



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ESCUELA DE CIENCIAS QUÍMICAS

**“VALORACIÓN DE LA CÁSCARA DE *MUSA PARADISIACA*
(PLÁTANO) RESIDUAL, PARA LA OBTENCIÓN DE UNA
LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN
ALIMENTOS”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: MYRIAM SOLANGE ESPÍN BEDÓN

DIRECTOR: Ing. HANNÍBAL LORENZO BRITO MOÍNA PhD.

Riobamba – Ecuador

2021

©2021, Myriam Solange Espín Bedón

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Myriam Solange Espín Bedón, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 11 de agosto del 2021






Myriam Solange Espín Bedón

050361092-5

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación: Tipo: Proyecto de Investigación, **VALORACIÓN DE LA CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA (PLÁTANO) RESIDUAL, PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS**, realizado por la señorita: **MYRIAM SOLANGE ESPÍN BEDÓN**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación. El mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

| | FIRMA | FECHA |
|---|--|-----------------------|
| Ing. Juan Carlos González García PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL |  Firmado electrónicamente por: JUAN CARLOS GONZALEZ GARCIA | 11 de agosto del 2021 |
| Ing. Hanníbal Lorenzo Brito Moína PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN |  Firmado electrónicamente por: HANNIBAL LORENZO BRITO MOINA | 11 de agosto del 2021 |
| Ing. Violeta Maricela Dalgo Flores MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL |  Firmado electrónicamente por: VIOLETA MARICELA DALGO FLORES | 11 de agosto del 2021 |

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de Investigación a Dios, a mis padres, a mis hermanos y a cada una de las personas que de una u otra manera me apoyaron día a día en cada paso que daba por el camino, con el fin de obtener mi título de ingeniera.

Myriam

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la Universidad Escuela Superior Politécnica De Chimborazo y a cada uno de sus docentes por haber compartido sus conocimientos en los años que permanecí en la institución, especialmente al Ing. Hanníbal Lorenzo Brito Moína PhD, que a más de ser mi profesor y tutor se convirtió en un amigo.

Agradezco a mis padres Pedro y Mirian, a mis hermanos Pedro, Gissela y Karen y a mis cuñados Andrea, Danny y Vinicio, por el apoyo incondicional que siempre me brindaron.

Un agradecimiento especial a Joel por haber estado junto a mí en todo momento, apoyándome y dándome ánimos durante todo este tiempo.

Agradezco a Elva y Giovanna por haber sido mis amigas, compañeras y confidentes, durante el tiempo que permanecemos juntas en la difícil travesía de nuestra vida estudiantil dentro de las aulas de la universidad

Agradezco a toda mi familia que fueron el mejor ejemplo de vida, que conjuntamente con mi fe en Dios y por lo valores inculcados en mí, me hicieron una persona valiente, luchadora y perseverante, con el único deseo de cumplir todas las metas trazadas para llegar a ser una profesional y una mujer de bien para poder servir a la sociedad.

Myriam

TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|---------------------------|------|
| ÍNDICE DE TABLAS..... | viii |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | x |
| ÍNDICE DE GRÁFICOS..... | xi |
| ÍNDICE DE ECUACIONES..... | xii |
| ÍNDICE DE ANEXOS..... | xiii |
| RESUMEN..... | xiv |
| SUMMARY..... | xv |
| INTRODUCCIÓN..... | 1 |

CAPÍTULO I

| | |
|--|----|
| 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL..... | 4 |
| 1.1. Antecedentes de la Investigación..... | 4 |
| 1.2. Marco Conceptual..... | 7 |
| 1.2.1. <i>Residuos</i> | 7 |
| 1.1.3. <i>Fruto</i> | 8 |
| 1.1.4. <i>Almidón</i> | 9 |
| 1.1.5. <i>Plásticos</i> | 11 |

CAPÍTULO II

| | |
|--|----|
| 2. MARCO METODOLÓGICO..... | 14 |
| 2.1. Tipo de Investigación..... | 14 |
| 2.2. Diseño de la Investigación..... | 14 |
| 2.2.1. <i>Diseño Experimental</i> | 14 |
| 2.3. Técnicas de recolección de datos..... | 17 |
| 2.3.1. <i>Métodos y técnicas</i> | 17 |

CAPÍTULO III

| | |
|--|----|
| 3. RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS..... | 30 |
| 3.1. Datos Obtenidos De Los Análisis Realizados | 30 |
| 3.1.1. <i>Cáscara De Plátano</i> | 30 |
| 3.1.2. <i>Almidón De Cáscara De Plátano Residual</i> | 31 |

| | |
|---|----|
| 3.1.3. <i>Lámina de plástico biodegradable</i> | 32 |
| 3.2. Cálculos | 37 |
| 3.2.1. <i>Cálculo del porcentaje de rendimiento del almidón de cáscara de plátano residual</i> ... | 37 |
| 3.2.2. <i>Cálculos de las pruebas realizadas a las láminas de plástico biodegradables</i> | 38 |
| 3.3. Análisis y discusión de resultados | 39 |
| 3.3.1. <i>Cáscara de plátano residual</i> | 39 |
| 3.3.2. <i>Almidón de cáscara de plátano residual</i> | 40 |
| 3.3.3. <i>Lámina de plástico biodegradable</i> | 44 |
| 3.3.4. <i>Características de las láminas de plástico biodegradable obtenidas y características del plástico usado como embalaje de productos alimenticios</i> | 50 |
| 3.3.5. <i>Comprobación de hipótesis</i> | 50 |
| CONCLUSIONES | 56 |
| RECOMENDACIONES | 58 |
| BIBLIOGRAFÍA | |
| ANEXOS | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1-1: Antecedentes de estudios realizados sobre la obtención de plásticos biodegradables | 4 |
| Tabla 1-2: Clasificación de los residuos..... | 7 |
| Tabla 2-1: Matriz de consistencia..... | 15 |
| Tabla 2-2: Operacionalización de variables..... | 16 |
| Tabla 2-3: Técnica de extracción de almidón de cáscara de plátano residual..... | 19 |
| Tabla 2-4: Técnica de determinación de la solubilidad del almidón de cáscara de plátano residual..... | 20 |
| Tabla 2-5: Técnica de determinación del pH del almidón de cáscara de plátano residual..... | 21 |
| Tabla 2-6: Técnica de determinación de temperatura de gelatinización del almidón de cáscara de plátano residual..... | 21 |
| Tabla 2-7: Técnica de determinación de viscosidad de Brookfield del almidón de cáscara de plátano residual..... | 22 |
| Tabla 2-8: Técnica de determinación de contenido de ceniza del almidón de cáscara de plátano residual..... | 22 |
| Tabla 2-9: Técnica de determinación de la densidad del almidón de cáscara de plátano residual..... | 23 |
| Tabla 2-10: Técnica de determinación de la granulometría del almidón de cáscara de plátano residual..... | 23 |
| Tabla 2-11: Técnica de determinación de la humedad del almidón de cáscara de plátano residual..... | 24 |
| Tabla 2-12: Técnica de elaboración de la lámina de plástico biodegradable..... | 25 |
| Tabla 2-13: Técnica de determinación del espesor de la lámina de plástico biodegradable..... | 26 |
| Tabla 2-14: Técnica de determinación de la humedad de la lámina de plástico biodegradable..... | 27 |
| Tabla 2-15: Técnica de determinación de la solubilidad de la lámina de plástico biodegradable..... | 27 |
| Tabla 2-16: Técnica de determinación de la permeabilidad al vapor de agua de la lámina de plástico biodegradable..... | 28 |
| Tabla 2-17: Técnica de determinación de las propiedades mecánicas de la lámina de plástico biodegradable..... | 28 |
| Tabla 2-18: Técnica de determinación de la biodegradabilidad de la lámina de plástico biodegradable..... | 29 |
| Tabla 3-1: Características Organolépticas de la cáscara de plátano residual..... | 30 |

| | |
|--|----|
| Tabla 3-2: Datos del peso, longitud y diámetro promedio de las cáscaras de plátano residual..... | 30 |
| Tabla 3-3: Características organolépticas del almidón de cáscara de plátano residual..... | 31 |
| Tabla 3-4: Datos de la granulometría del almidón de cáscara de plátano residual..... | 31 |
| Tabla 3-5: Formulaciones..... | 32 |
| Tabla 3-6: Datos del espesor de las láminas de plástico biodegradable..... | 33 |
| Tabla 3-7: Datos obtenidos del análisis de humedad de las láminas de plástico biodegradable..... | 34 |
| Tabla 3-8: Datos obtenidos del análisis de solubilidad del agua de la lámina de plástico biodegradable..... | 35 |
| Tabla 3-9: Datos obtenidos del análisis de permeabilidad realizado a las láminas de plástico biodegradable..... | 36 |
| Tabla 3-10: Datos del análisis de biodegradabilidad para las láminas de plástico biodegradable..... | 37 |
| Tabla 3-11: Resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de la cáscara de plátano residual..... | 39 |
| Tabla 3-12: Resultados del rendimiento de extracción de almidón de cáscara de plátano residual..... | 40 |
| Tabla 3-13: Datos obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del almidón de cáscara de plátano residual..... | 42 |
| Tabla 3-14: Resultados de la caracterización física de las láminas de plástico biodegradable..... | 44 |
| Tabla 3-15: Resultados del análisis de espesor de la lámina de plástico biodegradable..... | 45 |
| Tabla 3-16: Resultados de las propiedades mecánicas de la lámina de plástico biodegradable..... | 46 |
| Tabla 3-17: Resultados para los análisis realizados a las láminas de plástico biodegradables..... | 46 |
| Tabla 3-18: Características de las láminas de plástico biodegradable obtenidas y del plástico..... | 50 |
| Tabla 3-19: Factores usados en el análisis de varianza..... | 51 |
| Tabla 3-20: Resumen análisis de varianza..... | 51 |
| Tabla 3-21: Análisis de varianza extracción del almidón..... | 52 |
| Tabla 3-22: Solubilidad que presentan las láminas de plástico biodegradable..... | 53 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1-1: Estructura de la amilosa..... | 10 |
| Figura 1-2: Estructura de la amilopectina..... | 10 |
| Figura 2-1: Extracción del almidón (Diseño experimental 2k)..... | 20 |
| Figura 2-2: Obtención de la lámina de plástico biodegradable (Diseño experimental 2k)..... | 26 |
| Figura 3-1: Acción de biodegradabilidad en agua, tierra y al ambiente..... | 49 |
| Figura 3-2: Acción de biodegradabilidad en agua, tierra y al ambiente..... | 49 |
| Figura 3-3: Acción de biodegradabilidad en agua y al ambiente (Tercera semana)..... | 49 |
| Figura 3-4: Acción de biodegradabilidad al ambiente (Cuarta semana)..... | 50 |
| Figura 3-5: Test de Tukey rendimiento de la extracción de almidón..... | 52 |
| Figura 3-6: Test de t-Student..... | 55 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| Gráfico 3-1: Rendimiento del proceso de extracción de almidón..... | 41 |
|---|----|

ÍNDICE DE ECUACIONES

| | |
|--|----|
| Ecuación 2-1: Porcentaje de humedad de la cáscara de plátano residual | 17 |
| Ecuación 2-2: Porcentaje de ceniza de la cáscara de plátano..... | 18 |
| Ecuación 2-3: Porcentaje de ceniza..... | 22 |
| Ecuación 2-4: Densidad aparente..... | 23 |
| Ecuación 2-5: Porcentaje de Humedad (almidón)..... | 24 |
| Ecuación 2-6: Porcentaje de Humedad (lámina)..... | 27 |
| Ecuación 2-7: Porcentaje de solubilidad..... | 27 |
| Ecuación 2-8: Grado de transmisión de vapor..... | 28 |
| Ecuación 2-9: Porcentaje de Biodegradabilidad..... | 29 |
| Ecuación 3-1: Porcentaje de rendimiento del almidón de cáscara de plátano residual..... | 37 |
| Ecuación 3-2: Grados de libertad..... | 53 |
| Ecuación 3-3: Fórmula t de Student..... | 54 |

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE PLÁTANO RESIDUAL 1

ANEXO B: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE PLÁTANO RESIDUAL 2

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE CÁSCARA DE PLÁTANO
RESIDUAL

ANEXO D: OBTENCIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE

ANEXO F: CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE
(PROPIEDADES MECÁNICAS)

ANEXO G: CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE
(BIODEGRABILIDAD)

ANEXO H: PORCENTAJE DE AMILOSA EN EL ALMIDÓN DE CÁSCARA DE
PLÁTANO

ANEXO I: ENSAYOS DE TRACCIÓN TRATAMIENTO N°1

ANEXO J: ENSAYOS DE TRACCIÓN TRATAMIENTO N°2

ANEXO K: ENSAYOS DE TRACCIÓN TRATAMIENTO N°3

ANEXO L: ENSAYOS DE TRACCIÓN TRATAMIENTO N°4

RESUMEN

La investigación tuvo como objetivo obtener láminas de plástico biodegradable a partir de cáscara residual de plátano (*Musa paradisiaca*), para su uso como embalaje de alimentos. La materia prima utilizada fue el almidón extraído de la cáscara del plátano verde por el método de vía húmeda. La extracción del almidón y obtención del plástico biodegradable se realizó con base en el diseño experimental 2k, utilizando dos variables y dos componentes, donde se obtuvieron cuatro tratamientos con cuatro repeticiones para cada uno de ellos; el almidón extraído fue sometido a análisis físicos, químicos y microbiológicos y las láminas de plástico fueron sometidas a análisis físicos, de degradación y pruebas mecánicas, concluyendo que el tratamiento número cuatro es el mejor para la extracción con 3,974% de almidón y que el mismo posee características que se encuentran dentro de los parámetros establecidos según las norma INEN 1456, demostrando que es apropiado para ser usado como materia prima en la producción de las láminas. Además, los cuatro tratamientos utilizados para la obtención de las láminas de plásticos biodegradables son aptos para su uso como embalaje de alimentos; mientras que, para el análisis de láminas plásticas biodegradables, las láminas del tratamiento número uno exhibieron mejores propiedades de tracción según la norma INEN 2635, así como el mejor grado de transmisión de vapor de agua según la norma ASTM D1653-93 y labiodegradabilidad que necesita, el tratamiento necesita un plazo de 21 días para que las láminas plásticas se degraden por completo, transformándose en plásticos compostables según la norma INEN 2643. Se recomienda continuar con el estudio de valoración de los distintos residuos de origen orgánico con el fin de no solo fabricar plásticos biodegradables, sino que también aprovechar los diversos componentes que éstos presentan en sus estructuras para poder aplicarlos en diferentes campos científicos.

Palabras claves: < PLÁTANO (*Musa paradisiaca*)>, <ALMIDÓN>, <LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE>, <DEGRADACIÓN>, <DISEÑO EXPERIMENTAL 2K>.



1570-DBRAI-UTP-2021

SUMMARY

The aim of the research was to obtain biodegradable plastic sheets from residual banana peel (*Musa paradisiaca*) to be used as food wrapping. The raw material used was the starch from green banana peel obtained through the wet method. The starch extraction and the biodegradable plastic obtention was carried with the use of 2k experimental design as well as two variables and two components. Four treatments with four repetitions for each one were also obtained. Once the starch was extracted, it was put under a physical, chemical and microbiological analysis and the plastic sheets were put under a physical analysis, degradation and mechanical tests. It was concluded that treatment number four is the best for the starch extraction with 3.974%, since it reflects characteristics within the parameters established by the INEN 1456 standard. This demonstrates that it is appropriate to be used as a raw material in the production of plastic sheets. In addition, the four treatments used to obtain biodegradable plastic sheets are appropriate for being used as food wrapping. In the analysis of biodegradable plastic sheets, the sheets obtained with treatment number one reflected better tensile properties according to the INEN 2635 standard, as well as the best water vapor transmission rate according to ASTM D1653-93 standard and biodegradability it needs. This treatment requires 21 days for the plastic sheets to be completely degraded, so they are transformed into compostable plastic according to the INEN 2643 standard. It is recommended to continue with the assessment study of the different organic waste in order not to only to manufacture biodegradable plastic, but also to take advantage of several components this class of plastic presents in its structures, so that they can be used in different scientific fields.

Keywords: <BANANA (*Musa paradisiaca*)>, <STARCH>, <BIODEGRADABLE PLASTIC SHEET>,<DEGRADATION>, <2K EXPERIMENTAL DESIGN>.

INTRODUCCIÓN

En el trabajo de investigación se obtuvo láminas de plástico biodegradable a partir de la cáscara residual de *Musa paradisiaca* (plátano), para lo cual se realizó la caracterización física, química y microbiológica de la materia prima, misma que se utilizó para la extracción del almidón, además se validó el bioplástico obtenido en base a las normas INEN 2643, INEN 2635 y ASTM D1653-93. Para el muestreo del residuo del plátano se tuvo en cuenta la maduración, el tamaño y mayor ausencia de manchas, también se lavó y sometió a ácido cítrico para evitar su oxidación. Para extraer el almidón de la cáscara se utilizó 200 gramos de la misma, que con 800 mL de agua, se licuó en una licuadora de uso doméstico aplicando intervalos de tiempo obtenidos de la aplicación del diseño experimental 2^k , luego se filtró la mezcla obteniendo una suspensión, la cual se dejó reposar y decantar continuando con el secado (Brito, 2001, p.37), que finalmente con el uso de un juego de tamices (Brito, 2000, p.33), se separó y almacenó. El almidón resultante de este proceso se utilizó con glicerina, agua destilada y ácido acético de acuerdo a las formulaciones planteadas, dicha mezcla se sometió a baño maría hasta que alcanzó la temperatura de gelatinización y se colocó en una caja Petri dando como resultado el biopolímero. La caracterización tanto de la materia base y las láminas plásticas se realizó mediante la aplicación de métodos, normas y técnicas estandarizadas, obteniendo así que el almidón de cáscara de plátano tuvo un contenido de humedad 12,663%, 0,849 ± 0,085% ceniza, 0,312% fibra, 0,523% de proteína, pH 5,327, temperatura de gelatinización 77,667°C, ausencia de hongos y coliformes totales, contenido de amilosa 32,020% y amilopectina 67,980%. Para el bioplástico, el tratamiento que presentó mejores características fue el tratamiento número 1, mismo que se hizo la mezcla de 2 gramos de almidón, 1 mL de glicerina, 4 mL de vinagre y 20 mL de agua, cuyas propiedades de tracción fueron: módulo de elasticidad de 8,940.E+00 MPa, esfuerzo máximo de 1,72 MPa, esfuerzo de fluencia de 1,44 Mpa, porcentaje de elongación del 28,24%, permeabilidad promedio de 0,218 mm g/m²h y acción biodegradable de 21 días para que el bioplásticos se degraden en su totalidad, transformándolas en compostables según la norma INEN 2643.

Identificación del problema

La utilización de todo tipo de plásticos, especialmente los de un uso, tiene un impacto negativo en el ambiente y la humanidad, ya que existe una amplia gama de productos envasados que se utilizan en la vida diaria, el empleo de tales materiales causa daños a la salud humana debido a la ingestión y/o inhalación de grandes cantidades de partículas microplásticas y cientos de sustancias tóxicas sospechosas de causar cáncer e interferir con el buen funcionamiento del sistema endocrino entre otros efectos en el cuerpo humano (Azoulay et al., 2019, p.2).

Por otro lado, se ha destacado un crecimiento exponencial de los plásticos en los mares y océanos, llevándolos al borde de una catástrofe ambiental global, actualmente alrededor de 13 millones de toneladas de este producto se vierten a los mares y océanos del planeta, provocando la muerte de 100.000 especies marinas cada año, afectando el equilibrio de flora y fauna existente en el planeta (Montañés Muñoz et al., 2019, p.3).

Según un estudio realizado, se ha identificado que cada año se utilizan más de 1,5 millones de fundas y otros materiales plásticos en el Ecuador, el amplio uso de estos y su inadecuada disposición final resulta en preocupantes efectos ambientales (Ministerio del Ambiente, 2016, párr.1).

Formulación

¿Cuál es el valor de la cáscara de musa paradisiaca (plátano) residual en la obtención de una lámina de plástico biodegradable para el uso en alimentos?

Justificación

Hoy en día, los plásticos son de gran importancia para la humanidad y su forma de vida. Sin embargo, éstos representan una gran fuente de contaminación debido por su composición y propiedades tienen un tiempo de degradación muy alto, ya que los polímeros sintéticos se elaboran con petroquímicos y sus desechos permanecen en el medio, produciendo un alto nivel de contaminación y posibles daños a la vida silvestre. Representando entre un 20 y un 40% en volumen de residuos sólidos urbanos, en los países industrializados, debido a que se utiliza en diferentes campos, como el sector del embalaje, la industria farmacéutica y la industria cosmética, el rápido crecimiento de la generación de restos plásticos a partir de recursos no renovables y sus efectos negativos demanda nuevas opciones de tratamiento y tecnología más amigables con el entorno, entre las que se encuentra la posibilidad de sustituir estos polímeros por bioplásticos (Pacheco et al., 2014, p.27), encontrando la disponibilidad en el mercado de envases biodegradables (Ruiz, 2014, p.57). Con base en lo anterior, esta investigación busca a través del uso de la cáscara de plátano verde obtener plástico respetoso para el ambiente, debido a que este tipo de residuos muchas veces no tienen el correspondiente grado de importancia y utilidad ya que puede ser ampliamente utilizado no solo en la producción de compostaje, si no que puede ser usado como materia prima en la producción de plásticos, generando así dinámicas socioeconómicas y ambientales.

