SINTESIS	+								
	-								
PROMEDIO DEL PROYECTO	Σ								

Fuente: (Ramirez, 2017)

Actividad 4.7. Diseño experimental

Realizadas las pruebas anteriormente descritas en el laboratorio, se tomó como referencia el diseño experimental (Paspuel Herrera , 2016), a medida que se obtuvieron los resultados de las pruebas realizadas se llegó a la conclusión que el aspecto físico más representativo de nuestros bioplásticos es la resistencia de estos mismos. Por lo tanto, se realizaron diferentes experimentos, cuyos resultados nos llevaron a utilizar un diseño experimental completamente al azar.

Se ejercieron pruebas de tensión sobre las láminas de bioplástico de yuca y maíz. El experimento constó en agregar 5 masas o cargas de diferentes magnitudes a 5 distintas



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



láminas. Este diseño experimental tiene como propósito determinar cómo afectan o deforman las diferentes cargas a las láminas de bioplástico.

Se expusieron dos hipótesis: hipótesis nula (H_0) e hipótesis alternativa (H_a).

Dónde:

H_0 = Todas las medias de los tratamientos causarán deformación en el bioplástico.

H_a = Por lo menos 1 no causará deformación.



7. RESULTADO Y ANÁLISIS

7.1.1. Etapa 1: Caracterización de las propiedades físicas del almidón de yuca y maíz.

- **Prueba de color del almidón de yuca y de maíz**

Luego de haber comparado cada una de las muestras de almidón con una muestra patrón donde se investigó que el color es un indicativo del grado de la calidad, contaminación o de infestación del almidón según (Aristizábal & Sánchez, 2007), es por esto que al observar cada una de estas muestras se obtuvo como resultado que el almidón obtenido es un almidón de color blanco, esto significa que tiene un nivel de contaminación muy bajo al igual que su calidad e infestación debido al color presentado.

El método descrito es una determinación cualitativa y es útil en el campo: el grado de brillantez o blancura del almidón se compara visualmente con el de otro tomado como patrón que debe ser de primera calidad en este caso el comercial.

Ilustración 12

Prueba de color del almidón de yuca



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Ilustración 13

Prueba de color del almidón de maíz



Fuente: Fotos de Campo, 2021

- **Prueba de contenido de masa seca para los almidones de yuca y maíz**

De acuerdo a (Aristizábal & Sánchez, 2007) el contenido de masa seca de un almidón es considerado como la pérdida de peso durante un periodo de secado, además, este contenido en los almidones debe estar entre un rango del 87% - 90%, esto debido a que para almidones con contenido de materia seca mayor al 90% este indica severas condiciones de secado y para almidones con contenido de materia seca menor al 87% indica grandes probabilidades de contaminación por hongos y otros microorganismos.

Al llevar a cabo la realización de esta prueba mediante el método plasmado anteriormente se obtuvieron los siguientes resultados:

Almidón de Yuca

$$P_1 = 52,946gr$$

$$P_2 = 73,174gr$$

$$P_3 = 70,976gr$$

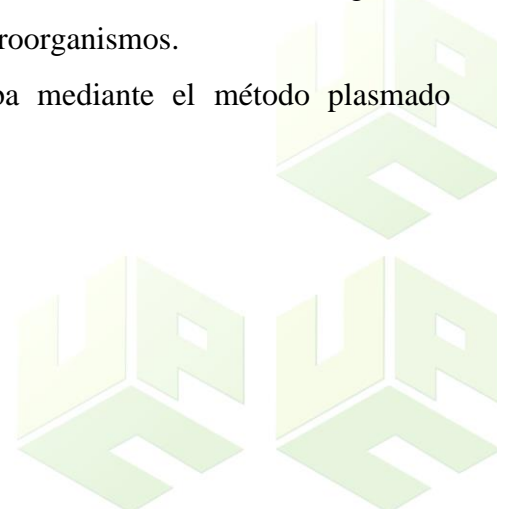


Ilustración 14

Pesos de los crisoles



Fuente: Fotos de campo, 2021

$$\% \text{ Masa seca almidon de yuca} = \frac{100 \times (P_3 - P_1)}{(P_2 - P_1)}$$

$$\% \text{ Masa seca almidon de yuca} = \frac{100 \times (70,976\text{gr} - 52,946\text{gr})}{(73,174\text{gr} - 52,921\text{gr})}$$

$$\% \text{ Masa seca almidon de yuca} = 89.02\%$$

Almidón de Maíz

$$P_1 = 48,033\text{gr}$$

$$P_2 = 68,285\text{gr}$$

$$P_3 = 66,034\text{gr}$$

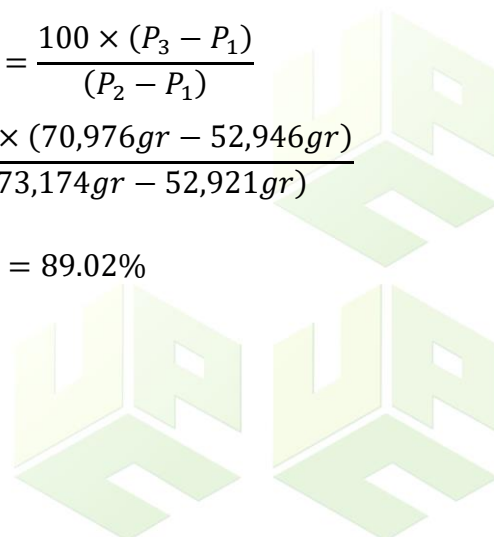


Ilustración 15

Pesos de los crisoles del almidón de maíz



Fuente: Fotos de Campo, 2021

$$\% \text{ Masa seca almidon de maiz} = \frac{100 \times (P_3 - P_1)}{(P_2 - P_1)}$$

$$\% \text{ Masa seca almidon de maiz} = \frac{100 \times (66,034 - 48,033)}{(68,285 - 48,033)}$$

$$\% \text{ Masa seca almidon de maiz} = 88,88\%$$

Arrojando como resultado que los almidones de yuca y maíz se encuentran entre los límites de contenido se masa seca.

- **Prueba de distribución del tamaño del granulo**

La distribución del tamaño del grano de los almidones se realizó siguiendo los pasos antes mencionados, después de haber pesado cada uno de los tamices limpios y secos, se procedió a organizar los tamices de la siguiente manera 140, 80, y 50, luego se agregaron 100gr de almidón, seguidamente se agitaron manualmente todos los tamices durante 10 minutos con el fin de que el 99% del almidón pasaran por los tamices. Después de realizado el procedimiento se aplicaron las ecuaciones establecidas anteriormente obteniendo los siguientes resultados:

Ilustración 17
Peso tamiz N° 80



Ilustración 18
Peso tamiz N° 140



Ilustración 16
Peso Tamiz N°50



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Almidón de Yuca

Tamiz 140

$$\text{Peso neto individual} = (300,23\text{gr}) - (300\text{gr})$$

$$\text{Peso neto individual} = 0,23\text{gr}$$

Tamiz 80

$$\text{Peso neto individual} = (310\text{gr}) - (310\text{gr})$$

$$\text{Peso neto individual} = 0\text{gr}$$

Tamiz 50

$$\text{Peso neto individual} = (325\text{gr}) - (325\text{gr})$$

$$\text{Peso neto individual} = 0\text{gr}$$

$$\text{Gran Total} = \sum 0,23 + 0 + 0$$

$$\text{Gran Total} = 0,23$$

Almidón de Maíz

Tamiz 140

$$\text{Peso neto individual} = (365\text{gr}) - (300\text{gr})$$

$$\text{Peso neto individual} = 0,65\text{gr}$$

Tamiz 80

$$\text{Peso neto individual} = (310\text{gr}) - (310\text{gr})$$

$$\text{Peso neto individual} = 0\text{gr}$$

Tamiz 50

$$\text{Peso neto individual} = (325\text{gr}) - (325\text{gr})$$

$$\text{Peso neto individual} = 0\text{gr}$$

$$\text{Gran Total} = \sum 0,65 + 0 + 0$$

$$\text{Gran Total} = 0,65$$

Después de haber realizado los cálculos se observó que la distribución de los gránulos del almidón es correcta ya que según (Aristizábal & Sánchez, 2007) el 99% de la cantidad de almidón agregada a los tamices debe pasar por los mismos dejando como resultado que para



el almidón de yuca lo que se retuvo en los tamices fue el 0,23% y para el almidón de maíz el 0,63%.

7.1.2 Etapa 2: Establecer las mezclas óptimas del almidón de yuca y maíz para la elaboración de los bioplásticos.

Después de haber obtenido los almidones de yuca y maíz y cada uno de los materiales necesarios para proceder a la elaboración del bioplástico, se realizaron distintas pruebas con el fin de encontrar la dosis óptima, buscando que las características de dicho bioplástico presentaran gran similitud con el plástico convencional. Los análisis realizados fueron de tipo cualitativos ya que era de gran interés la textura y estructura de los bioplásticos, de igual manera encontrar las cantidades y dosis para así poder proceder a darle forma la lámina. Primeramente, se procedió a realizar las pruebas planteadas en los antecedentes anteriormente citados y de allí establecer las distintas proporciones para la obtención de la mezcla óptima.