Los objetivos planteados se cumplieron mediante la obtención del plástico que es amigable para el ambiente y la población en general, ya que sus características no presentan ningún daño para la salud por ser de tipo natural.

OBJETIVOS

General

- Elaborar una lámina de plástico biodegradable a partir de la cáscara de *musa paradisiaca* (plátano) residual.

Específicos

- Obtener el almidón a partir de la cáscara de plátano residual.
- Efectuar la caracterización física, química y microbiológica del almidón extraído a partir de las cáscaras del plátano residual.
- Validar la lámina de plástico obtenida en base a las normas INEN 2635, norma INEN 2643 y ASTM D1653-93.
- Verificar si la lámina de plástico puede usarse como embalaje de productos alimenticios en base a comparación bibliográfica.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Antecedentes de la Investigación

Antes de la creación de los plásticos, la naturaleza poseía materiales con las propiedades necesarias para desarrollar una variedad de herramientas útiles para la vida humana que cumplieran con las características de los polímeros actuales, este tipo de material fue utilizado en diferentes partes del planeta. La creación del primer plástico sintético termoendurecible corre a cargo del químico Leo Baekeland "La Bakelita" (Miravete . A, 1995, p.11), lo que lleva a la creación de una diversidad de polímeros a lo largo de la historia debido a la creciente demanda y al progreso derivado de la evolución.

Hoy en día, los plásticos son muy importantes para la humanidad, cada vez se producen más artículos de este material como bolsas, utensilios de cocina, platos, botellas, entre otros. En la actualidad, solo el 9% de todo el plástico que producimos en el mundo ha sido reciclado hasta la fecha, el 79% termina en vertederos o en el ambiente debido a vertidos deliberados de residuos, derrames accidentales de barcos, plantas de efluentes o plantas de tratamiento y el 12% restante es incinerado. El 80% de los desechos encontrados en el mar proviene de la tierra, mientras que el 20% restante proviene de la actividad marítima (Greenpeace, 2019, párr.2).

Debido a la composición del plástico tradicional y al tiempo que tarda en degradarse, se buscan alternativas para el desarrollo de sustitutos de este material, en la actualidad existe una gran variedad de investigaciones orientadas a la obtención del mismo y que se evidencian a continuación:

Tabla 1-1: Antecedentes de estudios realizados sobre la obtención de plásticos biodegradables

| No. | Nombre de la Investigación | Autor(s) | Lugar, año y tipo | Resultados |
|-----|---|--|------------------------------------|--|
| 1 | “La producción de láminas plásticas biodegradables a base de almidón de xanthorrhiza arracacia” | Ingeniero Hanníbal Lorenzo Brito Moína, el Ingeniero Marco Raúl Chuiza Rojas y la Bioquímica Adriana Isabel Rodríguez Basantes | Ecuador- 2020- Artículo científico | Este estudio produjo láminas plásticas biodegradables procedentes de un producto agrícola como es la <i>Arracacia xanthorrhiza</i> por medio de la extracción de su almidón dando como resultado un material biodegradable con espesor promedio, valores de transmisión de vapor de agua , solubilidad promedio, propiedades de tracción tales como son el módulo de elasticidad; el esfuerzo máximo ,esfuerzo de fluencia y datos de biodegradabilidad acorde a la normativa tomada en cuenta en la investigación concluyendo que las láminas de plástico obtenidas son una alternativa para reemplazar a los plásticos |

| | | | | |
|---|--|--|--------------------------|---|
| | | | | convencionales. |
| 2 | “Desarrollo de un biopolímero a partir de residuos orgánicos” | Martha Eréndira Arellanos Huerta | Mexico-2019-Tesis | Este proyecto se enfocó en la elaboración de un biopolímero a base de un producto biodegradable tal como el sargazo, buscando aprovechar este como fuente de algina, la metodología que se llevó a cabo dentro de este estudio permitió obtener un biopolímero a base de este producto con características que de acuerdo a las pruebas que se realizaron a las muestras del biopolímero tales como: densidad, contenido de humedad, porcentaje de cenizas, resistencia al agua, exposición a la intemperie, biodegradación bajo tierra, y el análisis de sus características físicas, son aceptables para ser utilizado en diferentes ámbitos de la industria ya que poseen características similares al plástico común. |
| 3 | “Obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de maíz” | Ing. Alma Verónica García Quiñónez | El Salvador-2015-Tesis | Esta investigación elaboró un bioplástico a partir del almidón de maíz y realizó la evaluación de su biodegradabilidad y sus propiedades con la finalidad de usarlos como alternativa de los plásticos convencionales y así dar una solución a la gran problemática que representan en el ambiente. Es así que determinaron la importancia que el almidón representa como componente esencial para la elaboración de un bioplástico. Tanto la evaluación de la biodegradabilidad y sus propiedades dieron como resultados que el bioplástico obtenido fue un material débil a la resistencia tensil y que por ese motivo no es apto para aplicaciones que requieran una alta resistencia a la compresión. Sin embargo, puede ser usado como material de empaque si este no se expone a altas temperaturas. Además demostraron que el bioplástico obtenido es un material biodegradable a comparación con un plástico comercial de polietileno que expuesto a las mismas condiciones no tuvo modificaciones, confirmaron así que este plástico no es degradable y que el bioplástico, a parte que es útil como material, puede ejercer una función de un producto compostable a la tierra similar a un abono orgánico, concluyendo que el bioplástico obtenido dentro de esta investigación cumple con los parámetros necesarios para ser una alternativa factible para el reemplazo de los plásticos. |
| 4 | Obtención de plástico biodegradable a partir de almidón de patata | Andrés Fernando De la Rosa Martínez, Mónica Margarita Charro Espinosa. | Ecuador-Quito-2015 Tesis | En este estudio se buscó la obtención de una película biodegradable a partir de almidón de papa, dando como resultados que el polisacárido de este tubérculo representa un producto alternativo para la producción de plástico biodegradable con la finalidad de reemplazar el uso del plástico derivado del petróleo. La presencia de glicerina usada como plastificante en el proceso de la obtención de la película dio mejores |

| | | | | |
|---|---|---|---|--|
| | | | | <p>propiedades y a su vez la concentración de la misma influye directamente en estas, que en base a los análisis y las propiedades físicas resultantes tomaron en cuenta la película más delgada para su fácil manipulación y doblaje. Además, concluyeron que la solubilidad presentada por la película obtenida permite determinar su aplicación usando como referencia la película con menor solubilidad con el fin de elaborar cubiertas que al lavar esta se elimine con el agua. La acción de biodegradabilidad de las películas es mayor en condiciones aerobias que en condiciones anaerobias concluyendo así una las películas obtenidas representan una alternativa viable contra la contaminación causada por los plásticos comunes cuya degradabilidad tiene periodos muy largos.</p> |
| 5 | <p>Formulación para la obtención de un polímero biodegradable a partir de almidón de yuca, variedad MBRA 383*</p> | <p>Jorge A. Durán V., Mónica Andrea Morales G., Roland Yusti L.</p> | <p>Colombia- Cali-2005- Artículo científico</p> | <p>En este artículo se presentó una opción para minimizar el problema de contaminación mediante la elaboración de un polímero biodegradable a partir de Isocianato y la sustitución de este por almidón de yuca, que posee las mismas características químicas. Dentro del estudio se trabajó con dos fórmulas: La primera mantiene constante los derivados del petróleo y varía las cantidades de almidón y la segunda que varía tanto las cantidades de almidón como los derivados del petróleo teniendo como resultado que la formulación 1 tiene mejor rendimiento teniendo en cuenta la degradabilidad y la expansión polimérica ,dichos análisis se llevaron a cabo en un período de observación de veinte días concluyendo que el uso de una materia prima de origen vegetal como es el almidón de yuca da como resultado la obtención de un polímero de buena calidad y ambientalmente favorable, libre de los derivados del petróleo representando una nueva alternativa de producción para la disminución de costos en materias primas, reducción de contaminación y aplicación de nuevas tecnologías.</p> |

Fuente: (Parra, 2019, p.6).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

De lo anteriormente expuesto se puede concluir que la obtención de polímeros amigables con el ambiente se puede elaborar a partir de diferentes tipos de residuos orgánicos, representando una alternativa factible para sustituir los plásticos convencionales y así ayudar con la problemática que estos tienen con respecto a la contaminación ambiental.

1.2. Marco Conceptual

1.2.1. Residuos

Se trata de sustancias sólidas, semisólidas, líquidas o gaseosas, o materiales compuestos resultantes de un proceso de producción, extracción, transformación, reciclaje, uso o consumo, que se eliminan definitivamente de acuerdo con las disposiciones nacionales o normas internacionales, legislación ambiental aplicable y es probable que se use o recupere (Ministerio del Ambiente y Agua, 2018, p.92).

1.2.1.1. Tipos

Debido a la gran variedad de residuos, se pueden clasificar de diferentes formas, en función de los criterios que se tomen en cuenta, según su origen, estado, composición, características, peligrosidad, posibilidades de recuperación, disposición, entre otros (Avanzini De Rojas, 2003, pp.40-41).

Tabla 1-2: Clasificación de los residuos

| N.º | Criterio de clasificación | Clasificación | |
|-----|-----------------------------------|--|---|
| 1 | Según la fuente de producción | Residuos del sector primario: | a) Mineros b) Agrícolas c) Forestales d) Ganaderos |
| | | Residuos del sector secundario: | a) Industria b) Actividades de transformación |
| | | Residuos del sector terciario: | a) Actividad domiciliaria y urbana b) Actividades de distribución |
| 2 | Según la naturaleza de su origen: | a) Agrícolas b) Forestales c) Mineros d) Industriales | |
| 3 | Por su estado físico: | Sólidos | a) Urbanos b) Agrícolas c) Ganaderos d) Industriales e) Mineros |

| | | | |
|---|------------------------------|---|--|
| | | Líquidos | a) Aguas domiciliarias b) Aguas pluviales c) Industriales d) Agro – Ganaderos |
| | | Gaseosos | a) Procesos de combustión b) Procesos industriales c) Eliminación de residuos |
| 4 | Por el lugar de producción | a) Domiciliarios b) De clínicas y hospitales c) Procedentes de la limpieza viaria | |
| 5 | Por el tipo de materiales | a) Orgánicos b) Metálicos c) Papel d) Cartón e) Plásticos | f) Textiles g) Envases y embalajes h) Neumáticos i) Vehículos j) Enseres k) Escombros y restos de obras |
| 6 | Por su grado de peligrosidad | a) Peligrosos b) No peligrosos c) Inertes | |

Fuente: (Avanzini De Rojas, 2003, pp.40-41).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

1.2.1.2. Residuos Húmedos

Residuos que por la acción de organismos vivos tales como los hongos, lombrices y bacterias pueden ser degradados. Los desechos orgánicos se generan a partir de los restos de seres vivos; como plantas y animales, por ejemplo: piel de frutas y verduras, cáscaras de huevo, restos de comida, huesos, papel, tejidos naturales (seda, lino, algodón), entre otros (Ríos, 2005, p.8).

1.1.3. Fruto

1.1.3.1. Plátano

El plátano, también llamado "plátano macho, plátano verde o plátano de cocción" es un fruto de la familia Musaceae (Musaceae), que presenta mayor longitud y menor dulzura que las otras variedades de la misma familia. Aunque su origen es el suroeste de Asia, a lo largo de los años su cultura se ha extendido a Centroamérica, Sudamérica y África subtropical. Los plátanos tienen una forma alargada, ligeramente curvada y cada unidad pesa alrededor de 200 gramos, la piel es verde espeso y la pulpa es blanca. La pulpa es similar en consistencia a la harina y el sabor, a diferencia de otros plátanos, no es dulce porque casi no contiene carbohidratos ni

azúcares simples. Esta fruta es rica en carbohidratos complejos (almidón), por lo que no es apto para el consumo crudo. Es muy rico en minerales como potasio y magnesio, casi no contiene sodio y además aporta buenas cantidades de vitamina B (Pro Ecuador, 2015, p.5).

1.1.3.2. Residuos de plátano

Una de las fuentes de producción de residuos es la industria agrícola, de la que se obtienen raíces, tallos, hojas u otras partes de plantas desafectadas; estos subproductos provienen principalmente del cultivo de arroz, café, plátano, entre otros, los cuales se convierten en desperdicio si no se usan correctamente, el plátano es un recurso natural que no es aprovechado de manera eficiente por los agricultores, pues luego de la producción de los racimos, la planta se corta en pedazos, dejándola como abono para la cosecha, y a su vez la piel se considera desperdicio. Este mal uso de los residuos agrícolas conduce a la contaminación del suelo, las aguas subterráneas, la reproducción bacteriana y enfermedades debido a su podredumbre abierta sin ningún control (Haro et al., 2017, p.512).

1.1.4. Almidón

El principal polisacárido almidón que es la mayor fuente de reserva en la mayoría de las verduras y la principal fuente de calorías para la mayor parte de la humanidad. Es importante como ingrediente en los alimentos en los que está presente, tanto nutricional como tecnológicamente (Calvo, [sin fecha], párr.1).

Polímero compuesto por una unión de moléculas de glucosa α -D, unidas por enlaces glucosídicos a - 1 -> 4. Existen dos tipos de almidón, amilosa y amilopectina (Martínez Guerra, 2014, párr.7).

1.1.4.1. Amilosa

Es el resultado de la condensación de D-glucopiranososa a través de enlaces glucosídicos (1,4), formando cadenas lineales de 200 a 2500 unidades que tienen pesos moleculares de hasta un millón; es decir, la amilosa es α -D- (1,4) -glucano, cuya unidad recurrente es α -maltosa. En general, los almidones contienen aproximadamente un 25% de amilosa (ECURED, [sin fecha], párr.7).

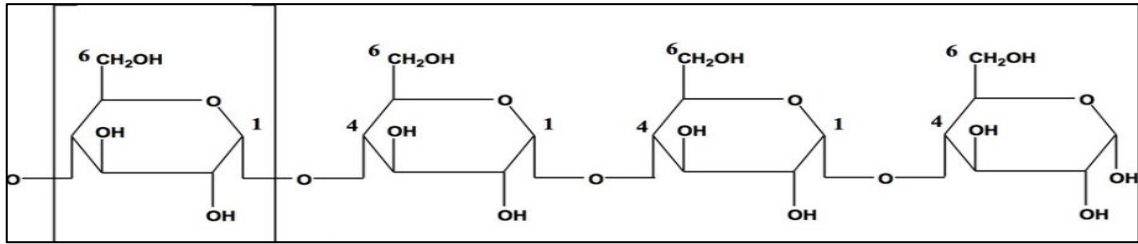


Figura 1-1: Estructura de la amilosa

Fuente: (Martínez Guerra, 2014, p.7).

1.1.4.2. Amilopectina

Con una estructura cercana a la amilosa de muy alto peso molecular, tiene una forma molecular cercana a la de un árbol cuyas ramas están unidas al tronco central por enlaces α -D- (1,6), que están todos posicionados del 15 a las 25 unidades de líneas de glucosa. La amilopectina se encuentra en el 75% de todos los almidones más comunes (ECURED, [sin fecha], párr.8).

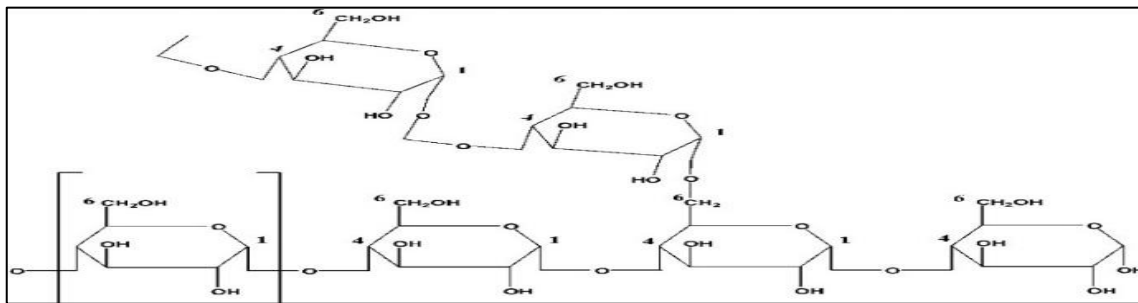


Figura 1-2: Estructura de la amilopectina

Fuente: (Martínez Guerra, 2014, p.7).

1.1.4.3. Almidón de plátano

La concentración varía según las condiciones de madurez de la fuente; el caso del plátano es un signo muy claro en este sentido: verde o inmaduro, el almidón constituye la parte principal de los carbohidratos, el azúcar es muy escaso; Cuando el fruto está maduro, los polisacáridos son hidrolizados por la acción de la amilasa, y la sacarosa y la fructosa son sintetizadas por otro sistema enzimático, que se encuentra cuando alcanzan la madurez completa (Badui, 2006, p.49).

Los plátanos verdes tienen una fibra que no se encuentra en muchos alimentos, cuya fibra se llama almidón resistente que tiene varios beneficios como potenciar el efecto prebiótico en el intestino reduciendo la absorción de carbohidratos (Bruni, 2019, párr.5).

1.1.5. Plásticos

El plástico es el primer material sintético hecho por el hombre. Antes de la aparición de los primeros plásticos sintéticos, el hombre ya utilizaba determinadas resinas naturales, como el betún, el caucho y el ámbar, con las que se podían fabricar productos útiles y diversas aplicaciones («UD 5.:Materiales Plásticos» 2007, p.2).

Los plásticos tradicionales se producen a partir del petróleo, pero esta no es la única alternativa para poder fabricarlos, ya que mediante el uso del carbón se producen compuestos de calcio y cal que, al procesarse, se pueden utilizar para fabricar acetileno, etileno y vinilo, monómeros muy utilizados en la producción de polietileno y PVC, además los residuos orgánicos como la caña de azúcar son una fuente natural que representa también una alternativa ya que se puede obtener alcohol etílico y etileno. Ambas fuentes permanecen a nivel de laboratorio, pero se espera que cobren un nuevo impulso tras la escasez de petróleo (Madrigal Guzmán, 2011, p.).

1.1.5.1. Tipos

Según («PLÁSTICOS PROTOCOLO: Curso de procesos de manufactura» 2007, pp.8-9) los plásticos, según su conducción térmica y estructura, se dividen en:

- **Elastómeros:** Los elastómeros son compuestos químicos cuyas moléculas están formadas por varios miles de monómeros, que se unen para formar cadenas grandes, muy flexibles, desordenadas y entrelazadas.
- **Termoendurecibles:** Estos son polímeros que solo son blandos o “plásticos” cuando se calientan por primera vez. Después de enfriar, no se pueden recuperar para su posterior procesamiento. Es un material denso y duro, no se puede fundir (se ven poco afectados por la temperatura), insoluble para la mayoría de los solventes, encuentran aplicación en ambientes muy calientes, ya que no encogen y no se acumulan a altas temperaturas.
- **Termoplásticos:** Las resinas termoplásticas se adaptan fácilmente mediante la aplicación de temperatura y presión, los principales métodos utilizados para su fabricación son la inyección, extrusión, soplado y termoformado.

Según («UD 5.:Materiales Plásticos» 2007, p.6), los plásticos se clasifican por su naturaleza como naturales, es decir, los obtenidos directamente a partir de materiales como el látex, la caseína de la leche y la celulosa que corresponden a materias primas y plásticos sintéticos que se componen de compuestos derivados del petróleo, gas natural o carbón, en este grupo se encuentra una gran parte de todos los plásticos.

1.1.5.2. Plásticos biodegradables

Son estos plásticos cuya producción se basa en materias primas renovables, como trigo, maíz o almidón de maíz, aceite de soja, patatas, plátanos o mandioca. Por su fabricación, estos plásticos pueden ser biodegradables por la acción de microorganismos, por lo que pueden ser reintroducidos en el ciclo natural del ambiente como un fertilizante orgánico que tiene beneficios para el suelo y que su duración es mucho mayor que la de los convencionales (Manjón, 2019, párr.6).

1.1.5.3. Bioplásticos (BPL)

Plásticos biodegradables formados a partir de materiales orgánicos como recursos agrícolas, forestales y animales, en principio renovables. El BPL es un subgrupo de “plásticos biodegradables” (EDP) que, como el BPL, se degrada por la acción de microorganismos (ECOEMBES, 2009, p.7).

- Componentes para la elaboración del plástico biodegradable

a) Glicerina

Es principalmente un compuesto alcohólico con tres grupos hidroxilo (OH) y con su fórmula molecular $C_3H_8O_3$, es una sustancia incolora y viscosa de sabor dulce y olor característico. Sustancia soluble en agua no tóxica. Se considera un plastificante como el agua destilada, que le da suavidad y humedad al almidón. Este compuesto es de suma importancia para la recuperación de artículos termoplásticos, por lo que su comportamiento como lubricante asegura la necesaria movilidad de las cadenas poliméricas correspondientes al almidón (Méndez, 2010, párr.1).

b) Agua destilada

Es el agua que resulta de un cuidadoso proceso de destilación que se ha llevado a cabo para eliminar las impurezas. Por destilación se obtiene agua sin cloruros, calcio, fluoruros y magnesio. Su fórmula química es H_2O . Este tipo de agua se utiliza como plastificante para lograr la disolución estructural del almidón durante la preparación de la mezcla para generar almidón termoplástico, que se utiliza para lograr propiedades mecánicas, así como propiedades de barrera óptimas (Vadequímica, [sin fecha], párr.2).

c) *Ácido acético*

Es un compuesto orgánico líquido incoloro con olor característico y sabor amargo, es soluble en agua. También se le llama ácido etanoico o ácido metano carboxílico, que se caracteriza por ser un ácido orgánico que se encuentra principalmente en el vinagre. Su fórmula molecular es (C₂H₄O₂). Se recomienda como modificador químico, ya que tiene la propiedad de reducir la hidrofilia del almidón, impartiendo propiedades hidrofóbicas al material(De los Ángeles Rosales, 2016, p.25).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de Investigación

Por el método de investigación: cuantitativo porque se utilizó instrumentos para recolectar valores numéricos de los diferentes ensayos realizados como son la caracterización tanto de la materia prima, el almidón de la cáscara de plátano residual y de las láminas plásticas biodegradables; según el objetivo: aplicado ya que tuvo como finalidad solucionar problemas, como los ocasionados por los residuos de la producción bananera; según el nivel de profundidad en el objeto de estudio: explicativo porque se buscó un uso alternativo del residuo de plátano, de acuerdo con la manipulación de variables: experimentales ya que se trabajó con diferentes formulaciones variando la concentración de almidón y la concentración de glicerina; según el tipo de inferencia: hipotético-deductivo ya que se planteó una hipótesis y según el período: longitudinal debido a que se observó la evolución del estudio desde la caracterización de la materia prima hasta los diversos análisis realizados.

2.2. Diseño de la Investigación

2.2.1. *Diseño Experimental*

2.2.1.1. *Identificación de variables*

Elaboración de la lámina de plástico biodegradable

- Variables dependientes: Espesor, propiedades de tracción, solubilidad, permeabilidad, humedad y biodegradabilidad del bioplástico obtenido.
- Variables independientes: Concentración de almidón y concentración de glicerina.

2.2.1.2. *Planteamiento de hipótesis*

Al procesar la cáscara de plátano residual se logrará obtener almidón mediante el método de vía húmeda con la finalidad de usarlo como materia prima en la elaboración de láminas de plástico biodegradables que posean características similares a los plásticos usados como embalaje de productos alimenticios obtenidos en las diferentes referencias bibliográficas.

2.2.1.3. Matriz de consistencia

Tabla 2-1: Matriz de consistencia

| PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES |
|---|---|---|---|
| <p>General: El uso del plástico obtenido a partir de petróleo ocasiona contaminación progresiva.</p> | <p>General: Elaborar lámina de plástico biodegradable a partir de la cáscara de <i>musa paradisiaca</i> (plátano) residual.</p> <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Obtener el almidón a partir de la cáscara de plátano residual. • Efectuar la caracterización física, química y microbiológica del almidón extraído a partir de las cáscaras del plátano residual. • Validar la lámina de plástico obtenida en base a las normas INEN 2635, norma INEN 2643 y ASTM D1653-93. • Verificar si la lámina de plástico puede usarse como embalaje de productos alimenticios en base a comparación bibliográfica. | <p>General: Al procesar la cáscara de plátano residual se logrará obtener almidón mediante el método de vía húmeda con la finalidad de usarlo como materia prima en la elaboración de láminas de plástico biodegradables que posean características similares a los plásticos usados como embalaje de productos alimenticios obtenidos en las diferentes referencias bibliográficas.</p> | <p>Dependientes</p> <ul style="list-style-type: none"> • Espesor • Solubilidad • Propiedades de tracción • Permeabilidad • Humedad • Biodegradabilidad <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • mm • % • MPa • mmg/m²h • % • % <p>Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Concentración de almidón y concentración de glicerina <p>Indicadores:</p> <ul style="list-style-type: none"> • g y mL |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

2.2.1.4. Operacionalización de las variables

Tabla 2-2: Operacionalización de variables

| VARIABLE | CONCEPTO | INDICADOR | INSTRUMENTO |
|-------------------------------|--|----------------------|-------------------------------|
| Variable independiente | | | |
| Concentración | Concentración de almidón y glicerina que otorgó mejores propiedades físicas, mecánicas y biodegradables a la lámina de plástico biodegradable. | g mL | Referencia bibliográfica |
| Variables dependientes | | | |
| Humedad | Cantidad de agua, vapor de agua o cualquier otro líquido presente en la superficie o dentro de un cuerpo | % | Método gravimétrico |
| Propiedades de tracción | Resistencia de un material a una fuerza estática o aplicada lentamente | MPa | Normas INEN 2635 |
| Espesor | Grosor de un sólido | mm | Medición directa (pie de rey) |
| Permeabilidad | Capacidad de un material de ser atravesado por un fluido sin alterar su estructura interna | mmg/m ² h | ASTMD1653-93 |
| Biodegradabilidad | Capacidad de descomponerse aeróbicamente o anaeróbicamente mediante la acción de microorganismos | % | Métodos físicos |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

2.2.1.5. Localización del Estudio

El trabajo de investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de la Facultad de Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo ESPOCH, Cantón Riobamba, Provincia de Chimborazo.

2.2.1.6. Población de estudio

Cáscara de plátano residual recolectada en la Ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

2.2.1.7. Tamaño de la muestra

Se realizó la extracción del almidón de 14,958 Kg de cáscara de plátano residual por vía húmeda, se tomó datos de la muestra inicial y posteriormente el rendimiento.

2.2.1.8. Método de muestreo

El método de muestreo es no probabilístico, se tuvo en cuenta que la materia prima al momento de su selección tenga un buen aspecto físico, es decir, se consideró el tamaño, madurez y la mayor cantidad de ausencia de manchas.

2.3. Técnicas de recolección de datos

2.3.1. Métodos y técnica

2.3.1.1. Muestreo

Se recolectó la cáscara de plátano residual en el restaurante “A lo montubio Sabor manabita” ubicado en la ciudadela el Bosque que se dedica a la venta de empanadas, bolones y tigrillos, en la Ciudad de Latacunga, Provincia de Cotopaxi tomando en cuenta las características mencionadas anteriormente además se realizó el troceado de la materia prima (1cm de longitud) posteriormente se realizó su lavado y sometimiento a un proceso para evitar la oxidación donde se sumergió en ácido cítrico para evitar el pardeamiento enzimático, se realizó una observación directa de los hechos y mediante la utilización de la herramienta “Excel” se tomó datos de la materia prima tales como características organolépticas, peso, longitud y diámetro de la cáscara de plátano residual .

2.3.1.2. Caracterización física, química y microbiológica de la cáscara de plátano residual

a) Humedad

Según (Carvajal y Murgueitio, 2017, pp.38-39), el porcentaje de humedad de la cáscara de plátano residual se logró utilizando un horno a temperatura constante de 60 ° C donde se colocó una bandeja de aluminio con 100 gramos de materia prima (cáscara de plátano) y se tomó los datos a intervalos de tiempo (30 minutos) hasta que el peso fue constante. Se utilizó la siguiente fórmula.

Ecuación 2-1: Porcentaje de humedad de la cáscara de plátano residual

$$\% \text{ Humedad} = \frac{(M_1 - M_2) \times 100}{M} \times 100$$

Dónde:

M1: peso de la bandeja más el peso de la muestra húmeda (g).

M2: peso de la muestra seca más el peso de la bandeja (g).

M: peso de la muestra (g).

Para la caracterización de la cáscara de plátano residual se utilizó la metodología propuesta por (Guaminga, 2020, p.11), la cual se realizó con la materia prima recolectada durante el muestreo, la cual se colocó en una bandeja de aluminio en una estufa a una temperatura de 105°C durante 4 horas donde se llevó a cabo el proceso de secado, luego se sacó del horno y se dejó enfriar en un espacio fresco y seco a temperatura ambiente, luego que se enfrió la muestra, el proceso de molienda se realizó mediante un molino manual para reducir el tamaño de partícula y así se obtuvo el residuo de harina de cáscara de plátano, finalmente se almacenó en una funda ziploc a temperatura ambiente en un lugar seco y fresco.

La harina obtenida en el procedimiento anterior se utilizó para determinar el porcentaje de ceniza, el pH y los análisis microbiológicos.

b) Ceniza

Según INEN 520, el porcentaje de ceniza en la harina de cáscara de plátano residual se determinó según el siguiente procedimiento, se pesó alrededor de 3 g de harina de cáscara de plátano residual mediante una balanza analítica y se colocó en una cápsula de porcelana previamente pesada, se colocó una mufla a una temperatura de 300 ° C durante un día, transcurrido este tiempo se retiró de la mufla, se dejó enfriar y finalmente se recogió el peso de la cápsula más las cenizas.

Ecuación 2-2: Porcentaje de ceniza de la cáscara de plátano

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{(P_c - P_v)}{P_m} \times 100$$

P_c: peso de la capsula más la ceniza (g).

P_v: peso de la capsula vacía (g).

P_m: peso de la muestra (g).

c) pH

De acuerdo con la norma INEN 526, la determinación del pH de la harina de cáscara de plátano residual se realizó mediante el siguiente procedimiento: se pesó 10 gramos de la harina obtenida de la cáscara de plátano residual y se midió 50 mL de alcohol en una probeta, en un vaso de precipitados se diluyó el alcohol y la harina agitando durante 30 minutos y luego se dejó

sedimentar para que los sólidos presentes en la mezcla sedimentaran y usando un pH-metro se midió el pH de la mezcla.

Además, se tuvieron en cuenta los datos bibliográficos correspondientes a los valores de almidón, fibra, proteína y viscosidad.

2.3.1.3. Extracción de almidón de cáscara de plátano residual

La extracción del almidón se realizó siguiendo la metodología propuesta por (Montoya et al., 2014, p.12), la cual se la modifico afín del propósito.

Tabla 2-3: Técnica de extracción de almidón de cáscara de plátano residual

| Materiales y Equipos | Reactivos | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|--|---|--|---|-------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Licuadora • Tela filtro • Recipiente de vidrio • Cronómetro | <ul style="list-style-type: none"> • Cáscara de plátano residual • Agua | <ul style="list-style-type: none"> • Se pesó 200 g de cáscara de plátano residual y se colocó en la licuadora • Se agregó 800 mL de agua y se licuó. • Se realizó la filtración en un recipiente de vidrio con la utilización de la tela filtro (proceso que se realiza tres veces con la finalidad de que el agua de lavado presente una coloración no blanquecina), donde se obtuvo una suspensión la cual se dejó sedimentar hasta que se pudo observar una capa en la base del recipiente la cual corresponde al almidón extraído. • Posteriormente se realizó la decantación del líquido. • Y la parte sólida que es el almidón resultante se lo realizó su pesaje y se lo almacenó. | <p>Diseño experimental 2^k</p> | <p>Vía húmeda</p> |

Fuente: (Montoya et al., 2014, p.12).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Mediante el diseño experimental 2^k se tomó en cuenta dos tipos de variables: las revoluciones de la licuadora (RMP1= revolución mínima y RMP2= revolución máxima) y el tiempo (t1=1 minuto y t2=2 minutos), además se tomó en cuenta k = Número de repeticiones para la extracción del almidón Figura 3-2.

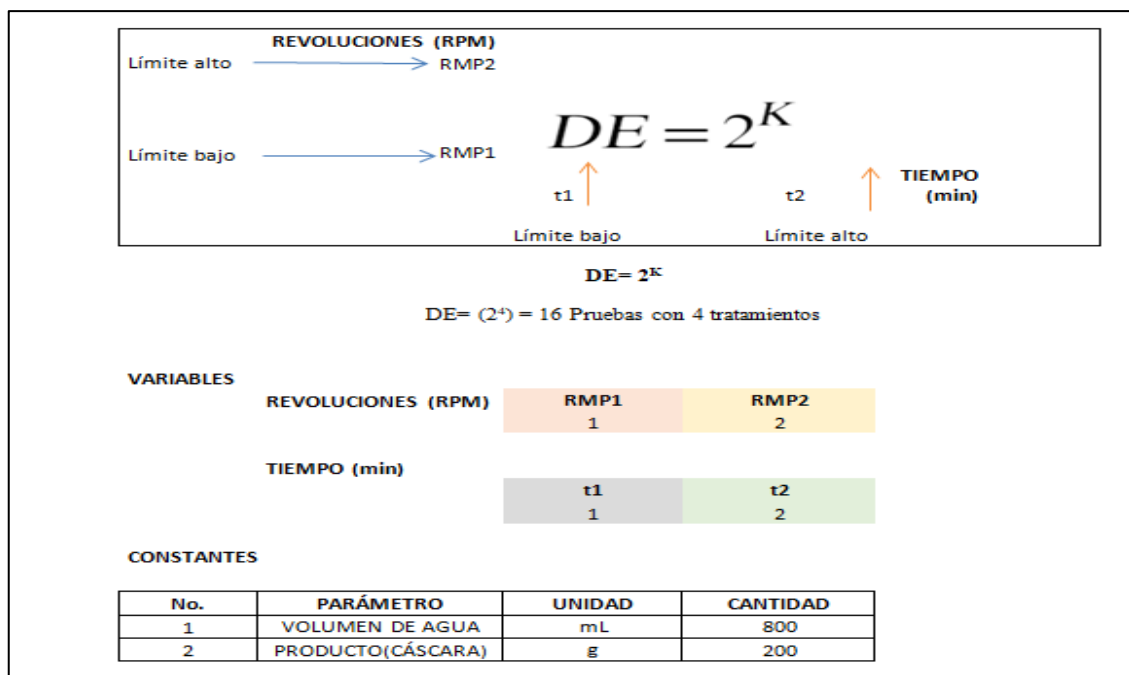


Figura 2-1: Extracción del almidón (Diseño experimental 2^k)

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

2.3.1.4. Análisis para la caracterización del almidón de cáscara de plátano residual extraído

a) Solubilidad

Tabla 2-4: Técnica de determinación de la solubilidad del almidón de cáscara de plátano residual

| Materiales y equipos | Reactivos | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|--|---|--|-------------------------|------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación de 25 mL • Varilla de agitación • Vaso de precipitación de 200 mL • Balanza analítica | <ul style="list-style-type: none"> • Almidón de cáscara de plátano • Agua destilada | <p>Se realizó una suspensión en un vaso de precipitación de 25 mL compuesta por 2g de almidón y 5 mL de agua fría y se agitó.</p> <p>Se transfirió la suspensión sobre 100mL de agua hirviendo contenidos en un vaso de 200mL y se continuó la ebullición por 2 minutos.</p> | Medición cualitativa | INEN 1456 |

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012a, p.1).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

b) pH

Tabla 2-5: Técnica de determinación del pH del almidón de cáscara de plátano residual

| Materiales y equipos | Reactivos | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|--|---|---|-------------------------|------------------|
| Balanza analítica Tubo falcon Vaso de precipitación 100 mL Termómetro Agitador pH metro | Almidón de cáscara de plátano Agua destilada | Se pesó 5 g de almidón y se disolvió en 25 mL. Se colocó en un agitador por 30 minutos. Se transvasó a un tubo falcon. Se dejó reposar hasta que sedimentó y se llevó la muestra al pH metro. Se sumergió los electrodos en solución tampón pH7, 0 y ajustó el control a 25°C. Se lavó los electrodos con agua destilada y se secó con papel de cocina absorbente. Finalmente se midió el pH. | Medición directa | INEN 1456 |

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012a, p.2).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

c) Temperatura de gelatinización

Tabla 2-6: Técnica de determinación de temperatura de gelatinización del almidón de cáscara de plátano residual

| Materiales y equipos | Reactivos | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|--|---|--|-------------------------|---------------------------------|
| Pinza de acero Vaso de precipitación de 250mL Vaso de precipitación de 100mL Termómetro Reverbero Balanza analítica | Almidón de cáscara de plátano Agua destilada | Se pesó 5 g de almidón. Se disolvió el almidón pesado en 50 mL de agua en un vaso de precipitación de 100 mL. Se calentó agua en un vaso de precipitación de 250 mL hasta que llegó a una temperatura de 85 °C. Se introdujo el vaso de precipitación con la mezcla a baño maría en el agua que previamente se calentó. Se agitó constantemente la mezcla con el termómetro hasta que adquirió una consistencia gelatinosa. Finalmente se midió la temperatura de gelatinización. | Medición directa | Grace,1977 Cárdenas,20 18 |

Fuente: (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.70).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

d) Viscosidad de Brookfield

Tabla 2-7: Técnica de determinación de viscosidad de Brookfield del almidón de cáscara de plátano residual

| Materiales y equipos | Reactivos | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|---|---|---|-------------------------|------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Vaso de precipitación de 1000mL • Reverbero • Balanza analítica • Viscosímetro Brookfield • Aguja para Brookfield N°3 • Termómetro | <ul style="list-style-type: none"> • Almidón de cáscara de plátano • Agua destilada | <ul style="list-style-type: none"> • Se pesó 25 g de almidón • Se disolvió el almidón en agua destilada • Se completó a 500 mL. • Se colocó la suspensión en un vaso de precipitado de 1000 mL y se calentó con agitación hasta ebullición • Se enfrió hasta 25 °C • Y se midió la viscosidad a 25 °C, con una velocidad de 10 RPM. | Medición directa | ISI,2002 |

Fuente: (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.67).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

e) Contenido de ceniza

Tabla 2-8: Técnica de determinación de contenido de ceniza del almidón de cáscara de plátano residual

| Materiales y equipo | Reactivo | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|--|---|--|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Crisol • Balanza analítica • Estufa de 105°C • Mufla • Desecador de vidrio | <ul style="list-style-type: none"> • Almidón de cáscara de plátano | <ul style="list-style-type: none"> • Se colocó el crisol en la estufa durante 24 horas a 105°C • Se sacó el crisol de la estufa una vez pasado las 24 horas, y se dejó enfriar en el desecador de vidrio, una vez frío se pesó dicho el crisol y dicho peso correspondió al “peso inicial del crisol vacío” • Posteriormente se pesó de 3 a 5 g de almidón en el crisol. • Y se colocó durante 24 horas en una estufa a 105°C. • Se sacó una vez transcurrido el tiempo y se colocó en la mufla por 24 horas • Se sacó y se dejó enfriar en el desecador de vidrio • Finalmente se pesó | $\% \text{ ceniza} = \frac{b - a}{c} \times 100$ <p>Ecuación 2-3: Porcentaje de ceniza Fuente: (Silva, 2016, p.8).</p> <p>Dónde: a=peso del crisol b=peso del crisol más las cenizas c=peso de la muestra</p> | AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 942.05 (2000) |

Fuente: (Parra, 2019, p.29).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

f) Densidad

Tabla 2-9: Técnica de determinación de la densidad del almidón de cáscara de plátano residual

| Materiales y equipos | Reactivos | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|--|-------------------------------|--|--|------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Balanza analítica • Probeta graduada de 25 mL • Espátula • Embudo | Almidón de cáscara de plátano | Se pesó la probeta graduada vacía. Se adicionó con cuidado con la ayuda de una espátula la muestra de almidón a la probeta de 25 mL por medio de un embudo hasta que el volumen total fue libremente completado | Densidad aparente $\left(\frac{g}{mL}\right) = \frac{[(\text{peso probeta} + \text{almidón suelto})(g)] - \text{peso probeta vacía (g)}}{25 \text{ mL}}$ Ecuación 2-4: Densidad aparente | Smith,1967 |

Fuente: (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.65).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

g) Granulometría

Tabla 2-10: Técnica de determinación de la granulometría del almidón de cáscara de plátano residual

| Material y equipos | Reactivos | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|---|-------------------------------|--|-------------------------|------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Grupo de tamices: 300 um; 150um; 106 um; 53 um y 38 um • Balanza analítica | Almidón de cáscara de plátano | Se pesó 100 g de la muestra de almidón Se colocó en el tamiz superior. Se agitó el grupo de tamices hasta que la cantidad de almidón que pasó a través del tamiz superior fue insignificante. Se removió el tamiz superior Se agitó hasta que la cantidad de almidón a través del siguiente tamiz fue insignificante Se pesó cada fracción de almidón obtenido en cada tamiz. | Medición directa | ISI,1999 |

Fuente: (Aristizábal y Sánchez, 2007, p.61).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

h) Humedad

Tabla 2-11: Técnica de determinación de la humedad del almidón de cáscara de plátano residual

| Materiales y equipo | Reactivo | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|---|-------------------------------|--|--|-----------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> • Crisoles • Balanza analítica • Estufa de 105°C • Desecador de vidrio | Almidón de cáscara de plátano | <ul style="list-style-type: none"> • Se colocó 3 crisoles en la estufa durante 24 horas a 105°C • Se sacó de la estufa una vez pasado las 24 horas, se dejó enfriar en el desecador de vidrio y se pesó cada crisol dicho peso correspondió a el “peso inicial de los crisoles vacíos” • Posteriormente se pesó de 3 a 5 g de almidón en cada crisol. • Se colocó durante 24 horas en una estufa a 105°C • Se sacó una vez transcurrido el tiempo, se dejó enfriar en el desecador de vidrio y se pesó (valor correspondiente a la humedad) | $\% \text{ Humedad} = \frac{P1-P2}{m} \times 100$ <p>Ecuación 2-5: Porcentaje de Humedad</p> <p>Dónde: P1 = Peso del crisol más la muestra biodegradable (g) P2 = Peso del crisol más la muestra seca m=peso de la muestra</p> <p>Fuente: (Zavaleta, [sin fecha], p.3)</p> | MEAÑO CORREA et al., (2014) |

Fuente:(Meaño et al., 2014, párr.11).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

2.3.1.5. Obtención de la lámina de plástico biodegradable

La obtención de la lámina de plástico biodegradable se realizó siguiendo la metodología propuesta por (Parra, 2019, p.30), la cual se la modifico afín del propósito.