- **Pruebas de elaboración de bioplástico a base de almidón de yuca**

Tabla 4

Prueba N° 1 del almidón de yuca

Materia prima	Dosificaciones
Almidón de yuca	18gr
Glicerina	2ml
Agua destilada	40ml
Ácido acético	5ml
Temperatura	80°C durante 1 hora

Nota: Esta tabla representa las cantidades necesarias para la elaboración de los bioplásticos.

Ilustración 19

Prueba N°1 del almidón de yuca



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Luego de haber realizado la primera prueba se observó que el bioplástico obtenido presentaba una consistencia muy pegajosa y que era difícil despegarlo de la superficie en donde fue extendida la mezcla, posteriormente se optó por realizar más pruebas con el fin de buscar la consistencia correcta y la facilidad de retirar las láminas de las superficies.

Tabla 5

Prueba N° 2 del almidón de yuca

Materia prima	Dosificaciones
Almidón de yuca	5,72gr
Glicerina	1,7ml
Agua destilada	17ml
Ácido acético	3ml
Temperatura	70°C durante 1 hora

Fuente: Autores, 2021

Ilustración 20

Prueba N° 2 del almidón de yuca



Fuente: Fotos de Campo, 2021

El bioplástico obtenido con estas proporciones presenta muy poca elasticidad y resistencia, debido a que al momento de estirarlo este se rompía con gran facilidad.

Tabla 6

Prueba N° 3 del almidón de yuca

Materia prima	Dosificaciones
Almidón de yuca	10gr
Glicerina	3ml
Agua destilada	40ml
Ácido acético	5ml
Temperatura	105°C durante 30 minutos

Fuente: Autores, 2021

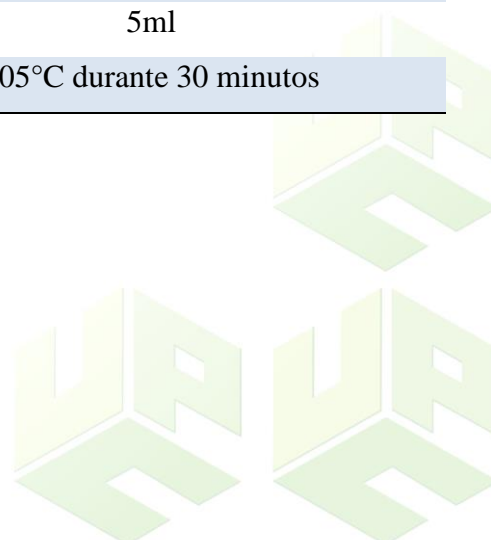


Ilustración 21

Prueba N° 3 del almidón de yuca



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Al llevar a cabo la realización de este ensayo se observó que al disminuir las cantidades de almidón y aumentar la glicerina, el bioplástico tiene una mejor consistencia es menos pegajoso y tiene más flexibilidad, pero aun así se presenta gran dificultad al retirarlo del molde el dónde este es extendido, es por esto que se procede a realizar más pruebas.

Tabla 7

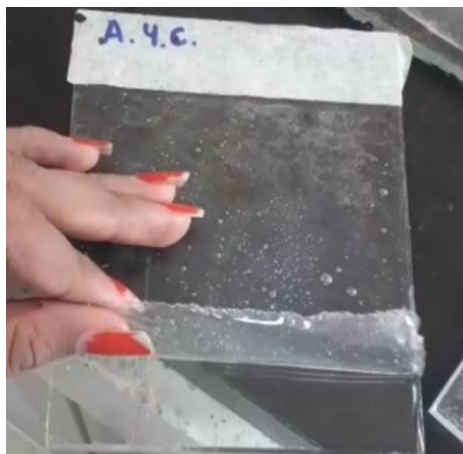
Prueba N° 4 del almidón de yuca

Materia prima	Dosificaciones
Almidón de yuca	10gr
Glicerina	3ml
Agua destilada	30ml
Ácido acético	5ml
Temperatura	30°C durante 4 días y 16 horas

Fuente: Autores, 2021

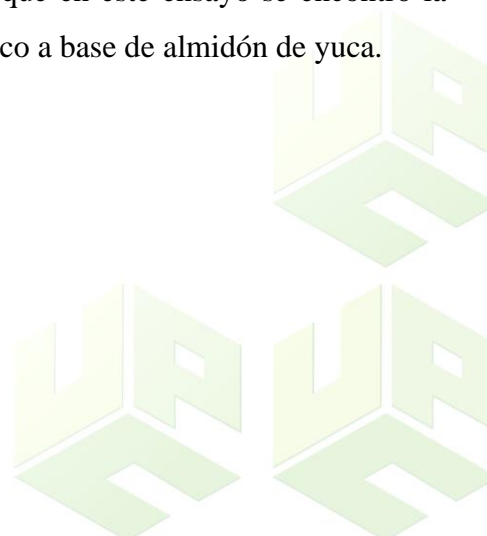
Ilustración 22

Prueba N° 4 del almidón de yuca



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Al momento de realizar esta prueba se observaron resultados satisfactorios, debido a que el bioplástico se desprendía con gran facilidad del recipiente en el cual fue extendido, además presentaba una buena resistencia y no era pegajoso, esto se dio al momento de disminuir la temperatura del horno para así lograr un secado total del bioplástico simulando la temperatura ambiente. Esto nos da como conclusión que en este ensayo se encontró la mezcla óptima para la adecuada elaboración del bioplástico a base de almidón de yuca.



- Pruebas de elaboración de bioplástico a base de almidón de maíz

Tabla 8

Prueba N°1 Almidón de maíz

Materia prima	Dosificaciones
Almidón de maíz	10gr
Glicerina	1,5ml
Agua destilada	40ml
Ácido acético	5ml
Temperatura	80°C durante 1 hora y 30 minutos

Fuente: Autores, 2021

Ilustración 23

Prueba N°1 Almidón de maíz



Fuente: Fotos de Campo, 2021

El bioplástico obtenido con estas dosificaciones se tornó seco y fue imposible lograr despegarlo de la superficie en donde este fue extendido, por consiguiente, no se pudo sentir ni su viscosidad ni comprobar su resistencia. Se concluyó que este secado es debido a la alta temperatura a la que este fue expuesto.

Tabla 9

Prueba N°2 Almidón de maíz

Materia prima	Dosificaciones
Almidón de maíz	10gr
Glicerina	3ml
Agua destilada	40ml
Ácido acético	5ml
Temperatura	60°C durante 24 horas

Fuente: Autores, 2021

Ilustración 24

Prueba N°2 Almidón de maíz



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Al momento de disminuir la temperatura y aumentar la cantidad de glicerina se observó que el bioplástico aún se presentaba seco y era poco resistente, además no se sentía nada viscoso y aun se presentaba mucha dificultad al momento de desprenderlo de la superficie, esto debido a el tiempo al que fue expuesto este, por consiguiente, se procedió a realizar más pruebas.

Tabla 10

Prueba N°3 Almidón de maíz

Materia prima	Dosificaciones
Almidón de maíz	10gr
Glicerina	3ml
Agua destilada	40ml
Ácido acético	5ml
Temperatura	105°C durante 30 minutos

Fuente: Autores, 2021

Ilustración 25

Prueba N°3 Almidón de maíz



Fuente: Fotos de Campo, 2021



El bioplástico obtenido con estas dosificaciones presento una consistencia quebradiza y por ende se dificulto el retiro de la superficie, además presento muy poca resistencia se dedujo que esto es debido a la alta temperatura a la que fue expuesto.

Tabla 11

Prueba N°4 Almidón de maíz

Materia prima	Dosificaciones
Almidón de maiz	10gr
Glicerina	3ml
Agua destilada	40ml
Ácido acético	5ml
Temperatura	30°C durante 4 días y 16 horas

Fuente: Autores, 2021

Ilustración 26

Prueba N°4 Almidón de maíz



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Este bioplástico presento resultados muy satisfactorios debido a que presento gran facilidad al momento de ser desprendido del recipiente, también mostro muy buena resistencia y no presento mucha viscosidad, además al momento de doblarlo este no se agrietaba ni se rompía, es por esto por lo que esta se estableció como la mezcla más homogénea para la elaboración de bioplásticos a base de almidón de maíz.

7.1.3. Etapa 3: Comprobación del porcentaje de degradación y la resistencia a la tracción de los bioplásticos elaborados.

En el recorrido de esta etapa el deterioro de las láminas de los bioplásticos consistió en una degradación superficial que modificaba las propiedades fisicoquímicas del material. Es el resultado de la acción combinada de comunidades microbianas que forman biopelículas en la superficie o en el interior de los plásticos, y que, junto con otros factores abióticos, fragmentan los materiales biodegradables. El desarrollo de diferentes especies microbianas incrementa el biodeterioro, facilitando la producción de moléculas más simples que actúan como fuente de carbono y de nitrógeno, o como factores de crecimiento para los microorganismos. Las especies microbianas forman una biopelícula en la superficie del material debido a la secreción de una matriz polimérica compleja que se infiltra en las estructuras porosas, alterando su tamaño, y cambiando el contenido de humedad. (Soriano Ortega, 2020)

Actividad 3.1. Simulación del grado de descomposición del bioplástico en medio acuático.

En esta fase se determinó el peso que perdieron las láminas de bioplásticos al estar en contacto con bacterias aerobias y en presencia de microorganismos alimentado constantemente de agua cruda del río Guatapurí.



Al momento de realizar dicha práctica se observó que al intervalo de la primera semana ambos bioplásticos se degradaron alrededor de 1gr, luego transcurrido el tiempo de varias semanas el bioplástico no ha logrado la totalidad de su degradación.

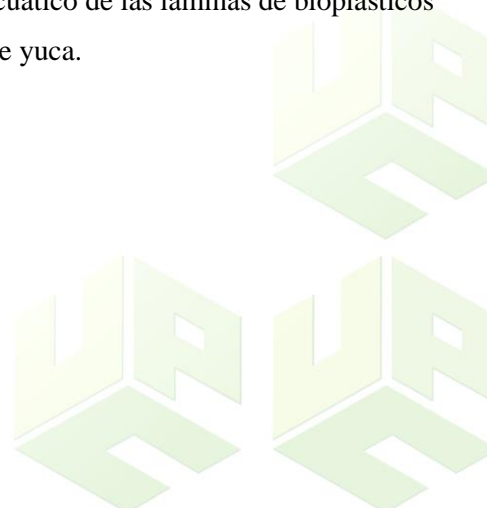
Además, queda plasmado como antecedente este ensayo de cómo se degradaría el bioplástico en un cuerpo de agua natural (cruda) a escala laboratorio, arrojando los siguientes datos:

Tabla 12

Deterioro de las láminas del bioplástico a base de almidón de yuca en el medio acuático.

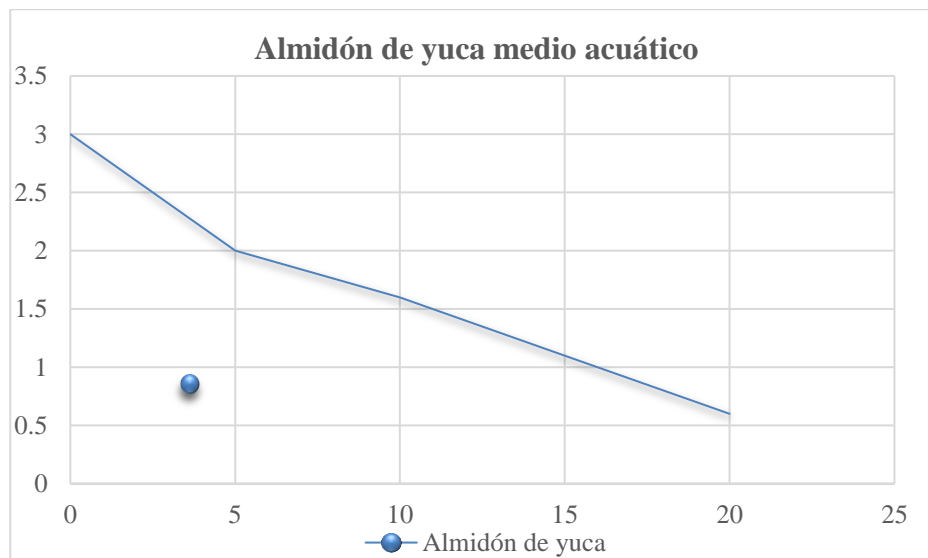
Almidón de yuca medio acuático		
N° de pruebas	Tiempo (días)	Peso (gramos)
1	0	3.0
2	5	2.0
3	10	1.6
4	15	1.1
5	20	0.6

Nota: La presente tabla representa el deterioro en el medio acuático de las láminas de bioplásticos elaboradas a base de almidón de yuca.



Gráfica 1

Deterioro de las láminas del bioplástico a base de almidón de yuca en el medio acuático.



Nota: La presente grafica representa el deterioro de la lámina de bioplástico elabora a base de almidón de yuca en el medio acuático.

Posteriormente obtenidos los resultados simbolizados en la gráfica 1 se determinó el grado de descomposición del bioplástico elaborado. El esquema presentó una línea aproximadamente recta que nos conlleva a deducir que el bioplástico tuvo una rapidez de degradación constante, sin embargo en el caso de los polímeros fabricados con almidón, la capacidad que tienen los gránulos para absorber agua es determinante para la biodegradación, debido que al aumentar la capacidad del polímero para absorber agua, se facilita la acción de las enzimas que son capaces de convertir el polímero en fragmentos más pequeños y asimilables por los microorganismos presentes en el medio y así comenzar la mineralización; en el caso del almidón, al estar compuesto por dos polímeros, la parte amorfa formada por cadenas de amilosa es capaz de absorber más agua y, por ende, el ataque enzimático es mayor que en la fracción cristalina, compuesta por la amilopectina, por lo que la velocidad y

porcentaje de biodegradación es mayor en la parte amorfa del gránulo de almidón. (Ruiz, Montoya, & Marco , 2009)

Ilustración 27

Lámina del bioplástico después del medio acuático



Fuente: Fotos de Campo, 2021

En el caso de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de maíz en presencia del agua cruda superficial del río Guatapurí, este se degradó en menor proporción que el bioplástico elaborado a base de almidón de yuca, por lo tanto, el resultado obtenido fue el siguiente

Tabla 13

Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de maíz en el medio acuático

Almidón de maíz medio acuático		
N° de pruebas	Tiempo (días)	Peso (gramos)
1	0	4.0
2	5	3.5

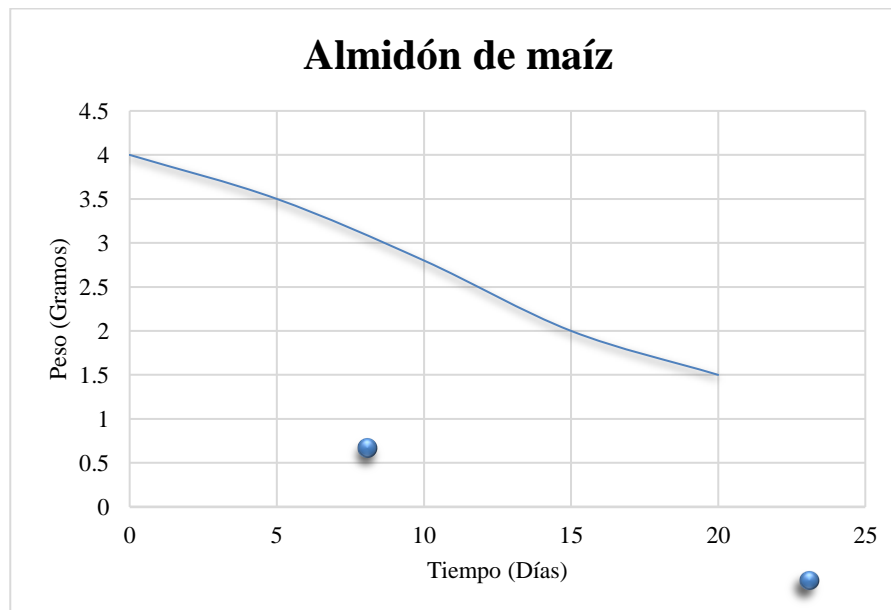


3	10	2.8
4	15	2.0
5	20	1.5

Nota: La presente tabla representa el deterioro en el medio acuático de las láminas de bioplásticos elaboradas a base de almidón de maíz.

Gráfica 2

Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de maíz en el medio acuático



Nota: La presente grafica representa el deterioro de la lámina de bioplástico elaborada a base de almidón de maíz en el medio acuático.

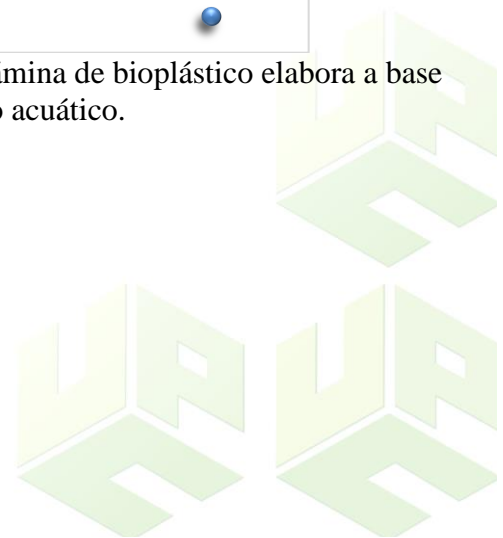


Ilustración 28

Lámina del bioplástico después del medio acuático



Fuente: Fotos de Campo, 2021

En este ensayo se observó que la descomposición en relación de horas transcurridas se definía más lento y no había tanta variación en las masas de las láminas del bioplástico como en la prueba con el del almidón de yuca, por esta razón, se tomaron los intervalos de tiempo en días. En la gráfica 2, se observa cómo se va degradando y perdiendo masa la lámina en presencia del medio acuático. Se resalta que las pruebas físicas de las láminas luego de estos experimentos no se pudieron realizar, debido a que estas no soportaban el mínimo esfuerzo al ser sacadas de este medio y se fracturaban.

Actividad 3.2. Simulación del grado de descomposición del bioplástico en medio terrestre.