Tabla 2-12: Técnica de elaboración de la lámina de plástico biodegradable

| Materiales y Equipos | Reactivos | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|---|---|---|------------------------------------|--|
| Secador de bandejas eléctrico tipo armario Reverbero Vasos de precipitación de 250 mL Varilla de agitación Probetas de 250mL y 50mL Balanza analítica Papel aluminio Espátula Moldes de acrílico Cajas Petri de vidrio | Agua (H ₂ O) Glicerol (C ₃ H ₈ O ₃) Ácido Acético (CH ₃ -COOH) Almidón de cáscara de plátano | En un vaso de precipitación se preparó una solución de agua destilada y almidón. Se colocó la solución sobre un reverbero protegido con una malla metálica. Se agitó la solución de forma constante y moderada hasta que alcanzó su temperatura de gelatinización. Se agregó el plastificante (glicerol) y el conservante (Ácido acético) y se agitó hasta que la mezcla se homogenizó y se dejó enfriar. Se vertió la mezcla sobre una caja Petri de vidrio, y se colocó en un secador de bandejas tipo armario a 60°C por un tiempo determinado hasta que se obtuvo las propiedades deseadas. | Diseño experimental 2 ^k | Elaboración de la lámina de plástico biodegradable |

Fuente: (Parra, 2019, p.30).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Mediante el diseño experimental 2^k se tomó en cuenta dos tipos de variables: la concentración del almidón (CA1=1,5 gramos de almidón y CA2=2 gramos de almidón) y la concentración de la glicerina (CG 1=1 mililitro de glicerina y CG 2=2 mililitros de glicerina), además se tomó en cuenta k = Número de repeticiones para la obtención de la lámina de plástico biodegradable Figura 4-2.

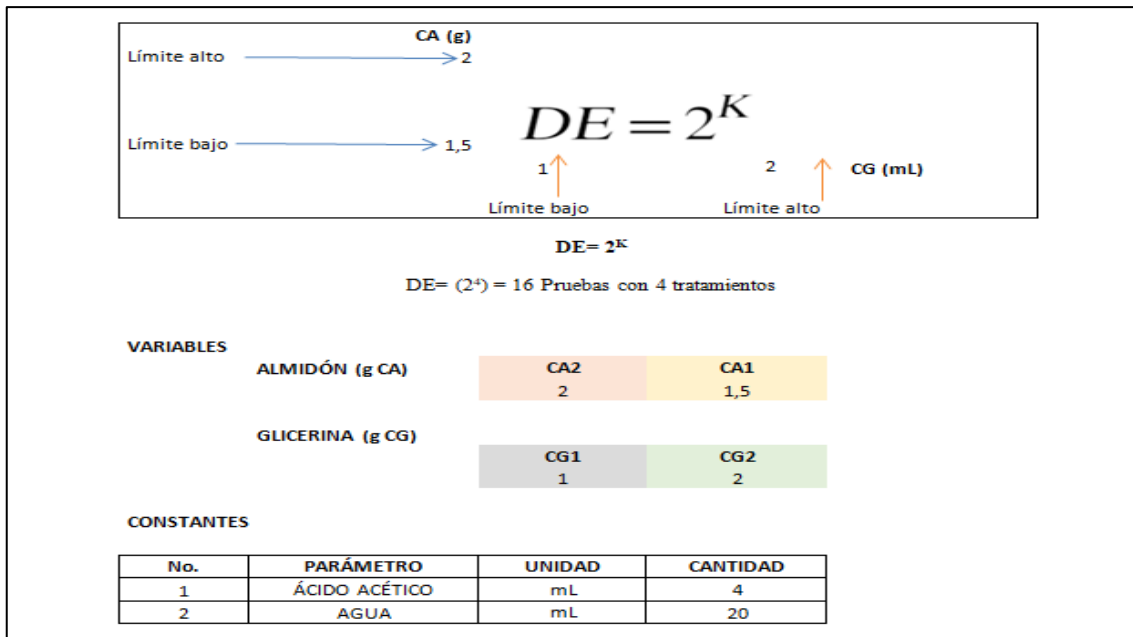


Figura 2-2: Obtención de la lámina de plástico biodegradable (Diseño experimental 2^k)

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

2.3.1.6. Caracterización de la lámina plástico biodegradable

a) Espesor

Tabla 2-13: Técnica de determinación del espesor de la lámina de plástico biodegradable

| Materiales y equipos | Reactivo | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|---------------------------------|----------------------------------|--|-------------------------|--|
| Pie de rey Balanza analítica | Lámina de plástico biodegradable | Se recortó 4 láminas de plástico biodegradable con medidas de 2,5 cm x 2,5 cm de cada uno de los tratamientos. Se pesó cada lámina Se midió con el pie de rey 10 veces el espesor en puntos espaciados de cada lámina. Y se sacó el promedio de las medidas que fueron tomadas. | Medición directa | LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY No 4-2009 ISSN 1688-3691 ISSN 1510-6593 |

Fuente: (Escobar et al., 2009, p.34).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

b) Humedad

Tabla 2-14: Técnica de determinación de la humedad de la lámina de plástico biodegradable

| Materiales y equipos | Reactivo | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|---|----------------------------------|--|--|---------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> Balanza analítica Estufa a 105°C Crisoles | Lámina de plástico biodegradable | <p>Se colocó los crisoles en una estufa a tarar a 105°C por 30 minutos</p> <p>Se sacó y se dejó los crisoles en el secador por 20 minutos</p> <p>Se pesó los crisoles vacíos</p> <p>Se midió el peso inicial de las muestras de la lámina de plástico biodegradable</p> <p>Se puso en la estufa a 105°C durante 24 horas</p> <p>Finalizado este tiempo se tomó los pesos finales</p> | $\% \text{ Humedad} = \frac{P1-P2}{P1} \times 100$ <p>Ecuación 2-6: Porcentaje de Humedad</p> <p>Dónde: P1 = Peso inicial de la lámina de plástico biodegradable (g) P2 = Peso final seco de la lámina de plástico biodegradable (g)</p> | Método gravimétrico |

Fuente: (Parra, 2019, p.32).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

c) Solubilidad en agua

Tabla 2-15: Técnica de determinación de la solubilidad de la lámina de plástico biodegradable

| Materiales y equipos | Reactivo | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|---|--|---|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> Vaso de precipitación de 100 mL | Lámina de plástico biodegradable Agua destilada | <ul style="list-style-type: none"> Se recortó una lámina de plástico biodegradable de medidas 2 cm x 2 cm Se colocó en un vaso de precipitación de 100 mL con 80 mL de agua destilada Se llevó a agitación de 100 rpm durante 1 hora. Se filtró y se procedió a colocar en una estufa a 45°C hasta que no quedó residuos de agua y el peso de la lámina fue constante | $\% \text{ Solubilidad} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$ <p>Ecuación 2-7: Porcentaje de solubilidad</p> <p>Fuente: (Parra, 2019, p.33)</p> <p>Dónde: P1 = Peso inicial seco de la lámina de plástico biodegradable (g) P2 = Peso final seco de la lámina de plástico biodegradable (g)</p> | LABORATORIO TECNOLÓGICO DE URUGUAY No 4-2009 ISSN 1688-3691 ISSN 1510-6593 |

Fuente: (Escobar et al., 2009, p.34).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

d) Permeabilidad al vapor de agua

Tabla 2-16: Técnica de determinación de la permeabilidad al vapor de agua de la lámina de plástico biodegradable

| Materiales y equipos | Reactivo | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|---|--|---|---|------------------|
| Tubos de ensayo Balanza analítica Desecador de vidrio | Lámina de plástico biodegradable Agua destilada Silica | <ul style="list-style-type: none"> Se colocó Silica en tubos de ensayo en una proporción de tres cuartas partes de los estos, la silica que se utilizo fue sometida con anterioridad a un proceso de activación en una estufa a 105° por 24 horas Se tapó con la lámina de plástico biodegradable de dimensiones de 3.5cm x 3.5 cm y se ajustó con cinta adhesiva Se colocó los tubos en un desecador de vidrio, en la base del desecador se colocó una solución salina sobresaturada a temperatura constante, asegurándonos que se encontró bien sellado Se pesó cada hora hasta que se midió 6 medidas. | $TVA\varepsilon = \frac{\Delta m}{t \times A} \times \varepsilon$ <p>Ecuación 2-8: Grado de transmisión de vapor</p> <p>Dónde: $TVA\varepsilon$ = TVA específico ($mm.g/m^2h$) Δm = cambio de masa (g) t = Tiempo entre lecturas (h) A = área de las muestras de ensayo (m^2) ε = espesores (mm)</p> | ASTM D1653-93. |

Fuente: (Parra, 2019, p.34).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

e) Propiedades mecánicas bioplásticos

Tabla 2-17: Técnica de determinación de las propiedades mecánicas de la lámina de plástico biodegradable

| Materiales y equipos | Reactivo | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|--|----------------------------------|---|--|------------------|
| Máquina universal de ensayos – WAW600B | Lámina de plástico biodegradable | Este método de ensayo determinó las propiedades de tracción que son importantes para la identificación y caracterización de materiales para fines de control y especificaciones, la máquina de ensayo de esta norma es una máquina de prueba de tipo velocidad constante de movimiento de cruceta | Prueba realizada en el Laboratorio Ensayo De Materiales LenMav | INEN 2635 |

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012b, pp.1-15).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

f) Biodegradabilidad

Tabla 2-18: Técnica de determinación de la biodegradabilidad de la lámina de plástico biodegradable

| Materiales y equipos | Reactivo | Procedimiento | Fórmula para el cálculo | Método de ensayo |
|----------------------|----------------------------------|---|---|---|
| Recipientes | Lámina de plástico biodegradable | <ul style="list-style-type: none"> • Se cortó la lámina de plástico en medidas de 3cm x 3cm • Tierra: Se colocó en tierra a unos 10 a 12 cm de profundidad • Agua: Se colocó las láminas de plástico en recipientes con 300 mL de agua • Ambiente: se colocó las láminas de plástico expuestas al ambiente • Y se revisó cada 7 días con la finalidad de verificar la acción de desintegración | <p>% Degrabilidad = $\frac{P1-P2}{P1} \times 100$</p> <p>Ecuación 2-9: Porcentaje de Biodegradabilidad</p> <p>Fuente: (Parra, 2019, p.34)</p> <p>Dónde: P1 = Peso inicial seco de la lámina de plástico biodegradable (g) P2 = Peso final seco de la lámina de plástico biodegradable (g)</p> | <p>INEN2643: Especificaciones para Plásticos Compostables</p> |

Fuente: (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012c, pp.1-3).

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS, DISCUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Datos obtenidos de los análisis realizados

3.1.1. Cáscara de plátano

Tabla 3-1: Características Organolépticas de la cáscara de plátano residual

| N° | PRODUCTO | |
|----|-----------------|--------|
| | CARACTERÍSTICAS | |
| 1 | Olor | Leñoso |
| 2 | Sabor | Amargo |
| 3 | Color | Verde |
| 4 | Textura interna | Rugosa |
| 5 | Textura externa | Dura |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Tabla 3-2: Datos del peso, longitud y diámetro promedio de las cáscaras de plátano residual

| N° | PLÁTANO | | | |
|----|------------|-------------|------------------|------------------|
| | PARÁMETROS | PESO (g) | LONGITUD (cm) | DIÁMETRO (cm) |
| 1 | PROMEDIO | 118,7 | 23,9 | 4,2 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

3.1.2. Almidón de cáscara de plátano residual

3.1.2.1. Características organolépticas

Tabla 3-3: Características organolépticas del almidón de cáscara de plátano residual

| N° | ALMIDÓN | |
|----|-----------------|--------------------------|
| | CARACTERÍSTICAS | |
| 1 | Olor | Leñoso |
| 2 | Sabor | Amargo y un poco quemado |
| 3 | Color | Café |
| 4 | Textura | Granular |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

3.1.2.2. Granulometría

La muestra de almidón utilizado en la investigación contiene partículas de los diferentes tamaños del conjunto de tamices empleados, recalcando que el mayor número de partículas es de 38 um debido a que en el proceso de tamizado el porcentaje de retención fue mayor en este tamiz. El almidón correspondiente a 38um de tamaño fue utilizado en el proceso de obtención de la lámina de plástico biodegradable ya que al utilizar almidón con partículas de mayor tamaño la lámina resultante posee una textura granular que afecta a la presentación de la lámina.

Tabla 3-4: Datos de la granulometría del almidón de cáscara de plátano residual

| N° | PARÁMETRO | TAMAÑO DE TAMIZ | FRACCIÓN DE ALMIDÓN OBTENIDA EN CADA TAMIZ (g) |
|----|---------------|-----------------|--|
| 1 | GRANULOMETRÍA | ISO 565 -300 um | 1,316 |
| | | ISO 565 -150 um | 13,228 |
| | | ISO 565 -106 um | 5,706 |
| | | ISO 565 -53 um | 34,125 |
| | | ISO 565 -38 um | 35,796 |
| | | Final | 7,968 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

3.1.3. Lámina de plástico biodegradable

3.1.3.1. Datos de la obtención de la lámina de plástico biodegradable

Muestra las formulaciones aplicadas en la obtención de las láminas de plástico biodegradables, mismas que fueron resultantes del diseño experimental 2^k aplicado en esta investigación el cual tomó como constantes los mililitros de ácido acético y agua destilada y como variables la concentración en gramos del almidón y la concentración en mililitros de la glicerina.

Tabla 3-5: Formulaciones

| Nº | FORMULACIONES | ALMIDÓN “CA” (g) | GLICERINA “CG” (mL) | ÁCIDO ACÉTICO (mL) | AGUA DESTILADA (mL) |
|----|---------------|------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------|
| 1 | TRATAMIENTO 1 | 2 | 1 | 4 | 20 |
| 2 | TRATAMIENTO 2 | 2 | 2 | 4 | 20 |
| 3 | TRATAMIENTO 3 | 1,5 | 1 | 4 | 20 |
| 4 | TRATAMIENTO 4 | 1,5 | 2 | 4 | 20 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

3.1.3.2. Datos para determinar las propiedades mecánicas, físicas y biodegradables de la lámina de plástico biodegradable

a) Datos del espesor de la lámina de plástico biodegradable

Tabla 3-6: Datos del espesor de las láminas de plástico biodegradable

| N° | TRATAMIENTO | REPETICIONES | PESO (g) | MEDIDAS DE ESPESOR | | | | | | | | | | |
|----|---------------|--------------|-------------|--------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | | (mm) | | | | | | | | | | |
| | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | |
| 1 | TRATAMIENTO 1 | R1 | 0,110 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | |
| 2 | | R2 | 0,203 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | |
| 3 | | R3 | 0,185 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| 4 | | R4 | 0,218 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| 5 | TRATAMIENTO 2 | R1 | 0,377 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |
| 6 | | R2 | 0,312 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |
| 7 | | R3 | 0,412 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| 8 | | R4 | 0,385 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,3 |
| 9 | TRATAMIENTO 3 | R1 | 0,220 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,2 | 0,2 |
| 10 | | R2 | 0,242 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| 11 | | R3 | 0,155 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| 12 | | R4 | 0,153 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,1 |
| 13 | TRATAMIENTO 4 | R1 | 0,401 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | |
| 14 | | R2 | 0,400 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |
| 15 | | R3 | 0,427 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |
| 16 | | R4 | 0,417 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | 0,3 | |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

b) *Datos obtenidos del análisis de humedad realizado a las láminas de plástico biodegradables*

Tabla 3-7: Datos obtenidos del análisis de humedad de las láminas de plástico biodegradable

| Nº | TRATAMIENTO | PESO INICIAL DE LA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE (g) | PESO FINAL SECO DE LA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE (g) |
|----|---------------|---|--|
| 1 | TRATAMIENTO 1 | 3,012 | 2,597 |
| 2 | | 3,009 | 2,506 |
| 3 | | 3,008 | 2,573 |
| 4 | TRATAMIENTO 2 | 3,025 | 2,369 |
| 5 | | 3,002 | 2,459 |
| 6 | | 3,009 | 2,592 |
| 7 | TRATAMIENTO 3 | 3,044 | 2,485 |
| 8 | | 3,045 | 2,686 |
| 9 | | 3,063 | 2,653 |
| 10 | TRATAMIENTO 4 | 3,077 | 2,710 |
| 11 | | 3,014 | 2,627 |
| 12 | | 3,001 | 2,650 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

c) *Datos obtenidos del análisis de solubilidad del agua realizado a las láminas de plástico biodegradables*

Tabla 3-8: Datos obtenidos del análisis de solubilidad del agua de la lámina de plástico biodegradable

| Nº | TRATAMIENTO | PESO INICIAL SECO DE LA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE (g) | PESO FINAL SECO DE LA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE (g) |
|-----------|----------------------|---|---|
| 1 | TRATAMIENTO 1 | 0,169 | 0,056 |
| 2 | | 0,139 | 0,052 |
| 3 | | 0,144 | 0,062 |
| 4 | TRATAMIENTO 2 | 0,167 | 0,062 |
| 5 | | 0,144 | 0,059 |
| 6 | | 0,122 | 0,057 |
| 7 | TRATAMIENTO 3 | 0,051 | 0,036 |
| 8 | | 0,047 | 0,033 |
| 9 | | 0,068 | 0,034 |
| 10 | TRATAMIENTO 4 | 0,128 | 0,061 |
| 11 | | 0,901 | 0,053 |
| 12 | | 0,121 | 0,054 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

d) *Datos obtenidos del análisis de permeabilidad realizado a las láminas de plástico biodegradables*

Tabla 3-9: Datos obtenidos del análisis de permeabilidad realizado a las láminas de plástico biodegradable

| Nº | TRATAMIENTO | REPETICIONES | INICIO (g) | HORA1 (g) | HORA 2 (g) | HORA 3 (g) | HORA 4 (g) | HORA 5 (g) | HORA 6 (g) |
|----|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1 | TRATAMIENTO 1 | R1 | 30,899 | 30,909 | 30,913 | 30,915 | 30,92 | 30,923 | 30,928 |
| 2 | | R2 | 30,066 | 30,073 | 30,077 | 30,079 | 30,082 | 30,087 | 30,092 |
| 3 | | R3 | 29,669 | 29,675 | 29,679 | 29,682 | 29,686 | 29,691 | 29,696 |
| 4 | TRATAMIENTO 2 | R1 | 30,930 | 30,938 | 30,942 | 30,945 | 30,950 | 30,954 | 30,957 |
| 5 | | R2 | 30,362 | 30,369 | 30,371 | 30,377 | 30,383 | 30,386 | 30,389 |
| 6 | | R3 | 30,722 | 30,731 | 30,736 | 30,739 | 30,745 | 30,748 | 30,750 |
| 7 | TRATAMIENTO 3 | R1 | 30,445 | 30,452 | 30,458 | 30,461 | 30,468 | 30,470 | 30,478 |
| 8 | | R2 | 30,571 | 30,578 | 30,588 | 30,593 | 30,600 | 30,605 | 30,612 |
| 9 | | R3 | 31,787 | 31,793 | 31,797 | 31,804 | 31,812 | 31,813 | 31,818 |
| 10 | TRATAMIENTO 4 | R1 | 30,395 | 30,405 | 30,411 | 30,415 | 30,420 | 30,424 | 30,428 |
| 11 | | R2 | 30,326 | 30,335 | 30,338 | 30,342 | 30,346 | 30,348 | 30,355 |
| 12 | | R3 | 30,675 | 30,685 | 30,688 | 30,690 | 30,693 | 30,696 | 30,707 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

e) Datos obtenidos del análisis de biodegradabilidad para las láminas de plástico biodegradable

Tabla 3-10: Datos del análisis de biodegradabilidad para las láminas de plástico biodegradable

| N° | DEGRABILIDAD DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE EN TIERRA | | | | | |
|---|---|----------|----------|----------|----------|----------|
| | TRATAMIENTO | PESO (g) | | | | |
| | | INICIO | SEMANA 1 | SEMANA 2 | SEMANA 3 | SEMANA 4 |
| 1 | TRATAMIENTO 1 | 0,190 | 0,121 | – | – | – |
| 2 | TRATAMIENTO 2 | 0,241 | 0,127 | 0,029 | – | – |
| 3 | TRATAMIENTO 3 | 0,349 | 0,304 | 0,122 | – | – |
| 4 | TRATAMIENTO 4 | 0,350 | 0,230 | 0,105 | – | – |
| DEGRABILIDAD DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE EN AGUA | | | | | | |
| 5 | TRATAMIENTO 1 | 0,190 | 0,124 | 0,095 | 0,036 | – |
| 6 | TRATAMIENTO 2 | 0,451 | 0,397 | 0,228 | 0,175 | – |
| 7 | TRATAMIENTO 3 | 0,322 | 0,295 | 0,111 | – | – |
| 8 | TRATAMIENTO 4 | 0,350 | 0,337 | 0,143 | 0,122 | – |
| DEGRABILIDAD DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE AL AMBIENTE | | | | | | |
| 9 | TRATAMIENTO 1 | 0,175 | 0,162 | 0,154 | 0,137 | 0,128 |
| 10 | TRATAMIENTO 2 | 0,356 | 0,329 | 0,254 | 0,232 | 0,213 |
| 11 | TRATAMIENTO 3 | 0,276 | 0,249 | 0,238 | 0,234 | 0,223 |
| 12 | TRATAMIENTO 4 | 0,333 | 0,289 | 0,269 | 0,259 | 0,234 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

3.2. Cálculos

3.2.1. Cálculo del porcentaje de rendimiento del almidón de cáscara de plátano residual

Se realizó cuatro repeticiones por cada tratamiento, se procedió a calcular el porcentaje de rendimiento por cada repetición y se calculó el promedio de rendimiento por tratamiento.