En este ensayo se procedió a introducir cada una de las láminas del bioplástico en un suelo alto en materia orgánica para determinar el grado de descomposición que presentaban, arrojando los siguientes resultados:



Tabla 14

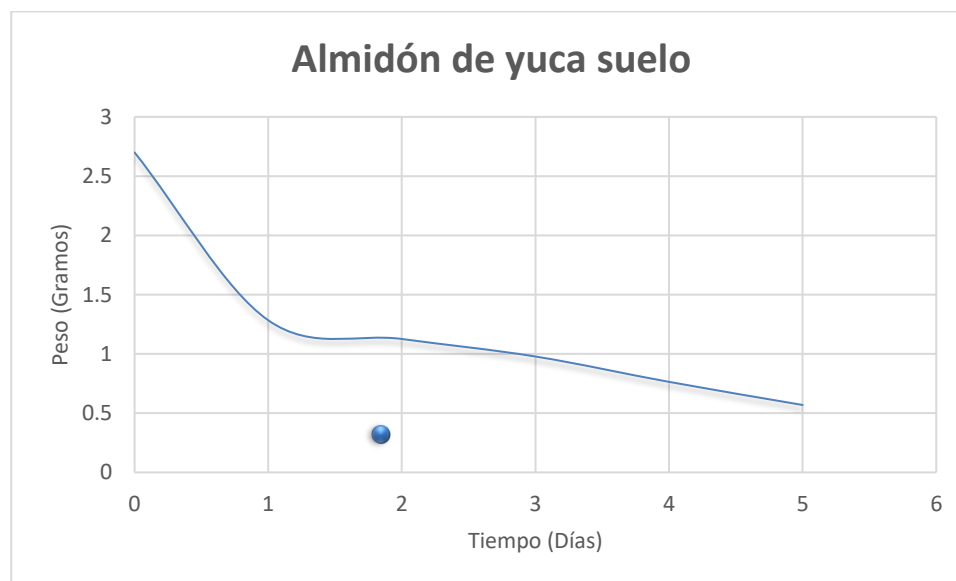
Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de yuca en el medio terrestre

Almidón de yuca medio terrestre		
N° de pruebas	Tiempo (días)	Peso (gramos)
Laminas	0	2.70
1	1	1.28
2	2	1.13
3	3	0.98
4	4	0.76
5	5	0.57

Nota: La presente tabla representa el deterioro en el medio terrestre de las láminas de bioplásticos elaboradas a base de almidón de yuca.

Gráfica 3

Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de yuca en el medio terrestre



Nota: La presente grafica representa el deterioro de la lámina de bioplástico elabora a base de almidón de yuca en el medio terrestre.

En la gráfica 3 se puede observar que el bioplástico logro su mayor degradación en el día número 1 y a partir de ahí su degradación empezó a comportarse de una manera más constante, por consiguiente, se logró concluir que eso pudo ser debido a la composición del suelo usado y a factores externos como la climatología en los días en los que se realizó este ensayo debido a que hubo variación de temperatura y humedad.

Ilustración 29

Lámina del bioplástico después del medio terrestre



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Tabla 15

Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de maíz en el medio terrestre

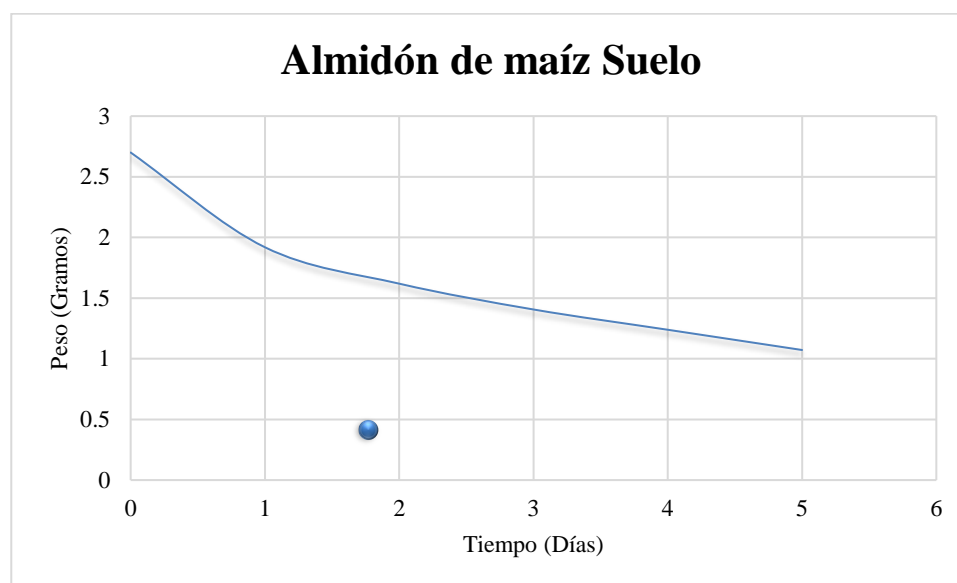
Almidón de maíz medio terrestre		
N° de pruebas	Tiempo (días)	Peso (gramos)
Laminas	0	2.70
1	1	1.92
2	2	1.62

3	3	1.41
4	4	1.24
5	5	1.07

Nota: La presente tabla representa el deterioro en el medio terrestre de las láminas de bioplásticos elaboradas a base de almidón de maíz.

Gráfica 4

Deterioro de la lámina del bioplástico elaborado a base de almidón de maíz en el medio terrestre



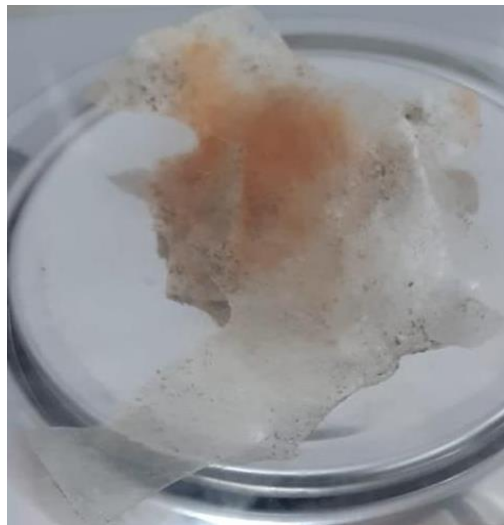
Nota: La presente grafica representa el deterioro de la lámina de bioplástico elaborada a base de almidón de maíz en el medio terrestre.

En la gráfica 4 se logra evidenciar una descomposición del bioplástico de maíz constante lo que indica que la mayor parte de este se degradó, siendo un valor adecuado si se compara con la prueba de biodegradabilidad realizada en 20 días en el medio acuático, lo que nos lleva a concluir que la lámina del bioplástico de este almidón, así como es resistente demora en degradarse en comparación con el almidón de yuca que en ambos medios su degradación fue mucho más rápida.

Adicionalmente si se tiene en cuenta que un plástico para que sea biodegradable debe degradarse por completo por la acción de microorganismos como bacterias, hongos y microalgas en un periodo de 6 meses (ASTM, 2019), es válido señalar que los resultados obtenidos fueron satisfactorios.

Ilustración 30

Lámina del bioplástico después del medio terrestre



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Actividad 3.3 Resistencia a la tracción

Se realizó el ensayo de manera empírica, la prueba consistió en agregar distintas masas a distintas láminas con las mismas características, (masa, longitud etc.) de bioplástico de manera vertical y observar cuanta masa era capaz de resistir ésta hasta que llegara a su punto de fractura o rompimiento de esta. (Muñoz Perez & Ramos Colpas, 2021)

Ilustración 31

Montaje de resistencia



Fuente: Fotos de Campo, 2021

Gráfica 5

Resistencia de la lámina del bioplástico a base del almidón de maíz



Nota: La presente grafica representa la resistencia de la lámina de bioplástico elabora a base de almidón de maíz.

De acuerdo con la gráfica 5, al momento en el que se le fue aplicando carga a la lámina del bioplástico fue presentándose alargamiento en ella, por lo tanto, se pudo deducir que el aumento de la masa es directamente proporcional a la deformación vertical. Este comportamiento se fue presentando hasta llegar a su punto de ruptura o fractura con una carga máxima de **2855 gr.**

Gráfica 6

Resistencia de la lámina del bioplástico a base del almidón de yuca



Nota: La presente grafica representa la resistencia de la lámina de bioplástico elabora a base de almidón de yuca.

Según la gráfica 6, al momento en el que se le fue aplicando carga a la lámina del bioplástico fue presentándose alargamiento en ella, por lo tanto, se puede deducir que el aumento de la masa es directamente proporcional a la deformación vertical. Este comportamiento se fue presentando hasta llegar a su punto de ruptura o fractura con una carga máxima de **2495 gr.**

7.1.4. Etapa 4: Determinar las propiedades físicas y los aspectos técnicos, económicos y ambientales de los bioplásticos elaborados.

4.1.1 Masa

La realización de este parámetro se estableció con la utilización de una balanza analítica con una lectura (0.001gr), el procedimiento consistió en agregar las láminas de bioplástico en el plato de la balanza y esperar que la misma arrojará la lectura.

Las masas obtenidas de las láminas de bioplástico de yuca fueron de 2,982gr y para el bioplástico de maíz de 4,028.