Ecuación 3-1: Porcentaje de rendimiento del almidón de cáscara de plátano residual

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{\text{Peso de almidón obtenido}}{\text{Peso inicial de los tubérculos}} \times 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = \frac{1,13}{200} \times 100$$

$$\% \text{Rendimiento} = 0,565\%$$

3.2.2. Cálculos de las pruebas realizadas a las láminas de plástico biodegradables

3.2.2.1. Cálculo del porcentaje humedad

Para el cálculo del porcentaje de humedad de la lámina de plástico biodegradable se empleó la Ecuación 4-2.

$$\% \text{Humedad} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

$$\% \text{Humedad} = \frac{3,012 - 2,597}{3,012} \times 100$$

$$\% \text{ Humedad} = \mathbf{13,778}$$

3.2.2.2. Cálculo del porcentaje de solubilidad

Para el cálculo del porcentaje de solubilidad de la lámina de plástico biodegradable se empleó la Ecuación 5-2.

$$\% \text{Solubilidad} = \frac{P1 - P2}{P1} \times 100$$

$$\% \text{Solubilidad r1} = \frac{0,169 - 0,056}{0,169} \times 100$$

$$\% \text{Solubilidad r1} = \mathbf{66,864}$$

3.2.2.3. Cálculo del grado de transmisión de vapor de Agua (TVA)

Para el cálculo de la permeabilidad de vapor de agua de la lámina de plástico biodegradable se empleó la Ecuación 6-2.

$$TVA\varepsilon = \frac{\Delta m}{txA} \times \varepsilon$$

$$TVA\varepsilon r1 = \frac{30,928g - 30,899g}{1h \times 0,02m^2} \times 0,13mm$$

$$TVA\varepsilon r1 = \mathbf{0,189 \frac{mmg}{m^2h}}$$

3.3. Análisis y discusión de resultados

3.3.1. Cáscara de plátano residual

3.3.1.1. Resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de la cáscara de plátano residual

Tabla 3-11: Resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos de la cáscara de plátano residual

| No. | PARÁMETROS | UNIDADES | VALOR | ESTÁNDAR | NORMA / INSTITUCIÓN |
|-----|--------------------|----------|----------|----------|-----------------------------|
| 1 | Humedad | % | 86,300 | 88,3 | Carvajal y Murgueitio, 2017 |
| 2 | Ceniza | % | 5,698 | — | INEN 520 |
| | | | | 5,89 | Carvajal y Murgueitio, 2017 |
| 3 | pH | | 5,230 | — | INEN 526 |
| | | | | 5,37 | Carvajal y Murgueitio, 2017 |
| 4 | Fibra | % | — | 18,82 | Montoya et al., (2014) |
| 5 | Proteína | % | — | 11,570 | Lázaro,2014 |
| 6 | Viscosidad | CP | — | 1120,000 | Montoya et al., (2014) |
| 7 | Almidón Total | % | — | 39,890 | Rios,2014 |
| 8 | Hongos | UPC/g | Ausencia | 1x10-3 | NTE INEN 1529-10 |
| 9 | Levaduras y mohos | UPC/g | Ausencia | | |
| 10 | Coliformes totales | UPC/g | Ausencia | 100 | NTE INEN 1529-7 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Se procedió con el secado de la cáscara de plátano residual hasta obtener un peso constante, así se determinó el porcentaje de humedad de 86,300%, valor que se encuentra acorde a lo obtenido en la investigación realizada por (Carvajal y Murgueitio, 2017, p.57) “Caracterización de las Proteínas de la Cáscara de Plátano” , donde, se indica que la humedad de la cáscara de plátano es de 88,3%, igualmente en cuanto al contenido de ceniza presenta un valor de 5,698% que es aceptable ya que de acuerdo a la misma investigación tomada en referencia, determina que los valores de ceniza que presenta la cáscara de plátano es de 5,89% valor que es similar al obtenido en el análisis realizado, de igual manera se toma en cuenta el valor de pH obtenido en la investigación realizada por (Carvajal y Murgueitio, 2017, p.45) cuyo resultado fue de un pH de 5,37 valor que es parejo al obtenido dentro de esta investigación con un pH de 5,230.

En cuanto a los análisis microbiológicos, se procedió a realizarlos de acuerdo a la norma INEN 1529-10 y la norma INEN 1529-7 para la determinación de hongos, levaduras y mohos y la determinación de coliformes totales correspondientemente donde se determina que los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos dentro de las normativas.

Los datos que se obtiene de los análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados a la cáscara de plátano residual concluyen que la misma es apta para su uso como materia prima en el proceso de extracción de almidón ya que los valores se encuentran dentro de los estándares de referencia de las diferentes normas e investigaciones bibliográficas tomadas en cuenta para comparación.

3.3.2. Almidón de cáscara de plátano residual

3.3.2.1. Resultados del rendimiento de extracción de almidón de cáscara de plátano residual

Tabla 3-12: Resultados del rendimiento de extracción de almidón de cáscara de plátano residual

| No. | TRATAMIENTO | VARIABLES | PESO (g) | | | | RENDIMIENTO (%) | |
|-----|-------------|-----------|----------|---------|----------|--------|-----------------|----------|
| | | | PRODUCTO | ALMIDÓN | | | R | PROMEDIO |
| | | | | R | PROMEDIO | TOTAL | | |
| 1 | T1 | RPM 1: 1 | 200 | 1,130 | 1,678 | 6,710 | 0,565 | 0,839 |
| 2 | | | | 2,370 | | | 1,185 | |
| 3 | | | | 1,370 | | | 0,685 | |
| 4 | | | | 1,840 | | | 0,920 | |
| 5 | T2 | RPM 1: 2 | | 5,040 | 5,980 | 23,920 | 2,520 | 2,990 |
| 6 | | | | 6,120 | | | 3,060 | |
| 7 | | | | 6,810 | | | 3,405 | |
| 8 | | | | 5,950 | | | 2,975 | |
| 9 | T3 | RPM 2: 1 | | 5,340 | 5,513 | 22,050 | 2,670 | 2,756 |
| 10 | | | | 6,630 | | | 3,315 | |
| 11 | | | | 4,570 | | | 2,285 | |
| 12 | | | | 5,510 | | | 2,755 | |
| 13 | T4 | RPM 2: 2 | | 7,630 | 7,948 | 31,790 | 3,815 | 3,974 |
| 14 | | | | 7,470 | | | 3,735 | |
| 15 | | | | 8,650 | | | 4,325 | |
| 16 | | | | 8,040 | | | 4,020 | |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

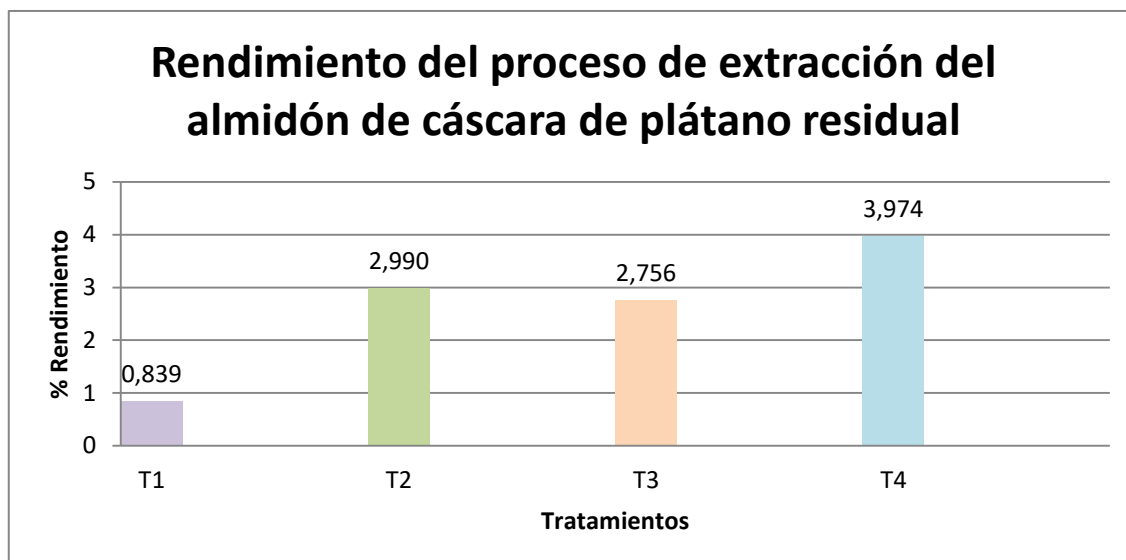


Gráfico 3-1: Rendimiento del proceso de extracción de almidón

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Para obtener el rendimiento de cada tratamiento se procedió a dividir la cantidad obtenida de almidón para la materia prima total usada y esto por cien, este cálculo se realizó por cada repetición y se sacó el promedio de las mismas, dando como resultado que el tratamiento que posee mayor rendimiento al momento de realizar el proceso de extracción del almidón por vía húmeda es el tratamiento número 4 con un 3,974% de rendimiento, seguido por el tratamiento número 2 con un 2,990% de rendimiento, el tratamiento número 3 con un 2,756% de rendimiento y el tratamiento número 1 con un 0,839 % de rendimiento, dichos resultados se encuentran acorde a los objetivos plateados así también según (Lambis M et al., 2016, p.23) en su estudio “Extracción de almidón a partir de residuos de piel de plátano ” que menciona que el porcentaje de rendimiento obtenido dentro de su estudio es de un rango de 2 a 2,5% ,valores que se encuentra acorde a lo obtenido dentro de este investigación.

3.3.2.2. Resultados obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del almidón de cáscara de plátano residual.

Tabla 3-13: Datos obtenidos de los análisis físicos, químicos y microbiológicos del almidón de cáscara de plátano residual

| Nº | PARÁMETROS | UNIDADES | VALOR | ESTÁNDAR | NORMA / INSTITUCIÓN |
|----|-------------------------------|----------|-------------|---------------------|---|
| 1 | Humedad | % | 12,663 | 6-16% | Meaño et al., (2014) |
| 2 | Ceniza | % | 0,849±0,085 | 0,12 ≥1,86±0,186 | AOAC (Association of Official Analytical Chemists) 942.05 Pozo, 2019 |
| 3 | Solubilidad | | √ | ligera opalescencia | INEN 1456 |
| 4 | pH | | 5,327 | 5,00-7,00 | INEN 1456 |
| 5 | Fibra | % | 0,312 | 3 | Moreno et al., (2017) |
| 6 | Proteína | % | 0,523 | 0,1 a 0,59 | Acosta et al., (2018) |
| 7 | Viscosidad | Cp | 3202,400 | 840-1500 cp | ISI, 2002 |
| 8 | Temperatura de gelatinización | °C | 77,667 | 57,5-70 78 | Grace,1977 Cárdenas,2018 |
| 9 | Densidad | g/mL | 0,420 | <1,560 | Smith,1967 |
| 10 | Amilosa | % | 32,020 | 20-40 | INIAP |
| 11 | Amilopectina | % | 67,980 | 60-80 | INIAP |
| 12 | Hongos | UPC/g | Ausencia | <10 | FAO,2007 |
| 13 | Levaduras y mohos | UPC/g | 3000 | 1000-5000 | |
| 14 | Coliformes totales | UPC/g | Ausencia | – | |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Se procedió con el secado de la materia prima hasta obtener un peso constante, así se determinó el porcentaje de humedad que fue de 12,663%, debido a que, el valor se encuentra dentro del rango establecido en el estudio realizado por (Meaño et al., 2014, párr.14) , donde, se indica que los valores varían entre 6% y 16%, de igual forma señala que a contenidos elevados de humedad puede conducir a daños microbianos como hongos y levaduras, además, puede producirse un fermento del almidón y consecuentemente daños de su calidad.

En cuanto al contenido de ceniza presenta un valor de 0,849±0,085% que es aceptable ya que estudios como (Pozo, 2019, p.43), determina que los valores de ceniza son ≥1,86±0,186, además señala que el contenido de ceniza del almidón está directamente relacionado con el contenido de fósforo que presenta en la muestra, además esta es responsable de la estabilidad de la pasta y de la resistencia a la hidrólisis enzimática del almidón.

En cuanto a la solubilidad del almidón presentan una ligera opalescencia característica acorde a los estándares presentados en la norma INEN 1456. Cabe mencionar que el índice de solubilidad del almidón es la facultad de reaccionar con el agua y disolverse en la misma.

La viscosidad se tiene al enfriarse a temperatura de 25 °C, los datos obtenidos equivalen a 3202,400 Cp, donde, la variable viscosidad tiene que ver con la habilidad de formar pasta viscosa o gel después del calentamiento o enfriamiento. De acuerdo a (Ramírez et al., 2011, p.17) según el tipo de almidón se presenta características tales como una buena absorción de agua que se relaciona con las propiedades de hinchamiento, así como baja conductividad térmica y eléctrica, además cabe destacar que durante el calentamiento el almidón pierde su estructura granular ya que se hinchan y se desintegran en una dispersión coloidal.

Como se menciona con anterioridad la temperatura de gelatinización se la debe realizar a una temperatura óptima, se tiene una temperatura de 77,667°C valor que se encuentra acorde al resultado obtenido según (Cárdenas, 2018, p.53) cuyo trabajo fue realizado con almidón procedente del residuos de banano obteniendo una temperatura de gelatinización de 78°C. Estas características darán como resultado pastas con alta viscosidad, textura corta, estabilidad óptima, ya que, la temperatura de gelatinización juega un papel primordial en la solución, debido a que influye directamente con la calidad final en la elaboración de las láminas de plásticos biodegradables.

El valor de proteína obtenido muestra un valor de 0,523% valor que se encuentra acorde a los rangos establecidos por (Acosta et al., 2018, p.10) que van de 0,1% a 0,59%, por lo tanto, se encuentra dentro de los estándares, ya que, al contener un valor elevado afectaría a sus propiedades térmicas, viscosidad y estabilidad para la elaboración de las láminas de plástico biodegradable.

El almidón obtenido presento valores del 32,020% en amilosa y 67,980% en amilopectina, cuyos resultados están dentro de los estándares en la bibliografía revisada. Cabe destacar que cuando el contenido de amilosa es mayor los gránulos se van a gelatinizar a menor temperatura de calentamiento.

Los análisis microbiológicos, se procedió a realizarlos de acuerdo a la norma propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura en el 2007 donde se determina que los valores se encuentran dentro de los rangos establecidos con 0 UPC/g de hongos, 3000 UPC/g levaduras y 0 UPC/g de coliformes totales.

Determinando que los valores obtenidos se encuentran dentro del rango, es decir que cumplen con los valores de referencia de las diferentes normas, concluyendo que el almidón extraído a partir de cáscara de plátano residual es apto para ser empleado como materia prima en la obtención de láminas de plásticos biodegradable.

3.3.3. Lámina de plástico biodegradable

3.3.3.1. Resultado de la caracterización físico de las láminas de plástico biodegradable

Tabla 3-14: Resultados de la caracterización física de las láminas de plástico biodegradable

| Nº | TRATAMIENTO | VARIABLE | MOLDEO | FORMACIÓN DE PELÍCULA | TRANSPARENCIA | ESTABILIDAD |
|----|-------------|----------|--------|-----------------------|---------------|-------------|
| 1 | TP1 | CA2: CG1 | SI | SI | TRANSLÚCIDO | SI |
| 2 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | SI |
| 3 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | SI |
| 4 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | SI |
| 5 | TP2 | CA2: CG2 | SI | SI | TRANSLÚCIDO | NO |
| 6 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | NO |
| 7 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | NO |
| 8 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | NO |
| 9 | TP3 | CA1: CG1 | SI | SI | TRANSLÚCIDO | SI |
| 10 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | SI |
| 11 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | SI |
| 12 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | SI |
| 13 | TP4 | CA1: CG2 | SI | SI | TRANSLÚCIDO | NO |
| 14 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | NO |
| 15 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | NO |
| 16 | | | SI | SI | TRANSLÚCIDO | NO |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Las características físicas que presentan las láminas de plástico biodegradables dentro de la investigación realizada es que son de fácil moldeo, lo que conlleva a la formación de la película en los cuatros tratamientos empleados, además el material obtenido es de tipo traslucido ya que deja pasar la luz, pero los cuerpos no se perciben nítidamente a través de él. En cuanto a lo que se refiere la estabilidad que presenta las láminas, tanto el tratamiento número uno y tres presentan estabilidad en su estructura a diferencia del tratamiento número dos y cuatro que presentaron rupturas, es decir, que no poseen estabilidad en su estructura ,esto se debe a la cantidad de glicerina usada en la formulación de estos tratamientos ya que tanto la estabilidad y elasticidad de las láminas de plásticos se ven afectadas directamente por la cantidad de plastificante usado ,además también se ve afectado si el secado es rápido y a altas temperaturas produciendo un material quebradizo y frágil (García, 2015, p.32).

3.3.3.2. Resultados del análisis de espesor de la lámina de plástico biodegradable

Tabla 3-15: Resultados del análisis de espesor de la lámina de plástico biodegradable

| Nº | TRATAMIENTO | REPETICIONES | PROMEDIO (mm) | PROMEDIO (m) |
|----|---------------|--------------|---------------|--------------|
| 1 | TRATAMIENTO 1 | R1 | 0,13 | 0,00013 |
| 2 | | R2 | 0,18 | 0,00018 |
| 3 | | R3 | 0,17 | 0,00017 |
| 4 | | R4 | 0,18 | 0,00018 |
| 5 | TRATAMIENTO 2 | R1 | 0,30 | 0,0003 |
| 6 | | R2 | 0,28 | 0,00028 |
| 7 | | R3 | 0,29 | 0,00029 |
| 8 | | R4 | 0,28 | 0,00028 |
| 9 | TRATAMIENTO 3 | R1 | 0,14 | 0,00014 |
| 10 | | R2 | 0,20 | 0,0002 |
| 11 | | R3 | 0,13 | 0,00013 |
| 12 | | R4 | 0,13 | 0,00013 |
| 13 | TRATAMIENTO 4 | R1 | 0,23 | 0,00023 |
| 14 | | R2 | 0,3 | 0,00030 |
| 15 | | R3 | 0,28 | 0,00028 |
| 16 | | R4 | 0,30 | 0,00030 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Los datos de los espesores que se obtienen en las láminas de plástico biodegradable a partir del almidón de la cáscara de plátano residual son de un 0,17 mm de espesor para el tratamiento número 1, de 0,29mm de espesor para el tratamiento número 2, de 0,15 mm de espesor para el tratamiento número 3 y de 0,28 mm de espesor para el tratamiento número 4 ,los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la norma INEN 2635 (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012b, p.1) para el uso de plástico con finalidad de embalaje de alimentos, así también de acuerdo al estudio realizado (Brito et al., 2020, p.989) cuyo espesor promedio es del 0,20mm.

3.3.3.3. Resultados de las propiedades mecánicas de la lámina de plástico biodegradable

Tabla 3-16: Resultados de las propiedades mecánicas de la lámina de plástico biodegradable

| No. | TRATAMIENTO | ESFUERZO MAXIMO (MPa) | CARGA DE FLUENCIA (N) | CARGA MÁXIMA (N) | PORCENTAJE DE ELONGACION (%) | ESFUERZO DE FLUENCIA (MPa) | MÓDULO DE ELASTICIDAD (Mpa) |
|-----|-------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 1 | TP1 | 1,72 | 2,75 | 3,29 | 28,24 | 1,44 | 8,940.E+00 |
| 2 | TP2 | 0,41 | 1,08 | 1,11 | 19,95 | 0,40 | 2,366.E+00 |
| 3 | TP3 | 0,41 | 0,49 | 0,51 | 15,59 | 0,39 | 3,252.E+00 |
| 4 | TP4 | 0,09 | 0,21 | 0,22 | 12,16 | 0,09 | 8,869.E+01 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Del ensayo mecánico realizado a las láminas de plásticos biodegradables se establece que el tratamiento número 1 presenta mejores características de acuerdo a las propiedades de tracción que se realizaron en base a la norma INEN 2635 “Método de Ensayo para las propiedades de Tracción de Láminas Plásticas Delgadas”, dichos resultados obtenidos se encuentran acorde a los objetivos planteados, además según (Brito et al., 2020, p.991) en su estudio “Producción de láminas de plástico biodegradables en base a almidón de arracacia xanthorrhiza” menciona que las láminas de plástico biodegradable que poseen mayores valores en las propiedades de tracción presentan mejores características para ser usadas como embalaje para alimentos, tomando en cuenta lo citado y comparándolo en esta investigación, el tratamiento número 1 que corresponde a la mezcla de 2 gramos de almidón y 1 mL de glicerina cuenta con las características óptimas para su uso en embalaje de alimentos.

3.3.3.4. Resultados para los análisis realizados a las láminas de plástico biodegradables

Tabla 3-17: Resultados para los análisis realizados a las láminas de plástico biodegradables

| N° | TRATAMIENTO | HUMEDAD (%) | SOLUBILIDAD (%) | PERMEABILIDAD VAPOR AGUA (mm g/m ² h) | BIODEGRADABILIDAD (%) | | |
|----|-------------|-------------|-----------------|--|-----------------------|--------|----------|
| | | | | | AGUA | TIERRA | AMBIENTE |
| 1 | TP1 | 15,429±0,77 | 62,126 | 0,218 | 100 | 100 | 26,857 |
| 2 | TP2 | 17,877±0,89 | 58,394 | 0,396 | 100 | 100 | 40,169 |
| 3 | TP3 | 14,513±0,73 | 36,340 | 0,270 | 100 | 100 | 19,203 |
| 4 | TP4 | 12,154±0,61 | 53,178 | 0,421 | 100 | 100 | 29,730 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

a) Humedad de la lámina de plástico biodegradable

Se evidencia el porcentaje de humedad que poseen las láminas de plástico biodegradable obtenidas en los diferentes tratamiento aplicados .El tratamiento número 1 posee una humedad promedio del $15,429 \pm 0,77$ %, el tratamiento número 2 una humedad promedio del $17,877 \pm 0,89$ %, el tratamiento número 3 una humedad promedio del $14,513 \pm 0,73$ % y el tratamiento número 4 una humedad promedio del $12,154 \pm 0,61$ %, dichos valores se encuentran acorde para que las láminas sean usadas como embalaje de alimentos ya que según (Trujillo, 2014, p.69) en su estudio “Obtención de películas biodegradables de almidón de yuca” enuncia que las láminas de plástico biodegradable que poseen una humedad elevada tienen influencia en que la estructura de las mismas sean frágiles o débiles lo que con lleva a la ruptura al ser sometida a la manipulación además un alto contenido de humedad puede conllevar a la proliferación de hongos al momento de su almacenamiento. Tomando en cuenta lo citado los valores obtenidos de humedad dentro de esta investigación presenta una alternativa factible para su uso en embalaje de alimentos.

b) Solubilidad de la lámina de plástico biodegradable

Se evidencia los resultados del porcentaje de solubilidad presente en las láminas de plástico biodegradable obtenidas en los diferentes tratamientos, en el caso del tratamiento número uno presenta un promedio de solubilidad de 62,126%, el tratamiento número 2 presenta un porcentaje de solubilidad de 58,394%, el tratamiento número 3 presenta un porcentaje de solubilidad de 36,400% y el tratamiento número 4 presenta un porcentaje de solubilidad de 53,178%. Dichos valores se encuentran en el porcentaje óptimo para ser utilizado como embalaje para alimentos ya que según (Trujillo, 2014, p.75) en su investigación “Obtención de películas biodegradables de almidón de yuca” enuncia que porcentajes de solubilidad menores del 70 % son utilizados en empaques de alimentos y solubilidades que presentan porcentajes mayores son utilizados en el área de la medicina como recubrimientos solubles de capsulas. Dentro de esta investigación se puede verificar que los cuatro tratamientos cuentan con valores por debajo del 70 % lo que los hace aptos para ser usado como embalaje para alimentos. Además de acuerdo a (Fakhouri et al., 2007, p.372), la solubilidad que presentan las láminas de plástico biodegradable puede ser un alternativa para aplicar a productos que necesitan de una hidratación previa a su consumo o también como un recubrimiento a semillas que necesitan una rápida germinación portando aditivos necesarios para el crecimiento de las mismas(Chariguamán, 2015, p.28).

c) Permeabilidad de la lámina de plástico biodegradable

Indica los resultados obtenidos en el análisis de permeabilidad de vapor de agua realizado a las láminas de plástico biodegradable de los diferentes tratamientos empleados en este estudio. El tratamiento número 1 presenta una permeabilidad promedio de 0,218 mm g/m²h, el tratamiento número 2 una permeabilidad promedio de 0,396 mm g/m²h, el tratamiento número 3 una permeabilidad promedio de 0,270 mm g/m²h y el tratamiento número 4 presenta una permeabilidad promedio de 0,421 mm g/m²h. Los valores obtenidos se encuentran dentro de los límites establecidos en la normativa ASTM D 1653-93 (Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de películas de recubrimiento orgánico), además los valores son levemente mayores comparándolos con los del estudio de (Parra, 2019, p.52), esto es a causa de la presencia de la glicerina dentro de la composición de las láminas de plástico ya que posee un poder hidrofílico que deja espacios intermoleculares que son ocupados por las moléculas de agua. Según (Brito et al., 2020, p.990) en su estudio “Producción de láminas de plástico biodegradables de almidón de arracacia xanthorrhiza” las láminas de plástico que tienen valores menores de la permeabilidad de vapor de agua presentan mejores características para ser usado como embalaje para alimentos.

d) Biodegradabilidad de la lámina de plástico biodegradable

Los resultados obtenidos en el proceso de degradación en tierra para los diferentes tratamientos empleados nos indica que las láminas de plástico del tratamiento número 1 se desintegra en su totalidad en un transcurso de 14 días a comparación que las láminas de plástico correspondientes a los tratamientos número 2,3 y 4 la degradación total se da en un periodo de 21 días, los resultados de la degradación en el agua indica que las láminas de plástico correspondientes al tratamiento número 3 se desintegran en su totalidad en un periodo de 21 días a diferencia de las láminas de plástico de los tratamientos número 1,2 y 4 que se desintegran en su totalidad en un periodo de 28 días y los resultados obtenidos en la degradación al ambiente de las láminas de plástico nos indica que al transcurrir el periodo de 28 días los diferentes tratamientos no se desintegran en su totalidad sin embargo se evidencia la existencia de la acción de degradabilidad de las láminas de plástico, siendo el tratamiento número 2 el que posee un mayor porcentaje de degradación dentro de este periodo de tiempo que corresponde al 40,08%. Cabe recalcar que los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos en la norma INEN 2643 Especificaciones para Plásticos Compostables (Instituto Ecuatoriano de Normalización, 2012c, pp.1-3), concluyendo que las láminas de plástico

biodegradable elaboradas en este estudio se consideran compostables, ya que cumplen con lo mencionado dentro de esta norma.



Figura 3-1: Acción de biodegradabilidad en agua, tierra y al ambiente (Primera semana)

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.



Figura 3-2: Acción de biodegradabilidad en agua, tierra y al ambiente (Segunda semana)

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

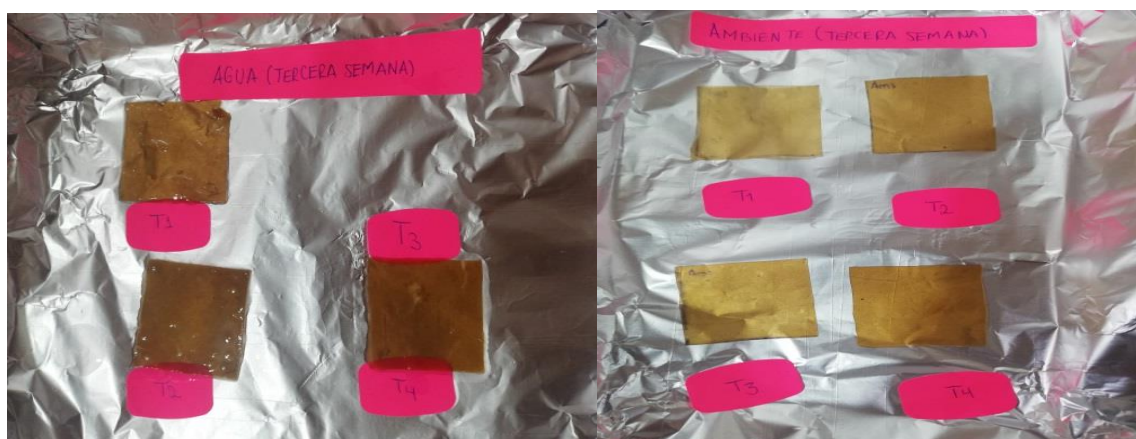


Figura 3-3: Acción de biodegradabilidad en agua y al ambiente (Tercera semana)

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.



Figura 3-4: Acción de biodegradabilidad al ambiente (Cuarta semana)

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

3.3.4. Características de las láminas de plástico biodegradable obtenidas y características del plástico usado como embalaje de productos alimenticios

Tabla 3-18: Características de las láminas de plástico biodegradable obtenidas y del plástico usado como embalaje de productos alimenticios

| Nº | Característica | Lámina de plástico biodegradable | Plástico de uso de embalaje de alimentos |
|----|--------------------------|----------------------------------|--|
| 1 | Moldeo | Fáciles de trabajar y moldear | Fáciles de trabajar y moldear |
| 2 | Textura | Lisa | Lisa |
| 3 | Espesor | 0,195mm | 0,200mm |
| 4 | Humedad | 14,993% | 10,3 a 22,1 % hasta un máximo de 25,95 a 42,71%. |
| 5 | Solubilidad | 52,509% | <70% |
| 6 | Permeabilidad | 0,3263 | 0,3296 |
| 7 | Biodegradabilidad | 28 días | De 100 a mil años |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

3.3.5. Comprobación de hipótesis

Al procesar la cáscara de plátano residual se logrará obtener almidón mediante el método de vía húmeda con la finalidad de usarlo como materia prima en la elaboración de láminas de plástico biodegradables que posean características similares a los plásticos usados como embalaje de productos alimenticios obtenidos en las diferentes referencias bibliográficas.

a) *Análisis de varianza de dos factores con varias muestras por grupo (extracción de almidón por vía húmeda)*

Se trabaja con un 5% de error y el 95% de certeza, toma en cuenta dos factores las revoluciones por minuto (RPM) y tiempo (t), los valores corresponden a los rendimientos obtenidos del

proceso de extracción del almidón de la cáscara de platano residual ,dichos valores son de cada tratamiento y de sus cuatro repeticiones correspondientes obtenidas del diseño experimental 2^k .

Se define cuatro filas por cada grupo,donde cada grupo corresponde a un tratamiento

Tratamiento 1:RPM1t1

Tratamiento 3: RPM2t1

Tratamiento 2: RPM1t2

Tratamiento 4: RPM2t2

Tabla 3-19: Factores usados en el análisis de varianza

| RPM | TIEMPO (t) | |
|------|------------|------|
| | t1 | t2 |
| RPM1 | 1,13 | 5,04 |
| | 2,37 | 6,12 |
| | 1,37 | 6,81 |
| | 1,84 | 5,95 |
| RPM2 | 5,34 | 7,63 |
| | 6,63 | 7,47 |
| | 4,57 | 8,65 |
| | 5,51 | 8,04 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Tabla 3-20: Resumen análisis de varianza

| RESUMEN | T1 | T2 | Total |
|--------------|-------------|------------|------------|
| <i>RPM1</i> | | | |
| Cuenta | 4 | 4 | 8 |
| Suma | 6,71 | 23,92 | 30,63 |
| Promedio | 1,6775 | 5,98 | 3,82875 |
| Varianza | 0,300091667 | 0,531 | 5,64518393 |
| | | | |
| <i>RPM2</i> | | | |
| Cuenta | 4 | 4 | 8 |
| Suma | 22,05 | 31,79 | 53,84 |
| Promedio | 5,5125 | 7,9475 | 6,73 |
| Varianza | 0,722291667 | 0,27695833 | 2,12231429 |
| | | | |
| <i>Total</i> | | | |
| Cuenta | 8 | 8 | |
| Suma | 28,76 | 55,71 | |
| Promedio | 3,595 | 6,96375 | |
| Varianza | 4,640228571 | 1,45228393 | |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Tabla 3-21: Análisis de varianza extracción del almidón

| Origen de las variaciones | Suma de cuadrados | Grados de libertad | Promedio de los cuadrados | F | Probabilidad | Valor crítico para F |
|---------------------------|-------------------|--------------------|---------------------------|------------|--------------|----------------------|
| Muestra | 33,66900625 | 1 | 33,6690063 | 73,5797187 | 1,82828E-06 | 4,747225347 |
| Columnas | 45,39390625 | 1 | 45,3939063 | 99,2031315 | 3,73945E-07 | 4,747225347 |
| Interacción | 3,48755625 | 1 | 3,48755625 | 7,62165078 | 0,017255686 | 4,747225347 |
| Dentro del grupo | 5,491025 | 12 | 0,45758542 | | | |
| Total | 88,04149375 | 15 | | | | |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

En el análisis estadístico obtenido se evidencia que si existe variación en cuanto a la interacción de las revoluciones por el tiempo ya que se tiene una probabilidad de 0,017 en consecuencia se determina que, si existen diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se realiza el test de Tukey.

- **Test de Tukey**

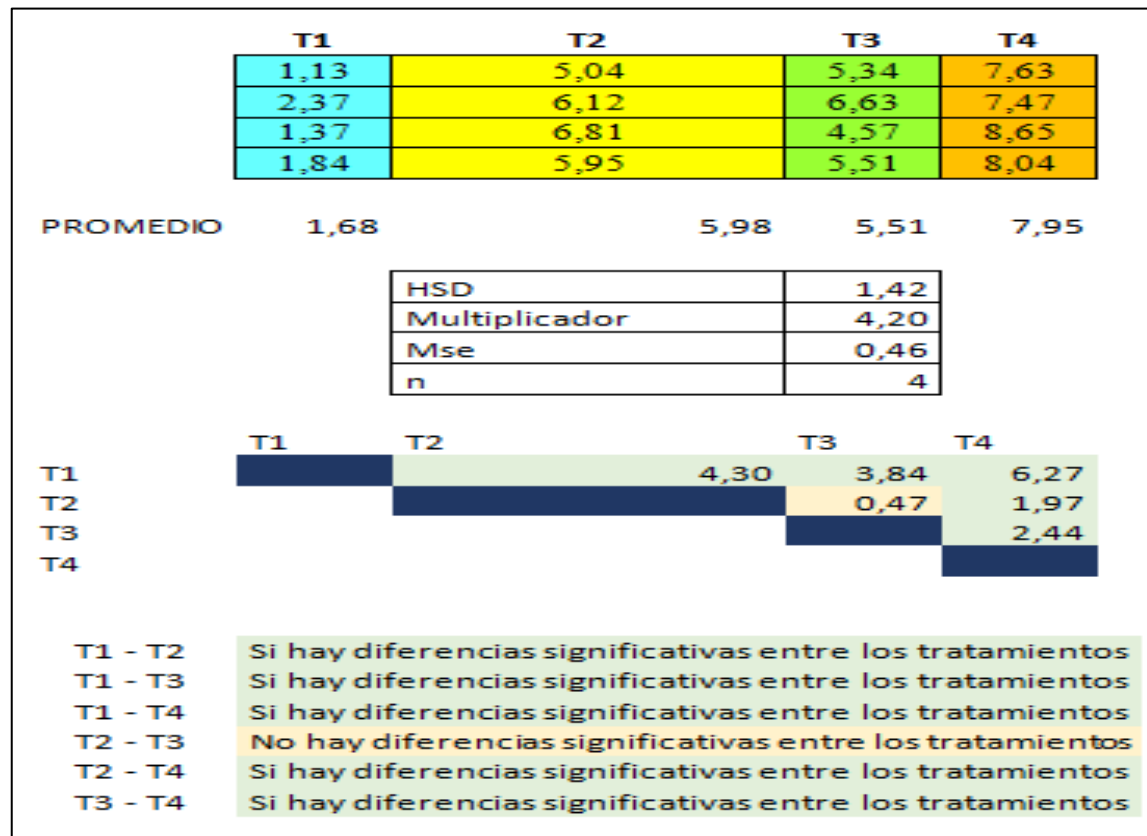


Figura 3-5: Test de Tukey rendimiento de la extracción de almidón

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

En el test de Tukey se obtiene la existencia de diferencias significativas entre el tratamiento uno con los tratamientos tres y cuatro y diferencias significativas entre el tratamiento cuatro con los tratamientos tres y dos, excluyendo a los tratamientos número dos y tres que no presentan diferencias significativas entre ellos. Cabe destacar que, a pesar de la existencia de diferencias significativas entre los tratamientos, cada uno de ellos puede ser usado con la finalidad de extraer almidón de la cáscara de plátano residual dando como resultado la afirmación de esta prueba y a su vez la aceptación de la hipótesis general.

b) Prueba de t-Student

La comprobación de hipótesis se realiza mediante la prueba de t-Student de error de tipo II, con un nivel de significancia (α) del 5%. Tomando en cuenta los datos correspondientes a la solubilidad de las láminas de plástico biodegradable obtenidas.

Hipótesis nula (H_0) $H_0: \mu=70\%$

Hipótesis alternativa (H_1) $H_1: \mu<70\%$

La solubilidad de las láminas de plástico biodegradable obtenidas es menor al 70%.

H_1 indica que se trata de una prueba de una cola hacia la izquierda

Tabla 3-22: Solubilidad que presentan las láminas de plástico biodegradable

| Tratamientos | Solubilidad (%) |
|---------------|-----------------|
| Tratamiento 1 | 62,126 |
| Tratamiento 2 | 58,394 |
| Tratamiento 3 | 36,34 |
| Tratamiento 4 | 53,178 |

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Seleccionamos el nivel de significancia α del 0.05 y los grados de libertad mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

Ecuación 3-2: Grados de libertad

$$GL=n-1$$

$$GL=4-1=3$$

Dónde:

GL: grados de libertad

n: Tamaño de la muestra

Luego se busca el valor de t crítico (tc) con los valores correspondientes al nivel de significancia y los grados de libertad en la tabla “Distribución t de Student” la cual corresponde a $\pm 2,353$.

Posteriormente se calcula el estadístico t obtenido aplicando la fórmula:

Ecuación 3-3: Fórmula t de Student

$$t \text{ obtenido} = \frac{X-u}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$

Dónde:

u=Media de la población

S=Desviación estándar

X=Media de la distribución de los datos

n=Tamaño de la muestra

$$t \text{ obtenido} = \frac{X-u}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$
$$t \text{ obtenido} = \frac{52,3095-70}{\frac{11,3872}{\sqrt{4}}}$$
$$t \text{ obtenido} = -3,0720$$

Si $|t \text{ obtenido}| \geq |t \text{ crítico}|$, entonces se rechaza la hipótesis nula (H_0); por lo tanto se acepta la hipótesis alterna (H_1), en consecuencia como se puede observar en la Figura 3-6 el valor estadístico de t obtenido es mayor al valor de t crítico, es decir que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa, la cual establece que los valores correspondientes a la solubilidad deben ser menores al 70%, lo que conlleva a la aceptación de la hipótesis general, ya que según (Trujillo, 2014, p.75) en su investigación “Obtención de películas biodegradables de almidón de yuca” enuncia que porcentajes de solubilidad menores del 70 % son utilizados en empaques de alimentos, representando una alternativa para aplicar las láminas obtenidas como embalaje de productos que necesitan de una hidratación previa a su consumo o también como un recubrimiento a semillas que necesitan una rápida germinación ya que aportando aditivos necesarios para el crecimiento de las mismas.

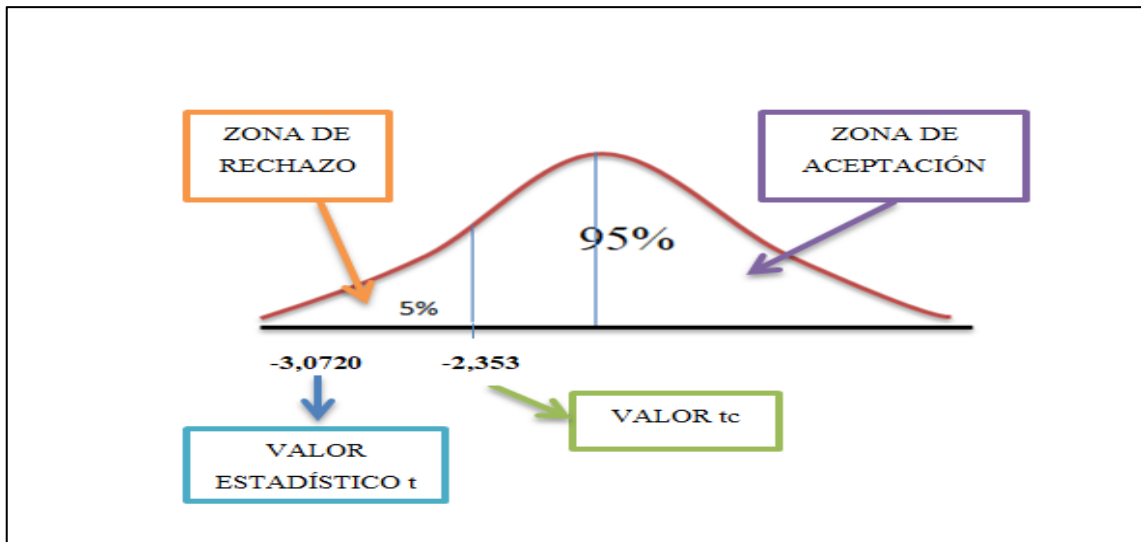


Figura 3-6: Test de t-Student

Realizado por: Espín, Myriam, 2021.