Ilustración 32

Peso de las láminas del bioplástico elaborado



Fuente: Fotos de Campo, 2021

4.1.2 Volumen

Para la determinación de este parámetro, se hizo necesario la utilización de un calibrador vernier el cual es un instrumento de alta precisión que se utiliza para realizar

mediciones en diferentes superficies, en este caso se utilizó para la medición de ancho, largo y altura de las láminas de bioplástico. Para determinar el volumen se hizo necesario establecer que dichas laminas tienen forma de prisma rectangular con el fin de usar la ecuación 4 de la siguiente manera:

Ecuación 4

$$V_{lb} = A * L * H$$

Donde:

V_{lb} = Volumen de la lamina de bioplastico

A = ancho de la lamina de bioplastico

L = Largo de la lamina de bioplastico

H = altura de la lamina de bioplastico

Ilustración 33

Medidas de las láminas del bioplástico



Fuente: Fotos de Campo, 2021





- Bioplástico de Yuca

$$A = 0,1 \text{ cm}$$

$$L = 9,5 \text{ cm}$$

$$H = 9,0 \text{ cm}$$

$$V_{lb} = 0,1\text{cm} * 9,5\text{cm} * 9,0\text{cm}$$

$$V_{lb} = 8,55\text{cm}^3$$

- Bioplástico de Maíz

$$A = 0,1 \text{ cm}$$

$$L = 9,5 \text{ cm}$$

$$H = 9,0 \text{ cm}$$

$$V_{lb} = 0,1\text{cm} * 9,5\text{cm} * 9,0\text{cm}$$

$$V_{lb} = 8,55\text{cm}^3$$

4.1.3 Densidad

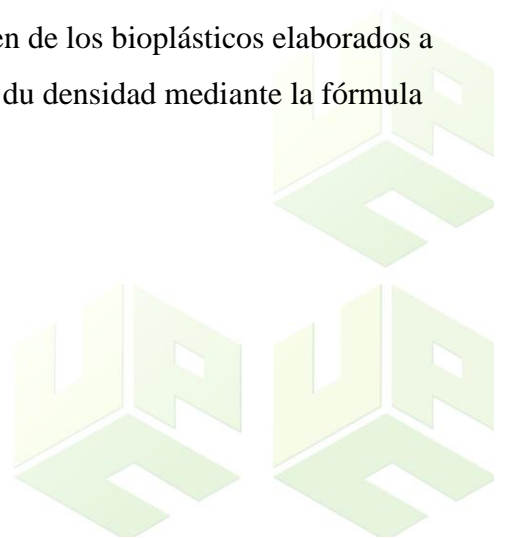
Después de haber encontrado la masa y el volumen de los bioplásticos elaborados a partir de almidón de yuca y maíz se procedió a encontrar su densidad mediante la fórmula física

$$\rho = \frac{\text{masa (gr)}}{\text{volumen (cm}^3\text{)}} \text{ de la siguiente manera:}$$

- Bioplástico a base de almidón de yuca:

$$\text{Masa} = 2,982 \text{ gr}$$

$$\text{Volumen} = 8,55\text{cm}^3$$





$$\rho = \frac{\text{masa (gr)}}{\text{volumen (cm}^3\text{)}}$$

$$\rho = \frac{2,982 \text{ gr}}{8,55 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 0,34 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

- Bioplástico a base de almidón de Maíz:

Masa = 4,028 gr

Volumen = 8,55cm³

$$\rho = \frac{\text{masa (gr)}}{\text{volumen (cm}^3\text{)}}$$

$$\rho = \frac{4,028 \text{ gr}}{8,55 \text{ cm}^3}$$

$$\rho = 0,47 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

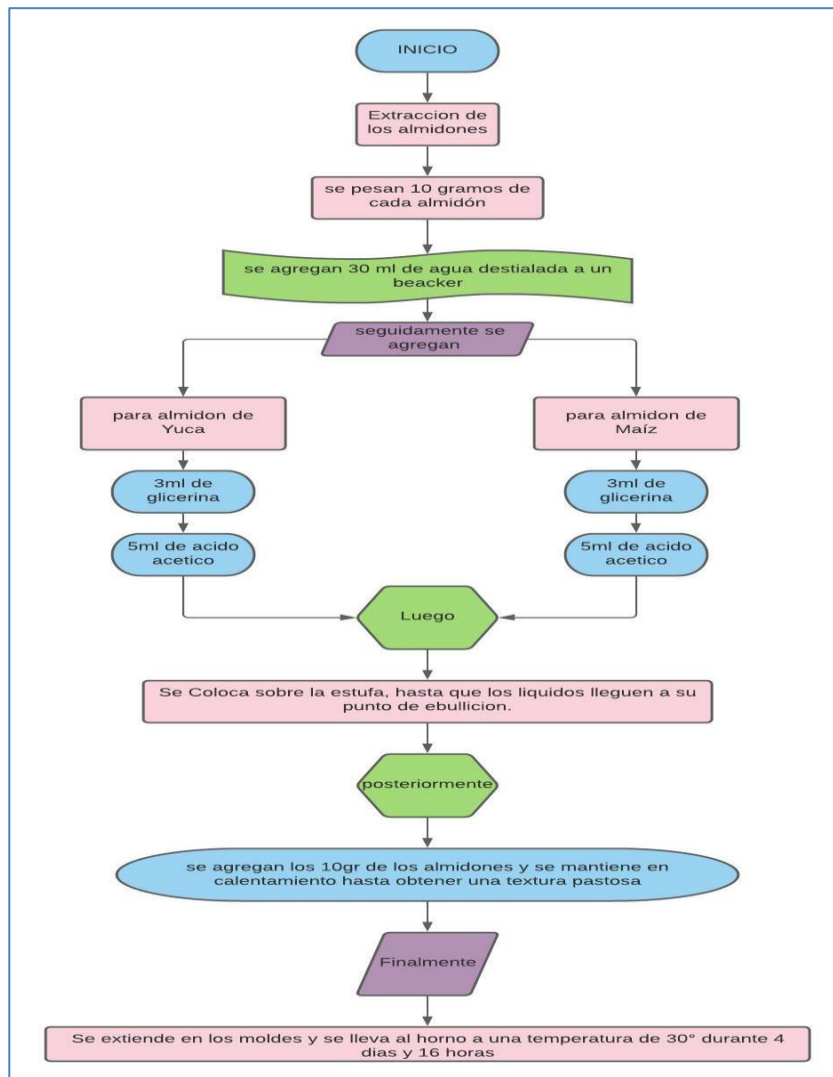
Según (plastics europe, sf) “los rangos de densidad del plástico convencional son entre 0,89 y 0,92 gr/cm³”, al momento de realizar una comparación con los bioplásticos elaborados notamos que la densidad de estos es menor, esto implica una gran ventaja para el medio ambiente debido a que a menor densidad el bioplástico es más ligero, es decir fácil flotación, además según (BEJARANO, 2014) al obtener una baja densidad, esto implica utilizar menor cantidad de materia prima para la elaboración del bioplástico, es decir, se reducen costos en la producción para ganar competitividad frente a otros plásticos convencionales.

4.2 Determinación de los procesos y/o actividades necesarias para la elaboración de los bioplásticos.

Una vez obtenida la dosis optima se procedió a presenta de manera visual cual fue el procedimiento seguido para llevar a cabo la obtención de los bioplástico elaborados, esto se realizó mediante el siguiente diagrama de flujo:

Ilustración 34

Procesos y/o actividades necesarias para la elaboración de los bioplásticos.



Nota: Esta ilustración representa el proceso mediante el cual se elaboran los bioplásticos a base de almidón de yuca y maíz.

Con la elaboración del diagrama de flujo presentado anteriormente, el cual representa el proceso y las actividades necesarias para la elaboración de bioplásticos a base de almidón de yuca y maíz se busca facilitar el trabajo de otros investigadores y/o personas interesadas en la fabricación de este tipo de bioplásticos, debido a que en este se presentan las distintas dosificaciones, temperaturas y tiempos necesarias para dicha elaboración.

Actividad 4.3. Determinación una lista de chequeo de los recursos utilizados en el proceso de elaboración de cada uno de los bioplásticos.

Posteriormente a la elaboración de los bioplásticos se procedió a realizar un listado con el fin de calcular la cantidad de recursos necesarios para la elaboración de las láminas de bioplásticos diseñadas a base de almidón de yuca y maíz, de la siguiente manera:

Tabla 16

Recursos necesarios para la elaboración de bioplásticos a partir de las dosis óptimas

Materia prima y recursos humanos	Unidad	Cantidad
Almidón de Yuca	Kg	0,01
Almidón de Maíz	Kg	0,01
Glicerina	L	0,003
Ácido acético	L	0,005
Agua destilada	L	0,03
Mano de Obra	H	3

Nota: Esta tabla representa los recursos necesarios expresados en kilogramos que se utilizan para la elaboración de los bioplásticos.

Una vez establecidos los recursos necesarios para la elaboración de los bioplásticos a base de almidón de yuca y maíz, se puede deducir que para la elaboración de una lámina de bioplástico es poca la materia prima necesaria para la creación de esta, además, esto representa una gran ventaja al momento de realizar una gran producción de bioplástico



debido a que no generara un gran gasto de materia prima y esto a su vez beneficiara los costos.

Actividad 4.4. Determinación de los costos unitarios para la elaboración de los bioplásticos elaborados.

El análisis de costos unitarios se realizó con el fin de saber que tan rentable y económica es la producción de los bioplásticos elaborados a base de almidón de yuca y maíz, para esto se hizo necesario realizar un exhaustivo análisis de cada uno de los materiales y equipos utilizados para la elaboración de estos.