Se elaboró las láminas de plástico biodegradable a partir de la obtención del almidón de la cáscara de plátano residual por vía húmeda a partir de la aplicación del método experimental 2^k , el almidón resultante fue usado como materia prima en la elaboración de las láminas de plástico biodegradable, en el cual las láminas obtenidas cumplen con características similares a las de los plásticos usado como embalaje de productos alimenticios obtenidos en las diferentes referencias bibliográficas, dando constancia del cumplimiento de las mismas mediante las pruebas de humedad, solubilidad, permeabilidad, pruebas de tracción y biodegradabilidad. Por lo cual las láminas cumplen con estándares establecidos en la norma INEN 2635, INEN 2643 y ASTM D 1653-93. Existiendo suficiente evidencia estadística para afirmar que éstas satisfacen la hipótesis general.

CONCLUSIONES

- Se elaboraron láminas de plástico biodegradable que cumplen con las características de las normas INEN 2635, norma INEN 2643 y ASTM D1653-93.
- El método de vía húmeda es factible para extraer almidón de la cáscara de plátano residual debido a que dentro de este proceso los cuatro tratamientos planteados lograron extraer cantidades apropiadas de almidón, determinado que las mejores condiciones fueron las presentadas por el tratamiento número cuatro el cual fue sometido a 20000 revoluciones en un periodo de tiempo de 2 minutos obteniendo un porcentaje de rendimiento de extracción del 3,974% con respecto a los demás tratamientos, demostrando que a mayor tiempo y mayor potencia de revolución de licuado que es sometida la materia prima con el agua, existe un mayor porcentaje de rendimiento de la extracción del almidón de la cáscara de plátano residual.
- En el análisis físico-químico del almidón obtenido a partir de la cáscara de plátano residual presentó valores que se encuentran dentro de lo establecido en la Norma INEN 1456 (Reactivos para análisis. Almidón soluble. Métodos de ensayo), un pH de 5,327, cenizas con valor de $0,849 \pm 0,085\%$, humedad de 12,663% y su temperatura de gelatinización $77,667^{\circ}\text{C}$, el almidón de cáscara de plátano residual posee un buen porcentaje de amilosa y amilopectina con valores de 32,020 y 67,980% respectivamente. En el análisis microbiológico del almidón éste presentó valores que se encuentran dentro de lo establecido a la norma propuesta por la FAO, 2007. En general las propiedades físico químicas y microbiológicas obtenidas anteriormente muestran que el almidón de cáscara de plátano residual si se puede utilizar como materia prima ya que los valores están dentro de los límites establecidos, representando una alternativa en la elaboración de las láminas de plásticos biodegradables.
- La evaluación de los parámetros físicos en las láminas de plástico biodegradable obtenidas a partir del almidón extraído arrojó resultados satisfactorios en los ensayos de espesor, humedad, permeabilidad y biodegradabilidad igualmente cumplieron con los estándares establecidos en la normativa ASTM D 1653-93 (Métodos de prueba estándar para la transmisión de vapor de agua de películas de recubrimiento orgánico). Sin embargo, en cuanto al parámetro mecánico, en el ensayo de tracción en base a la norma INEN 2635, el tratamiento número uno presentó mejores propiedades mecánicas con un esfuerzo máximo de 1,72 MPa, carga de fluencia de 2,75N, carga máxima de 3,29N, porcentaje de elongación del 28,24%, esfuerzo de fluencia del 1,44MPa y un módulo de elasticidad de $8,940.E+00$ Mpa a comparación de los demás tratamientos. Además se demostró la biodegradabilidad del material desarrollado de acuerdo a la Norma INEN 2643 (Especificaciones para Plásticos Compostables), en donde las láminas de plástico biodegradable cumplieron con las características de degradación física dentro del plazo determinado por la norma, recalcando que el tratamiento 2 presentó mayor

degradación en las diferentes condiciones sometidas ya que este presentó un 100% de degradación en agua, un 100% de degradación en tierra y un 40,169% de degradabilidad al ambiente en un periodo de 28 días.

- La lámina de plástico biodegradable obtenida cumple con los estándares de calidad para su uso como embalaje de alimentos de acuerdo a las diferentes normas e investigaciones bibliográficas tomadas en cuenta para comparación. Las láminas de plásticos biodegradables obtenidas con mejores características fueron la del tratamiento número uno, realizado de acuerdo a la siguiente formulación: 2 g de almidón, 1 mL de glicerina, 4 mL de ácido acético y 20 mL de agua destilada, presentando características idénticas a los plásticos de uso para embalaje de alimentos tanto en las pruebas físicas como la de permeabilidad, de humedad (con valores bajos mismos que evita la proliferación de hongos y la fácil ruptura), solubilidad (con porcentajes de solubilidad menor al 70% que representa una alternativa como recubrimiento de semillas que necesitan rápida germinación o embalaje de alimentos que necesiten de una hidratación previa a su consumo) y en las pruebas mecánicas como las propiedades de flexibilidad y tracción, de tal forma que al considerar estos aspectos se establece que su utilización como embalaje de alimentos es óptimo.

RECOMENDACIONES

- Realizar la extracción del almidón de cáscara de plátano residual mediante la utilización de otras metodologías con la finalidad de ver si se obtiene mayor porcentaje de rendimiento del proceso.
- Variar la composición de los insumos para así poder aplicar las láminas de plástico a distintos fines y así lograr sustituir el plástico convencional en distintos campos de la Industria del plástico.
- Involucrar una investigación de tipo económica para conocer la viabilidad de este tipo de material.
- Para mejorar la propiedad de permeabilidad al vapor de agua y aumentar el tiempo de vida de las láminas ensayar con otros tipos de plastificantes siempre que los bioplásticos presenten propiedades de biodegradabilidad.
- Se recomienda dar continuación al estudio de la valoración de los diferentes residuos de origen orgánico, con la finalidad no solo de elaborar plástico biodegradable, si no también aprovechar diversos componentes que estos presentan en sus estructuras para así poder aplicarlos en diferentes áreas de la ciencia.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, J., GOMAJOA, H., BENAVIDES, Y., CHARFUELAN, A. y VALENZUELA, F., Evaluación del almidón de papa (*Solanum tuberosum*) en la obtención de bioplástico. *Bionatura* [en línea], vol. 01, no. Bionatura Conference Serie, pp. 1-18. 2018. [Consulta: 16 enero 2021]. ISSN 13909347. DOI 10.21931/rb/cs/2018.01.01.2. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.21931/RB/CS/2018.01.01.2>.

ARISTIZÁBAL, J. y SÁNCHEZ, T., Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca. *Fao* [en línea], vol. 163, pp. 134. 2007. [Consulta: 20 abril 2021]. ISSN 1944-8244. DOI 9253056770-9789253056774. Disponible en: <https://issuu.com/jaristizabal/docs/guiaproducciony analisisalmidondeyuca>.

AVANZINI DE ROJAS, J., Concepto y Clasificación de los Residuos Urbanos y Asimilables. *Los Residuos Urbano y Asimilables* [en línea]. S.l.: Consejería de Medio Ambiente Junta de Andalucía, 2003. pp. 40-41. [Consulta: 20 abril 2021]. ISBN 84-95785-83-8. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Educacion_Y_Participacion_Ambiental/Educacion_Ambiental/Educam/Educam_IV/MAU_RU_y_A/rua01.pdf.

AZOULAY, D. (CIEL), VILLA, P. (Earthworks), ARELLANO, Y. (TEJAS), GORDON, M. (UPSTREAM), MOON, D. (GAIA), MILLER, K. (University E. y THOMPSON, K.E., El plástico y la salud LOS COSTOS OCULTOS DE UN PLANETA PLÁSTICO. [en línea]. S.l.: 2019. [Consulta: 8 junio 2020]. Disponible en: www.ciel.org/plasticandhealth.

BADUI DERGAL, S., *Química de los alimentos* [en línea]. Cuarta. México: PEARSON EDUCACIÓN. 2006. [Consulta: 20 abril 2021]. ISBN 970-26-0670-5. Disponible en: <https://itscv.edu.ec/wp-content/uploads/2019/06/QUIMICA-DE-LOS-ALIMENTOS-4ta-Edicion.pdf>.

BRITO, H., *Texto Básico de Operaciones Unitarias I* [en línea]. S.l.: s.n. 2000. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313673724_Texto_Basico_de_Operaciones_Unitarias_I.

BRITO, H., *Texto Básico de Operaciones Unitarias III* [en línea]. S.l.: s.n. 2001. [Consulta: 22 abril 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/313673664_TEXTO_BASICO_DE_OPERACIONES

_UNITARIAS_III.

BRITO MOÍNA, H.L., CHIUZA ROJAS, M.R. y RODRÍGUEZ BASANTES, A.I., Producción de láminas de plástico biodegradables a partir del almidón de arracacia xanthorrhiza. *Dominio de las Ciencias* [en línea], vol. 6, pp. 981-994. 2020. ISSN 2477-8818. Disponible en: <https://dominiodelasciencias.com/ojs/index.php/es/article/view/1261>.

BRUNI, J., ¿Son los plátanos machos buenos para ti? [en línea]. 2019. [Consulta: 26 julio 2020]. Disponible en: <https://www.consumerreports.org/es/alimentos/son-los-platanos-machos-buenos-para-ti/>.

CALVO, M., ESTRUCTURA DEL ALMIDON. [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 25 julio 2020]. Disponible en: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/temas/azucares/almidon.html>.

CÁRDENAS, M., “Extracción de almidón a partir de residuos de banano (*Musa paradisiaca*) para la elaboración de un biopolímero” Autor: [en línea]. Cuenca: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA. 2018. [Consulta: 15 febrero 2021]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16241/1/UPS-CT007893.pdf>.

CARVAJAL SANTOS, M.N. y MURGUEITIO MEZA, F.J., CARACTERIZACIÓN DE LAS PROTEÍNAS DE LA CÁSCARA DE PLÁTANO TIPO WILLIAMS (*Giant Cavendish*). [en línea]. Guayaquil: Universidad de Guayaquil . 2017. [Consulta: 5 mayo 2021]. Disponible en: http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/19183/1/TESIS_CARACTERIZACION_DE_LAS_PROTEINAS_DE_LA_CÀSCARA_DE_PLÀTANO_TIPO_WILLIAMS.pdf.

CHARIGUAMÁN, J., Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis spp.*) [en línea]. Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras. 2015. [Consulta: 5 febrero 2021]. Disponible en: <https://1library.co/document/y4w4605q-caracterizacion-bioplastico-almidon-elaborado-metodo-reforzado-maracuya-passiflora.html>.

DE LOS ÁNGELES ROSALES, A., Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua,. [en línea]. Managua: 2016. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: <https://repositorio.unan.edu.ni/2687/1/28212.pdf>.

ECOEMBES, Proyecto de Análisis de Bioplásticos. [en línea]. 2009. [Consulta: 26 julio 2020].

Disponible en:
https://www.ecoembes.com/sites/default/files/archivos_estudios_idi/proyecto_bioplasticos_-_resumen_ejecutivo.pdf.

ECURED, Almidón. [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en:
<https://ecuadmin.ecured.cu/Almidón>.

ESCOBAR, D., SALA, A., SILVERA, C., HARISPE, R. y MÁRQUEZ, R., Películas biodegradables y comestibles desarrolladas en base a aislado de proteínas de suero lácteo: estudio de dos métodos de elaboración y del uso de sorbato de potasio como conservador. *Innotec* [en línea], vol. 4, pp. 33-36. 2009. [Consulta: 20 abril 2021]. ISSN 1510-6593. Disponible en: https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1442.

FAKHOURI, F.M., FONTES, L.C.B., GONÇALVES, P.V.D.M., MILANEZ, C.R., STEEL, C.J. y COLLARES-QUEIROZ, F.P., Películas y recubrimientos comestibles a base de almidones nativos y gelatina en la conservación y aceptación sensorial de uvas Crimson. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos* [en línea], vol. 27, no. 2, pp. 369-375. 2007. [Consulta: 5 julio 2021]. ISSN 1678457X. DOI 10.1590/s0101-20612007000200027. Disponible en: <http://www.scielo.br/j/cta/a/yBBLqDqXVWhZsBcHL6nFFhn/?lang=pt>.

GARCÍA QUIÑÓNEZ, A.V., “*OBTENCIÓN DE UN POLÍMERO BIODEGRADABLE A PARTIR DE ALMIDÓN DE MAÍZ*” [en línea]. Primera. San Salvador, El Salvador: ITCA Editores. 2015. [Consulta: 22 diciembre 2020]. ISBN 9789996150210. Disponible en: <https://www.itca.edu.sv/wp-content/themes/elaniin-itca/docs/2015-Obtencion-de-un-polimero-biodegradable.pdf>.

GREENPEACE, ¿Cómo llega el plástico a los océanos y qué sucede entonces? *Greenpeace* [en línea]. 2019. [Consulta: 20 abril 2021]. Disponible en: <https://es.greenpeace.org/es/trabajamos-en/consumismo/plasticos/como-llega-el-plastico-a-los-oceanos-y-que-sucede-entonces/>.

GUAMINGA YAUTIBUG, L.E., *Obtención y caracterización funcional de harina y almidón de maíz negro (Zea mays L.)* [en línea]. Riobamba: Universidad Nacional De Chimborazo. 2020. [Consulta: 20 marzo 2021]. Disponible en: http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/6552/1/OBTENCIÓN_Y_CARACTERIZACIÓN_FUNCIONAL_DE_HARINA_Y_ALMIDÓN_DE_MAÍZ_NEGRO.pdf.

HARO VELASTEGUÍ, A., BORJA ARÉVALO, A. y TRIVIÑO BLOISSE, S., Análisis sobre el aprovechamiento de los residuos del plátano, como materia prima para la producción de materiales plásticos biodegradables. *Dominio de las Ciencias* [en línea], vol. 3, no. 2, pp. 506-525. 2017. [Consulta: 16 agosto 2020]. ISSN 2477-8818. DOI 10.23857/dom.cien.pocaip.2017.3.2.esp.506-525. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6325873&info=resumen&idioma=SPA>.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 1456:1986 REACTIVOS PARA ANÁLISIS ALMIDÓN SOLUBLE (PARA IODOMETRIA) MÉTODOS DE ENSAYO REACTIVOS PARA ANÁLISIS ALMIDÓN SOLUBLE (PARA IODOMETRIA) MÉTODOS DE ENSAYO. [en línea]. 2012a. [Consulta: 17 enero 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1456.pdf>.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2635:2012 MÉTODO DE ENSAYO PARA LAS PROPIEDADES DE TRACCIÓN DE LÁMINAS PLÁSTICAS DELGADAS. [en línea]. 2012b. [Consulta: 26 enero 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2635.pdf>.

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN, NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 2643:2012 ESPECIFICACIÓN PARA PLÁSTICOS COMPOSTABLES. [en línea]. 2012c. [Consulta: 6 febrero 2021]. Disponible en: <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2643.pdf>.

LAMBIS M, H., HERNÁNDEZ, F., MORALES, Y., MARÍN, L.F. y PASQUALINO, J., Radicado 64 Extracción de almidón a partir de residuos de piel de plátano. [en línea], no. May. 2016. [Consulta: 3 mayo 2021]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303541238_Extraccion_de_almidon_a_partir_de_residuos_de_piel_de_platano.

MADRIGAL GUZMÁN, J.F., *Manual de plásticos para diseñadores* [en línea]. Primera. México: s.n. 2011. [Consulta: 26 julio 2020]. Disponible en: <http://evirtual.uaslp.mx/Habitat/innobitat01/CAHS/Articulos/MANUALES/Manual de Plásticos para diseñadores Shastri Corr 4.pdf>.

MANJÓN, N., PLÁSTICOS BIODEGRADABLES: Qué son y Tipos. *Ecología verde* [en

línea]. 2019. [Consulta: 14 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.ecologiaverde.com/plasticos-biodegradables-que-son-y-tipos-1986.html#anchor_1.

MARTÍNEZ GUERRA, J.J., Estructura y función del almidón, el glucógeno y la celulosa. *Libro Electrónico De Bioquímica* [en línea]. Segunda. S.l.: s.n., 2014. pp. 1. [Consulta: 26 julio 2020]. ISBN 978-607-8359-26-4. Disponible en: <https://libroelectronico.uaa.mx/capitulo-12-otras-vias/estructura-y-funcion.del.html?fbclid=IwAR2QfQWy120cEJeWVchURBEprI6QwahIJzUZfyuY1S3sRAsgs3vPNHYRqg>.

MEAÑO CORREA, N., CIARFELLA PÉREZ, A.T. y DORTA VILLEGAS, A.M., Evaluación de las propiedades químicas y funcionales del almidón nativo de ñame congo (*Dioscorea bulbifera* L.) para predecir sus posibles usos tecnológicos. *Saber* [en línea], vol. 26, no. 2, pp. 182-188. 2014. [Consulta: 24 abril 2021]. ISSN 1315-0162. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1315-01622014000200011&script=sci_arttext&tlng=en.

MÉNDEZ, Á., Glicerol. *La Guía de Química* [en línea]. 2010. [Consulta: 24 noviembre 2020]. Disponible en: <https://quimica.laguia2000.com/compuestos-quimicos/glicerol>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE, MAE promueve la primera política de consumo responsable de fundas plásticas tipo camiseta. [en línea]. 2016. [Consulta: 8 junio 2020]. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/mae-promueve-la-primera-politica-de-consumo-responsable-de-fundas-plasticas-tipo-camiseta>.

MINISTERIO DEL AMBIENTE Y AGUA, Código Orgánico Del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento 983* [en línea], pp. 92. 2018. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: https://www.ambiente.gob.ec/wpcontent/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf.

MIRAVETE . A, *Los nuevos materiales en la construcción* [en línea]. Segunda ed. Zaragoza: Reverté,S.A. 1995. [Consulta: 8 junio 2020]. ISBN 84-605-0823-4. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=utfov_vfPkMC&printsec=frontcover&dq=construcción&hl=es&sa=X&redir_esc=y#v=onepage&q=construcción&f=false.

MONTAÑÉS MUÑOZ, N., QUILES CARRILLO, L.J., BALART GIMENO, R.A. y BORONAT VITORIA, T., La contaminación de los océanos. [en línea]. S.l.: Universitat Politècnica de València. 2019. [Consulta: 8 julio 2020]. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/10251/122115>.

MONTOYA LÓPEZ, J., QUINTERO CASTAÑO, V.D. y LUCAS AGUIRRE, J.C., Caracterización de harina y almidón de frutos de banano Gros Michel (*Musa acuminata* AAA). *Acta Agronomica* [en línea], vol. 64, no. 1, pp. 11-21. 2014. [Consulta: 24 enero 2021]. ISSN 01202812. DOI 10.15446/acag.v64n1.38814. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15446/acag.v64n1.38814>.

PACHECO, G., FLORES, N. y RODRÍGUEZ, R., Bioplástico. *Revista de la Sociedad Mexicana de Biotecnología y Bioingeniería* [en línea], vol. 18, no. 2, pp. 27-36. 2014. [Consulta: 5 febrero 2020]. ISSN 0188-4786. Disponible en: https://smbb.mx/wp-content/uploads/2017/10/Revista_2014_V18_N2.pdf.

PARRA, J., *Obtención de biofilm a partir del almidón de zanahoria blanca (*Arracacia xanthorrhiza*) y de camote (*Ipomoea batatas*) como alternativa al uso de material plástico derivado de petróleo* [en línea]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2019. [Consulta: 12 noviembre 2020]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/13808>.

PLÁSTICOS PROTOCOLO: Curso de procesos de manufactura. [en línea], Colombia: 2007. [Consulta: 26 julio 2020]. Disponible en: https://www.escuelaing.edu.co/uploads/laboratorios/2734_plimeros.pdf.

POZO, Lady, *Extracción y caracterización del almidón de plátano verde (*Musa paradisiaca*) producido en el sector Untal, parroquia El Chical, y su potencial uso como aditivo en la elaboración de pan blanco* [en línea]. Tulcán: UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI. 2019. [Consulta: 19 marzo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.upec.edu.ec/bitstream/123456789/869/1/001> Extracción y caracterización del almidón de plátano.pdf.

PRO ECUADOR, Análisis sectorial Plátano 2015. [en línea]. 2015. [Consulta: 25 julio 2020]. Disponible en: <https://studylib.es/doc/4643043/platano-2015---pro-ecuador>.

RAMÍREZ, L., ZÁRATE, L. y OTÁLORA, N., *Caracterización de almidón nativo extraído de clones promisorios de papa criolla (*Solanum phureja*) para su aplicación en un derivado cárnico* [en línea]. Bogotá: UNIVERSIDAD DE LA SALLE. 2011. [Consulta: 19 febrero 2021]. Disponible en:

https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1050&context=ing_alimentos.

RÍOS, A.R., Guía Técnica para la Formulación e Implementación de Planes de Minimización y Reaprovechamiento de Residuos Sólidos en el Nivel Municipal Perú - 2006. [en línea], pp. 8. 2005. [Consulta: 25 julio 2020]. Disponible en: <http://sinia.minam.gob.pe/documentos/guia-tecnica-formulacion-implementacion-planos-minimizacion>.

RUIZ, G., Obtención y caracterización de un polímero biodegradable a partir del almidón de yuca. *Revista Ingeniería de la USIL* [en línea], vol. 1, no. 1, pp. 55-76. 2014. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: https://studylib.es/doc/2063125/2014_ruiz_obtención-y-caracterización-de-un-polímero-biod...

SILVA, J., Análisis básico y mineral de alimentos. *Slideshare* [en línea]. 2016. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: <https://www.slideshare.net/josuesilva526/anlisis-bsico-y-mineral-de-alimentos>.

TRUJILLO RIVERA, C.T., Obtención de películas biodegradables a partir de almidón de yuca (manihot esculente crantz) doblemente modificado para uso en empaque de alimentos. *Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios - UNAMAD* [en línea], pp. 1-147. 2014. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unamad.edu.pe/bitstream/handle/UNAMAD/65/004-2-1-013.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

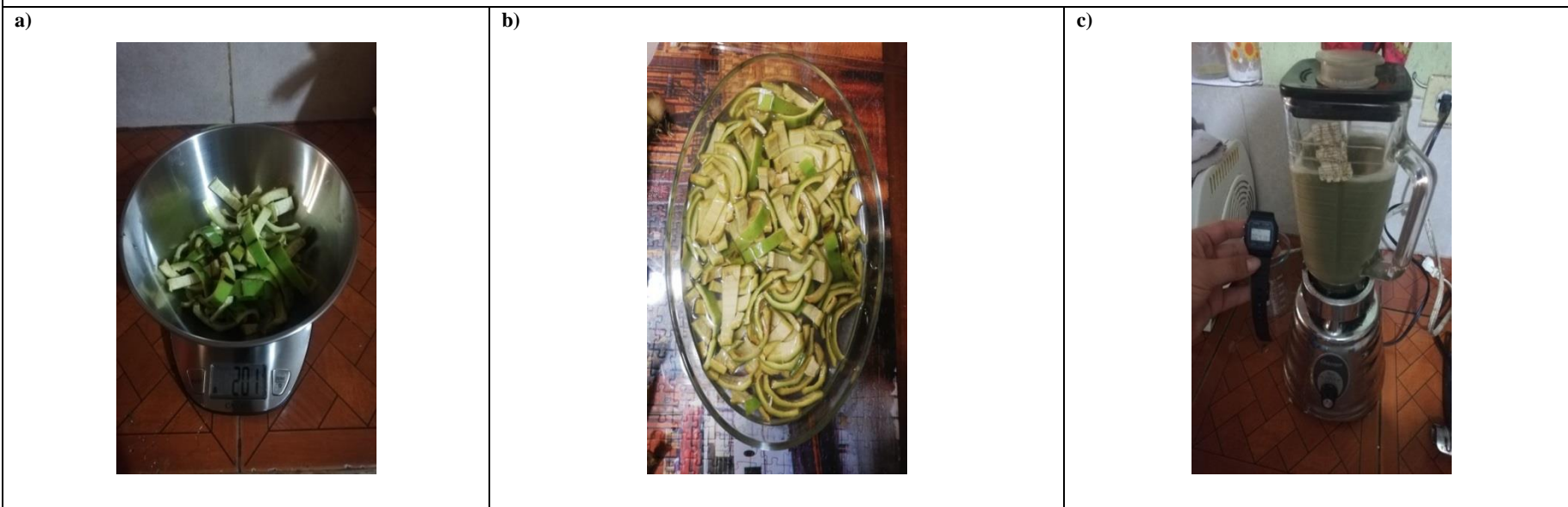
UD 5.:Materiales Plásticos. [en línea], pp. 1-23. 2007. Disponible en: <https://docplayer.es/8551490-Ud-5-materiales-plasticos.html>.

VADEQUÍMICA, Agua destilada. *Quimipedia* [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: <https://www.vadequimica.com/quimipedia/a/agua-destilada/>.

ZAVALETA VIGO, J. de los S., Elaboración de galletas enriquecidas con fibra alimentaria de piña y linaza molida. *Universidad Nacional Del Santa* [en línea]. [sin fecha]. [Consulta: 24 abril 2021]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos93/elaboracion-galletas-enriquecidas-fibra-alimentaria-pina-y-linaza-molida/elaboracion-galletas-enriquecidas-fibra-alimentaria-pina-y-linaza-molida3.shtml>.

ANEXOS

ANEXO A: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE PLÁTANO RESIDUAL 1



| | | | | | |
|---|---|---|---|---------------|--------------|
| NOTAS: | CATEGORIA DEL DIAGRAMA: | ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ING BIOTENCLOGIA AMBIENTAL ELABORADO POR: Myriam Espín | EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE CÀSCARA DE PLÁTANO RESIDUAL | | |
| Recepción de la cáscara de plátano Proceso para evitar la oxidación donde se sumergió en ácido cítrico Aplicación del diseño experimental 2 ^k para la extracción del almidón | <input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar | | LÁMINA | ESCALA | FECHA |
| | | | 1 | 1:1 | 2021/08/11 |

ANEXO B: EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE PLÁTANO RESIDUAL 2

d)



e)



f)



NOTAS:

Licuada y filtrado
Obtención del almidón
Secado del almidón

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por |
| aprobar | |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por |
| calificar | |

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ING BIOTENCLOGIA
AMBIENTAL
ELABORADO POR:
Myriam Espín**

**EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE
CÁSCARA DE PLÁTANO RESIDUAL**

| LÁMINA | ESCALA | FECHA |
|--------|--------|------------|
| 2 | 1:1 | 2021/08/11 |

ANEXO C: CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE CÁSCARA DE PLÁTANO RESIDUAL

a)



b)



c)



NOTAS:

Temperatura de gelatinización
Granulometría
pH

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por |
| aprobar | |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por |
| calificar | |

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ING BIOTENCLOGIA
AMBIENTAL
ELABORADO POR:
Myriam Espín**

**CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE
CÁSCARA DE PLÁTANO RESIDUAL**

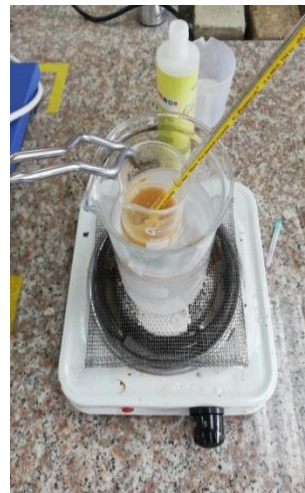
| LÁMINA | ESCALA | FECHA |
|--------|--------|------------|
| 3 | 1:1 | 2021/08/11 |

ANEXO D: OBTENCIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE

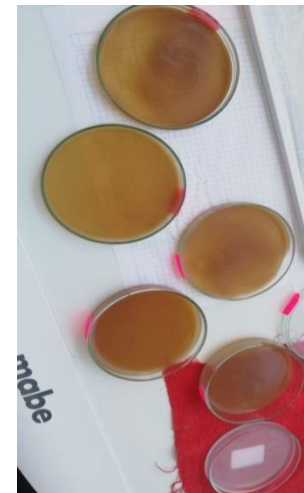
a)



b)



c)



NOTAS:

Componentes para obtener las láminas de plástico biodegradable (glicerina, almidón agua destilada y ácido acético)
 Elaboración de las láminas de plástico biodegradable
 Obtención de láminas de plástico biodegradable

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por |
| aprobar | |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por |
| calificar | |

**ESCUELA SUPERIOR
 POLITECNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ING BIOTENCOLOGIA
 AMBIENTAL
 ELABORADO POR:
 Myriam Espín**

EXTRACCIÓN DE ALMIDÓN DE CÁSCARA DE PLÁTANO RESIDUAL

| LÁMINA | ESCALA | FECHA |
|--------|--------|------------|
| 4 | 1:1 | 2021/08/11 |

ANEXO E: CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE

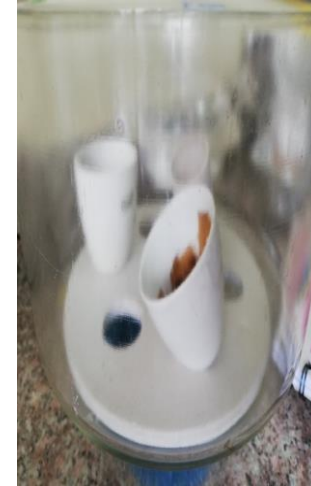
a)



b)



c)



NOTAS:

Permeabilidad
Solubilidad
Humedad

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por |
| aprobar | |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por |
| calificar | |

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ING BIOTENCLOGIA
AMBIENTAL
ELABORADO POR:
Myriam Espín**

**CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS
DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE**

| LÁMINA | ESCALA | FECHA |
|--------|--------|------------|
| 5 | 1:1 | 2021/08/11 |

ANEXO F: CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE (PROPIEDADES MECÁNICAS)

d)



e)



f)



NOTAS:

Probetas
Máquina universal de ensayos –
WAW600B
Ensayo de tracción

CATEGORÍA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por |
| aprobar | |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por |
| calificar | |

**ESCUELA SUPERIOR
POLITECNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
ING BIOTENCLOGIA
AMBIENTAL
ELABORADO POR:
Myriam Espín**

**CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS
DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE**

| LÁMINA | ESCALA | FECHA |
|--------|--------|------------|
| 6 | 1:1 | 2021/08/11 |

ANEXO G: CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE (BIODEGRABILIDAD)

g)



h)



i)



NOTAS:

Biodegradabilidad en suelo
 Biodegradabilidad en agua
 Biodegradabilidad al ambiente

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- | | |
|--------------------------------------|-------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Aprobado | <input type="checkbox"/> Preliminar |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por |
| aprobar | |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por |
| calificar | |

**ESCUELA SUPERIOR
 POLITECNICA DE CHIMBORAZO
 FACULTAD DE CIENCIAS
 ING BIOTENCOLOGIA
 AMBIENTAL
 ELABORADO POR:
 Myriam Espín**

CARACTERIZACIÓN DE LAS LÁMINAS DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE

| LÁMINA | ESCALA | FECHA |
|--------|--------|------------|
| 7 | 1:1 | 2021/08/11 |

ANEXO H: PORCENTAJE DE AMILOSA EN EL ALMIDÓN DE CÁSCARA DE PLÁTANO

MC-LSAIA-2201-03



INFORME DE ENSAYO No: 21-006

| | | | |
|-----------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| NOMBRE PETICIONARIO: | Srta. Myriam Solange Espín Bedón | INSTITUCIÓN: | Particular |
| DIRECCIÓN: | Sigsig, Calle Norte | ATENCIÓN: | Srta. Myriam Solange Espín Bedón |
| FECHA DE EMISIÓN: | 25/01/2021 | FECHA DE RECEPCIÓN.: | 08/01/2021 |
| FECHA DE ANÁLISIS: | Del 8 al 22 de enero de 2021 | HORA DE RECEPCIÓN: | 11h15 |
| | | ANÁLISIS SOLICITADO | Amilosa |

| ANÁLISIS | HUMEDAD | AMILOSA ¹¹ | | | | IDENTIFICACIÓN | |
|-------------|-----------------|-----------------------|--|--|--|-----------------------------------|--|
| MÉTODO | MO-LSAIA-01.01 | MO-LSAIA-04 | | | | | |
| METODO REF. | U. FLORIDA 1970 | | | | | | |
| UNIDAD | % | % | | | | | |
| 21-0010 | 6,54 | 32,02 | | | | Almidón de plátano verde residual | |


Los ensayos marcados con Ω se reportan en base seca.

OBSERVACIONES: Muestra entregada por el cliente

RESPONSABLES DEL INFORME


Dr. Iván Samaniego
RESPONSABLE TÉCNICO




Ing. Bladimir Ortiz
RESPONSABLE CALIDAD

Este documento no puede ser reproducido ni total ni parcialmente sin la aprobación escrita del laboratorio.

Los resultados arriba indicados solo están relacionados con el objeto de ensayo

NOTA DE DESCARGO: La información contenida en este informe de ensayo es de carácter confidencial, está dirigida únicamente al destinatario de la misma y solo podrá ser usada por este. Si el lector de este correo electrónico o fax no es el destinatario del mismo, se le notifica que cualquier copia o distribución de este se encuentra totalmente prohibido. Si usted ha recibido este informe de ensayo por error, por favor notifique inmediatamente al remitente por este mismo medio y elimine la información.

ANEXO I: ENSAYOS DE TRACCIÓN TRATAMIENTO N°1



Ing. J. Anibal Viñán B. MsC.

| INFORME DE RESULTADOS | |
|--|---|
| ENSAYO DE TRACCIÓN | |
| Denominación: RG 18 - 1 | |
| N° 01 | |
| SOLICITADO POR: | Myriam Solange Espin Bedón |
| PROYECTO DE TESIS: | "VALORACIÓN DE LA CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA (PLÁTANO) RESIDUAL, PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS" |
| DIRECCION: | ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA |
| TIPO DE MATERIAL: | PLÁSTICO BIODEGRADABLE |
| MATERIAL: | LÁMINA DE PLÁSTICO |
| FECHA DE FABRICACIÓN: | 2020 - 12 |
| NORMA UTILIZADA: | NTE INEN 2635.012 |
| FECHA DE ENSAYO: | 23-dic-20 |
| EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B | |
| MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD | |
| SERIE: 7136 | CERTIFICADO: LNM-F-201650006- CÓD IDENT: M2 |
| DESIGNACIÓN DEL MATERIAL | Trat - 1 |
| CARACTERÍSTICA | COLOR CAFÉ |
| ESPESOR [mm] | 0.2 |
| ANCHURA [mm] | 9.56 |
| LONGITUD INICIAL [mm] | 25.00 |
| SECCION TRANSVERSAL [mm ²] | 1.91 |
| MODULO DE ELASTICIDAD [MPa] | 8.940.E+00 |
| CARGA DE FLUENCIA [N] | 2.75 |
| ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa] | 1.44 |
| CARGA MAXIMA [N] | 3.29 |
| ESFUERZO MAXIMO [MPa] | 1.72 |
| PORCENTAJE DE ELONGACION [%] | 28.24 |
| OBSERVACIONES: | |

Aprobado por:

Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
 GERENTE DEL LABORATORIO
 ENSAYO DE MATERIALES


Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO J: ENSAYOS DE TRACCIÓN TRATAMIENTO N°2

| INFORME DE RESULTADOS | |
|--|---|
| ENSAYO DE TRACCIÓN | |
| Denominación: RG 18 - 1 | |
| N° 02 | |
| SOLICITADO POR: | Myriam Solange Espin Bedón |
| PROYECTO DE TESIS: | "VALORACIÓN DE LA CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA (PLÁTANO) RESIDUAL, PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS" |
| DIRECCION: | ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA |
| TIPO DE MATERIAL: | PLÁSTICO BIODEGRADABLE |
| MATERIAL: | LÁMINA DE PLÁSTICO |
| FECHA DE FABRICACIÓN: | 2020 - 12 |
| NORMA UTILIZADA: | NTE INEN 2635.012 |
| FECHA DE ENSAYO: | 23-dic-20 |
| EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B | |
| MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD | |
| SERIE: 7136 | CERTIFICADO: LNM-F-201650006 CÒD IDENT: M2 |
| DESIGNACIÓN DEL MATERIAL | Trat - 2 |
| CARACTERÍSTICA | COLOR CAFÉ |
| ESPEJOR [mm] | 0.29 |
| ANCHURA [mm] | 9.32 |
| LONGITUD INICIAL [mm] | 25.00 |
| SECCION TRANSVERSAL [mm ²] | 2.70 |
| MODULO DE ELASTICIDAD [MPa] | 2.366.E+00 |
| CARGA DE FLUENCIA [N] | 1.08 |
| ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa] | 0.40 |
| CARGA MAXIMA [N] | 1.11 |
| ESFUERZO MAXIMO [MPa] | 0.41 |
| PORCENTAJE DE ELONGACION [%] | 19.95 |
| OBSERVACIONES: | |

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de éste documento

1/1

ANEXO K: ENSAYOS DE TRACCIÓN TRATAMIENTO N°3

| INFORME DE RESULTADOS | |
|--|---|
| ENSAYO DE TRACCIÓN | |
| Denominación: RG 18 - 1 | |
| N° 03 | |
| SOLICITADO POR: | Myriam Solange Espín Bedón |
| PROYECTO DE TESIS: | "VALORACIÓN DE LA CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA (PLÁTANO) RESIDUAL, PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS" |
| DIRECCION: | ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA |
| TIPO DE MATERIAL: | PLÁSTICO BIODEGRADABLE |
| MATERIAL: | LAMINA DE PLASTICO |
| FECHA DE FABRICACIÓN: | 2020 - 12 |
| NORMA UTILIZADA: | NTE INEN 2635:012 |
| FECHA DE ENSAYO: | 23-dic-20 |
| EQUIPO UTILIZADO: MÁQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B | |
| MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD | |
| SERIE: 7136 | CERTIFICADO: LNM-F-201650006-CÓD IDENT: M2 |
| DESIGNACIÓN DEL MATERIAL | Trat - 3 |
| CARACTERÍSTICA | COLOR CAFÉ |
| ESPESOR [mm] | 0.13 |
| ANCHURA [mm] | 9.66 |
| LONGITUD INICIAL [mm] | 25.00 |
| SECCION TRANSVERSAL [mm ²] | 1.26 |
| MODULO DE ELASTICIDAD [MPa] | 3.252.E+00 |
| CARGA DE FLUENCIA [N] | 0.49 |
| ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa] | 0.39 |
| CARGA MAXIMA [N] | 0.51 |
| ESFUERZO MAXIMO [MPa] | 0.41 |
| PORCENTAJE DE ELONGACION [%] | 15.59 |
| OBSERVACIONES: | |

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no es responsable por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1

ANEXO L: ENSAYOS DE TRACCIÓN TRATAMIENTO N°4

| INFORME DE RESULTADOS | |
|--|---|
| ENSAYO DE TRACCIÓN | |
| Denominación: RG 18 - 1 | |
| N° 04 | |
| SOLICITADO POR: | Myriam Solange Espin Bedón |
| PROYECTO DE TESIS: | "VALORACIÓN DE LA CÁSCARA DE MUSA PARADISIACA (PLÁTANO) RESIDUAL, PARA LA OBTENCIÓN DE UNA LÁMINA DE PLÁSTICO BIODEGRADABLE PARA EL USO EN ALIMENTOS" |
| DIRECCION: | ESPOCH - FAC. DE CIENCIAS ESC. ING. QUÍMICA |
| TIPO DE MATERIAL: | PLASTICO BIODEGRADABLE |
| MATERIAL: | LAMINA DE PLASTICO |
| FECHA DE FABRICACIÓN: | 2020 - 12 |
| NORMA UTILIZADA: | NTE INEN 2635:012 |
| FECHA DE ENSAYO: | 23-dic-20 |
| EQUIPO UTILIZADO: MAQUINA UNIVERSAL DE ENSAYOS - WAW600B | |
| MARCA: JINAN LIANGONG TESTING TECHNOLOGY CO., LTD | |
| SERIE: 7136 | CERTIFICADO: LNM-F-201650006- CÓD IDENT: M2 |
| DESIGNACIÓN DEL MATERIAL: | Trat - 4 |
| CARACTERÍSTICA | COLOR CAFÉ |
| ESPEJOR [mm] | 0.26 |
| ANCHURA [mm] | 9.48 |
| LONGITUD INICIAL [mm] | 25.00 |
| SECCION TRANSVERSAL [mm ²] | 2.46 |
| MODULO DE ELASTICIDAD [MPa] | 8.869.E-01 |
| CARGA DE FLUENCIA [N] | 0.21 |
| ESFUERZO DE FLUENCIA [MPa] | 0.09 |
| CARGA MAXIMA [N] | 0.22 |
| ESFUERZO MAXIMO [MPa] | 0.09 |
| PORCENTAJE DE ELONGACION [%] | 12.16 |
| OBSERVACIONES: | La muestra presenta fisuras antes del ensayo |

Aprobado por:



Ing. Anibal Viñán B. M.Sc.
GERENTE DEL LABORATORIO
ENSAYO DE MATERIALES

Documento válido únicamente con el sello de la Empresa. El laboratorio no se responsabiliza por la reproducción parcial o total de este documento.

1/1



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 28 / 09 / 2021

| |
|--|
| INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S) |
| Nombres – Apellidos: <i>Myriam Solange Espín Bedón</i> |
| INFORMACIÓN INSTITUCIONAL |
| Facultad: <i>Ciencias</i> |
| Carrera: <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i> |
| Título a optar: <i>Ingeniera en Biotecnología Ambiental</i> |
| f. Analista de Biblioteca responsable: <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i> |

**LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE**

Firmado digitalmente por
LEONARDO FABIO
MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.09.28 08:13:50
-05'00'



1570-DBRA-UTP-2021