Tabla 17

Análisis de precios unitarios para la elaboración de los bioplásticos

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS					ÍTEM:	4.4
EVALUACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS					CAPÍTULO	
PROYECTO:	ELABORADOS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA Y MAÍZ				4.	
ACTIVIDAD:	Extracción de almidón de yuca y maíz				UNIDAD:	UN
I. EQUIPO:						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario		
Licuada	Un	1	\$ 56,000	\$	56,000	
Rallador Metálico	Un	1	\$ 5,000	\$	5,000	
Recipiente de Decantación	Un	1	\$ 5,000	\$	5,000	
Subtotal \$				\$	66,000.00	
II. MATERIALES:						
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario		
Yuca	Kg	2	\$ 2,000.00	\$	4,000.0	
Maíz	Kg	2	\$ 2,000.00	\$	4,000.0	
Subtotal \$				\$	8,000.0	
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				\$	74,000.0	



Fuente: Autores, 2021

Tabla 18

Análisis de precios unitarios para la elaboración de los bioplásticos

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				ÍTEM:	4.4
EVALUACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS				CAPÍTULO	
PROYECTO:	ELABORADOS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA Y MAÍZ			4.	
ACTIVIDAD:	Realización de Pruebas de Laboratorio			UNIDAD:	UN
I. EQUIPO:					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
Recipientes	Un	10	\$ 3,000	\$ 30,000	
Balanza Analítica	Un	1	\$ 660,000	\$ 660,000	
				\$	
Subtotal \$				690,000.00	
II. MATERIALES:					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
Suelo rico en materia orgánica	Kg	1	\$ -	\$ -	
Agua de un cuerpo natural	L	1	\$ -	\$ -	
				\$	
Subtotal \$				-	
III. TRANSPORTES:					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
Recolección de Suelo	Viaje	1	\$ 6,000	\$ 6,000	
Recolección de agua	Viaje	1	\$ 6,000	\$ 6,000	
				\$	
Subtotal \$				12,000.0	
				\$	
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				702,000.0	

Fuente: Autores, 2021

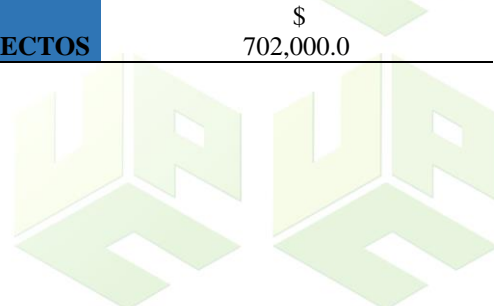




Tabla 19

Análisis de precios unitarios para la elaboración de los bioplásticos

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS				ÍTEM:	4.4
EVALUACIÓN DE LOS BIOPLÁSTICOS ELABORADOS A PARTIR DE ALMIDÓN DE YUCA Y MAÍZ				CAPÍTULO	
PROYECTO:				4.	
ACTIVIDAD:				UNIDAD:	UN
Elaboración de los bioplásticos a base de yuca y maíz					
I. EQUIPO:					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Vr. Unitario	
				\$	
Horno Eléctrico	Un	1	\$ 799,000	799,000	
				\$	
Balanza Analítica	Un	1	\$ 660,000	660,000	
				\$	
Estufa Eléctrica	Un	1	\$ 90,000	90,000	
				\$	
Moldes	Un	10	\$ 2,000	20,000	
				\$	
			Subtotal \$	1,479,000.00	
II. MATERIALES:					
Descripción	Unidad	Cantidad	Precio Unit.	Vr. Unitario	
				\$	
Almidón de Yuca	Kg	0.01	\$ 2,000.00	20.0	
				\$	
Almidón de Maíz	Kg	0.01	\$ 2,000.00	20.0	
				\$	
Glicerina	L	0.003	\$ 6,000.00	18.0	
				\$	
Agua Destilada	L	0.005	\$ 1,000.00	5.0	
				\$	
Ácido Acético	L	0.03	\$ 4,000.00	120.0	
				\$	
			Subtotal \$	183.0	
				\$	
TOTAL DE COSTOS DIRECTOS				1,479,183.0	

Fuente: Autores, 2021



**Universidad
Popular del Cesar**

**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y SANITARIA**



Según (Cornejo Reyes & Marinero Orantes, 2020) los bioplásticos son más caros en comparación con los plásticos petroquímicos convencionales. Es por esto que al analizar la lista de precios unitarios plasmada anteriormente se observa la elevación en los precios de producción de los bioplásticos elaborados a base de almidón de yuca y maíz, cabe resaltar que según (Thielen, 2017) “los bioplásticos son una alternativa para reducir costos y riesgos ecológicos”, esto debido a que con el transcurrir de los años el aumento en el petróleo a nivel global generara que los plásticos elaborados a base del mismo aumenten de manera significativa.

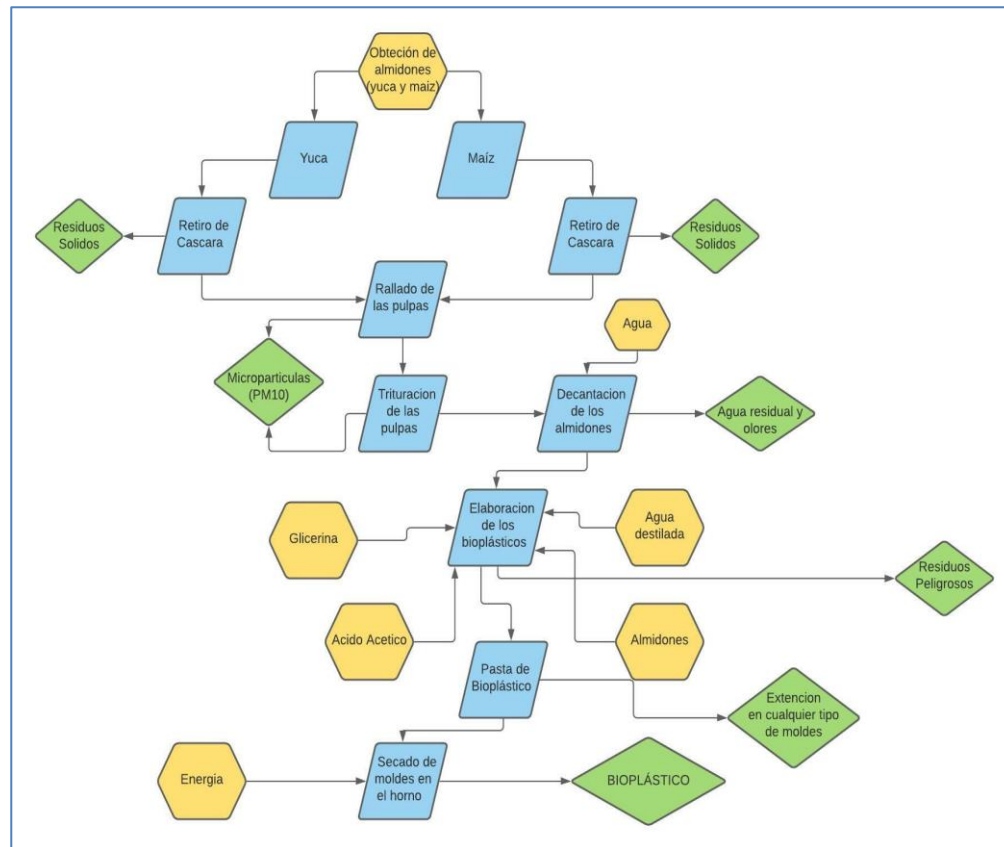
Actividad 4.5. Determinación de los aspectos ambientales.

Para determinar los aspectos ambientales se hizo necesario realizar un minucioso análisis de los impactos ambientales producidos por el bioplástico elaborado, para esto se hizo necesario realizar un diagrama de proceso de entrada y salida con el fin de identificar los mismos.

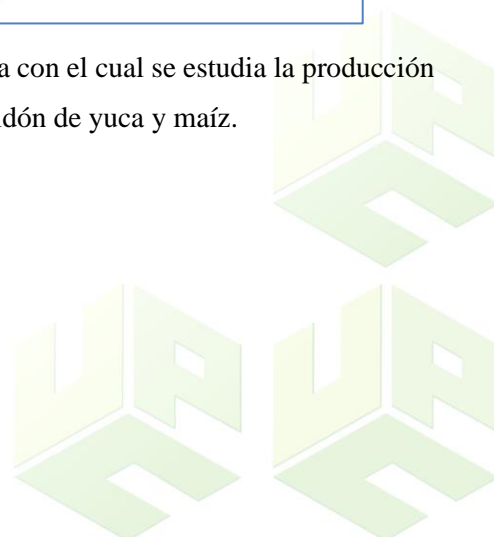


Ilustración 35

Diagrama de procesos de aspectos ambientales para la elaboración del bioplástico



Nota: Esta imagen representa un diagrama de entrada y salida con el cual se estudia la producción de los bioplásticos elaborados a base de almidón de yuca y maíz.





elaboración de bioplástico a base de almidón de yuca y maíz es pequeña (3,18) con una magnitud de (7,9) la cual resulta considerable debido a que, aunque el proyecto genera este

tipo de impactos son de poca importancia, ya que los daños causados al ambiente son auto recuperables al momento de la generación de los bioplásticos. Además, cabe resaltar que el impacto positivo que este mismo genera al ambiente es alto (6) con una magnitud de (8), es así como se observa que al momento de la fabricación de los bioplásticos esto trae consigo un mínimo incrementó de los impactos negativos y por consiguiente un gran incremento en los impactos positivos.

4.7. Diseño completamente al azar

Se realizó el análisis de varianzas de las pruebas de resistencia realizadas a los dos tipos de bioplásticos mediante el diseño de experimental completamente al azar, los resultados fueron obtenidos mediante el software minitab en su versión 2019.

Análisis de varianza de la resistencia del bioplástico a base de almidón de maíz.

Condiciones iniciales de la lámina de bioplástico (almidón de maíz) y diseño experimental:

Altura: 10cm Largo: 5cm

Tratamientos: Masas aplicadas

Repeticiones (I): Ensayo realizado o deformaciones medidas

Hipótesis:

$p > 0,05$ se acepta hipótesis nula (H_0), “todas las medias de las tensiones causan deformación”

$p < 0,05$ se acepta hipótesis alternativa (H_a), “alguna media de las tensiones no causa deformación”

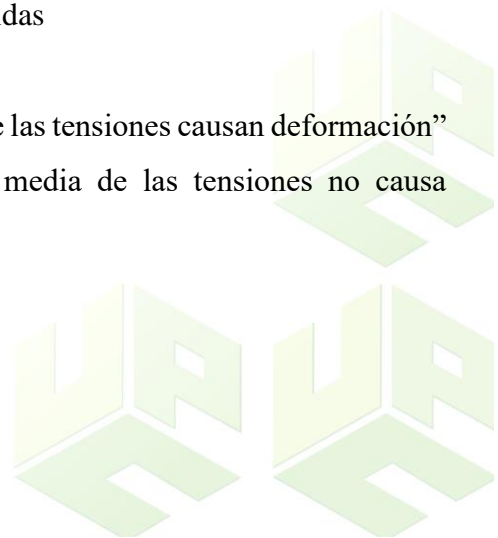




Tabla 20

Nº de tratamientos y cargas en el análisis del bioplástico elaborado a base de almidón de maíz

TRATAMIENTO	CARGA (GR)
A (1)	135
B (2)	135
C (3)	540
D (4)	695
E (5)	990+360

Fuente: Autores, 2021.

Tabla 21

Nº de tratamientos y repeticiones del análisis bioplástico almidón de maíz.

TRATAMIENTOS	Alargamiento (cm)
	Repetición Nº 1
A	5,5
B	5,7
C	6,0
D	6,2
E	6,5

Fuente: Autores, 2021.

Tabla 22

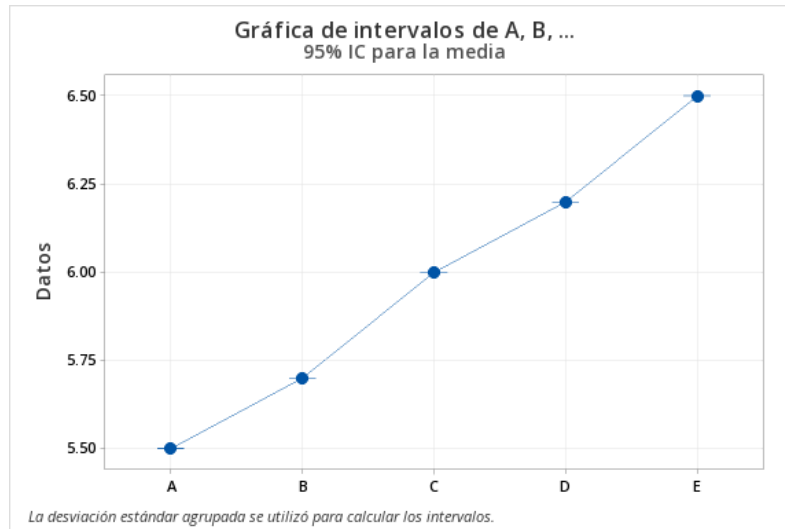
Análisis de varianza de las tensiones del bioplástico almidón de maíz.

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Factor	4	1.25600	0.314000	0	0
Error	5	0.00000	0.000000		
Total	9	1.25600			

Fuente: Minitab, 2021

Gráfica 7

Comportamiento de la lámina del bioplástico



Fuente: Minitab, 2021

Se realizó el diseño experimental con un 95% (0,95) de confianza, lo cual indica que hay un 5% (0,05) de probabilidad de ocurrencia no esperada. Luego se realiza la comparación de probabilidad de no ocurrencia con el valor de p. El Valor de $p <$ probabilidad de ocurrencia no esperada, por lo tanto, se infiere que hay significancia estadística, esto quiere decir que uno o más tratamientos son significativos con otros o más valores.

Se establece que la hipótesis nula (H_0) es rechazada, ya que el valor de “p” en el análisis de varianza es menor al nivel de significancia, esto quiere decir, que la hipótesis aceptada es la hipótesis alternativa (H_a) que establece, que “por lo menos una masa no causa deformación en las láminas de bioplástico”.

Análisis de varianza de tensiones del bioplástico de almidón de yuca.

Condiciones iniciales de la lámina de bioplástico (almidón de yuca) y diseño experimental:

Altura: 10cm; Largo: 5cm

Hipótesis:



$p > 0,05$ se acepta hipótesis nula, “todas las medias de las tensiones causan deformación”

$p < 0,05$ se acepta hipótesis alternativa, “alguna media de las tensiones no causa deformación”

Tabla 23

Nº de tratamientos y cargas, en el análisis del bioplástico a base de almidón de yuca.

TRATAMIENTO	CARGA (GR)
A (1)	135
B (2)	135
C (3)	540
D (4)	695
E (5)	990

Fuente: Autores, 2021.

Tabla 24

Nº de tratamientos y repeticiones del análisis del bioplástico a base de almidón de yuca.

TRATAMIENTOS	Alargamiento(cm)
	I
A	5.2
B	5.5
C	5.7
D	6.1
E	6.8

Fuente: Autores, 2021.

Tabla 25

Análisis de varianza de las tensiones del bioplástico almidón de yuca.

Fuente	GL	SC	MC	Valor F	Valor p
Factor	4	2.0360	0.50900	15.91	0.005
Error	5	0.1600	0.03200		

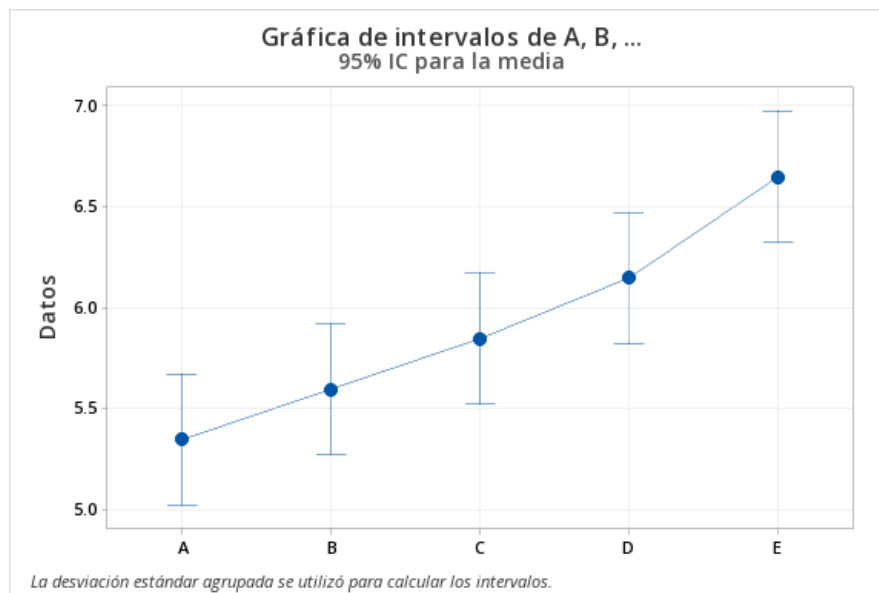


Total 9 2.1960

Fuente: Minitab, 2021

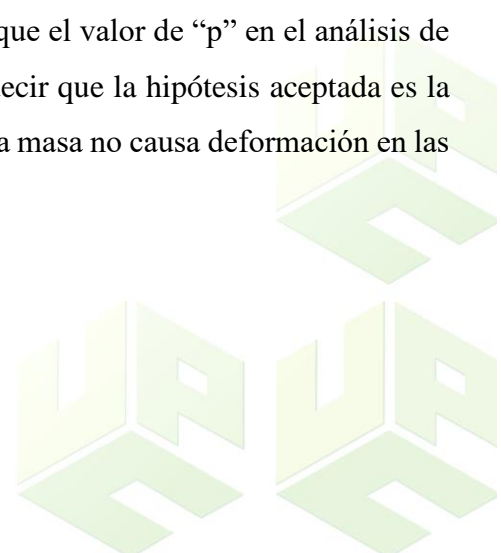
Gráfica 8

Comportamiento de la lámina del bioplástico



Fuente: Minitab, 2021.

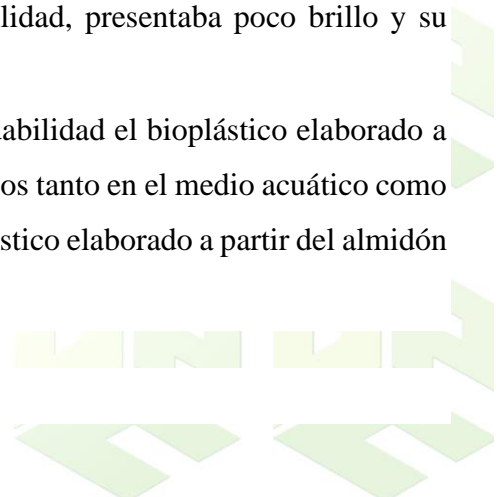
Se establece que la hipótesis nula (H_0) es rechazada, ya que el valor de “p” en el análisis de varianza es menor al nivel de significancia esto quiere decir que la hipótesis aceptada es la hipótesis alternativa (H_a) que establece “por lo menos una masa no causa deformación en las láminas de bioplástico”





8. CONCLUSIONES

- De los bioplásticos elaborados el que presentó mejores resultados en cuanto a la variable de degradación fue el realizado a base almidón de yuca y en cuanto a la variable de resistencia fue el bioplástico a base de almidón de maíz.
- Las propiedades físicas evaluadas del almidón en el desarrollo de esta investigación se encontraron dentro de los rangos establecidos en la guía técnica para la producción y análisis de estos mismos.
- En la extracción del almidón de maíz se obtuvo un rendimiento menor en comparación con investigaciones previas cuyos procedimientos fueron similares al empleado. Es posible que la diferencia se deba a la especie del grano usado, a las condiciones climatológicas de su cosecha, o a las variaciones climáticas en cuanto a las etapas del proceso utilizado.
- Se comprobó que el almidón es un componente de gran importancia para la elaboración del bioplástico, pues es responsable junto con la glicerina de afectar la consistencia, elasticidad y estabilidad de este biopolímero.
- En las muestras colocadas a temperatura ambiente se produjo fragilidad en las láminas de bioplástico la cual se comprobó con la disminución de la resistencia a la tracción debido a que este se quebraba con facilidad, presentaba poco brillo y su textura era pegajosa con sensación de humedad.
- Al momento de realizar las pruebas de biodegradabilidad el bioplástico elaborado a partir de almidón de yuca obtuvo mejores resultados tanto en el medio acuático como en el medio terrestre en comparación con el bioplástico elaborado a partir del almidón de maíz.





9. RECOMENDACIONES

- Los resultados obtenidos indican que las mezclas ensayadas proporcionan una resistencia a la tensión moderada lo mismo que su deformación en el punto de fractura. Para aumentar estas propiedades se pueden hacer mezclas con otros polímeros biodegradables agregando agentes que sean compatibles o reforzando con cargas, fibras u otro polímero sintético en pequeñas cantidades.
- Evaluar la degradación de las láminas establecidas en diferentes tipos de agua y en otras condiciones climatológicas.
- Realizar la elaboración del bioplástico en diversas formas y tamaños para comprobar si su resistencia es mayor y su biodegradabilidad sigue siendo óptima.
- Perfeccionar la técnica del desarrollo de las láminas plásticas con almidones con diferente grado de sustitución y evaluar su calidad.
- Crear una aplicación de una planta de producción de este bioplástico por medio de herramientas informáticas.



10. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Arevalo, K. (Noviembre de 1996). Elaboración de plásticos biodegradables a partir de polisacáridos y su estudio de biodegradación a nivel de laboratorio y campo. Obtenido de Repositorio Institucional UANL: <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/4767>
- Aristizábal, J., & Sánchez, T. (2007). Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <http://www.fao.org/3/a1028s/a1028s00.htm>
- Ballesteros, L. (2014). Los bioplásticos como alternativa verde y sostenible de los plásticos basados en petróleo. Obtenido de Biblioteca digital Universidad de San Buenaventura: <http://hdl.handle.net/10819/2247>
- Camarena, C., Policarpo, E., Cosme, J., & Alarcon, P. (2018). Elaboración de bolsas plásticas biodegradables a base del almidón de la yuca . Obtenido de Repositorio de la Universidad San Ignacio de Loyola: <http://repositorio.usil.edu.pe/handle/USIL/3728>
- Carballo, E. (2009). Futuro de los plásticos . Ciencias, 62-69.
- Díaz, L. M. (Julio de 2011). Montaje y puesta en marcha de la maquina universal SN - 200 para ensayos de tracción - compresión y flexión en las asignaturas de resistencia de materiales . Obtenido de Repositorio Institucional Universidad de Holguin : <https://repositorio.uho.edu.cu/jspui/handle/uho/5791>
- Farfán Floriano, M. D., & Et al. (17 de Noviembre de 2018). Diseño de un sistema productivo para la obtención de bolsas biodegradables a partir del almidón de yuca en la empresa Polímeros S.A.C. Obtenido de Repositorio Institucional PIRHUA: <https://hdl.handle.net/11042/3830>
- Fernández, J. J., & Vargas, P. A. (23 de Enero de 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. Obtenido de Repositorio Institucional UMNG: <http://hdl.handle.net/10654/13350>
- García, A. (Enero de 2015). Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz. Obtenido de Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable>
- García, n., & zequeira, a. (2018). Evaluación del recurso hídrico del balneario Hurtado, Río Guatapurí, determinada a través de macroinvertebrados acuáticos implementando índices biológicos y fisicoquímicos. bucaramanga.
- Gil, J. E. (11 de 12 de 2018). Plásticos de un solo uso. Obtenido de Rebelión : <https://rebellion.org/docs/250056.pdf>
- Holgin Cardona, J. S. (2019). OBTENCIÓN DE UN BIOPLÁSTICO A PARTIR DE ALMIDÓN DE PAPA.
- Leonardo. (28 de Diciembre de 2017). Las tres R de la ecología: reducir, reutilizar y reciclar. Obtenido de Leonardo: <https://www.leonardo-gr.com/es/blog/tres-r-ecologia-reducir-reutilizar-reciclar>
- Mansilla, L., & Ruiz, M. (2009). Reciclaje de botellas PET para obtener fibra de poliéster . Red de revistas científicas, 123-137.
- Martínez, G. (1983). Polímeros. Ciencias, 18-24.
- Mexpolímeros. (s.f.). Plastificantes. Obtenido de Mexpolímeros: <https://www.mexpolimeros.com/plastificante.html>
- Minambiente. (2019). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Obtenido de <http://www.minambiente.gov.co/>
- Muñoz Perez , A. M., & Ramos Colpas, K. M. (2021). Evaluación de bioplásticos obtenidos a partir de mango y ñame. Valledupar, Cesar.

- Ojeda, S. L., & Quintero, M. W. (2008). Generación de Residuos Sólidos domiciliarios por periodo estacional: el caso de una Ciudad Mexicana. I Simposio Iberoamericano de Ingeniería de Residuos. Castellón .
- Paredes, O., Guevara, F., & Bello, L. (2009). La nixtamalización y el valor nutritivo. *Ciencias*, 60-70.
- Paspuel Herrera , A. (Noviembre de 2016). Caracterización de un bioplástico de almidones de maiz y yuca con anticianinas de repollo morado. Obtenido de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5838/1/AGI-2016-T034.pdf>
- Ponce, J. (2019). Slider. Obtenido de https://es.slideshare.net/MonikaProao/uce-tipos-y-niveles-de-investigacin-octubre-2019-179789914?from_action=save
- Ruiz, G. (2005). Polímeros biodegradables a partir de almidón de yuca. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad EAFIT: <http://hdl.handle.net/10784/7364>
- Ruiz, G., Montoya, C., & Marco , P. (2009). Degradabilidad de un polímero. *Revista EIA*, 67-78.
- Sierra, A., Solano, F., & Valderrama, J. (21 de Abril de 2016). Elaboración de bioplástico a partir del almidón presente en papas. Obtenido de UMAD Universidad Madero: <http://hdl.handle.net/11670/264>
- Soriano Ortega, B. (2020). Ebuah. Obtenido de <https://ebuah.uah.es/dspace/handle/10017/45807>
- Trujillo, C. (2014). Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (manihot esculenta crantz) doblemente modificado para uso en empaques de alimentos. Obtenido de Repositorio Institucional Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios : <http://repositorio.unamad.edu.pe/handle/UNAMAD/65>
- Chariguamán J.A. (2015). Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.). Escuela Agrícola Panamericana. Recuperado a partir de <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4560/1/AGI-2015-014.pdf>

Galvez A.G. (2016). Elaboración de plástico biodegradable a partir del almidón extraído de maíz (*Zea mays*). Universidad San Carlos de Guatemala. Recuperado a partir de <http://www.repositorio.usac.edu.gt/5102/>

García O.R., Pinzón M.I., & Sánchez L.T. (2013). Extracción y propiedades funcionales del almidón de yuca, manihot esculenta, variedad ICA, como materia prima para la elaboración de películas comestibles. @LIMENTECH CIENCIA Y TECNOLOGÍA ALIMENTARIA, 11(1): 13-21. <https://doi.org/10.24054/16927125.v1.n1.2013.382>

Guzmán M., S. (2013). Obtención de plástico biodegradable a partir de la nixtamalización del maíz. Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado a partir de https://www.zaragoza.unam.mx/portal/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/iq/tesis/tesis_guzman_martinez.pdf

Narváez, M. A. (2016). Optimización de las propiedades mecánicas de bioplásticos sintetizados a partir de almidón. Universidad San Francisco de Quito. Recuperado a partir de <http://192.188.53.14/handle/23000/6299>

Tovar, T. (2008). Caracterización Morfológica y térmica del almidón de maíz (*Zea mays* L) Obtenido por diferentes métodos de aislamiento. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Recuperado a partir de <http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/508>

